

**Análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de la Parroquia Manglaralto del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena**

**Analysis of seismic vulnerability in structures of the Manglaralto Parish of Santa Elena Canton, Santa Elena Province**

**Julissa Yamilex Malavé-Laínez<sup>1</sup>**  
Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
[juli\\_malave1999@hotmail.com](mailto:juli_malave1999@hotmail.com)

**Vianna Pinoargote-Rovello<sup>2</sup>**  
Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
[pinoargote.rovello@gmail.com](mailto:pinoargote.rovello@gmail.com)

**[doi.org/10.33386/593dp.2023.1-1.1542](https://doi.org/10.33386/593dp.2023.1-1.1542)**

V8-N1-1 (ene) 2023, pp. 122-143 | Recibido: 12 de octubre de 2022 - Aceptado: 01 de enero de 2023 (2 ronda rev.)  
Edición Especial

---

1 Ingeniera Civil de la Universidad Estatal Península de Santa Elena en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5859-4222>

2 Máster en Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias. Docente investigadora de la facultad de Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6358-8188>

Descargar para Mendeley y Zotero

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfoca en determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de 81 edificaciones ubicadas en las diferentes comunidades de la Parroquia Manglaralto; la más vulnerable se somete a un análisis mediante metodologías cualitativas y cuantitativas. En la metodología cualitativa se utilizaron 3 métodos internacionales, algunos de ellos se adaptaron a la norma ecuatoriana de construcción NEC 2015; FEMA P-154 es la metodología que se empleó a todas las estructuras para determinar su índice de vulnerabilidad sísmica y conocer la probabilidad de colapso mayor. Para el análisis a la edificación con más irregularidades y con puntajes más bajos, se aplicó la metodología establecida por Benedetti - Petrinni y el Sistema de Puntuación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica propuesto por Chang 1995, ambas determinaron a la estructura con una vulnerabilidad sísmica alta. En el análisis cuantitativo se aplicaron dos métodos, análisis lineal y no lineal, para conocer el comportamiento de la estructura ante un terremoto, se consideró utilizar los criterios de desempeño sísmico que brindan las normativas NEC-2015 y ASCE7-16. La estructura no cumple con ninguno de los requerimientos establecidos por las normativas, lo que significa que tiene una alta vulnerabilidad sísmica y un sistema estructural no adecuado.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad sísmica; Análisis cualitativo y cuantitativo; Irregularidad estructural; Metodología FEMA P-154; Manglaralto

## ABSTRACT

This research work focuses on determining the seismic vulnerability index of 81 buildings located in the different communities of the Manglaralto Parish; the most vulnerable is subjected to analysis using qualitative and quantitative methodologies. In the qualitative methodology, 3 international methods were used, some of them were adapted to the Ecuadorian construction standard NEC 2015; FEMA P-154 is the methodology that was used for all structures to determine their seismic vulnerability index and to know the probability of major collapse. For the analysis of the building with more irregularities and with lower scores, the methodology established by Benedetti - Petrinni and the Seismic Vulnerability Index Scoring System proposed by Chang 1995 were applied, both determined the structure with a high seismic vulnerability. In the quantitative analysis, two methods will be applied, linear and non-linear analysis, to know the behavior of the structure in the face of an earthquake, the seismic performance criteria provided by the NEC-2015 and ASCE7-16 standards will be used exceptionally. The structure does not meet any of the requirements established by the regulations, which means that it has a high seismic vulnerability and an inadequate structural system.

**Key words:** Seismic vulnerability; Qualitative and quantitative analysis; Structural irregularity; FEMA P-154 methodology; Manglaralto

## Introducción

La parroquia Manglaralto se ubica al norte del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, cuyo territorio se encuentra en el filo costero del Ecuador; contiene dos divisiones que se evidencian geográficamente, las cuales son el borde costero y el interior que se denomina zona rural. El territorio se ubica en una zona de alta intensidad sísmica y está expuesta a ser epicentros de estos eventos, cuyas magnitudes pueden ser considerables (Manglaralto, 2019).

La Parroquia Manglaralto no ha sido epicentro de ningún sismo, pero esto no significa que no va a ocurrir, el territorio tiene probabilidades de ser epicentro de estos movimientos y, por lo tanto, se encuentra en riesgo de sufrir las consecuencias de eventos sísmicos de subducción (sismos en donde la placa oceánica se introduce bajo la placa continental) como ocurre en las provincias de la costa así lo afirma Udías (1998).

Gran parte de las viviendas de las comunidades que conforman la Parroquia Manglaralto presentan deficiencias constructivas, estas irregularidades la convierten en una localización vulnerable a la presencia de actividad sísmica.

El sismo de magnitud de  $M_w = 7.8$  registrado el 16 de abril del 2016, cuyo epicentro fue en la ciudad de Pedernales ubicada en la provincia de Manabí, afectó a estructuras de la Parroquia Manglaralto, algunas de ellas con afectaciones leves, fallas estructurales y otras llegaron a colapsar, así lo mencionó el Gobierno Parroquial de ese año.

El análisis de este estudio se centra en las estructuras de hormigón armado de dos a tres pisos que se encuentran en las comunidades de la parroquia, que presentan irregularidades u otros factores que las hacen vulnerable, lo que significa que durante un evento sísmico una estructura puede verse muy afectada en su sistema estructural; el análisis se realizará mediante técnicas como la observación y la entrevista (técnicas de campo), que nos brinda la Agencia Federal de

Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA) con su tercera edición FEMA P-154.

En el estudio se determinará la vulnerabilidad sísmica de 81 estructuras de varias comunidades de la Parroquia Manglaralto, mediante un análisis cualitativo aplicando el método FEMA P-154 para identificar el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y los errores estructurales constructivos más frecuentes, para plantear técnicas de reforzamiento a fin de reducir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

La estructura que tenga un índice de vulnerabilidad más crítico será analizada por dos metodologías cualitativas adicionales: Método del índice de vulnerabilidad Benedetti y Petrini 1982 y el Sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad Chang, además se aplicará un análisis cuantitativo, el cual se registrará a las normas NEC-15 y ASCE 7-16, usando modelos matemáticos de tipo lineal elástico (análisis estático y análisis dinámico) y no lineal (tipo pushover).

## Método

El método que se utiliza para realizar el estudio a todas las edificaciones está basado en recolectar información mediante las salidas de campo con un análisis visual rápido, según FEMA (2015) esto nos permite evaluar una edificación sin necesidad de involucrar más tiempo y dinero, ya que se enfoca en la observación y el criterio del evaluador.

Además, se emplean los métodos cuantitativos y cualitativos que nos permiten lograr los objetivos y corroborar las hipótesis planteadas en este proyecto, que se enfoca en analizar la edificación que resulte más vulnerable, toda esta investigación nos lleva a los resultados los cuales parten de la información levantada en campo a través del estudio previo al análisis.

Valle and Romero (2016) mencionan que la evaluación estructural se realiza primeramente mediante análisis cualitativos y de manera consecutiva se aplica el análisis cuantitativo si así lo sugiere el primer análisis.

Esta evaluación se realiza para obtener los posibles resultados ante la aplicación de fuerzas externas que tiene una estructura durante un sismo, el desempeño que obtengamos será su posible comportamiento en la realidad.

Dentro del análisis detallado para la edificación más vulnerable se aplican metodologías cualitativas las cuales además de FEMA P-154 se aplica el análisis italiano Bennedti y Petrini; además del método de Chang denominado sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad; para el análisis cuantitativo se consideran las normas NEC 2015 y la norma americana ASCE 7-16, en los cuales se aplica el análisis lineal y no lineal. En el trabajo de investigación se aplicará el análisis estático equivalente y el análisis espectral; se analizarán las derivas en ambas normativas, y, considerando el análisis modal, se observará la participación de masa y los movimientos en los 3 primeros modos.

Las metodologías son internacionales, ya que se aplican en estudios de varios países del mundo. En Ecuador se realizan varios artículos relacionados con las mismas metodologías escogidas para este artículo; el estudio del Ing. Marcillo Gutiérrez (2020) se enfocó en evaluar la vulnerabilidad sísmica del Edificio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la universidad UNESUM por medio de las metodologías Benedetti y Petrini y Fema 154; también los capitanes de la marina Valle and Romero (2016) dentro de su investigación presentan el estudio de vulnerabilidad sísmica de ocho estructuras del Complejo Ministerial de Defensa, quienes aplicaron los formularios de análisis visual de FEMA P-154 y con los resultados que obtuvieron determinaron la estructura más vulnerable, la cual fue sometida a un estudio detallado aplicando los análisis estático y dinámico en base a la NEC, utilizando un software especializado para definir su respuesta ante eventos sísmicos. También en el trabajo de investigación del Ing. Montalvo Quintero (2019) el cual determinó el grado de vulnerabilidad sísmica del edificio administrativo de la facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, aplicó las metodologías Cualitativa y Cuantitativa las

cuales corresponden a FEMA 154 y a un análisis estático no lineal PUSHOVER respectivamente.

Los estudios mencionados anteriormente guardan relación en cuanto a los métodos aplicados, y además resaltan la importancia de varios conceptos fundamentales como riesgo sísmico, peligro sísmico y vulnerabilidad sísmica.

El riesgo sísmico es considerado por la (UNESCO) como la consecuencia social y económica producidas por efectos esperados de un sismo, también Maraboto (2018, p. 34) lo define como el resultado de la interacción entre el peligro sísmico en el sitio y la función de vulnerabilidad sísmica.

Peligro sísmico determina las probabilidades de que ocurra un movimiento telúrico de menor o gran magnitud en una región determinada durante un periodo específico de tiempo, así lo considera Falconí (2008, p. 7); Quinde Martínez y Reinoso Angulo (2016) por su parte indican que el estudio del peligro sísmico se lleva a cabo para conseguir los niveles de los movimientos del suelo causados por las fuerzas sísmicas que son aplicadas a una estructura.

Vulnerabilidad sísmica se refiere a la susceptibilidad de las edificaciones a sufrir daños como consecuencia de un evento sísmico, lo cual depende de su diseño, calidad de los materiales con los que está compuesto y de la técnica de construcción, así lo determina Sandi (1986) citado por Rodríguez Pintado and Zulueta Pérez (2020, p. 13) Henry Evair</author></authors></contributors><titles><title>Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini.

#### **FEMA P-154.**

Es un análisis visual rápido (RVS) que permite a sus inspectores determinar la seguridad sísmica de edificaciones de un sitio así lo indica FEMA (2015). Este método tiene la finalidad de determinar que estructuras alcanzan un alto nivel de vulnerabilidad sísmica además de su probabilidad de colapso, y para obtener estos resultados se plantea la siguiente metodología:

## Recopilación de datos.

Es preciso mencionar que para realizar un correcto análisis o evaluación de algún determinado sitio es fundamental tener una investigación previa a las identificaciones de irregularidades, en el método FEMA P-154 nos proporcionan varios formularios que depende de la peligrosidad sísmica de un lugar; es por esto que el proceso es el siguiente, los dos primeros son datos que nos permite identificar el peligro sísmico.

Región sísmica

Tipo de suelo

Selección del formulario de recopilación de datos

## Modificadores estructurales.

Una vez realizado lo anterior que es de vital importancia, ahora si se procede a determinar y observar los parámetros que establece el método, donde se toma en cuenta varia información, sin embargo, se considera lo que más afecta a una estructura las cuales se mencionan a continuación y se encuentran dentro del proceso de la obtención del índice de vulnerabilidad sísmica.

Tipos de edificios

Irregularidad vertical

Irregularidad en planta

Pre-código y post-código

Riesgo de golpeteo

Adiciones en edificios

Una vez identificado todas las causas que hacen a una estructura vulnerable, se procede a determinar el índice de vulnerabilidad sísmica que se encuentra detallado su procedimiento dentro del cada formulario.

Las investigaciones de **Álvarez Sánchez and Pulgar Santacruz (2019)** hecha en Perú; el artículo elaborado por Efen, Willians, and Lincoln (2021) en Santa Marianita de

Manta y el estudio de los ingenieros Cando, Jaramillo, Bucheli, and Paredes (2018); utilizaron esta metodología para determinar el índice de vulnerabilidad de varias estructuras.

## Irregularidades estructurales

Las irregularidades estructurales que se pretenden resaltar en el estudio se determinan mediante el análisis visual rápido proporcionado por FEMA P-154, a raíz de estos resultados y aplicando este método, se evidencian cuáles son las que más se presentan en las 81 estructuras evaluadas.

## Técnicas de reforzamiento estructural

Las técnicas que se presentarán en el presente proyecto están basadas en investigaciones realizadas durante el desarrollo del trabajo de investigación, y se pretende brindar alternativas a todas las estructuras que se encuentran con deficiencia en su sistema estructural. Las técnicas que se plantearan son para columnas, vigas y losas de hormigón armado; ya que estos elementos estructurales en ninguna circunstancia deben verse afectadas tras un sismo.

## Metodología de Benedetti y Petrini

Este método establecido por Benedetti and Petrini (1984), es un análisis visual que se realiza con la opinión del evaluador, además el análisis involucra a sistemas estructurales que fueron construidas con albañilería confinada, no confinada y concreto armado. Lo primero que se debe realizar es identificar el tipo de estructuras para proceder a evaluar los 11 parámetros que determina el método, además para el análisis de la estructura se considera las adaptaciones que realizó Cueva Flores (2017).

Organización del sistema resistente

Calidad del sistema resistente

Resistencia convencional

Posición del edificio y cimentación

Losas

Configuración en planta  
Configuración en elevación  
Conexión entre elementos críticos  
Elementos de baja ductilidad  
Elementos no estructurales  
Estado de conservación

### **Metodología de sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad sísmica de Chang**

Chang, Pezeshk, Yiak, and Kung (1995) determinan el sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad sísmica que consta de 15 criterios, los cuales afectados por un peso que dependerá de la importancia de cada parámetro en la metodología, los criterios se dividen en dos grupos, Categoría estructural y Categoría de sitio o cimentación; once criterios estructurales, tres criterios que pertenecen a la cimentación que tiene la estructura y un criterio referente a la estabilidad del talud o del terreno.

La primera clasificación de los factores que proporciona este método es el factor estructural que cuenta con 11 parámetros que se deben determinar durante el análisis, estos se detallan a continuación:

Tipo de Edificio  
Año de construcción/Uso de norma  
Irregularidad vertical  
Piso Blando  
Irregularidad Torsional  
Irregularidad en Planta  
Columnas Cortas  
Abertura en Diafragmas  
Choque - Golpeteo  
Revestimiento Pesado

### **Daño Visible**

La segunda clasificación de los factores que proporciona este método es el factor de cimentación o suelo que cuenta con 4 parámetros los cuales se deben determinar durante el análisis ya que se considera fundamental, estos se detallan a continuación:

Tipo de Suelo  
Potencial Licuefacción  
Tipo de Cimentación (Para un potencial de licuefacción alto o moderado)  
Estabilidad de Taludes

Mena Hernández (2002) considera que las categorías más importantes dentro de la evaluación con este método es el tipo de edificación y el año de construcción de la vivienda o aplicación de alguna normativa considerando un diseño sismo resistente, ya que sus modificadores son superiores a los demás parámetros.

### **Metodología de análisis NEC 2015**

La NEC-SE-DS (2015) “Peligro Sísmico-Diseño Sismo Resistente”, establece las bases de diseño y análisis de una estructura, metodologías y requerimientos que se necesitan para evaluar que tan crítico es el daño.

Para obtener el espectro de diseño que será ingresado al modelo matemático para el análisis dinámico se requiere conocer:

Zonas Sísmicas (Factor Z).  
Tipo de suelo  
Coeficiente de amplificación de suelo  
Razón entre la aceleración espectral y el PGA,  $\eta$   
Para la determinación del periodo de la estructura es fundamental conocer lo siguiente:  
Coeficientes para estimar el período

También se debe identificar y determinar el sistema estructural:

**Categoría**

Coefficiente de importancia I

Coefficientes de Regularidad

Para la determinación del análisis de fuerzas laterales equivalentes:

Cortante basal

Cálculo del coeficiente de respuesta sísmica

Distribución vertical de las fuerzas sísmicas

Realizado todo lo indicado anteriormente se procede a obtener los resultados de:

Momento torsor accidental

Determinación de derivas de pisos (inelásticas)

**Metodología de análisis ASCE 7-16**

ASCE al igual que la norma ecuatoriana, establece que un sistema estructural adecuado se evalúa a través de un modelamiento matemático, y para realizar esta evaluación se fundamenta en la siguiente metodología, para obtener el comportamiento a causa de los movimientos del terreno provistos para el diseño.

Para obtener el espectro de diseño que será ingresado el modelo matemático para el análisis dinámico se debe considerar:

Categorización del riesgo

Factores de importancia por categoría de riesgo

Clasificación de Sitio

Coefficientes del sitio

Parámetros de aceleración de respuesta espectral de MCER

Parámetros de aceleración espectral de diseño

Categoría de diseño

Para la determinación del periodo de la estructura es fundamental llevar a cabo lo mencionado a continuación:

Coefficientes del período aproximado

Para la determinación del análisis de fuerzas laterales equivalentes se debe obtener:

Cortante basal

Cálculo del coeficiente de respuesta sísmica

Distribución vertical de las fuerzas sísmicas

Realizado todo lo indicado anteriormente se procede a obtener los resultados de:

Momento torsor accidental

Determinación de derivas de pisos (inelásticas).

**Modelamiento**

Para realizar el modelamiento matemático se debe determinar los datos que necesita conocer el programa de análisis estructural. La metodología que se utiliza para determinar lo mencionado anteriormente es detallada a continuación.

Obtención del periodo fundamental aproximado.

Obtención de los espectros de diseño.

Obtención del Sa correspondiente al periodo fundamental aproximado.

Obtención de las cargas gravitacionales D (muerta), L (viva).

Cálculo del cortante basal.

Obtención de la distribución de la fuerza horizontal por piso.

El modelo matemático que se elaborará se llevará a cabo utilizando el programa ETABS ya que es una herramienta que nos permite obtener los resultados que deseamos, para obtener el comportamiento de la estructura se sigue los pasos mencionados a continuación:

Se establece la geometría del edificio más vulnerable incluyendo en el modelo los ejes de vigas y columnas, además se asignarán apoyos empotrados a los nodos de la base del edificio y diafragmas por piso.

Se establecen dentro del programa las cargas sísmicas calculadas y las cargas sobrepuestas al edificio (WD y WL).

Se determina el tipo de análisis y los patrones de cargas

Se ejecuta y como resultado se obtiene el periodo de la estructura, desplazamientos, derivas, distribución de masa.

### **Análisis no lineal**

El análisis estático no lineal involucra rótulas plásticas en los extremos de los elementos que conforman la estructura, esto se realiza para representar el mecanismo de falla producida por acción del incremento en las fuerzas laterales (López, Espín, & Olivares, 2017).

El análisis aplica un patrón de cargas laterales monotónicas las cuales aumentan considerando el cambio de rigidez de los elementos que alcanzaron la fluencia hasta llegar a algo establecido con anterioridad o cuando el sistema estructural se convierta en inestable (Chopra & Goel, 2002).

Para su ejecución se consideran los cortantes que se obtienen mediante el análisis de fuerzas equivalentes, para ambas normas NEC 2015 y ASCE 7-16, este método proporciona la curva de capacidad y desplazamiento, la cual fundamental para conocer el comportamiento de la estructura.

## **Resultados**

### **Índice de vulnerabilidad sísmica de las estructuras analizadas.**

El 100% de las estructuras que se analizaron están por debajo de  $S=2.0$  ( $S$  mínimo establecido por FEMA) que representa una probabilidad de colapso mayor, en la siguiente tabla se muestran los resultados, cada uno de los tipos de edificios tienen un límite mínimo de  $S_{L1}$  y  $S_{L2}$ , que se encuentra al final de los modificadores, las estructuras que incluso resultaron con  $S$  menores que este valor se debe colocar el puntaje mínimos, que para C1, C3, RM1(FD) es 0.3 y par URM es 0.2.

Los resultados de las estructuras analizadas se encuentran en la Tabla 1, allí se aprecian los  $S_{L1}$  para el nivel 1 y el  $S_{L2}$  para el nivel dos del formulario proporcionado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias a través del manual FEMA P-154. Los resultados que se muestran en Tabla 1 está distribuida de la siguiente manera, además las filas que presentan un asterisco (\*) son las consideradas más vulnerables debido a su puntaje menor en ambos niveles, y solo una de ellas se escogió para realizar el análisis cuantitativo.

La edificación más vulnerable es de la comuna Cadeate, se encuentra detallada en las Figura 1 y Figura 2, es una construcción de tres pisos considerada de tipo C3 ya que está formada por pórticos de hormigón armado y relleno de mampostería, la estructura presenta irregularidad vertical con un retroceso fuera, también irregularidad en plata debido al desplazamiento fuera del plano del edificio estos quiere decir que las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano. y un desnivel que cubre toda la planta baja, lo que hacen a la estructura más vulnerable que las demás obteniendo una probabilidad de colapso que supera el mínimo sugerido por la metodología por lo que es recomendable realizar un análisis estructural para observar su comportamiento ante un evento sísmico.



**Tabla 1**  
*Resultados del análisis de vulnerabilidad de las edificaciones de la Parroquia Manglaralto*

Comuna	Nombre del Edificio	Tipo del Edificio	Puntuación Nivel 1		Puntuación Nivel 2	
			$S_{u1}$ Cálculado	FEMA $S_{u1}$ Min	$S_{u2}$ Cálculado	FEMA $S_{u2}$ Min
Barcelona	Apolinario Torres	RM1 (FD)	0.20	<b>0.30</b>	-0.30	<b>0.3</b>
	Casa Comunal Barcelona	C3	0.30		0.40	
	Donado Tomalá	C3	0.30		0.40	
	Orrala Pozo	C3	0.30		0.40	
	Pedro Tomalá	C3	0.30		0.40	
	Rene Orrala	C3	0.30		0.40	
	Rivera Orrala	C3	0.30		<b>0.20</b>	<b>0.3</b>
	Santiana De La A	C3	0.30		0.40	
	Asoc. el Paraíso	RM1 (FD)	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	0.40	
Sinchal	Láinez Borbor	C3	0.30		0.40	
	Malavé Láinez	C3	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
	Orrala Borbor	C3	0.30		0.40	
	Pozo Baquerizo	RM1 (FD)	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	0.40	
	Pozo Borbor	C3	0.30		<b>-0.30</b>	<b>0.30</b>
	Pozo Quirumbay	C3	0.30		<b>-0.70</b>	<b>0.30</b>
	Rodríguez Sánchez	C3	0.30		0.20	0.30
	Rosales Borbor	C3	0.30		<b>-0.20</b>	<b>0.30</b>
	Suárez Pozo	C1	1.30		1.70	
Valdivia	Borbor Santos	C3	0.30		0.40	
	De la Cruz Ángel	C3	0.30		<b>-0.50</b>	<b>0.30</b>
	Espinoza Borbor	C3	0.30		-0.70	0.30
	Reyes Cruz	C3	0.30		0.40	
	Sede de Desarr. Valdivia	C1	1.30		1.20	
	Sede Social Seguro Camp. Valdivia	C1	1.30		0.90	
San Pedro	Gonzabay Reyes	C3	0.30		<b>-0.20</b>	<b>0.30</b>
	Gonzabay Tomalá	RM1 (FD)	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>-0.50</b>	<b>0.30</b>
	Orrala Borbor	C3	0.30		<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
	Orrala Gonzabay	C3	0.30		<b>-0.70</b>	<b>0.30</b>
	Rodríguez Reyes	C3	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>	<b>-0.70</b>	<b>0.30</b>
	Sede de Desarr. San Pedro	C1	1.30		1.00	
Libertador Bolívar	Alejandro De Laluisa	C3	0.30		0.40	
	De La Rosa	C3	0.30		<b>-0.20</b>	<b>0.30</b>
	Eusebio De La Cruz	C3	0.30		<b>-0.70</b>	<b>0.30</b>
	Guale Láinez	C3	0.30		<b>-0.70</b>	<b>0.30</b>
	Zambrano Piguave	C2	0.30		0.40	
San Antonio	Ángel Alejandro	C3	0.00		<b>-0.30</b>	<b>0.30</b>
	Apolinario Clemente	C3	0.30		0.40	
	Clemente Córdova	C3	0.30		0.40	
	De La Cruz Suarez	C3	0.30		<b>-0.70</b>	<b>0.30</b>

Cadeate	Panadería Don Chico	C3	0.30		<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
	Panadería Rosita	C3	0.30		<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
	Roca Orrala	C3	0.30		<b>0.20</b>	<b>0.30</b>
	Suárez Figueroa	C3	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>	<b>-1.20</b>	<b>0.30</b>
	Suárez Yagual	C3	0.30		0.40	<b>0.30</b>
Río Chico	Ramón Lenin Ibaque	RM1 (FD)	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>0.20</b>	0.3
	Reyes Soriano	C3	0.30		0.40	
	Soriano Morales	C3	0.30		0.40	
	Tigrero Catuto	RM1 (FD)	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	0.40	
Manglaralto	Tigrero Laluisa	C3	0.30		<b>0.20</b>	<b>0.3</b>
	De La A Echaiz	C3	0.30		<b>0.20</b>	<b>0.3</b>
	Guale De La A	C3	0.30		<b>-0.30</b>	<b>0.3</b>
	Sánchez Suárez	C3	0.30		0.40	
	Eugenio Quiroz	C3	0.30		0.40	
	Suárez Rocafuerte	URM	0.30		<b>-0.10</b>	<b>0.2</b>
Dos Mangas	Mini Market Nuevo Estilo	C3	0.30		-0.50	0.3
	Rodríguez Guale	C3	0.30		0.40	
	Suárez De La Cruz	C3	0.30		0.40	
	Tigrero López	C3	0.30		0.40	
Montañita	Borbor González	C1	1.70		1.70	
	Clemente Rosales	C3	0.30		0.40	
	Solorzano Rodríguez	C3	0.30		-0.70	0.3
	Suárez Del Pezo	C3	0.30		<b>-0.50</b>	<b>0.3</b>
Olón	Tienda El Poeta De María De La A	C3	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>0.20</b>	<b>0.3</b>
	Bacilio Reyes	RM1 (FD)	0.40		<b>-0.10</b>	<b>0.3</b>
	J. A. del Sistema Regional de Agua Potable	C3	0.30		<b>-0.30</b>	<b>0.3</b>
	Lavandería Isaac	C3	0.30		<b>0.20</b>	<b>0.3</b>
	Reyes Orrala	C3	0.30		<b>-0.50</b>	<b>0.3</b>
	Tienda Don Máximo	C3	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>	<b>-0.90</b>	<b>0.3</b>
San José	Figueroa Plúas	C3	0.30		0.40	
	González Tomalá	URM	0.30		0.20	
	Gutiérrez Ramírez	C3	0.90		1.10	
	Gutiérrez Figueroa	C3	0.30		<b>0.00</b>	<b>0.3</b>
Las Núñez	Pozo Murillo	C3	0.60		<b>0.10</b>	<b>0.3</b>
	Licorería 911	C3	0.30		0.40	
	Reyes Panchana	RM1 (FD)	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	0.70	
La Entrada	Guale Baque	C3	0.30		<b>-0.30</b>	<b>0.3</b>
	Guale Borbor	C3	0.30		<b>-0.20</b>	<b>0.3</b>
	Guale Pozo	C3	0.30		<b>0.20</b>	<b>0.3</b>
	Guale Parrales	C3	0.30		<b>-0.30</b>	<b>0.3</b>
	Los Dulces de Benito	C3	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>	<b>-0.30</b>	<b>0.3</b>
	Palma Quirumbay	C3	0.30		<b>-0.50</b>	<b>0.3</b>


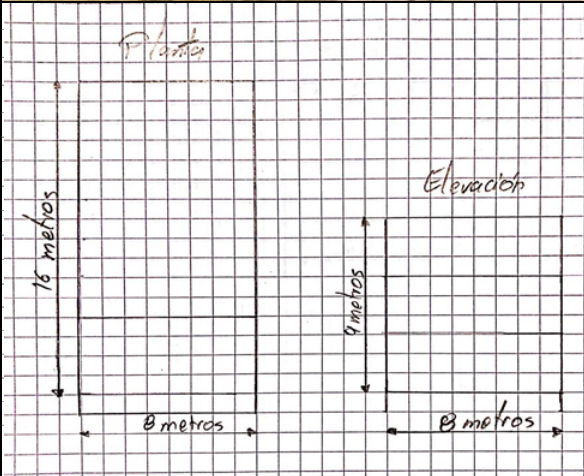
**Figura 1**  
*Formulario de recopilación de datos nivel 1 del edificio más vulnerable de la Comuna Cadeate*

**Detección Visual Rápida de Edificios en Busca de Posibles Peligros Sísmicos**

**Nivel 1**

Formulario de recopilación de datos FEMA P-154

**Sismicidad MUY ALTA**

	Dirección : <u>Cadeate - Calle 4 de Mayo</u> Código Postal : _____
	Otra identificación : _____
Nombre del Edificio : <u>Suárez Figueroa</u>	Uso : <u>Residencia - Pastelería</u>
Latitud : <u>1°52'2.88"S</u> Longitud : <u>80°44'20.94"O</u>	Ss : _____ S1 : _____
Inspector (es) : <u>Malavé Láinez Julissa Yamilex</u> Fecha/Hora : <u>7/6/2022 - 12:00</u>	No. Pisos : <u>Sobre el suelo 3</u> <u>Bajo el suelo 0</u> Año de construcción : <u>2007</u> <input type="checkbox"/> EST
Superficie total de piso (mt. 2) : <u>372 m<sup>2</sup></u> Código año : _____	Adiciones : <input type="checkbox"/> Ninguna <input checked="" type="checkbox"/> Si, Años construcción : <u>2012 - 2018</u>
Ocupación : <input type="checkbox"/> Asambleas <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Serv. Emergencia <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue	<input type="checkbox"/> Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input type="checkbox"/> Educación <input type="checkbox"/> Gobierno
<input type="checkbox"/> Utilidad <input type="checkbox"/> Almacén <input checked="" type="checkbox"/> Unid. Residencias: <u>1</u>	Tipo de suelo : <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> DNK
	Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Si DNK, asumir tipo Dura Débil Denso Duro Blando Pobre D
	Riesgo Geológico : Licuefacción : <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> DNK
	Deslizamiento : <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> DNK
	Superficie de Ruptura : <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> DNK
Adyacencia : <input checked="" type="checkbox"/> Golpes <input type="checkbox"/> Peligro Caída del Edificio Adyacente	Irregularidades : <input checked="" type="checkbox"/> Elevación (tipo/severidad) <u>En comentarios</u>
	<input checked="" type="checkbox"/> Planta (Tipo) <u>Irregularidad Torsional</u>
Peligros de Caída : <input type="checkbox"/> Chimeneas sin soporte lateral <input type="checkbox"/> Apéndices	Extreiores : <input checked="" type="checkbox"/> Parapetos <input type="checkbox"/> Revest. Pesado o de chapa de madera pesada
	<input checked="" type="checkbox"/> Otros: <u>Viseras</u>
Comentarios : <u>Retroceso fuera del plano (severo), dentro del plano (moderado) lugar inclinado (severo) - columna corta (severo)</u>	
<input type="checkbox"/> Dibujos o comentarios adicionales en una página aparte	

**NOTA BASE, MODIFICADORES, Y ÚLTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, S<sub>LI</sub>**

TIPO DE EDIFICIO FEMA	No se Sabe	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RCS W)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Básico		2.10	1.90	1.80	1.50	1.40	1.60	1.40	1.20	1.00	1.20	0.90	1.10	1.00	1.10	1.10	0.90	1.10
Irregularidad Vertical Grave, V <sub>LI</sub>		-0.90	-0.90	-0.90	-0.80	-0.70	-0.80	-0.70	-0.70	-0.70	-0.80	-0.60	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	-0.60	NA
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>LI</sub>		-0.60	-0.50	-0.50	-0.40	-0.40	-0.50	-0.40	-0.30	-0.40	-0.40	-0.30	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.30	NA
Irregularidad en Planta, P <sub>LI</sub>		-0.70	-0.70	-0.60	-0.50	-0.50	-0.60	-0.40	-0.40	-0.40	-0.50	-0.30	-0.50	-0.40	-0.40	-0.40	-0.30	NA
Pre-Código		-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.20	-0.30	-0.20	-0.10	-0.10	-0.20	0.00	-0.20	-0.10	-0.20	-0.20	0.00	0.00
Posterior-Marca Base		1.90	1.90	2.00	1.00	1.10	1.10	1.50	NA	1.40	1.70	NA	1.50	1.70	1.60	1.60	NA	0.50
Suelo Tipo A o B		0.50	0.50	0.40	0.30	0.30	0.40	0.80	0.20	0.20	0.30	0.10	0.30	0.20	0.30	0.30	0.10	0.10
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)		0.00	-0.20	-0.40	-0.30	-0.20	-0.20	-0.20	-0.10	-0.10	-0.20	0.00	-0.20	-0.10	-0.20	-0.20	0.00	-0.10
Suelo Tipo E (>3 Pisos)		-0.40	-0.40	-0.40	-0.30	-0.30	NA	-0.30	-0.10	-0.10	-0.30	-0.10	NA	-0.10	-0.20	-0.20	0.00	NA
Puntaje Mínimo, S <sub>MIN</sub>		0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20	0.30	0.30	0.20	1.00

**PUNTAJE FINAL 1, S<sub>LI</sub> ≥ S<sub>MIN</sub>**      S<sub>LI</sub> = 0.90 -0.60 -0.30 = **0.00**      S<sub>MIN</sub> = 0.30

<b>GRADO DE REVISIÓN</b> Exterior : <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior : <input type="checkbox"/> Ninguno <input checked="" type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Completo Planos revisados : <input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo : <u>Docente - UPSE</u> Fuente de Peligro Geológico : _____ Persona de contacto : <u>Sr. Oscar Suárez</u>	<b>OTROS RIESGOS</b> <b>¿Hay peligro que ameritan una evaluación estructural detallada?</b> <input checked="" type="checkbox"/> Golpeo potencial (a menos que S <sub>12</sub> < límite, si es conocido) <input type="checkbox"/> Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos <input type="checkbox"/> Riesgo geológico o Tipo de suelo F <input type="checkbox"/> Daño significativo / deterioro del sistema estructural	<b>ACCIÓN REQUERIDA</b> <b>¿Requiere evaluación estructural detallada ?</b> <input type="checkbox"/> Si, tipo de edificación FEMA desconocido u otro edificio <input checked="" type="checkbox"/> Si, puntaje menor que el límite <input checked="" type="checkbox"/> Si, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No <b>¿Evaluación no estructural detallada recomendada? (marque una)</b> <input type="checkbox"/> Si, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados <input checked="" type="checkbox"/> No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada <input type="checkbox"/> No, no se identifican peligros no estructurales <input type="checkbox"/> DNK
--	---	--

Cuando los datos no pueden ser verificados, el inspector deberá anotar lo siguiente: EST = estimado o dato no fiable o DNK = No Sabe

Legenda : MRF = Pórtico resistente a momento RC = Hormigón armado URM INF = Relleno de mampostería no reforzada MH = Vivienda prefabricada FD = Diafragma flexible  
BR = Marco arriostrado SW = Muro de cortante TU = Inclinado hacia arriba LM = Metal ligero RD = Diafragma rígido

**Figura 2**  
*Formulario de recopilación de datos nivel 2 del edificio más vulnerable de la Comuna Cadeate*

**Detección Visual Rápida de Edificios en Busca de Posibles Peligros Sísmicos**  
Formulario de recopilación de datos FEMA P-154

**Nivel 2**  
**Sismicidad MUY ALTA**

Recopilación de datos de nivel 2 opcional a cargo de un profesional de la ingeniería civil o estructural, un arquitecto o un estudiante de posgrado con experiencia en evaluación sísmica o diseño de edificios.

<b>Nombre del edificio:</b>	Suárez Figueroa	<b>Puntaje Final De Nivel 1:</b>	$S_{L1} = 0.00$	(no considerar SMIN)
<b>Inspector:</b>	Malavé Lainez Julissa Yarrilex	<b>Modificadores de Irreg. de Nivel 1:</b>	Irregularidad vertical, $V_{L1} = -0.60$	Irregularidad en Planta, $P_{L1} = -0.30$
<b>Fecha/Hora:</b>	7/6/2022 - 12:00	<b>PUNTAJE BASE AJUSTADO:</b>	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) = 0.90$	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE BASE AJUSTADA				
Tema	Enunciado (Si la declaración es verdadera, marcar con visto el modificador "Si", de lo contrario no marcar el modificador.)	Si	No	Subtotales
Irregularidad Vertical, $V_{L2}$	Sitio Inclinado	Edificio W1: Hay al menos un piso completo con cambio de pendiente del suelo de un lado del edificio al otro.	-0.9	
	Piso débil y/o blando (circle one maximum)	Edificio que no es W1: Hay al menos piso completo con cambio de nivel de un lado del edificio al otro.	-0.2	
		Edificio W1 muro atrofiado: Es visible a través del espacio de revisión un muro corto sin refuerzo.	-0.5	
		Casa W1 sobre el garaje: Debajo de un piso ocupado, hay un garaje abierto sin un marco resistente al momento de acero, y hay menos de 20cm de pared en la misma línea (para varios pisos ocupados arriba, use 40cm de pared como mínimo).	-0.9	
		Edificio W1A abierto frontalmente: Hay aberturas en la planta baja (como un parqueadero) que supera al menos el 50 % de la longitud del edificio.	-0.9	
		Edificio no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor al 50 % de la del piso superior, o la altura de cualquier piso es mayor a 2,0 veces la altura del piso superior.	-0.7	
	Entrada	Edificio no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso está entre el 50 % y el 75 % del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces mayor a la altura del piso superior.	-0.4	
		Los elementos verticales del sistema lateral situados en un piso superior están fuera de la borda de los del piso inferior, lo que hace que el diafragma se mueva en voladizo en el desplazamiento.	-0.7	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.	-0.4	
	Columna / Pilar Corto	Hay un desplazamiento en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos.	-0.2	
C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: Al menos el 20 % de las columnas (o pilares) a lo largo de una línea de columnas en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menor al 50 % de la relación altura/profundidad nominal en ese nivel.		-0.4		
C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: La altura de la columna (o el ancho del pilar) es menor que la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.		-0.4		
De dos niveles	Hay un desnivel en uno de los niveles de los pisos o en el techo.	-0.4		
Otra Irregularidad	Hay otra grave irregularidad vertical observable que obviamente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-0.7		
	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.	-0.4		
Irregularidad en planta, $P_{L2}$	Irregularidad torsional: el sistema lateral no parece relativamente bien distribuido en planta en una o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad de frente abierto W1A mencionada anteriormente.)	-0.5		
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.2		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de la dimensión total del plano en esa dirección.	-0.2		
	Apertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho superior al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.	-0.2		
	Desplazamiento fuera del plano del edificio C1, C2: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.	-0.2		
	Otra irregularidad: Existe otra irregularidad observable en planta que obviamente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-0.5		
Redundancia	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales a cada lado del edificio en cada dirección.	0.2		
Golpeteo	El edificio está separado de una estructura adyacente por menos del 1% de la altura del edificio más corto y la estructura adyacente y:			
	Los pisos no se alinean verticalmente dentro de los 0.61 m.	(Limite en la suma de modificadores de puntaje en -0.9)	-0.7	
	Un edificio es 2 o más pisos más alto que el otro.		-0.7	
	El edificio está al final de la manzana.		-0.4	
Edificio S2	La geometría de arriostamiento en "K" es visible.		-0.7	
Edificio C1	La placa plana sirve como viga en el marco de momento.		-0.3	
Edificio PC1/RM1	Hay amarres de techo a pared que son visibles o conocidos por los dibujos que no se basan en la flexión transversal. (No combinar con post-benchmark o modificador de actualización).		0.2	
Edificio PC1/RM1	El edificio tiene paredes interiores de altura completa muy juntas (en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén).		-0.2	
URM	Los muros a dos aguas están presentes.		-0.3	
MH	Hay un sistema de arriostamiento sísmico suplementario provisto entre el carro y el suelo.		-0.5	
Adecuación	La modernización sísmica integral es visible o se conoce a partir de los planos.		-1.2	
<b>PUNTAJE FINAL NIVEL 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>:</b>				
				<b>0.90 -0.9 -0.7 -0.5 = -1.20 <math>S_{MIN} = 0.30</math> (Transferir al formulario de Nivel 1)</b>

Hay daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente el desempeño sísmico del edificio.: Si  No   
En caso afirmativo, describa la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indique en el formulario de Nivel 1 que se requiere una evaluación detallada independientemente del puntaje del edificio.

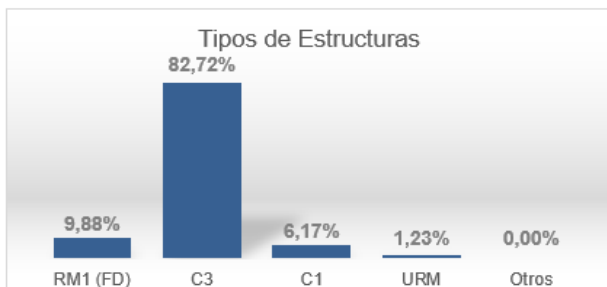
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				
Ubicación	Enunciado (Marcar "Si" o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostada o chimenea de mampostería no reforzada no arriostada.	X		
	Hay un revestimiento pesado o un enchapado pesado.		X	
	Hay una marquesina pesada sobre las puertas de salida o las pasarelas peatonales que parece no tener el apoyo adecuado.		X	
	Hay un apéndice de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o las pasarelas peatonales.		X	
	Hay un letrero en el edificio que indica que hay materiales peligrosos presentes.		X	
	Hay un edificio adyacente más alto con una pared URM no anclada o un parapeto o chimenea URM sin refuerzos.		X	
	Otro peligro de caída exterior no estructural observado:	X		Viseras
Interior	Hay tabiques huecos de teja de barro o ladrillo en cualquier escalera o pasillo de salida.		X	
	Otro peligro de caída no estructural interior observado:		X	
<b>Desempeño sísmico no estructural estimado (Marque la casilla correspondiente y transfiera a las conclusiones del formulario de Nivel 1)</b>				
<input type="checkbox"/>	Posibles peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes	→	Se recomienda una evaluación no estructural detallada	
<input checked="" type="checkbox"/>	Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes	→	Pero no se requiere una evaluación no estructural detallada	
<input type="checkbox"/>	Amenaza de riesgo no estructural baja o nula para la seguridad de la vida de los ocupantes	→	No se requiere una evaluación no estructural detallada	

**Comentarios :** Edificio no cuenta con planos

### Errores estructurales y constructivos más frecuentes en las estructuras de la Parroquia Manglaralto.

Con los resultados mostrados anteriormente se identifica el tipo de edificaciones más común obteniendo así un mayor porcentaje que pertenece a la edificación tipo C3, ya que las estructuras de las comunas de la Parroquia Manglaralto tiene pórtico de hormigón armado, pero cabe considerar que, estas no son supervisadas por un ingeniero civil por este motivo se las considera de este tipo y no C1 (Estructuras de hormigón armado resistente a momentos).

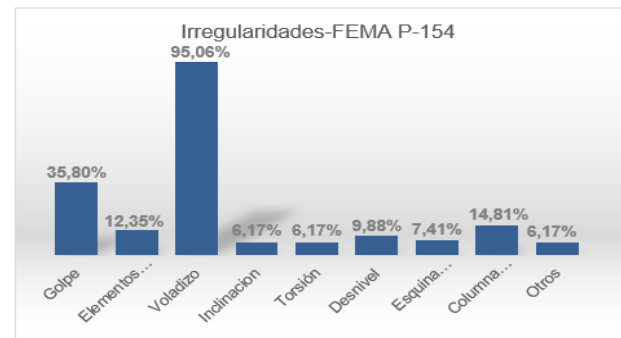
**Figura 3**  
*Tipos de estructuras más comunes*



Los daños principales que se observaron en las 81 estructuras que se analizaron, el 95.06% fueron en voladizos entre 1 metros y 2 metros, además se visualizaron los desniveles entre las edificaciones principales y las adiciones, el 35.80% presenta choque o golpeteo, ya que se encuentran con ninguna separación y en muchos casos no se alinean verticalmente lo cual puede producir un riesgo para el sistema estructural.

Solo el 6.17% de las estructuras se pueden ver perjudicadas debido a la inclinación del territorio donde se encuentran, de este porcentaje el 60% se encuentra en la comuna La Entrada e incluso cuentan con pisos subterráneos debido a esta característica del suelo.

**Figura 4**  
*Irregularidades más comunes*



### Técnicas de reforzamiento estructural para los edificios con vulnerabilidad alta de la Parroquia Manglaralto.

En el presente proyecto se evidencia la falta de rigidez de la estructura más vulnerable, sin embargo, no es la única que tiene este tipo de deficiencias. Varias de las casas que se encuentran ubicadas en la Parroquia de Manglaralto tiene un sistema estructuras con ductilidad y resistencia baja, esto se constató mientras se realizaba el trabajo de campo en todas las comunidades, es por este motivo que el reforzamiento estructural no se limitará a una sola estructura sino más bien se dará técnicas de reforzamiento para que los moradores que tengan sus viviendas en esta categoría sepan y se informen de estas alternativas de reforzamiento.

En muchos casos se ha observado la demolición de viviendas o de los elementos que no cumplen con los lineamientos de las normas, y optan por construir otra edificación con mejor resistencia y ductilidad, pero la rama de ingeniería civil de construcción-diseño, brinda alternativas de reforzamiento y reparación a los elementos de una estructura para no demolerla.

Las razones por las cuales se debe realizar una intervención de reparación en estructuras son muchas. Podría ser por deterioro de los elementos compuestos por materiales de la misma localidad, esto se presenta en varias de las casas analizadas con el Formulario FEMA P-154, también por patologías, catástrofes como los terremotos, incluso por el nuevo uso que se

le dé a la edificación, ya que de esto dependerá los lineamientos de las normas de construcción.

El objetivo principal de este apartado es determinar las Técnicas de reforzamiento estructural, que a través de las investigaciones realizadas y con la información que nos proporcionan Raigosa-Tuk (2010) y Ochoa Román and Ulcuango Merino (2014), se determinan los siguientes grupos, que se enfocan en los principales elementos estructurales como cimentación, columnas, vigas y losa, e incluso para los muros de mampostería. En el proyecto de investigación se enfoca principalmente en los reforzamientos de columnas, vigas y losa, ya que estos elementos son los más afectados en las estructuras analizadas.

Técnicas de reforzamiento aplicadas a cimientos.

Técnicas de reforzamiento aplicadas a columnas de concreto.

Técnicas de reforzamiento aplicadas a muros en mampostería.

Técnicas de reforzamiento aplicadas a vigas de concreto.

Técnicas de reforzamiento aplicadas a losas.

### **Técnicas de Reforzamiento para Columnas.**

Para el reforzamiento de la columna en base a las investigaciones realizadas se plantean tres opciones:

#### **Encamisado de Acero.**

El encamisado de acero es la primera opción de las técnicas de reforzamiento estructural, esto se realiza por medio de una columna metálica que complementaria a la existente, esta deberá soportar parte de la carga axial que soporta la columna de concreto. Aunque este tipo de reforzamiento no es buen visto en cuanto a la arquitectura de la edificación, su función es favorable para el correcto

comportamiento de este, además se forra para evitar para evitar su visibilidad a simple vista.

#### **Anillo Perimetral de Concreto.**

Como segunda opción se encuentra el anillo perimetral de concreto, que su función es soportar la carga axial faltante de la columna existente y el acero que llevara el anillo se diseña para soportar el 100% de la carga esto de acuerdo con el esquema de deflexión de la columna.

#### **Reforzamiento de la Columna.**

Cuando se refiere al reforzamiento de la columna, esta técnica quiere decir que se reforzará al acero que le hace falta en su interior, esto se realiza mediante demolición zonificada e incorporación de los aros y aceros que faltaban, para luego verter el concreto a la columna. Esto se realizará en la parte de recubrimiento del acero, por lo que se puede realizar sin apuntalar la columna.

#### **Técnicas de Reforzamiento para Vigas de Concreto.**

Para las vigas existen varias técnicas para realizar el reforzamiento, algunas de ellas son más complejo, ya que depende del grado de importancia que tenga la obra, sin embargo, en el caso de las viviendas de Manglaralto que la mayoría tiene dos a tres pisos y que el gran porcentaje de ellas son para fines de residencia por ende sus cargas no hacen requerir los sistemas complejos.

Las vigas de concreto armado tiene una técnica de incorporación del acero faltante, realizando surcos en la viga que se quiere reforzar, para lograrlo, es necesario el uso de algunas herramientas mecánicas, para luego verter el concreto que tenga alta plasticidad. Esto se debe realizar para las vigas que necesitan acero de refuerzo como acero cortante

#### **Técnicas de Reforzamiento para Losas.**

La sobre losa es una de las técnicas para su reforzamiento, según Raigosa-Tuk (2010) la principal función de esta opción es aumentar el espesor y obtener bloque de refuerzos menor, además nos indica que al contar con un bloque

de refuerzos que requiere menor cuantía, el acero necesario que se debe aplicar disminuirá, lo cual resolvería el problema de deficiencia de acero.

Las técnicas de reforzamiento son favorables y se emplean en elementos fundamentales de una edificación cuando se ven deterioradas o no son lo suficientemente resistentes a catástrofes, ya que una vez aplicadas, las edificaciones generan resultados aceptables y no se opta por la demolición. Además, la implementación de las técnicas de reforzamiento refleja un menor costo a diferencia de la demolición y reconstrucción de los nuevos elementos o edificación.

**Análisis de la estructura más vulnerable.**

El análisis con las demás metodologías cualitativas y cuantitativa se detallarán a continuación; para desarrollar la evaluación en los diferentes métodos y la creación del modelo de la estructura en el software se debe conocer la estructura. El edificio está ubicado en la comuna Cadeate que tiene mayor índice de vulnerabilidad sísmica, está conformada por 3 pisos, el primero se construyó en el año 2007, con dimensiones de columnas menores a las actuales, el segundo piso se realizó en el año 2012 en el cual se tuvo que construir un muro de contención debido al sitio inclinado donde se encuentra asentada para evitar asentamientos, luego en el 2015 se incluyó un tercer piso.

La estructura es de hormigón armado con paredes de mampostería con mortero y el techo es de fibrocemento. En las visitas realizadas se visualizó que la estructura posee varios elementos estructurales, las cuales son:

Losa aligerada

Columnas cuadradas

Vigas cuadradas

**Resultados del método italiano.**

En la Tabla 2 se muestra las clasificaciones de la metodología los cuales se representan por: A, B y C para los edificios

de hormigón armado, el puntaje K y el peso de los parámetros en los que se encuentra la construcción, cada parámetro tiene un peso dependiendo de la importancia que tenga en una estructura, cabe mencionar que estos parámetros ya están establecidos por la metodología, y son considerados tal y como lo establecen los autores.

**Tabla 2**  
*Índice de vulnerabilidad – Benedetti y Petrini*

	Factor de vulnerabilidad	Clase	Puntaje K de la clase	Peso W	K*W
1	Organización del sistema resistente	C	12	1	12
2	Calidad del sistema resistente	C	12	1	12
3	Resistencia convencional	C	22	1	22
4	Posición del edificio y cimentación	B	2	0.5	1
5	Losas	C	6	1	6
6	Configuración en planta	B	3	0.5	1.5
7	Configuración en elevación	C	6	1	6
8	Conexión entre elementos críticos	A	0	0.75	0
9	Elementos de baja ductilidad	C	6	1	6
10	Elementos no estructurales	A	0	0.25	0
11	Estado de conservación	B	10	1	10
	Total				76.5

Con los puntajes de la evaluación de cada parámetro se procede a obtener el índice de vulnerabilidad sísmica de la edificación en esta metodología y para conocer el valor se procede a calcularlo con la ecuación propuesta por los autores de la metodología.

El índice de vulnerabilidad sísmica de la edificación seleccionada, con la metodología de Benedetti y Petrini se obtiene a través de la suma de los resultados de la multiplicación del factor K y el peso W, este cálculo se presenta a continuación.

$$I_v = 100 \frac{76.5 + 1}{34} = 227.94$$

Considerando las clasificaciones de vulnerabilidad que indica la metodología, la edificación tiene una vulnerabilidad alta con un

índice de vulnerabilidad de 227.94. Los factores que más afectan a la estructura según esta metodología es la calidad del sistema resistente y la configuración de elevación, alcanzando sus máximas puntuaciones, incrementando así el índice de vulnerabilidad sísmica.

### Resultado del método de Chang

En la Tabla 4 se observan los resultados de todos los parámetros que se debe considerar para analizar la edificación aplicando la metodología, cabe mencionar que este análisis es netamente visual, por lo que no se procedió hacer ningún tipo de procedimientos cuantitativos para obtener resultados de cada parámetro; se consideró el análisis visual que hace referencia a los factores estructural y de cimentación/sitio.

**Tabla 3**  
*Índice de vulnerabilidad sísmica - Chang*

Factor Estructural	Peso
Tipo de Edificio	0
Año de construcción/Usos de norma	10
Irregularidad Vertical	0
Piso Blando	0
Irregularidad Torsional	0
Irregularidad en Planta	0
Columnas Cortas	0
Abertura en Diafragmas	5
Choque - Golpeteo	0
Revestimiento Pesado	3
Daño Visible	0
Factor de Cimentación/Sitio	Peso
Tipo de Suelo	5
Potencial Licuefacción	10
Tipo de Cimentación	3
Estabilidad de Taludes	10
<b>Total</b>	<b>46</b>

La estructura es de hormigón armado, sin diseño sismorresistente, por esta razón, se optó considerar el parámetro 1 con una puntuación de 0; fue construida en el 2007 con adiciones en los años 2012 y 2017, determinando el parámetro con 10 de puntuación, se visualizó irregularidad debido a esto se obtuvo un puntaje de 0 en el tercer parámetro; también se observó que la estructura tiene piso blando por ende

se valoriza con su mínimo valor, igual que irregularidad torsional e irregularidad en planta.

Continuando con los factores estructurales, la estructura presenta en su interior como en su exterior columnas cortas, ya que se ven perjudicadas por mampostería, debido a esto se coloca una puntuación de 0 en el séptimo parámetro; la estructura también presenta daños que pudieron observar principalmente en las columnas por esta razón 0 es su puntuación.

Para finalizar con los factores estructurales analizamos el choque o golpeteo que podría presentar la edificación obteniendo un valor de 0 ya que presenta golpeteo, continuado analizamos abertura en diafragmas y revestimiento pesado, a todos estos últimos parámetros se puntualiza con su máximo valor debido a que no se presentan estos factores en la construcción que estamos analizando.

En la evaluación de los factores de cimentación o sitio se inició por identificar el tipo de suelo en el que está construida nuestra estructura determinando así un suelo Tipo C, por lo que esta puntuación es de 5, además no presenta licuefacción por ende el factor 11 tiene una valoración máxima de 10 y el factor 12 de 3, ya que no existe asentamiento en la cimentación a causa de la licuefacción ni por ningún otro factor. Para culminar con los factores de cimentación o sitio se evalúa la estabilidad del talud, la edificación que se está analizando tiene una inclinación considerable, debido a esto cuenta con un muro de contención que forma parte de la edificación, por tal motivo el puntaje es 10 en este factor.

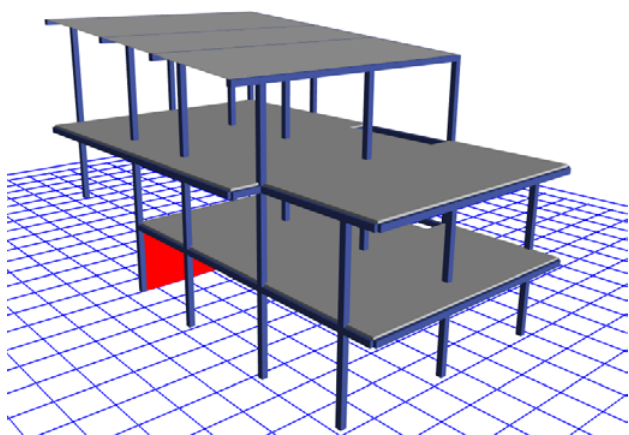
La vulnerabilidad que resultó de la aplicación de la metodología del sistema de puntuación se encuentra dentro del rango de una vulnerabilidad alta, con una puntuación de 46, lo que indica según el método que esta edificación podría presentar fallas severas durante un sismo.

### Modelo matemático del edificio

Se elabora un modelo matemático en un programa de análisis estructural digital, para la estructura más, este modelamiento se lo

elaboró considerando todas las características vistas en visita en campo como su geometría, dimensiones de las luces como de los elementos estructurales, tipo de materiales, etc., además se consideraron las normas de construcción vigentes para realizar el correcto análisis tanto para la norma ecuatoriana como para la norma americana. En la Figura 5 se presenta el modelo finalizado en 3D elaborado en ETABS, el cual es un programa especializado de estructuras.

**Figura 5**  
*Modelo matemático de la estructura del análisis*

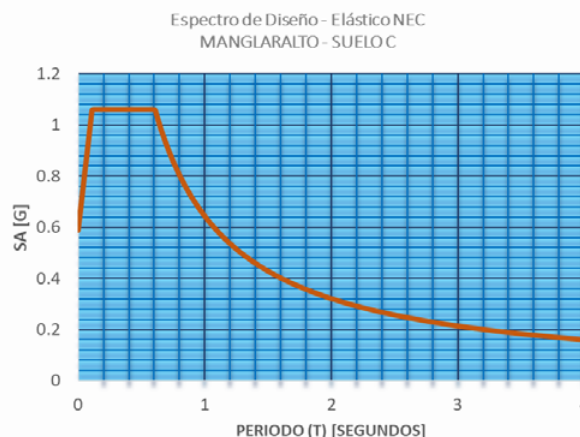


### Análisis estático NEC

#### Espectro de diseño.

El espectro de diseño de aceleraciones es definido por (MIDUVI-NEC-SE-DS) como la relación que hay entre la aceleración de respuesta estructural y el período esencial de vibración. Se grafica el espectro de aceleración espectral como se muestra en la Figura 6 presentada a continuación. Es importante resaltar que la estructura dentro de la normativa presenta irregularidad vertical y horizontal ambas son tipo 4.

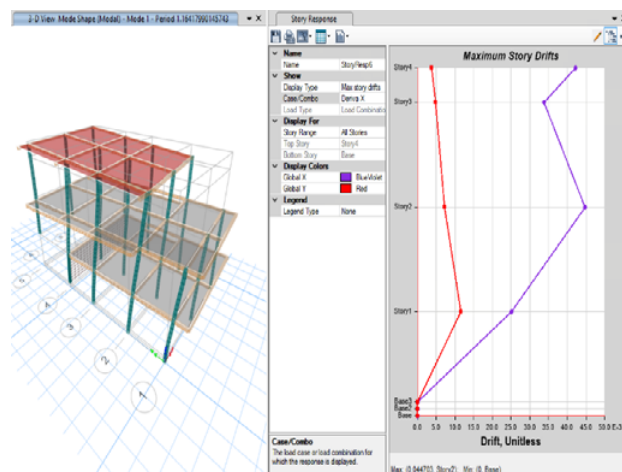
**Figura 6**  
*Espectro de diseño, norma NEC 2015*



### Derivas de piso

Las derivas las obtenemos a partir de los desplazamientos al aplicarse el coeficiente basal, estos datos los adquirimos del programa ETABS. En las Figura 7 y Figura 8 se muestran las derivas máximas de piso inelásticas en la dirección X y en la dirección Y respectivamente, esto para el caso de carga de sismo estática.

**Figura 7**  
*Derivada en X con periodo 1.16*







Modal	6	0.404	0.064	0.010	0.796	0.886	0.075	<b>0.902</b>	Torsión
Modal	7	0.299	0.047	0.001	0.843	0.887	0.032	0.933	Traslación
Modal	8	0.267	0.001	0.042	0.843	<b>0.929</b>	0.000	0.934	Traslación
Modal	9	0.261	0.002	0.071	0.845	1.000	0.000	0.934	Traslación
Modal	10	0.199	0.000	0.000	0.845	1.000	0.000	0.934	Traslación
Modal	11	0.099	0.000	0.000	0.845	1.000	0.000	0.934	Traslación
Modal	12	0.088	0.000	0.000	0.845	1.000	0.000	0.934	Traslación

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la participación de masa modal en cada uno de los modos de vibración, en las columnas 4 y 5 se muestran el porcentaje de masa que se encuentra en la dirección X y Y respectivamente, mientras que en la columna 8 se encuentra el porcentaje de masa que se ubica en Rz.

El análisis se enfoca en los tres primeros modos, y se observa que el primer y tercer modo de vibración son Torsionales mientras que el segundo modo es Traslacional, así mismo es evidente que existen más traslacionales (7) que torsionales (5) evidenciando que la estructura es muy vulnerable por tener torsión en el primer modo.

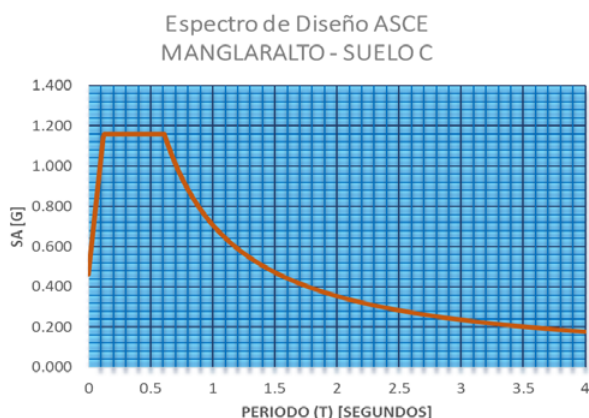
### Análisis con la norma americana ASCE 7-16

#### Espectro de Diseño.

Para establecer el espectro de diseño y realizar el análisis, se necesitan determinar ciertos parámetros, los cuales son determinados por ASCE 7-16 and SEI (2017, p. 4) y se aplica la homologación para los valores  $S_s$  y  $S_1$  considerando lo realizado por los ingenieros García García and Chóez Franco (2019).

### Figura 9

Espectro de diseño, norma ASCE 7 - 16



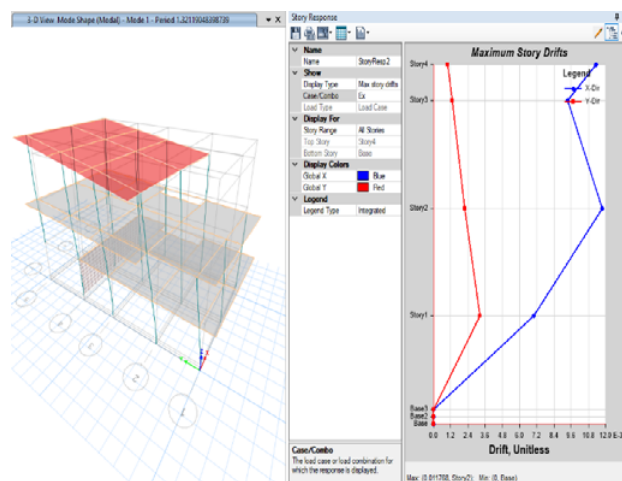
### Derivas de Piso

Es preciso mencionar que las derivas demuestran el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos de la estructura ubicados en la misma línea vertical, en los tres pisos de la edificación, cuando se ven dimensiones menores se puede entender que no cumplirá con los lineamientos de normas.

Las derivas se obtienen a partir de los desplazamientos al aplicarse el coeficiente basal, estos datos los obtenemos del programa ETABS. En las Figura 10 y Figura 11 se muestran las derivas máximas de piso inelásticas en la dirección X y en la dirección Y respectivamente, esto para el caso de carga de sismo estática.

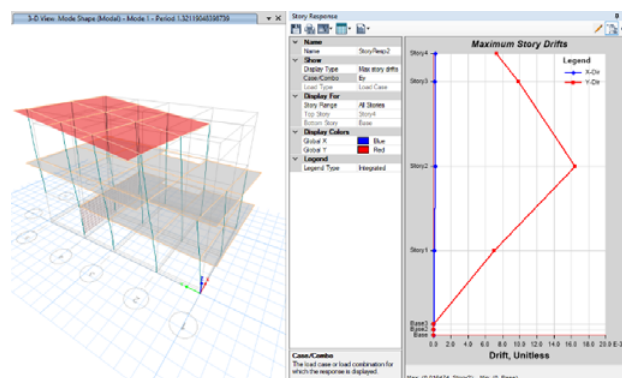
### Figura 10

Derivadas en dirección X



### Figura 11

Derivadas en dirección Y



La estructura y sus dimensiones no cumplen con la norma ASCE 7-16 por lo que

las secciones no son suficientes en el análisis de derivas inelásticas y al igual que en la norma ecuatoriana de la construcción NEC, las máximas derivas se encuentran en el piso 2.

### Irregularidad Torsional

Se realiza la revisión de irregularidad torsional para que la estructura tenga el control de torsión máxima, la ejecución y el desarrollo de este procedimiento se detalla en la Tabla 7 y Tabla 8 para un tipo 1a. Los desplazamientos máximos se encuentran en el piso 2 igual que en el análisis de la norma ecuatoriana.

**Tabla 6**  
*Irregularidad torsional - sismo en dirección X*

Piso	Nodo	X	Y	Resultante	Máx.	1,2*Prom	Máx.<1.2 Prom
Piso 2	11	46.26	-6.46	46.7	46.7	45.71	No Cumple
	15	28.78	6.36	29.4			

**Tabla 7**  
*Irregularidad torsional - sismo en dirección Y*

Piso	Nodo	X	Y	Resultante	Máx.	1,2*Prom	Máx.<1.2 Prom
Piso 2	11	-0.45	49.42	49.42	49.4	58.92	Si Cumple
	15	0.42	48.77	48.78			

La estructura es vulnerable, demostrado en esta norma y en la norma ecuatoriana, es por eso por lo que se debe someter a rigidez, en la norma NEC el primer modo dio un momento torsional, lo que significa que su comportamiento no es idóneo para soportar un sismo.

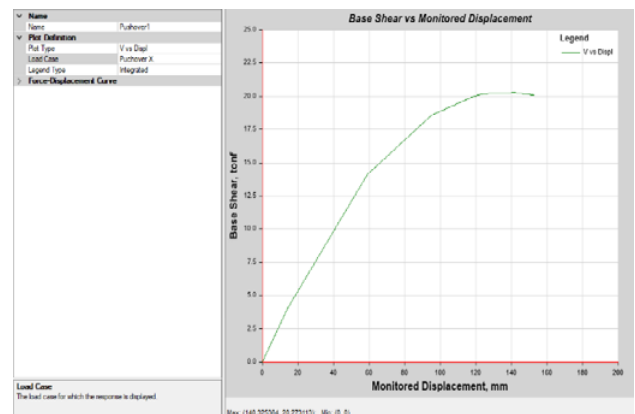
### Análisis no lineal

El análisis no lineal se ejecutó en el programa ETABS, donde se realizó el análisis estático lineal y modal espectral, mediante el método PUSHOVER, en el cual se incluirán los elementos principales de la estructura (columnas y vigas). Las especificaciones fueron tomadas de las normas FEMA 356 and ASCE (2000).

### NEC 2015

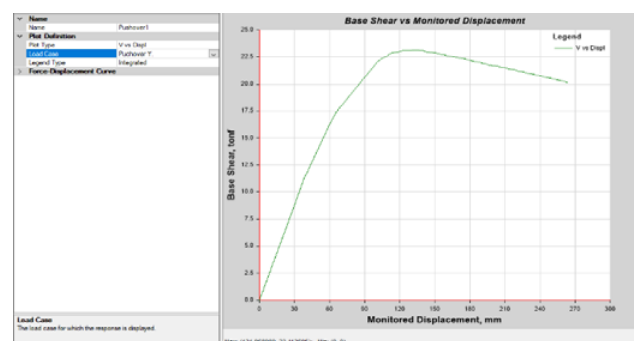
Se obtiene como resultado la Curva de Capacidad de la estructura en la dirección analizada. En la Figura 12 se muestra la curva pushover en las direcciones analizadas X, mostrando en el eje Y la fuerza de cortante de basal y en el eje X el desplazamiento producido.

**Figura 12**  
*Curva Pushover dirección X, NEC-15*



De igual forma en la ejecución del programa se obtiene como resultado la Curva de Capacidad de la estructura en la dirección analizada. En la Figura 13 se muestra la curva pushover en las direcciones analizadas Y, mostrando en el eje Y la fuerza de cortante de basal y en el eje X el desplazamiento producido.

**Figura 13**  
*Curva Pushover dirección Y NEC-15*

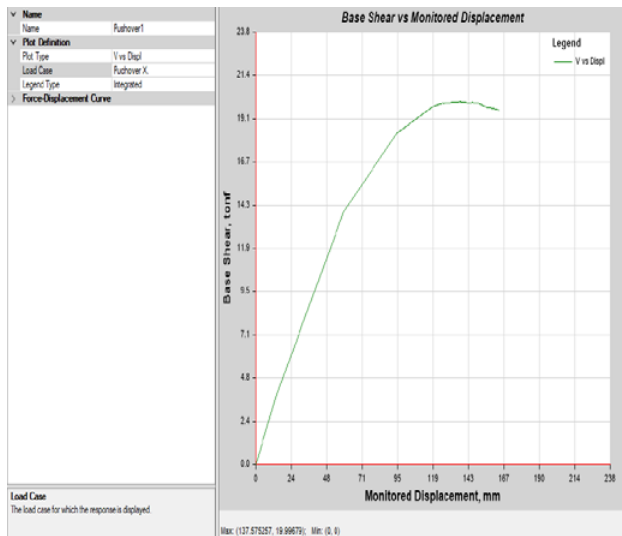


### ASCE 7-16

Se obtiene como resultado la Curva de Capacidad de la estructura; en la Figura 14 se muestra la curva pushover en las direcciones analizadas X, mostrando en

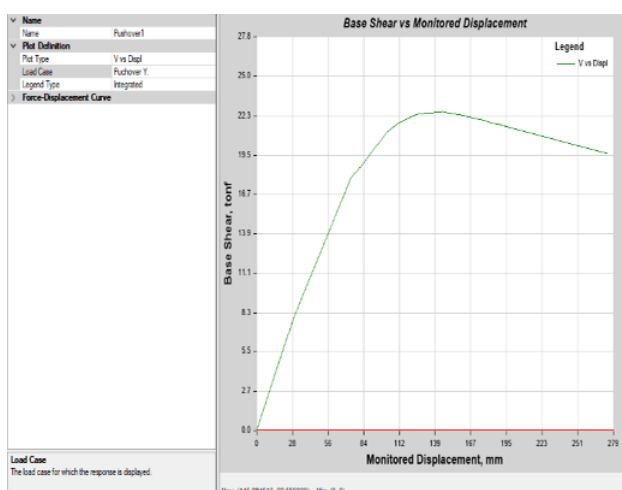
el eje Y la fuerza de cortante de basal y en el eje X el desplazamiento producido.

**Figura 14**  
*Curva Pushover dirección X, ASCE 7-16*



De igual forma en la ejecución del programa se obtiene como resultado la Curva de Capacidad de la estructura en la dirección analizada. En la Figura 15 se muestra la curva pushover en las direcciones analizadas Y, mostrando en el eje Y la fuerza de cortante de basal y en el eje X el desplazamiento producido.

**Figura 15**  
*Curva Pushover dirección Y ASCE 7-16*



**Discusión**

Las 81 edificaciones tienen un índice de vulnerabilidad alta, por lo que se concluye que, si en la localidad o cerca de la Parroquia

Manglaralto llegase a producirse un sismo con una magnitud considerable, estas estructuras podrían verse afectadas con pocos daños, daños graves u otras hasta podrían colapsar.

En el análisis con las metodologías cualitativas FEMA P-154, Benedetti - Petrini, y el Sistema de Puntuación de Índice de Vulnerabilidad; los niveles de vulnerabilidad varían, para la primera metodología que considera más factores e irregularidades dentro de su formulario, determina que la estructura necesitaba un análisis más detallado debido al puntaje (sin considerar el mínimo establecido por el manual) de -1.50 menor a 2.0 que establece la norma.

La vulnerabilidad sísmica obtenida por la metodología de Benedetti – Petrinni se encuentra en el rango de vulnerabilidad Alta con una puntuación de 227.94, mientras que el Sistema de Puntuación de índice de Vulnerabilidad con una puntuación de 46 define a la estructura con un índice de vulnerabilidad Alta.

En el análisis cuantitativo también refleja una alta vulnerabilidad de la estructura, debido a que no cumple con los requerimientos mínimos establecidos por las normas NEC-2015 y ASCE 7-16. Entre ellos, las dimensiones de los elementos estructurales y la calidad del hormigón.

Dentro del análisis cuantitativo estático y dinámico proporcionado por la NEC, concluye que presenta derivas que no cumplen con el límite establecido, esta estructura se encuentra vulnerables ante una fuerza externa, se debe rigidizar a la estructura para que tenga un mejor comportamiento, también se evidencia que el periodo dado por el programa ETABS supera al calculado por la norma, como consecuencia de la mala calidad de hormigón y las dimensiones de los elementos estructurales. De igual forma, en la Norma Americana ASCE, se realizó el análisis a la estructura y se concluye que la estructura es vulnerable al no cumplir con sus límites establecidos.

Si se analiza la curva de Curva de Capacidad de la estructura (también conocida como curva Pushover) se pudo constatar que la

estructura no ha sido diseñada ni construida con una alta ductilidad, por lo que su resistencia para la norma Ecuatoria se encuentra en 20.27 Ton y 23.11 Ton en dirección X y Y respectivamente; mientras que para la norma americana 20 Ton y 22.55 Ton en dirección X y Y respectivamente; con la ayuda de las curvas Pushover se determinó en general que la estructura presenta grandes probabilidades de sufrir daños extensos en sus elementos estructurales así como también de colapsar ya que posee poca ductilidad, es decir presenta una alto grado vulnerabilidad tanto para demandasísmica de la NEC2015 o sismo de diseño como para la norma ecuatoriana ASCE 7-16.

La República de Ecuador se encuentra situada e influenciada por el proceso de subducción, proceso en el cual la placa Nazca se hunde bajo la Placa Sudamericana, además de esto nuestro país tiene mayor probabilidad de sufrir un terremoto debido a que se encuentra en uno de los territorios del mundo con mayor movimiento sísmico, a causa de la ubicación del Cinturón de fuego que cruza justo en la sierra de nuestro país, por tales motivos es indiscutible sobre todo que la costa ecuatoriana sea una zona de gran actividad sísmica.

En Ecuador y en muchos otros países elaboran estructuras que no tiene una correcta construcción y planificación, lo que evidencia que las estructuras no cumplen con los requisitos mínimos de ninguna normativa para diseños sismorresistentes, asegurando un mayor nivel de vulnerabilidad en su estructura provocando graves daños materiales y humanos. La parroquia Manglaralto, como toda localidad, se mantiene en constante crecimiento poblacional, lo que ha demandado la edificación de construcciones que permitan el adecuado funcionamiento de todas las instituciones, de los comercios, así como de proyectos habitacionales, unas con asesoría profesional y otro porcentaje construidas por personas de la misma localidad y sin conocimientos de construcción sismorresistente

El estudio de Cando et al. (2018) tiene similitud en la metodología empleada, en el número de muestras y en el tipo de estructuras, ellos evaluaron 80 edificaciones en Quito-

Armenia 1, y concluyeron que el 93% de las edificaciones ameritan un análisis estructural más detallado lo que quiere decir que tiene un alto índice de vulnerabilidad sísmica, los resultados del estudio de las 81 edificaciones de la parroquia Manglaralto determinan que el 100% de las edificaciones son vulnerables, y esto se debe a que FEMA correlaciona los modificadores del formato de acuerdo a su peligrosidad sísmica, lo cual posiblemente sea la causa de la diferencia de resultados, ya que Quito tiene una peligrosidad sísmica menor a Manglaralto.

### Referencias bibliográficas

- Álvarez Sánchez, J. J., & Pulgar Santacruz, X. O. (2019). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de Vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, repositorioacademico.upc.edu.pe.
- ASCE7-16, & SEI. (2017). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura: un metodo di valutazione. A method for evaluating the seismic vulnerability of masonry buildings. *L'industria delle Costruzioni*(149), 66-74.
- Cando, W., Jaramillo, Ó., Bucheli, J., & Paredes, X. (2018). Evaluación técnico-visual de estructuras según NEC-SE-RE en el sector "La Armenia 1" para la determinación de riesgo ante fenómenos naturales específicos. *revistapuce*.
- Chang, T. S., Pezeshk, S., Yiak, K. C., & Kung, H. T. (1995). Seismic Vulnerability Evaluation of Essential Facilities in Memphis and Shelby County, Tennessee., *II*(4), 527-544. doi:10.1193/1.1585826
- Chopra, A. K., & Goel, R. K. (2002). A modal

- pushover analysis procedure for estimating seismic demands for buildings. *International Association For Earthquake Engineering - Earthquake engineering structural dynamics*, 31(3), 561-582. doi:
- Cueva Flores, C.A. (2017). *Vulnerabilidad sísmica del edificio de la Facultad de Filosofía, Comercio y Administración de la UCE con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC SE-RE 20115)*. Quito: UCE,
- Efren, L. L., Willians, P. Z., & Lincoln, G. V. (2021). Vulnerabilidad sísmica en viviendas de zona rural: el caso Santa Marianita–Manta–Ecuador: Artículo de investigación. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación.*, 4(7).
- FEMA 356, & ASCE. (2000). *PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS*. Washington-Reston
- FEMA. (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (FEMA P-154). *Federal Emergency Management Agency, 3rd ed.*
- García García, A. P., & Chóez Franco, J. F. (2019). *Estudio comparativo de los diseños sísmicos, de una estructura de pórticos dúctiles resistentes a flexión de hormigón armado, usando las especificaciones NEC-2015, ASCE 7-16 de la asociación Estadounidense de Ingenieros Civiles; ACI 318-14 del Instituto Estadounidense del hormigón armado*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.,
- López, A. T. L., Espín, A. T., & Olivares, G. S. (2017). *Influencia del tipo de rótula plástica en el análisis no lineal de estructuras de hormigón armado*. (68), Universidad Politécnica de Cartagena Hormigón y Acero (282)
- Marcillo Gutiérrez, G. T. (2020). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos de Benedetti y Petrini; FEMA 154 del edificio Carrera de Ingeniería Agropecuaria-UNESUM*. UNESUM, Jipijapa.
- Mena Hernández, U. (2002). *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*: Universitat Politècnica de Catalunya.
- MIDUVI-NEC-SE-DS. (2015). *Peligro Sísmico, diseño sísmo resistente*. ECUADOR
- Montalvo Quintero, G. A. (2019). *Análisis Cuantitativo y Cualitativo del Grado De Vulnerabilidad Sísmica de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica De Ambato, Campus Huachi*. Universidad Técnica de Ambato,
- Ochoa Román, J. V., & Ulcuango Merino, F. D. (2014). *Estudio de la seguridad sísmica y diseño del reforzamiento estructural de una vivienda de tres pisos*. Escuela Politécnica Nacional, Bachelor's thesis, QUITO, 2014.
- Raigosa-Tuk, E. (2010). *Técnicas de reforzamiento de estructuras construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales*.
- Rodríguez Pintado, J. A., & Zulueta Pérez, H. E. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini) de la ciudad de Jayanca, distrito de Jayanca, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo,
- Udías, A. (1998). Introducción: sismicidad y sismotectónica de América Central y del Sur. *Revista Física de la Tierra*, 10, 11-17.
- Valle, I. P., & Romero, B. P. (2016). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las ocho estructuras del Midena, mediante la metodología Fema p-154, y propuesta de reforzamiento estructural de la edificación más vulnerable*. Universidad de las Fuerzas Armadas.,