



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA DR.
MANUEL A. GONZÁLEZ APLICANDO LA METODOLOGÍA FEMA 154 Y
NORMATIVA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN.

PACHO CRUZ ANGEL PATRICIO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA DR.
MANUEL A. GONZÁLEZ APLICANDO LA METODOLOGÍA
FEMA 154 Y NORMATIVA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN.

PACHO CRUZ ANGEL PATRICIO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA DR. MANUEL A.
GONZÁLEZ APLICANDO LA METODOLOGÍA FEMA 154 Y NORMATIVA
ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN.

PACHO CRUZ ANGEL PATRICIO
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2020

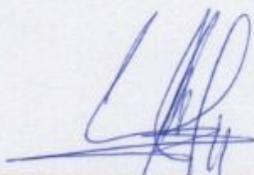
MACHALA
27 de febrero de 2020

Nota de aceptación:

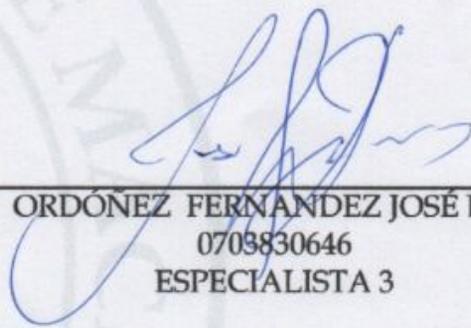
Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA DR. MANUEL A. GONZÁLEZ APLICANDO LA METODOLOGÍA FEMA 154 Y NORMATIVA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN., hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO
0701790057
TUTOR - ESPECIALISTA 1



AÑAZCO CAMPOVERDE GILBERT ADRIAN
0704619618
ESPECIALISTA 2



ORDÓÑEZ FERNÁNDEZ JOSÉ LUIS
0703830646
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 26 de febrero de 2020 - 17:11

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE
LA UNIDAD EDUCATIVA DR.
MANUEL A. GONZÁLEZ
APLICANDO LA
METODOLOGÍA FEMA 154 Y
NORMATIVA ECUATORIANA
DE CONSTRUCCIÓN.

por Ángel Patricio Pacho Cruz

Fecha de entrega: 12-feb-2020 11:50a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1256194966

Nombre del archivo: ETODOLOG_A_FEMA_154_Y_NORMATIVA_ECUATORIANA_DE_CONSTRUCCI_N..pdf
(205.86K)

Total de palabras: 5259

Total de caracteres: 28628

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, PACHO CRUZ ANGEL PATRICIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA DR. MANUEL A. GONZÁLEZ APLICANDO LA METODOLOGÍA FEMA 154 Y NORMATIVA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

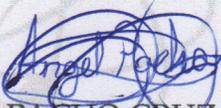
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 27 de febrero de 2020



PACHO CRUZ ANGEL PATRICIO
0706646320

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA DR. MANUEL A. GONZÁLEZ APLICANDO LA METODOLOGÍA FEMA 154 Y NORMATIVA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN.

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ indexmedico.com

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Dedico especialmente el desarrollo de este trabajo a mi madre Francisca Delfina Cruz Iñiga, y a mis abuelos maternos que velaron por mi bienestar en cada periodo académico.

A mis amigos cercanos del colegio que los considero como hermanos desde hace más de una década, también a mis amigos y compañeros cercanos de la universidad por haber compartido gratas experiencias académicas y de amistad.

A docentes que impartieron sus conocimientos durante el periodo educativo de segundo y tercer nivel de educación.

AGRADECIMIENTO

Un cordial agradecimiento a los docentes de la Unidad Académica de Ingeniería Civil por sus tutorías y enseñanzas académicas impartidas.

A la rectora y personal de trabajo de la Unidad Educativa Dr. Manuel A. González, por la información adquirida en este trabajo.

A mis amigos cercanos de la universidad quienes mediante su ayuda y conocimientos aportaron con el desarrollo de trabajos académicos, además de compartir lasos de amistad en reuniones sociales y familiares, incluyendo también los viajes realizados en las visitas técnicas relacionadas a la carrera.

Sobre todo, agradezco a mi madre Francisca Delfina Cruz Iñiga quien por su apoyo familiar es fuente de inspiración de esfuerzo y dedicación.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como planteamiento Evaluar la vulnerabilidad sísmica de un bloque de la unidad educativa Dr. Manuel A. González perteneciente al cantón Pasaje de la Provincia de El Oro, esta evaluación se basa en un Examen de Visualización Rápida “Rapid Visual Screening” (RVS) propuesto por la Agencia Federal para la Gestión de Emergencias “Federal Emergency Management Agency” (FEMA P-154) dirigidos para 17 tipos de estructuras establecidos en unos de los 5 niveles de regiones sísmicas categorizadas por la metodología. El sistema de puntuación se basa en una suma algebraica de valores pertenecientes a los modificadores de calificación que propone el catálogo, el resultado final será comparado con la puntuación básica de 2, siendo este un valor máximo en la consideración de edificios con un bajo rendimiento al desempeño sísmico y del cual deben ser considerados para una evaluación estructural más minuciosa del inmueble, aquellos resultados con un valor mayor a la puntuación básica tienen un mejor desempeño sísmico. Sin embargo, dentro del formulario de evaluación existe algunos parámetros de calificación que involucran la presencia de riesgos potenciales que amenazan con la vulnerabilidad estructural interna y externa del inmueble.

La aplicación de la metodología FEMA P-154 se sustentará con la aplicación de la Normativa Ecuatoriana de construcción de Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras (NEC-SE-RE), en la norma de Peligro sísmico y Diseño sismo resistente (NEC-SE-DS), puesto que la determinación de la región sísmica de Estados Unidos tiene otras consideraciones para encontrar los valores de respuesta de aceleración en roca.

PALABRAS CLAVES: Vulnerabilidad sísmica, Regiones sísmicas, Desempeño sísmico, Vulnerabilidad estructural, Riesgos potenciales.

ABSTRACT

The present work has as an approach Evaluate the seismic modification of a block of the educational unit Dr. Manuel A. González belonging to the Passage canton of the Province of El Oro, this evaluation is based on an RVS (Rapid Visualization Test) proposed by the Agency Federal for Emergency Management "Federal Agency for Emergency Management" (FEMA P-154) aimed at 17 types of structures established in the 5 levels of seismic regions categorized by the methodology. The scoring system is based on an algebraic sum of values belonging to the rating modifiers proposed by the catalog, the final result will be compared with the basic score of 2, this being a maximum value in the measurement of buildings with poor performance. Seismic and which should be considered for a more thorough structural evaluation of the property, those results with a value greater than the basic score have a better seismic performance. However, within the evaluation form there are some qualification parameters that involve the presence of risks that may be affected by the internal and external structural threats of the property.

The application of the FEMA P-154 methodology will be supported by the application of the Ecuadorian Standard for Seismic Risk Construction, Evaluation, Rehabilitation of Structures (NEC-SE-RE), in the norm of Seismic Hazard and Earthquake Resistant Design (NEC- SE-DS), since the determination of the seismic region of the United States has other considerations for finding the acceleration response values in rock.

KEYWORDS: Seismic vulnerability, Seismic regions, Seismic performance, Structural vulnerability, Potential risks.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
ÍNDICE DE CONTENIDOS	11
ÍNDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE ANEXOS	14
INTRODUCCIÓN	13
1. GENERALIDADES DE OBJETO DEL ESTUDIO	14
1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio	14
1.2 Hechos de interés	14
1.2.1 Daños en unidades educativas en Pedernales, terremoto 2016.....	14
1.3 Objetivos de la investigación	15
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL OBJETO DE ESTUDIO	16
2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia	16
2.2 Bases teóricas de la investigación.....	17
2.2.1 Vulnerabilidad sísmica	17
2.2.2 Vulnerabilidad estructural.....	17
2.2.3 Vulnerabilidad no estructural.....	18
2.2.4 Metodología FEMA P-154.....	19
3. PROCESO METODOLÓGICO	21
3.1 Diseño o tradición de investigación seleccionada	21
3.2 Proceso de recolección de datos en la investigación	22
3.2.1 Determinación de la región Sísmica.	22
3.3 Sistema de categorización en el análisis de los datos	24

3.3.1 Información de identificación del edificio.....	24
3.3.2 Características del edificio.....	24
3.3.3 Fotografía y Boceto de planos del edificio.	24
3.3.4 Ocupación del edificio.	24
3.3.5 Tipo de Suelo.	24
3.3.6 Peligros geológicos.	24
3.3.7 Proximidad.....	25
3.3.8 Irregularidades.	25
3.3.9 Peligros de caída exterior.....	25
3.3.10 Sección de comentarios.	26
3.3.11 Tipo de Edificio, Modificadores de Puntajes y Calificación Final.....	26
3.3.12 Alcance de la revisión.....	26
3.3.13 Inspección de Nivel 2.	26
3.3.14 Otros Riesgos.	26
3.3.15 Acción Requerida.	26
4. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN	27
4.1 Descripción y argumentación teórica de los resultados.....	27
4.1.1 Sismicidad del sitio.....	27
4.1.2 Características del edificio y Tipo de suelo	27
4.1.3 Riesgo Geológicos y Peligros de caída exterior	27
4.1.4 Irregularidades y Comentarios del inmueble.	28
4.1.5 Tipo de edificio y puntuación final.....	28
4.1.6 Acción Requerida.	28
4.2 Conclusiones	29
4.3 Recomendaciones	30
ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	17
Tabla 2. Niveles de amenaza sísmica	22
Tabla 3. Cuadro de Resumen de aceleración en roca	23
Tabla 4. Determinación de la región de sismicidad a partir de la respuesta de aceleración espectral MCE_R	23
Tabla 5. Junta de separación sísmica de edificios	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Ubicación geográfica de la Unidad educativa Dr. Manuel A. González.	33
Anexo B. Mapa de zonificación sísmica y valor del factor de zona Z	34
Anexo C. Curva de peligro sísmico para Machala	35
Anexo D. Formulario de Evaluación – Moderadamente de alta sismicidad	36
Anexo E. Clasificación de los perfiles de suelo.....	37
Anexo F. Casos de riesgo de golpeteo de estructuras adyacentes	38
Anexo G. Irregularidad en Planta y Vertical – Guía de referencia.....	39
Anexo H. Descripción de tipos de construcciones según FEMA P-154	42
Anexo I. Elementos estructurales de la edificación.....	45
Anexo J. Descripciones patológicas estructurales observadas	46
Anexo K. Formulario de evaluación del bloque educativo. Nivel 1.....	47

INTRODUCCIÓN

“La actividad sísmica se produce por la liberación repentina de energía de las placas tectónicas que están presentes por debajo de la superficie del Ecuador, históricamente se han producido grandes movimientos telúricos que han causado severos daños estructurales significativos en edificios de diferentes localidades del país. Considerando como ejemplos, los sismos sucedidos en el año 1942 y 2016 en el cantón Pedernales presentan la misma magnitud de 7.8 grados en la escala Richter y una profundidad cercana a 20 km, esta semejanza se relaciona debido a un tiempo de retorno aproximadamente de 70 años.” [1]

Es lamentable que estos eventos sísmicos hayan involucrado innumerables pérdidas de vidas humanas, pérdidas causadas principalmente por el colapso de viviendas y edificios no aptos para resistir cargas laterales, especialmente en aquellos inmuebles que no cumplen con los requerimientos basados en los códigos de la construcción de las cuales fueron diseñados y de un carente seguimiento con respecto a los planos estructurales durante la ejecución de la obra.

En este contexto el Cantón Pasaje se encuentran un grupo considerable de inmuebles que por su deterioro estructural representan un peligro inminente de colapso, esto se constató mediante un recorrido previo en la ciudad, en el que se pudo observar viviendas de construcción mixta desde uno hasta cuatro niveles.

El desarrollo del presente trabajo servirá como una pauta para la detección visual rápida de edificios ante un riesgo sísmico del cual se lo efectuará a un bloque educativo de la Unidad Particular Dr. Manuel A. González del cantón Pasaje, con base en las Normas Ecuatorianas de la Construcción, aplicando conjuntamente la metodología FEMA P-154 basándose en un sistema de puntuación y un formulario de encuesta visual del inmueble.

Con este trabajo se logrará tener una base para identificar de manera visualmente rápida si un edificio requiere un estudio más minucioso de vulnerabilidad sísmica, ya que esta metodología se basa en las dimensiones y configuraciones estructurales del edificio, relacionándolo con la zona sísmica y del tipo de suelo sin requerir una mayor experiencia profesional en su desarrollo.

1. GENERALIDADES DE OBJETO DEL ESTUDIO

1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio

La unidad educativa particular Dr. Manuel A. González se encuentra ubicada al norte del cantón Pasaje, dentro del área particular comprende 2 aulas de educación básica de una sola planta, un galpón para fines recreativos, un bloque administrativo y un bloque de aulas de 3 plantas recientemente construido y del cual corresponde al objeto de estudio del presente trabajo. El bloque educativo entró en funcionamiento en el año 2017 y en horas de jornada educativa reside una cantidad considerable de 300 estudiantes, dada su importancia ocupacional se busca conocer el índice de vulnerabilidad sísmica de dicha instalación. En el anexo A se muestra la ubicación geográfica de la institución educativa.

1.2 Hechos de interés

“Según su ubicación geográfica nuestro país se encuentra dentro del cinturón del fuego del pacífico, lugar donde se originan movimientos telúricos de magnitudes considerables a los estudios realizados por Charles Francis Richter, estos eventos sísmicos están relacionados con la subducción de la placa tectónica de Nazca que generan sismos de alta intensidad en la región litoral e Interandina del Ecuador. Según un estudio realizado, la migración de fuentes sísmicas tiende a dirigirse desde el sur hacia el norte de la cordillera, además de apreciar una tendencia creciente de eventos sísmicos entre el año 1980 y 2014.” [2]

1.2.1 Daños en unidades educativas en Pedernales, terremoto 2016. Los centros educativos son edificaciones con una ocupación especial debido a que deberán prestar sus servicios aún después de haber ocurrido el sismo, es importante que estén diseñados para resistir los esfuerzos estructurales producidos por la actividad sísmica con la finalidad de proteger la seguridad de jóvenes estudiantes.

“Según datos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), el sismo ocurrido en el año 2016 afectó con daños estructurales leves a 394 unidades educativas, 78 con daños medios y 88 con daños severos entre las localidades de Pedernales y Muisne. Sin embargo, 1618 centros educativos no presentaron algún tipo de daño considerable, y de los cuales pudieron ser usados como albergues temporales por la población afectada

debido al grave daño estructural de sus viviendas que quedaron cerca del riesgo a colapsar.” [3]

1.3 Objetivos de la investigación

Objeto general:

Detectar la vulnerabilidad sísmica de un bloque educativo perteneciente la institución Dr. Manuel A. González del cantón Pasaje, determinando su puntuación final mediante la Normativa Ecuatoriana de la Construcción con la metodología FEMA P-154.

Objetivos específicos:

- Recolectar información general y estructural del bloque de la unidad educativa previo a la evaluación.
- Determinar las posibles características susceptibles a vulnerabilidad sísmica en la unidad educativa mediante la inspección de sus instalaciones.
- Analizar datos recopilados del bloque educativo para determinar su índice de vulnerabilidad con respecto a la metodología aplicada.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL OBJETO DE ESTUDIO

2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia

“En el estudio de la presente investigación se debe recurrir a metodologías, normativas técnicas y conceptos relacionados a vulnerabilidad sísmica, con base en fundamentos se desarrollará el cuerpo del documento para el caso a analizar. Dado que en nuestro país geográficamente es muy propensa a riesgo sísmico, debemos considerar los 3 siguientes factores relacionados al objeto de estudio:” [4]

Peligro sísmico. – Este factor se relaciona con la zona sísmica y su proporción de aceleración perteneciente de acuerdo al mapa de zonificación sísmica proporcionado por la NEC de peligro y diseño sismo resistente, parte de la región costera como de la región interandina presentan un alto peligro de amenaza sísmica. En el anexo B se muestra el mapa de zonificación con sus 6 niveles de valoración sísmica. El cantón Pasaje tiene una caracterización de peligro sísmico Alta.

Nivel de exposición. – El conjunto de viviendas y edificios dentro de una zona con alta probabilidad de amenaza sísmica se exponen a soportar esfuerzos internos que son generados por cargas laterales que comprometen con el desempeño de la infraestructura del edificio e incluso de la seguridad de sus ocupantes.

Vulnerabilidad al daño. – Es un aspecto que más influye en el riesgo sísmico, un gran porcentaje de edificios de ocupación especial fueron construidos con reglamentos de construcción anteriores a los actuales como son el caso de las unidades educativas, las cuales pueden ser más susceptibles al riesgo sísmico incluyendo también edificios que no siguieron las especificaciones de diseño o presentan irregularidades en su estructura.

“Según datos de la ONU, los terremotos han causado más pérdidas de vida humana en comparación con otros desastres naturales que se puedan presentar ya que eventos sísmicos de similares características han causado un mayor impacto en daños estructurales considerables en ciertas áreas residenciales en comparación con otras localidades cercanas al epicentro. Identificar edificios con un alto índice de susceptibilidad al daño sísmico conlleva a un estudio notable de la vulnerabilidad de la estructura y de la amenaza presente.” [5]

2.2 Bases teóricas de la investigación

2.2.1 Vulnerabilidad sísmica. “El análisis de vulnerabilidad sísmica requiere estudio muy minucioso en el cual contempla las dimensiones de diseño de piezas estructurales, tipo de cimentación, la edad del inmueble, distribución de cargas, la configuración en planta y elevación, entre otros factores a considerar, sin embargo, la respuesta sísmica del suelo determina los resultados en la elaboración de dicho estudio.” [6]

Dado que este trabajo se desarrolla con la inspección y detección visual rápido de estructura se requiere como dato la aceleración máxima de roca de acuerdo a la ubicación del centro educativo en el mapa de mapa de zonificación sísmica, correspondiente al anexo B y de la tabla 1.

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta
Fuente: NEC 2015 (Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente) Tabla 1. Pág. 27						

2.2.2 Vulnerabilidad estructural. Dentro del estudio se describe como los posibles daños que se presentan en las piezas estructurales, como lo son la cimentación, columnas, vigas, losas y muros estructurales. “Para cuantificar el nivel de vulnerabilidad del inmueble se recurre a métodos analíticos basados en un modelamiento estructural y la respuesta elástica ante una aceleración sísmica siendo este proceso muy detallado que incorpora la evaluación de cargas y normas de diseño, existen otros métodos que se basan en datos cualitativos para realizar una inspección visual e identificar edificios dentro de zonas urbanas vulnerables a eventos sísmicos, los métodos cualitativos no evalúan a detalle un estudio de desempeño, pero pueden ser aplicados en planes de prevención de riesgos y programación de estudios.” [7]

Como se ha mencionado anteriormente los edificios de ocupación especial mantendrán su uso aún después de haber ocurrido un sismo, puesto que sus elementos estructurales son diseñados con base en normas de diseño sismo resistentes, sin embargo, ciertos edificios durante la etapa de diseño o de construcción no cumplieron los requerimientos

establecidos en los códigos de construcción; comúnmente se dan estas prácticas debido al poco control durante la ejecución de la obra.

Ciertas edificaciones de vital importancia fueron construidas mucho antes de las recientes promulgaciones de normativas técnicas de la construcción, tales son los casos de instituciones educativas, hospitales, o instituciones gubernamentales.

Lamentablemente los inmuebles destinados a viviendas u hospedaje son los más afectados debido al colapso repentino de la estructura que pueden provocar el deceso inminente de sus ocupantes o quedar atrapados entre los escombros.

“Basado en estudios, la necesidad de estimar la vulnerabilidad estructural en un edificio permitirá identificar los posibles elementos potencialmente susceptibles al daño, producido eventualmente por esfuerzos de cargas sísmicas, además de reconsiderar con una medida adecuada de reforzamiento estructural con la finalidad de aumentar la resistencia de los elementos estructurales, con el respaldo de estos estudios se aportan a nivel internacional técnicas que permitan prevenir y minimizar daños considerables de edificios ubicados en zonas urbanas.” [8]

2.2.3 Vulnerabilidad no estructural. Aquellos que no aportan en la sollicitación de resistir algún tipo de carga gravitacional o lateral, sin embargo, descansan o están conectados de alguna manera con losas, columnas, y vigas, siendo estos los elementos estructurales. La finalidad que tienen es simplemente de utilidad arquitectónica para el inmueble, pueden estar hechos de diferentes tipos de material destinados para cumplir diferentes tipos de usos, como son los siguientes:

- Paredes
- Contra pechos
- Pasamanos
- Ventanas
- Cubiertas
- Tumbados

La susceptibilidad de los posibles daños que presentan en el transcurso de un evento sísmico es impredecible, pueden llegar a sufrir desde daños severos a leves. Dadas sus características caóticas que presentan las piezas no estructurales durante un sismo pueden

ser considerados como elementos potencialmente peligrosos, de los cuales se deben tomar medidas en el control de diseño y construcción de estos elementos.

Los daños no estructurales en un edificio pueden llegar a ser más peligrosos que los estructurales, si bien un sismo no comprometió los componentes estructurales como son vigas, columnas o losas, puede quedar inhabilitado para cumplir las funciones de ocupación especial con daños sumamente costosos.

“Al considerar como base teórica el análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas y edificios se concluye que, el desprendimiento o fractura de paredes, tumbados y pasamanos de concreto pueden comprometer la seguridad de los usuarios al no ser debidamente contruidos en sitio, al utilizar elementos metálicos, madera o de vidrio se involucra seguir normativas de seguridad que deben ser cumplidas de acuerdo a los reglamentos pertinentes. También se debe considerar la presencia de la mampostería de paredes durante el comportamiento dinámico del edificio, modificado el desempeño de los elementos estructurales.” [9]

2.2.4 Metodología FEMA P-154. De acuerdo a la sección 7 de la normativa competente para la evaluación y rehabilitación de estructuras (NEC – SE – RE), menciona a la metodología FEMA P-154 como unos de los procedimientos para inspección y evaluación visual rápida de estructuras que presenten una alta probabilidad de riesgo sísmico, tiene como finalidad de identificar aquellos inmuebles que requieren un estudio de mayor profundidad dirigido por un especialista profesional.

“Un Examen de Visualización Rápida “Rapid Visual Screening” (RVS) se basa en una inspección del edificio mediante un formulario seleccionado de acuerdo con el espectro de respuesta de aceleración elástico del suelo y seguidamente de una valoración visual del inmueble. Esta metodología requiere poco tiempo para ser aplicada, tampoco implica una considerable inversión económica por parte del evaluador quien deberá calificar el edificio mediante un sistema de puntuación básica de acuerdo a la tipología de edificio y sus características estructurales.” [10]

Dentro de la metodología existen 2 niveles de análisis:

1. **Nivel 1:** Se recolecta información sobre las dimensiones del edificio, aspectos generales e incluyendo evidencia fotográfica del mismo. Con base a estos datos el evaluador definirá la puntuación básica relacionándolos con la información obtenida.

2. Nivel 2: Es un estudio opcional el cual requiere información más detallada del inmueble, pero con un resultado más confiable, en la que el evaluador involucra más experiencia en evaluación sísmica.

El puntaje final de la evaluación varía de 0 a 7 del cual se separan en 2 grupos, aquellos edificios con un puntaje inferior o igual a 2 pueden ser sísmicamente peligrosos y requieren de un estudio más minucioso, en cambio los edificios con una puntuación alta tienen un rendimiento sísmico más estable y menor probabilidad de colapso.

“Este procedimiento permite facilitar la evaluación sin recurrir a datos innecesarios dentro del alcance del evaluador y limitando su juicio de valor, siendo la evaluación de nivel 1 como la metodología manejada por distintos profesionales sin requerir de algún aporte económico, tiempo por parte del evaluador y ni de realizar algún tipo de análisis estructural mediante un software de diseño.” [11]

La metodología FEMA P-154 cuenta con formularios relacionados con el nivel de vulnerabilidad sísmica de la región y el espectro de respuesta de aceleración elástica, de acuerdo a la localización geográfica del inmueble en el mapa de zonificación sísmica se tiene que optar por uno de los siguientes formularios:

- Regiones de Baja Sismicidad
- Regiones de Moderada Sismicidad
- Regiones de Moderadamente Alta Sismicidad
- Regiones de Alta Sismicidad
- Regiones de Muy Alta Sismicidad.

Puesto que los distintos formularios ofrecidos por la metodología FEMA P-154 se relacionan con el mapa de zonificación sísmica de Estados Unidos se considerará la Norma Ecuatoriana de la Construcción y las curvas de peligro sísmico correspondiente al área de estudio.

3. PROCESO METODOLÓGICO

3.1 Diseño o tradición de investigación seleccionada

En el estudio del Examen Visual Rápido (RVS) se desarrolla el análisis del objeto de estudio, esta investigación se contempla en el marco de análisis de casos que involucra criterios de evaluación y desarrollo para determinar las condiciones actuales de la presente investigación.

“Mediante un método cualitativo en el cual se basa la metodología FEMA P-154 se permite identificar edificios potencialmente peligrosos a riesgo sísmico con un estudio preliminar de manera rápida y subjetiva. El resultado de la evaluación se definirá a través de un índice (S_{LI}), dicho valor será comparado con el valor de corte de 2, el cual representa el 1% de posibilidad que tiene el inmueble a colapsar. Pero si el resultado del índice es un valor mayor que 2 se sugiere que no necesita reforzamiento, en caso contrario el evaluador calificará al edificio para un estudio estructural más detallado, en el cual se deberá realizar un análisis lineal o no lineal para verificar si necesita reforzamiento estructural de acuerdo a sus resultados.” [12]

El presente trabajo sólo desarrolla el nivel 1 del formulario para realizar el examen visual rápido (RVS) mediante las cuatro siguientes etapas:

Investigación precedente: En esta etapa básicamente se necesita recopilar información referente al objeto de estudio, permitiendo con la evaluación respectiva acompañada de la previa lectura comprensiva de información perteneciente a documentación bibliográfica de revistas científicas, normativas y de hechos antecedentes del tema.

Investigación de campo: Se contempla la observación visual del inmueble, la revisión estructural relaciona con los planos y su comparación con el edificio, además de recopilar información in situ de la unidad educativa.

Procesamiento de información: Se menciona la evaluación pertinente de acuerdo con el formulario seleccionado de la zona de riesgo sísmico, detallar parámetros que de ser necesario recalquen con las características esenciales del inmueble.

Valoración de resultados: Después del análisis previo a la etapa anterior, se justifica la valoración del estudio y de la cuantificación del riesgo sísmico de la respectiva unidad educativa.

3.2 Proceso de recolección de datos en la investigación

“En el desarrollo de la investigación se recurrió a estudios de campo en el cual permitió la búsqueda de una Unidad educativa dentro del cantón Pasaje. Como resultado se seleccionó la Unidad educativa Dr. Manuel A. González, del cual la representante encargada proporcionó la información estructural necesaria y el permiso pertinente para el examen visual rápido. Según autores, se debe considerar las características estructurales, tipología del edificio, edad de la construcción y del método aplicado para el chequeo de vulnerabilidad sísmica mediante la inspección técnica registrada en una planilla.” [13]

3.2.1 Determinación de la región Sísmica. Dentro de la normativa de diseño sísmico (NEC-SE-SD) en la sección 3.1 nos muestra dos maneras para encontrar la aceleración máxima en roca; la primera es con el mapa de zonificación sísmica y el factor Z para las poblaciones ecuatoriana, y la segunda es mediante el uso de las curvas de peligro sísmico. Para identificar qué valor de aceleración en roca corresponde se procede a comparar el resultado de ambos métodos.

Para determinar el valor del Factor Z se procede a relacionar el mapa de zonificación sísmica del Anexo B y la tabla 1, cuyo resultado tenemos una aceleración en roca de 0.35 g para el cantón de Pasaje con una caracterización de peligro sísmico Alta.

Ahora para la determinación de aceleración en roca con las curvas de peligro sísmico primero se debe considerar el Nivel de amenaza sísmica para un período de retorno 475 y 2500 años tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de amenaza sísmica

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno Té (años)	Tasa anual de excedencia (1/Tr)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro (extremo)	2%	2 500	0.00040

Fuente: NEC 2015 (Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente), Tabla 9. Pág. 41

“De acuerdo con el valor de la tasa anual de excedencia de 0.00211 y 0.0004 se traza una línea horizontal desde el eje vertical en la curva de peligro sísmico, puesto que en la

normativa no hay disponibilidad de una curva de peligro sísmico para el cantón Pasaje se emplea de la ciudad de Machala debido a la proximidad de la localidad." [14] Ver anexo C. En la siguiente tabla se resume los valores de aceleración en roca:

Tabla 3. Cuadro de Resumen de aceleración en roca

Tasa anual de excedencia (1/Tr)	Aceleración en roca			
	Factor Z Para el sismo de diseño	Período estructural 0.2s	Valor de la aceleración sísmica máxima en el terreno (PGA)	Período estructural 1.0s
0.00211	0.35g	0.60g	0.38g	0.15g
0.0004 MCE _R	-	0.99g	0.62g	0.25g
Fuente: Autor				

Los resultados de aceleración en roca muestran que el valor z y el Valor de la aceleración sísmica máxima en el terreno (PGA) para la Tasa anual de excedencia de 0.00211 tienen una cercana aproximación de 0.35g. Con estos resultados se relacionan al Máximo Terremoto Considerable de Respuesta (MCE_R) que menciona la metodología FEMA P-154 en la tabla 4 para la elección del formulario para el chequeo visual rápido.

Tabla 4. Determinación de la región de sismicidad a partir de la respuesta de aceleración espectral MCE_R

Región sísmica	Respuesta de aceleración espectral, S _s (período corto o 0.2 segundos)	Respuesta de aceleración espectral, S ₁ (período largo o 1.0 segundo)
Baja	menos de 0.250g	menos de 0.100g
Moderada	mayor o igual a 0.250g pero menor a 0.500g	mayor o igual a 0.100g pero menor a 0.200g
Moderadamente Alta	mayor o igual a 0.5g pero menor a 1.0g	mayor o igual a 0.2g pero menor a 0.4g
Alta	mayor o igual a 1.0g pero menor a 1.5g	mayor o igual a 0.4g pero menor a 0.6g
Muy Alta	mayor o igual a 1.500 g	mayor o igual a 0.600g
Notas: g = aceleración de la gravedad en dirección horizontal		
Fuente: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (FEMA P-154) Table 2-2. Pág. 2-16		

El formulario de evaluación para la región sísmica moderadamente alta se muestra en el anexo D.

3.3 Sistema de categorización en el análisis de los datos

La resolución del formulario de nivel 1 para la evaluación rápida visual se desarrolla en una serie de secciones o pasos, en las que se registra la información desde arriba hacia abajo de acuerdo a la numeración presentada en las siguientes descripciones para cada sección del formulario de acuerdo al anexo D.

3.3.1 Información de identificación del edificio. En esta sección se recopila información referente a la ubicación geográfica, fecha de la evaluación, nombre del evaluador y del edificio, el tipo de uso y otro parámetro de identificación, pero el parámetro que destaca son valores de aceleración en roca correspondiente a la región sísmica. En esta sección del formulario requiere de información cualitativa del inmueble mediante medios de documentación de propiedad o de una entrevista.

3.3.2 Características del edificio. Se muestra un resultado cuantitativo de la superficie de construcción, niveles de piso superior o si posee un sótano como nivel inferior. Se revisa también la edad del edificio para establecer si se diseñó con base al reglamento anterior o actual.

3.3.3 Fotografía y Boceto de planos del edificio. Para un reconocimiento visual del edificio se requiere de una fotografía en la cual se muestre de manera más clara la fachada frontal del inmueble. El boceto en planta del inmueble tendrá las acotaciones necesarias para medir la luz entre columnas, dimensiones de longitud y ancho del edificio.

3.3.4 Ocupación del edificio. Aunque la ocupación no se relaciona con los indicadores de puntaje básico, debe ser considerado para determinar prioridades de mitigación de daños.

3.3.5 Tipo de Suelo. Este es un parámetro debe ser verificado de acuerdo a un estudio previo detallado en un documento, en caso que se desconozca del tipo de suelo deberá asumirlo como tipo “D”, la clasificación de tipos de suelos de la metodología FEMA P-154 tienen los mismos parámetros de caracterización de la Norma NEC-SE-DS. Ver anexo E.

3.3.6 Peligros geológicos. Se puede identificar 3 tipos de riesgos geológicos los cuales son; la licuefacción del suelo saturado, deslizamiento por taludes cercanos a la estructura y falla geológica. La presencia de uno de estos 3 peligros ya involucra un estudio más detallado de vulnerabilidad sísmica de la edificación. Pero para verificar la existencia de licuefacción del suelo y falla geológica se necesita de un estudio geotécnico de la zona.

3.3.7 Proximidad. La presencia de un edificio adyacente a la estructura evaluada puede provocar severos daños a las columnas a causa principalmente por el golpeteo que se genera durante el movimiento sísmico del edificio, considerando también el riesgo de caída de paredes, pasamanos, o reservorios que se encuentran a una altura considerablemente junto al edificio evaluado. En la siguiente tabla se detalla la separación de edificios de acuerdo a la región sísmica.

Tabla 5. Junta de separación sísmica de edificios

Región Sísmica	Separación Mínima	Edificios adyacentes de seis piso
Muy Alta	2"	12"
Alta	1 ½"	9"
Moderadamente Alta	1"	6"
Moderadamente Baja & Baja	½"	3"
Fuente: FEMA P-154, 2015. Figure 3-12, Figure 3-13, Figure 3-14. Pág. 3-14, 3-15		

En el anexo F se considera 3 casos adicionales de golpes cuando el espacio real es menor que el mínimo. Sin embargo, no se presentan ninguno de estos 3 casos.

3.3.8 Irregularidades. Comúnmente los edificios presentan dimensiones considerables en su estructura debido a una necesidad arquitectónica, funcional y económicas dependiendo del uso ocupacional, sin embargo, dichas irregularidades afectan de manera negativa en el desempeño sísmico de los elementos estructurales más expuestos a una concentración excesiva de cargas. Los casos de irregularidad vertical y de planta se presentan en el anexo G.

3.3.9 Peligros de caída exterior. La fachada de un edificio comúnmente es complementada con piezas arquitectónicas tales como el caso de las barandas, relieves de mampostería y accesorios metálicos o de madera, se debe considerar como amenaza potencial puesto que su riesgo de caída vulnera con la seguridad de los ocupantes.

“Un ejemplo claro son las instituciones educativas cuyas instalaciones deben ser seguras y resistentes para el uso cotidiano de estudiantes, incluyendo cómo el uso de albergues temporales para afectados en desastres naturales. Por estas razones los edificios destinados a unidades educativas tienen mayor prioridad en la evaluación y mitigación de riesgo sísmico.” [15]

3.3.10 Sección de comentarios. En esta sección el evaluador podrá mencionar aquellas observaciones o detalles relevantes de la estructura durante la inspección del edificio, pero también puede destacar datos referentes a los parámetros de información previamente rellenos en el formulario. Su objetivo es proporcionar información adicional para ser considerados en los próximos estudios.

3.3.11 Tipo de Edificio, Modificadores de Puntajes y Calificación Final. La metodología FEMA P-154 establece 17 tipos de estructuras con un puntaje de valoración básica que dependerá de la región sísmica seleccionada. Es muy importante identificar el tipo de estructura del inmueble a la cual se asemeja según a las características descritas en el anexo H, la calificación final puede verse alterada según los modificadores de puntaje presente para cada tipo de edificio.

En ciertos casos puede presentarse una doble patología de tipo de edificio, comúnmente está relacionado con la presencia de elementos estructurales de hormigón armado y de secciones metálicas, según la metodología se sugiere calificar para ambos tipos de construcción y considerar el valor más desfavorable en la calificación final de acuerdo a la adición o sustracción de los valores en los modificadores de puntaje.

Sin embargo, de no encontrarse el tipo de construcción que describa las características del edificio a evaluar no podrá aplicar el examen de visualización rápida (RVS) descrito por la metodología.

3.3.12 Alcance de la revisión. En esta sección se evidencia si la inspección fue realizada en el interior y exterior del inmueble a fin de registrar el tipo de suelo, peligro geológico y la persona de contacto que proporcionó información durante la evaluación.

3.3.13 Inspección de Nivel 2. Se menciona la presencia de peligro no estructural y sí que el evaluador consideró la inspección de nivel 2.

3.3.14 Otros Riesgos. En esta sección trata de reafirmar otros peligros presentes por edificios adyacentes, peligros geológicos o miembros estructurales considerados para un análisis.

3.3.15 Acción Requerida. En esta sección final se selecciona las razones para iniciar un estudio más minucioso del edificio, además de requerir un estudio adicional para la evaluación de elementos no estructurales.

4. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Descripción y argumentación teórica de los resultados

Dentro del capítulo final del presente trabajo se evidenciará los resultados de la evaluación rápida visual de nivel 1 con la finalidad de argumentar los resultados más relevantes los parámetros de calificación de la Metodología FEMA P-154.

4.1.1 Sismicidad del sitio. Esta valoración es primordial para identificar la región sísmica y el formulario de evaluación, en la sección 3.2.1 se determinó que la aceleración en roca para tiempo de 0.2s es de 0.99g, y para el tiempo de 1.0s presenta una aceleración de 0.25 g, estos valores están relacionados para el máximo terremoto considerable de respuesta (MCE_R), dichos resultados concuerdan para la Región Sísmica Moderadamente Alta.

4.1.2 Características del edificio y Tipo de suelo. El Edificio fue construido recientemente en el año 2017 destinado para la ocupación de educación secundaria, cuenta con dos niveles superiores de 390 m². En el anexo I se muestra las dimensiones de los elementos estructurales del bloque educativo.

Las características de Suelo en que se asienta el inmueble está clasificado como suelos rígidos “D”, de acuerdo a los estudios realizados del diseño de la cimentación.

4.1.3 Riesgo Geológicos y Peligros de caída exterior. Puesto que el inmueble se encuentra ubicado en una zona plana no existe riesgo de deslizamiento de taludes. Sin embargo, se necesitará de estudios geotécnicos para verificar la presencia de una falla geológica y la presencia de suelo saturados para problemas de Licuefacción del terreno.

La presencia de un edificio adyacente involucra que el inmueble pueda sufrir de golpeteos, sin embargo, hay una junta sísmica que supera la separación de 2.54 cm siendo esta la separación mínima para una región sísmica moderadamente alta según la tabla 5.

Dentro de los peligros de caída exterior, existe la presencia considerable de parapetos en los niveles uno y dos del bloque educativo en la fachada frontal que representa un riesgo de caída en el área de ingreso y salida de estudiantes en la planta baja.

4.1.4 Irregularidades y Comentarios del inmueble. Según la inspección visual realizada se constató los siguientes tipos de irregularidades presentes en el anexo G de la metodología FEMA P-154:

Para la irregularidad vertical se visualizó la presencia considerable de columnas cortas en cada nivel del edificio con fines de iluminación dentro de las aulas del bloque educativo, esto provocaría la ruptura severa de estos elementos debido a que tienen que soportar grandes esfuerzos cortantes y de torsión durante un evento sísmico.

Para la irregularidad en planta se prevé un comportamiento torsional del inmueble por la rigidez lateral provocado por la estructura de la escalera. Además de considerar que la longitud del edificio en planta es prominentemente más grande que su ancho.

En el anexo J se describen algunas observaciones realizadas durante la inspección.

4.1.5 Tipo de edificio y puntuación final. El edificio se identifica como una estructura de concreto resistente a momento C1(MRF) con una puntuación básica de 1.7 descrito en el Anexo H, y un puntaje mínimo de 0.3 según en el formulario mostrado en el Anexo D. Para la puntuación final se consideró los siguientes modificadores aplicados:

- Irregularidad vertical severa por la presencia de columnas cortas, VL1= -1.0
- Irregularidad de planta por el efecto de torsión, PL1= - 0.7
- Post-Benchmark, siendo el uso de las normas actualizadas en 2014. Valor 1.9

El puntaje final obtenido de la suma algebraica del puntaje básico y los modificadores es de 1.9, superando al puntaje básico de 0.3 pero siendo inferior a 2 según el puntaje de corte.

4.1.6 Acción Requerida. De acuerdo al resultado de la evaluación se requiere una evaluación estructural más detallada puesto que el valor es menor al límite aceptable.

4.2 Conclusiones

En el proceso de chequeo de detección visual rápida del edificio para detectar posibles riesgos sísmicos, se requirió de la información básica del inmueble para la consideración de parámetros de diseño tal como, funcionalidad ocupacional, tipo de suelo y edad de construcción. Gracias a la información proporcionada por la autoridad se determinó que la Unidad educativa Dr. Manuel A. González fue construido en el año 2017. Es importante considerar que en la aplicación de la metodología FEMA P-154 se debe contar con los planos de diseño definitivos, con la finalidad de observar y comparar las dimensiones de la obra identificar peligros potenciales del inmueble que no pueden ser detectados a simple vista durante una inspección visual.

Como resultado de la inspección realizada se evidencia que el edificio no presenta problema como: exposición de hierro por carencia de recubrimiento; fracturas o deterioro del concreto en sus elementos estructurales y anomalías en las paredes interiores o exteriores del inmueble. Sin embargo, se detectó elementos con características que representan un peligro potencial ante un evento sísmico, tal son el caso de las columnas cortas que tiene una considerable presencia en todos los niveles del inmueble, estos elementos tienden a sufrir una falla explosiva producida por esfuerzos cortantes. Otros elementos potencialmente peligrosos son los contrapecho presentes en cada nivel de la fachada principal.

Como conclusión final, la aplicación del formulario para sismicidad moderadamente alta de la metodología FEMA P-154 se determinó que, el edificio es potencialmente peligroso a riesgo sísmico del cual se requiere una evaluación estructural más detallada considerando que el puntaje que final de la evaluación es menor que el límite aceptable ($1.9 \leq 2$), a esto se suma la presencia de múltiples columnas cortas como irregularidad vertical severa y un esperado comportamiento torsional debido a la aportación de rigidez lateral de escaleras y de las paredes en el interior del inmueble. Un edificio que fue construido con base en códigos actualizados de construcción y diseño, no queda ausente de riesgo sísmico debido a la posible presencia de irregularidades en planta y vertical, la baja calidad que representa la calidad de suelo y la aceleración perteneciente a la zona sísmica.

4.3 Recomendaciones

Antes de llevar a cabo la evaluación con la metodología FEMA P-154 se debe disponer de la información necesaria que permita un desarrollo más detallado de las características estructurales y las especificaciones técnicas del inmueble.

Ecuador se encuentra en una zona muy propensa a eventos sísmicos de nivel de amenaza considerable que pueden afectar estructuras de vital importancia, para ello se recomienda que las instituciones gubernamentales planifiquen un estudio de Detección Visual Rápida (RVS) para elaborar programas de mitigación de riesgos y de ser necesario el reforzamiento estructural.

Como recomendación para el reforzamiento de las columnas cortas, se considera la opción en realizar una apertura entre la columna y la pared para colocar una junta industrial con un relleno de material deformable. También se puede considerar el ensanchamiento de sección de las columnas cortas mediante el reforzamiento con armadura con conexión de los aceros estructurares de viga y columna.

La metodología FEMA P-154 dispone de un segundo formulario opcional, donde se evalúa más a detalle las irregularidades y características que puedan presentar los diferentes tipos de estructuras que son considerados dentro de la metodología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Moncayo Theurer, G. Velasco, C. Mora, M. Montenegro y J. Cordova, «Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970,» *Ingeniería*, vol. 21, nº 2, pp. 3-4, 28 Junio 2017.
- [2] A. López, C. I. Álvarez y E. Villarreal, «Migración de fuentes sísmicas a lo largo del cinturón de fuego del pacífico,» *La Granja.*, vol. 25, nº 1, p. 9, 2017.
- [3] A. Fierro, «eluniverso,» 28 Abril 2016. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/04/28/nota/5549121/560-planteles-afectaciones-todo-tipo-zona-desastre>.
- [4] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, «Contexto,» de *RIESGO SÍSMICO, EVALUACIÓN, REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS*, Quito, Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, 2014, p. 14.
- [5] B. Perepérez, «La peligrosidad sísmica y el factor de riesgo,» *Informes de la Construcción*, vol. 66, nº 534, p. 2, 2014.
- [6] L. Serrano y C. Temes, «Vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios residenciales estudiados dentro del Plan Especial de evaluación del riesgo sísmico en la Comunidad Valenciana,» *informesde la construccion*, vol. LXVII, nº 539, p. 2, 2015.
- [7] L. S. A Mendoza, «Vulnerabilidad sísmica de la infraestructura escolar urbana en Girardot-Cundinamarca,» *Ingenierías*, vol. XVIII, nº 25, p. 24, 2015.
- [8] F. Estrella, S. Coralina y M. Francisco, «El terremoto y sus efectos en el medio ambiente: el patrimonio construido y su vulnerabilidad sísmica estructural,» *Ciencia en su PC*, vol. II, nº 1, p. 72, 2013.
- [9] C. Medina y P. Placencia, «Reducción de la Vulnerabilidad en Estructuras Esenciales de Hormigón Armado: Hospitales, Situadas en Zonas de Alto Peligro Sísmico en el Ecuador,» *Revista Politécnica*, vol. XL, nº 1, pp. 1-2, 2017.
- [10] W. Cando, Ó. Jaramillo, J. Bucheli y X. Paredes, «Evaluación técnico-visual de estructuras según nec-se-re en el sector “la armenia 1” para la determinación de

riesgo ante fenómenos naturales específicos,» *REVISTA PUCE*, vol. I, n° 106, pp. 6 - 7, 2018.

- [11] FEMA, «Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook,» de *FEMA P-154*, Washington, D.C., nehrp, 2015, pp. 35 - 36.
- [12] J. Hernández y S. Lockhart, «Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existente,» *Ciencia y Sociedad*, vol. XXXVI, n° 2, pp. 4-5, 2011.
- [13] M. Grisel, A. Oscar, B. Yelena, L. Kenia, V. Madelín, R. José, G. O'Leary, Á. Leonardo y S. Michael, «Evaluación del riesgo sísmico del fondo habitacional de las ciudades Guarenas y Guatire,» *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol. XXIX, n° 3, pp. 38-39, 2014.
- [14] F. Vargas, L. Pujades, A. barbat y E. Hurtado, «Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado,» *Elsevier Doyma*, vol. XXIX, n° 2, p. 64, 2013.
- [15] A. Acevedo y F. Zora, «Características estructurales de escuelas colombianas de pórticos de hormigón reforzado con mampostería no reforzada,» *Ingeniería y Ciencia*, vol. XIII, n° 25, p. 211, 2017.

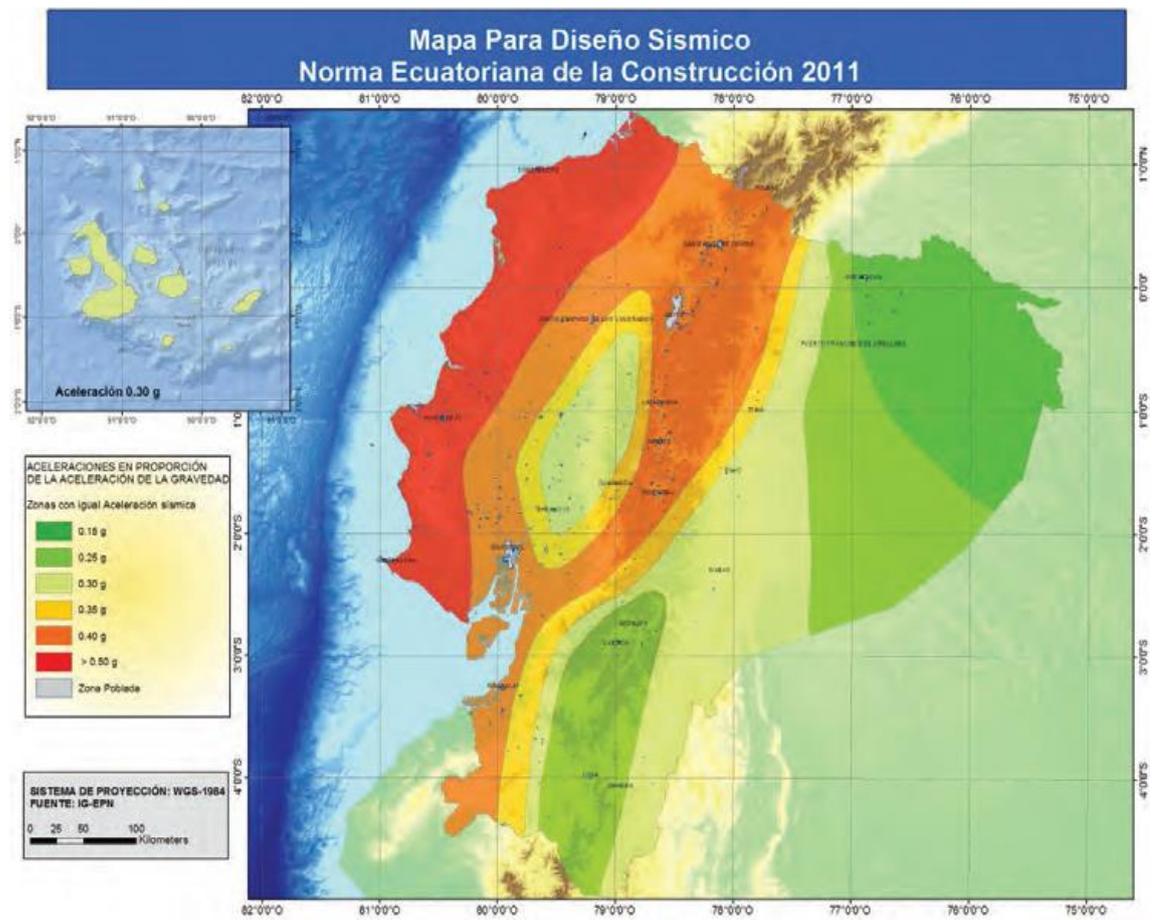
ANEXOS

Anexo A. Ubicación geográfica de la Unidad educativa Dr. Manuel A. González.



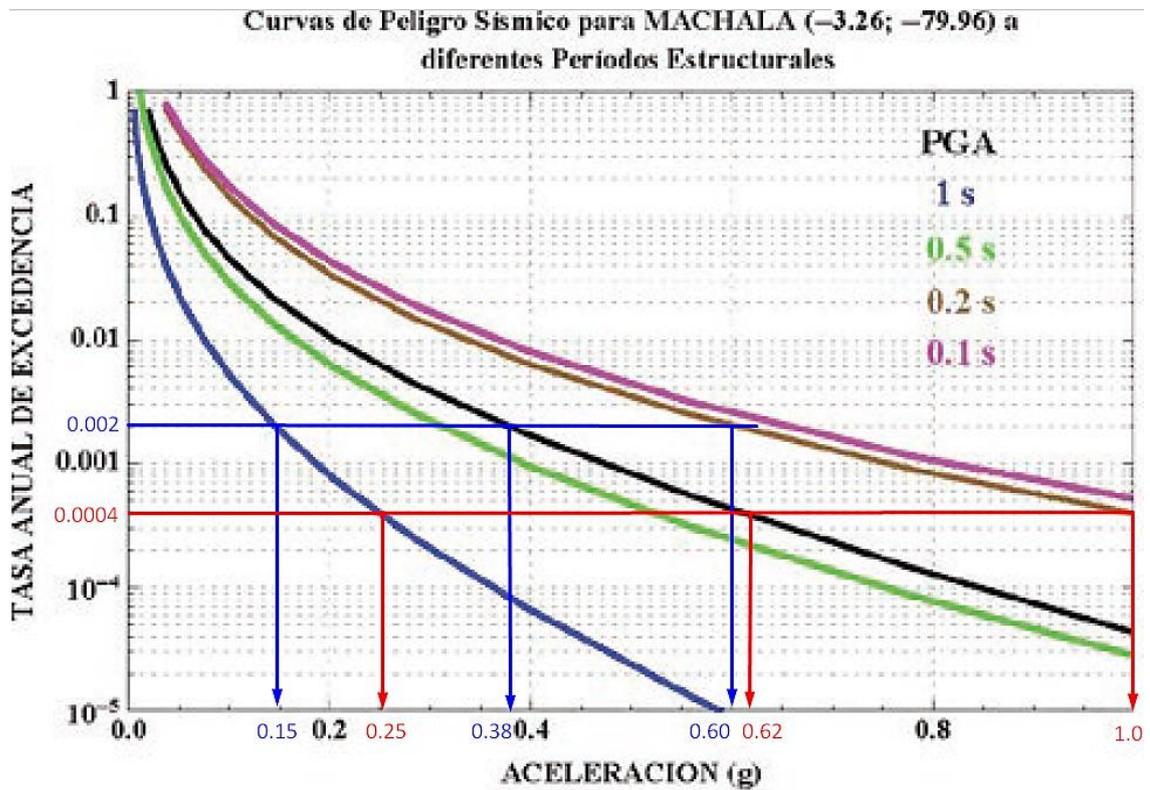
Fuente: Google Maps

Anexo B. Mapa de zonificación sísmica y valor del factor de zona Z



Fuente: NEC 2015 (Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente), Figura 1. Pág. 27

Anexo C. Curva de peligro sísmico para Machala



Fuente: NEC 2015 (Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente), Figura 26. Pág. 118

Anexo D. Formulario de Evaluación – Moderadamente de alta sismicidad

Exploración rápida visual de los edificios para los posibles riesgos sísmicos
FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos

Nivel 1
MODERADAMENTE ALTA Sismicidad

3.3.3

FOTOGRAFIA

Dirección: _____ **Código Postal** _____ **3.3.1**

Otra Identificación: _____

Nombre del Edificio: _____

Uso: _____

Latitud: _____ **Longitud:** _____

Ss: _____ **S1:** _____

Inspector(s): _____ **Fecha/Hora:** _____

No. Pisos: Niveles superiores: _____ Niveles inferior: _____ Año de Construcción: _____

Superficie total del Suelo (sq. Ft.): _____ **Código año:** _____ **3.3.2**

Adiciones: Ninguna Sí, Años Construcción: _____

Ocupación:

Asamblea Comercial Ser. Emergencia Histórico Albergue

Industrial Oficina Escuela Gobierno 3.3.4

Utilidad Almacén Residencial, # Unid: 1 _____

Tipo de Suelo:

A B C D E F No sé **3.3.5**

Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Si No sabe, asumir Tipo D.

Dura Debil Denso Duro Blando pobre

Riesgos Geológicos: Licuefacción: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf.: Yes/No/No sé **3.3.6**

Adyacencia: Golpes Peligro de Caída del Edificio Adyacente

Irregularidad: Vertical (tipo/severidad) **3.3.7**

Planta (tipo) _____ **3.3.8**

y una abertura en la losa en el área de la escalera.

Peligros Chimeneas sin soporte lateral Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada

Caída de Exterior Parapetos Apéndices **3.3.9**

Otros: _____

COMENTARIOS:

3.3.10

Dibujos Adicionales o comentarios en página separada.

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ÚLTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMIN F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH	
Puntaje Básico		4,1	3,7	3,2	2,3	2,2	2,9	2,2	2,0	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5	1,8	1,8	1,2	2,2	
Irregularidad Vertical Grave, VL1		-1,3	-1,3	-1,3	-1,1	-1,0	-1,2	-1,0	-0,9	-1,0	-0,8	-1,0	-0,8	-1,0	-0,9	-1,0	-1,0	-0,8	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VL1		-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	NA	
Irregularidad de planta, PL1		-1,3	-1,2	-1,1	-0,9	-0,8	-1,0	-0,8	-0,7	-0,7	-0,9	-0,6	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	NA	
Pre-Código		-0,8	-0,9	-0,9	-0,5	-0,5	-0,7	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,4	-0,3	-0,5	-0,5	-0,1	-0,3	
Posterior-año de Referencia		1,5	1,9	2,3	1,4	1,4	1,0	1,9	NA	1,9	2,1	NA	2,1	2,4	2,1	2,1	NA	1,2	
Suelo Tipo A o B		0,3	0,6	0,9	0,6	0,9	0,3	0,9	0,9	0,6	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6	0,9	
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)		0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	0,0	-0,4	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,5	
Suelo Tipo E (>3 Pisos)		-0,5	-0,8	-1,2	-0,7	-0,7	NA	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,4	NA	-0,5	-0,6	-0,7	-0,3	NA	
Puntaje Mínimo S _{MIN}		1,1	1,2	0,8	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,4	

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1 ≥ S_{MIN}

Alcance de Control

Exterior: Parcial Todos los **3.3.12**

Interior: Ninguna Visible Aéreo

Dibujo comentado: Sí No

Tipo de fuente de Suelo: _____

Tipo de fuente peligro Geológico: _____

Persona de Contacto _____

OTROS RIESGOS **3.3.14**

¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?

Golpeado potencial (a menos SL2 > línea de cortes se conoce)

Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes

Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo dañan significativos / deterioro al sistema estructural.

ACCION REQUERIDA **3.3.15**

Evaluación detallada estructural requerida?

Sí, tipo de edificio desconoce FEMA u otro edificio.

Si, el resultado da menos que el de corte

Si, si presentan otros peligros.

No

Evaluación detallada no estructural recomendada?

Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria

No, no hay peligros no estructurales identificados No sé

INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ? **3.3.13**

Sí, Final puntuación Nivel 2, SL2 _____ No

Peligros No estructurales: Yes No

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

Leyenda

MRF= Momento resistente marco RC= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería de relleno no reforzada.

BR= Marco arriostrado SW= Muro de Corte TU= Levantarse

MH= Casas Manufacturadas FD= Diafragma Flexible

LM= Metal Ligero RD= Diafragma rigido

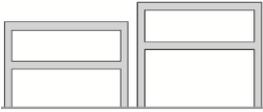
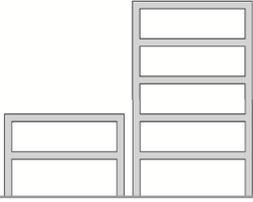
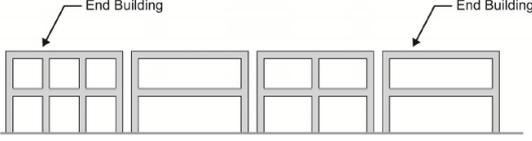
Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias.(FEMA P-154), Appendix B. Pág. 250

Anexo E. Clasificación de los perfiles de suelo

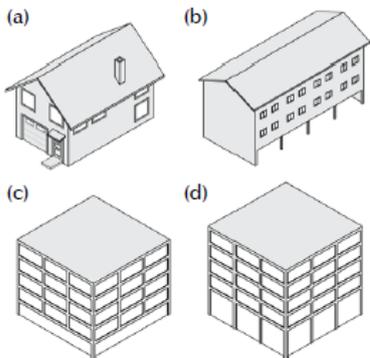
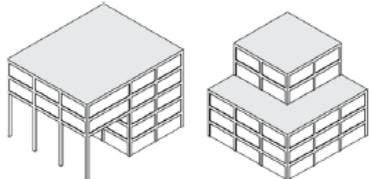
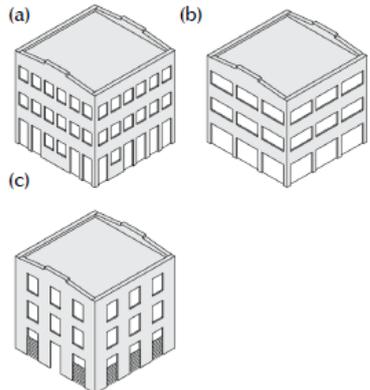
Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles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

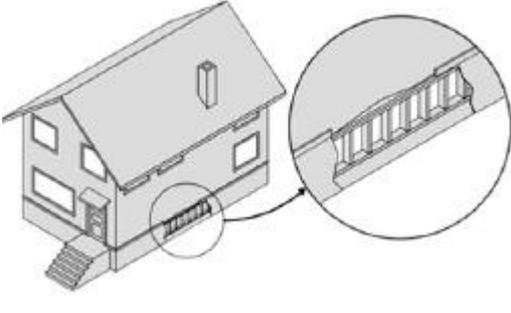
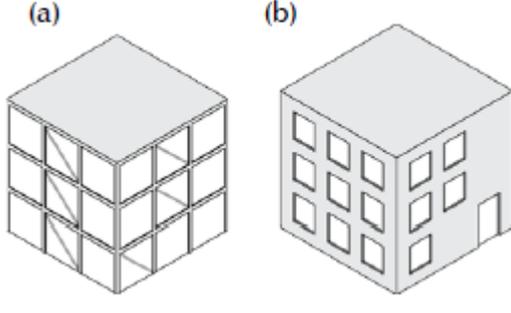
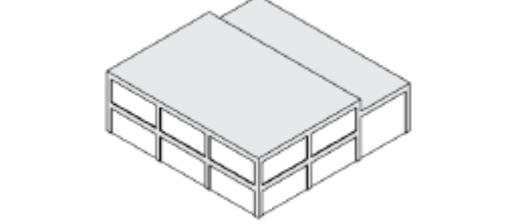
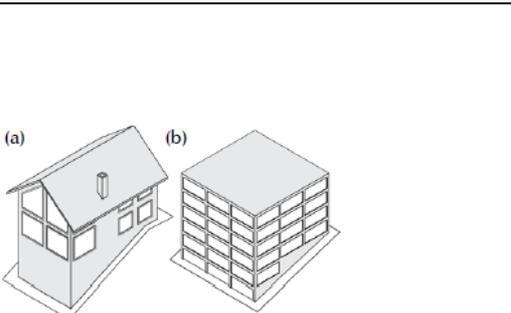
Fuente: NEC 2015 (Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente), Tabla 2. Pág. 30-

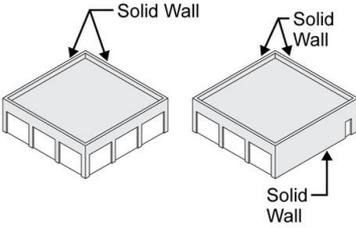
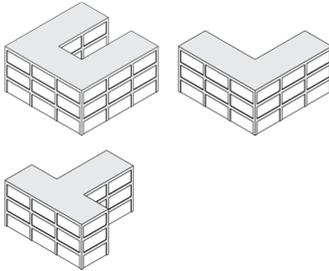
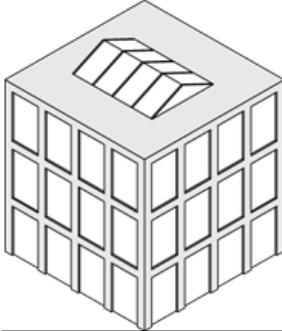
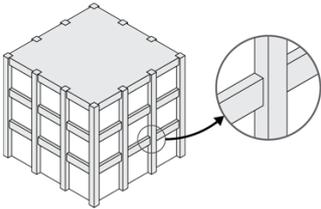
Anexo F. Casos de riesgo de golpeteo de estructuras adyacentes

Descripción	Imagen	Características
Pisos están separados verticalmente por más de dos pie.		El daño y el colapso potencial son más probables cuando la masa del piso de un edificio puede impactar directamente las columnas o paredes del edificio adyacente.
Edificio de dos o más pisos más alto que el edificio adyacente		El daño puede concentrarse en el edificio más alto en el nivel del techo del edificio más corto.
El edificio está al final de una fila de tres o más edificios.		Se imponen demandas más altas al edificio final cuando el edificio adyacente se mueve hacia él y porque no tiene un edificio en el otro lado para equilibrar las cargas.
<p>Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (FEMA P-154). Figure 3-12, Figure 3-13, Figure 3-14. Pág. 3-14, 3-15</p>		

Anexo G. Irregularidad en Planta y Vertical – Guía de referencia

Guía de referencia de irregularidad vertical		
Nivel de Gravedad Severa		
Piso débil y/o suave		<p>a: para una casa W1 con espacio ocupado sobre un garaje con paredes limitadas o cortas en ambos lados de la abertura del garaje.</p> <p>b: Para un edificio W1A con un frente abierto en la planta baja (como para estacionamiento).</p> <p>c: Cuando una de los pisos tiene menos muro o menos columnas que las otras (generalmente la historia inferior).</p> <p>d: Cuando una de los pisos es más alto que los otros (generalmente la historia inferior).</p>
Fuera de planta o retroceso		<p>Esta irregularidad es más severa cuando los elementos verticales del sistema lateral en los niveles superiores están fuera de los de los niveles inferiores.</p> <p>Si se sabe que los muros no apilables no son estructurales, esta irregularidad no se aplica. Aplique el retroceso si es mayor o igual a 2 pies.</p>
Columna corta / muelle		<p>(a): Algunas columnas / pilares son mucho más cortos que de los niveles superiores.</p> <p>(b): las columnas / pilares son estrechas en comparación con la profundidad de las vigas.</p> <p>(c): hay paredes de relleno que acortan la altura libre de la columna. Tenga en cuenta que esta deficiencia se ve típicamente en los tipos de edificios de hormigón y acero más antiguos.</p>
<p>Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (FEMA P-154). Figure 3-18, Figure 3-19, Figure 3-25. Pág. 3-20, 3-23</p>		

Guía de referencia de irregularidad vertical		
Nivel de Gravedad Moderada		
Pared lisiada sin refuerzo		<p>Aplique si se observan paredes lisiadas sin refuerzo en el espacio de acceso del edificio. Esto se aplica a los edificios W1. Si el sótano está ocupado, considere esta condición como una historia suave.</p>
Retroceso en plano		<p>Aplicar si hay un desplazamiento en el plano del sistema lateral. Por lo general, esto se puede observar en el marco arriostrado (Figura (a)) y en los edificios de muros de corte (Figura (b)).</p>
Niveles divididos		<p>Aplique si los pisos del edificio no se alinean o si hay un escalón en el nivel del techo.</p>
Nivel de Gravedad Variada		
Sitio inclinado		<p>Aplicar si hay más de una pendiente de un piso de un lado del edificio al otro.</p> <p>Evalúe como Severo para edificios W1 como se muestra en la Figura (a); evalúe como Moderado para todos los demás tipos de edificios como se muestra en la Figura (b).</p>
<p>Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (FEMA P-154). Figure 3-17, Figure 3-26, Figure 3-29. Pág. 3-23, 3-25</p>		

Guía de referencia de irregularidad en planta		
Torsión		<p>Aplique si hay buena resistencia lateral en una dirección, pero no en la otra, o si hay rigidez excéntrica en el plano (como se muestra en las Figuras (a) y (b); paredes sólidas en dos o tres lados con paredes con muchas aberturas en los lados restantes).</p>
Sistemas no paralelos		<p>Aplique si los lados del edificio no forman ángulos de 90 grados.</p>
Rincón reentrante		<p>Aplique si hay una esquina reentrante, es decir, el edificio tiene forma de L, U, T o +, con proyecciones de más de 20 pies. Donde sea posible, verifique si hay separaciones sísmicas donde las alas se encuentran. Si es así, evalúe para golpear.</p>
Aberturas de diafragma		<p>Aplique si hay una abertura que tenga un ancho de más del 50% del ancho del diafragma en cualquier nivel.</p>
Las vigas no se alinean con las columnas.		<p>Aplicar si las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta. Por lo general, esto se aplica a los edificios de concreto, donde las columnas perimetrales están fuera de las vigas perimetrales.</p>
<p>Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (FEMA P-154). Figure 3-32, Figure 3-35, Figure 3-26. Pág. 3-27, 3-28</p>		

Anexo H. Descripción de tipos de construcciones según FEMA P-154

FEMA Tipo de Edificio	Fotografía	Puntuación básica	Características y Rendimiento
<p>W1</p> <p>Estructura ligera de madera - o múltiple - viviendas familiares de uno o más pisos de altura.</p>		<p>(VH)=2,1 (H)=3,6 (MH)=4,1 (M)=5,1 (L)= 6,2</p>	<p>Los edificios de este tipo tuvieron un excelente rendimiento en los terremotos del pasado debido a las cualidades inherentes del sistema estructural y porque son aumento de peso ligero y bajo.</p> <p>El tipo más común de daños estructurales en edificios antiguos como resultado de una falta de conexión entre la superestructura y la base, y soporte de las chimeneas inadecuada.</p>
<p>W1A</p> <p>Estructura ligera de madera de unidades múltiples, de varios pisos edificios de viviendas con áreas del plan en cada planta de más de 3.000 pies cuadrados.</p>		<p>(VH)=1,9 (H)=3,2 (MH)=3,7 (M)=4,5 (L)= 5,9</p>	<p>Se trata de edificios residenciales típicos, pero algunos pueden tener espacio comercial en la planta baja.</p> <p>Grandes aberturas son comunes en la planta baja para el estacionamiento. Estos se denominan a menudo tuck debajo de los edificios</p> <p>W1A Edificios con grandes aberturas en la planta baja para estacionamiento o comerciales con fines han realizado mal en terremotos pasados debido a los grandes aberturas crean un piso blando.</p>
<p>W2</p> <p>Estructura de madera edificios comerciales e industriales con una superficie mayor de 5.000 pies cuadrados.</p>		<p>(VH)=1,8 (H)=2,9 (MH)=3,2 (M)=3,8 (L)= 5,7</p>	<p>Es decir, normalmente edificios comerciales o industriales por lo general estructuras de uno a tres pisos, y, en raras ocasiones, tan alto como seis pisos.</p> <p>Para comercial e industrial edificios con menos de 5,000 pies cuadrados, también se puede asignar el tipo W2.</p>
<p>S1</p> <p>Estructura de acero resistente a momento</p>		<p>(VH)=1,5 (H)=2,1 (MH)=2,3 (M)=2,7 (L)= 3,8</p>	<p>Los diafragmas de piso son generalmente de hormigón, a veces sobre cubiertas de acero. Este tipo estructural se utiliza para edificios comerciales, institucionales y públicos.</p> <p>El 1994 en Northridge y 1995 terremotos de Kobe mostraron que las soldaduras en edificios con estructura de acero momento eran vulnerables a daños severos. el daño tomó la forma de conexiones rotas entre las vigas y columnas</p> <p>La relativamente baja rigidez del marco puede conducir a un daño sustancial no estructural.</p> <p>Este edificio también podría tener un sistema de fuerza de resistencia sísmica de hormigón.</p>
<p>S2</p> <p>Estructura de acero con marco arriostrado</p>		<p>(VH)=1,4 (H)=0,2 (MH)=2,2 (M)=2,6 (L)= 3,9</p>	<p>Marcos arriostrados se utilizan a veces para edificios largos y estrechos debido a su rigidez.</p> <p>En los terremotos recientes, se encontró que los marcos arriostrados tener daños que se preparen las conexiones y, en algunos casos, a los apoyos, especialmente en los niveles más bajos.</p>

Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (FEMA P-154). Table 3-1. Pág. 3-36, 3-45

FEMA Tipo de Edificio	Fotografía	Puntuación básica	Características y Rendimiento
S3 Estructura de acero ligero		(VH)=1,6 (H)=2,6 (MH)=2,9 (M)=3,5 (L)= 4,4	El sistema estructural por lo general consta de marcos momento en la dirección transversal y se preparó marcos en la dirección longitudinal, con hoja ondulada - revestimiento de metal. En algunas regiones, construcciones metálicas ligeras pueden tener paredes de mampostería parciales altura.
S4 Estructura de acero con muro de corte y acero reforzado.		(VH)=1,4 (H)=2,0 (MH)=2,2 (M)=2,5 (L)= 4,1	Las cargas laterales son resistidas por muros de corte, que generalmente rodean los núcleos de ascensores y escaleras, y están cubiertos por materiales de acabado. Cizalla agrietamiento y la tensión puede ocurrir alrededor de las aberturas en muros de hormigón armado durante los terremotos.
S5 Estructura de acero con paredes de relleno de mampostería no reforzada		(VH)=1,2 (H)=1,7 (MH)=2,0 (M)=2,7 (L)= 4,5	Columnas de acero son relativamente delgadas y pueden estar ocultos en las paredes. Por lo general, mampostería está expuesta en el exterior con pilares estrechos (menos de 4 pies de ancho) entre ventanas. Algunas partes de paredes sólidas se alinearán verticalmente. Muros de relleno son por lo general de dos a tres hiladas de espesor.
C1 Estructura de concreto resistente a momento.		(VH)=1,0 (H)=1,5 (MH)=1,7 (M)=2,1 (L)= 3,3	Todos los marcos de hormigón expuestas están reforzados (marcos de acero no revestidas de cemento) de hormigón. Un factor fundamental que rige el funcionamiento de marcos resistentes a momento concreto es el nivel de detalle dúctil. Daños en la columna debido a golpes con los edificios adyacentes puede ocurrir.
C2 Estructura de concreto con muros de corte		(VH)=1,2 (H)=2,0 (MH)=2,1 (M)=2,5 (L)= 4,2	Edificios muro de concreto generalmente se echaron en el lugar, y muestran signos típicos de hormigón in situ. Estos edificios generalmente se comportan mejor que edificios con estructura de hormigón.
C3 Marcos de hormigón con paredes de relleno de mampostería no reforzada		(VH)=0,9 (H)=1,2 (MH)=1,4 (M)=2,0 (L)= 3,5	Columnas y vigas de hormigón pueden ser espesor de pared completa y pueden ser expuestos para su visualización en los laterales y la parte trasera del edificio. Por lo general, la mampostería se expone en el exterior con muelles estrechos (menos de cuatro pies de ancho) entre ventanas.

Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (FEMA P-154). Table 3-1. Pág. 3-36, 3-45

FEMA Tipo de Edificio	Fotografía	Puntuación básica	Características y Rendimiento
PC1 Edificios inclinados hacia arriba		(VH)=1,1 (H)=1,6 (MH)=1,8 (M)=2,1 (L)= 3,8	El techo puede ser un diafragma de madera contrachapada realizado en correas de madera y vigas de madera laminada o un sistema de cubierta de acero y viguetas luz apoyado en el interior del edificio sobre columnas tubos de acero.
PC2 Estructuras de concreto prefabricado		(VH)=1,0 (H)=1,4 (MH)=1,5 (M)=1,9 (L)= 3,3	Prefabricados de estructuras de hormigón son, en esencia, el correo y construcción de vigas de hormigón. Estructuras a menudo emplean muros de corte de hormigón o mampostería reforzada (de ladrillo o bloque). La corrosión de los conectores metálicos entre los elementos prefabricados puede ocurrir.
RM1 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles		(VH)=1,1 (H)=1,7 (MH)=1,8 (M)=2,1 (L)= 3,7	Las paredes son de ladrillos o de bloques de hormigón. Se requiere una inspección interna para determinar si los diafragmas son flexibles o rígidos. Estos edificios pueden realizar bien en sismos moderados si se refuerzan y rellenas de manera adecuada, con suficiente anclaje diafragma.
RM2 edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos		(VH)=1,1 (H)=1,7 (MH)=1,8 (M)=2,1 (L)= 3,7	Las paredes son de ladrillos o de bloques de hormigón. Se requiere una inspección interna para determinar si los diafragmas son flexibles o rígidos. La práctica de la construcción deficiente puede dar lugar a paredes de lechada de cemento y sin refuerzo, que van a fallar fácilmente.
URM Edificios de mampostería no reforzada		(VH)=0,9 (H)=1,0 (MH)=1,2 (M)=1,7 (L)= 3,2	Arcos son a menudo una característica arquitectónica de los edificios de ladrillo muro de carga mayores. Estos edificios de uso frecuente débil mortero de cal para unir las unidades de mampostería juntos. El rendimiento de este tipo de construcción es deficiente debido a la falta de anclaje de las paredes de los pisos y techos, mortero suave y muelles estrechos entre las aberturas de las ventanas.
MH Viviendas prefabricadas		(VH)=1,4 (H)=1,8 (MH)=2,2 (M)=2,9 (L)= 4,6	La fuente principal de daño es debido a la falta de una conexión de base permanente o un sistema de arriostamiento resistente a los terremotos (EC). En agitación moderada, el edificio puede caer de sus soportes, soportes del gato y puede penetrar el suelo. Líneas de conexión de servicios públicos pueden ser cortadas, y un escape de gas pueden causar incendios.

Fuente: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (FEMA P-154). Table 3-1. Pág. 3-36, 3-45

Anexo I. Elementos estructurales de la edificación

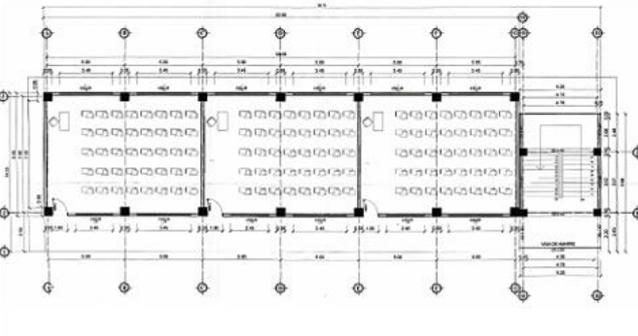
Nivel de Planta	# Columnas	Dimensiones de Columna			# Vigas	Dimensiones de Vigas			Altura del Antepecho (m)	Espesor de Losa (cm)
		Largo L (m)	Ancho b (m)	Alto h (m)		Largo L (m)	Ancho b (m)	Alto h (m)		
Baja	21	3	0.55	0.55	7	7.5	0.3	0.60	ninguno	30
					12	5	0.3	0.45		
					7	2.3	0.3	0.5		
1°	21	2.8	0.55	0.55	7	7.5	0.3	0.60	2.68*0.70* 0.18	30
					12	5	0.3	0.45		
					7	2.3	0.3	0.5		
2°	21	2.8	0.50	0.50	7	7.5	0.3	0.60	2.68*0.70 *0.18	20
					12	5	0.3	0.45		
					7	2.3	0.3	0.50		

Fuente: Autor

Anexo J. Descripciones patológicas estructurales observadas

Patología	Fotografía	Descripción
Columnas cortas en fachada frontal		<p>Las paredes de los salones de clases presentan una altura 1.20 m a ambos lados de la columna, lo que provoca un confinamiento parcial lateral. El colapso de estos elementos son los más frecuentes.</p> <p>Este problema se repite en los niveles superiores de las demás aulas.</p>
Columnas cortas en fachada posterior		<p>En la fachada posterior se observa el mismo problema de columnas cortas pero con un confinamiento más estrecho.</p>
Parapetos en la Fachada exterior		<p>Durante un sismo puede provocar la ruptura parcial de estos elementos, el riesgo de caída está presente en las salidas de las aulas de la planta baja y de las escaleras.</p>
Cielo raso o tumbados (Pasillo 2 ^{da} Planta Alta)		<p>En el pasillo de la segunda planta alta está presente acabados de cielo raso, estos elementos causarían leves daños físicos a personas.</p>
Cielo raso o tumbados (Aulas en todas las aulas)		<p>También existen acabados de cielo raso dentro de las aulas de los niveles superiores.</p>
Volados en el segundo nivel (fachada posterior)		<p>En la Fachada Externa hay un riesgo de ruptura parcial de volados</p>
<p>Fuente: Autor</p>		

Anexo K. Formulario de evaluación del bloque educativo. Nivel 1

Chequeo Visual Rápido De Edificios Para Potencial Amenaza Sísmica Formulario de recopilación de datos FEMA P-154	Sismicidad Moderadamente Alta Nivel 1
Fotografía: 	Dirección: <u>Av. Rocafuerte y 1ero de Noviembre, Pasaje</u> Código Postal: <u>70950</u> Otros identificadores: <u>Cuadra</u> Nombre del edificio: <u>Ud Educativa Dr. Manuel A. González</u> Uso: <u>Centro Educativo de formación secundaria</u> Latitud: <u>3°19'23.7"S</u> Longitud: <u>79°48'16.7"W</u> Ss: <u>0,99</u> S ₁ : <u>0,25</u> Fecha: _____ No. Niveles superiores: <u>2</u> Año construcción: <u>2017</u> Pisos: Niveles inferiores: _____ Área total del piso (m ²): <u>390,7</u> Año del código: <u>2014</u> Adiciones: <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Si, año (s) de construcción: _____ Ocupación: <u>Unidad educativa</u> Tipo de suelo: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> Ninguno Roca: <input type="checkbox"/> dura <input type="checkbox"/> roca de rigidez media <input type="checkbox"/> Suelo denso <input type="checkbox"/> Suelo rígido <input type="checkbox"/> Suelo suave <input type="checkbox"/> Suelo pobre <input type="checkbox"/> Se asume tipo D Peligros geológicos: Licuefacción: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> DNK Deslizamiento de tierra: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> DNK Rotura de fallas: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> DNK Proximidad: <input checked="" type="checkbox"/> "Golpeteo" <input type="checkbox"/> "Peligros de caída del edificio adyacente más alto" Irregularidad: <input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad) <input type="checkbox"/> Presencia de columnas cortas <input checked="" type="checkbox"/> Plan (tipo) <input type="checkbox"/> Torcional Peligros de caída exterior: <input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo <input type="checkbox"/> Revestimiento pesado o chapa gruesa <input checked="" type="checkbox"/> Parapetos <input type="checkbox"/> Accesorios <input type="checkbox"/> Otros Comentarios: Presencia de múltiples columnas cortas, posible daño severo en estos elementos. Se prevé un movimiento torsional del edificio debido que la longitud del edificio es más considerable que su ancho. Presencia de parapetos en la fachada frontal del edificio.
 <p style="text-align: center;">2 PLANTA A1 YA</p>	

PUNTAJACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTAJACIÓN FINAL DE NIVEL 1, SL1

TIPO DE EDIFICIO FEMA No lo sé	W1	W1A	W2	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	MH
Puntaje Básico	4,1	3,7	3,2	2,3	2,2	2,9	2,2	2,0	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5	1,8	1,8	1,2	2,2
Irregularidad vertical severa, V _{L1}	-1,3	-1,3	-1,3	-1,1	-1,0	-1,2	-1,0	-0,9	-1,0	-1,1	-0,8	-1,0	-0,9	-1,0	-1,0	-0,8	NA
Irregularidad vertical moderada, V _{L1}	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	NA
Irregularidad de planta, P _{L1}	-1,3	-1,2	-1,1	-0,9	-0,8	-1,0	-0,8	-0,7	-0,7	-0,9	-0,6	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	NA
Precódigo	-0,8	-0,9	-0,9	-0,5	-0,5	-0,7	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,4	-0,3	-0,5	-0,5	-0,1	-0,3
Post-Benchmark	1,5	1,9	2,3	1,4	1,4	1,0	1,9	NA	1,9	2,1	NA	2,1	2,4	2,1	2,1	NA	1,2
Suelo tipo A o B	0,3	0,6	0,9	0,6	0,9	0,3	0,9	0,9	0,6	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6	0,9
Suelo tipo E (1-3 pisos)	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	0,0	-0,4	-0,5	-0,2	-0,2	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,5
Suelo tipo E (> 3 pisos)	-0,5	-0,8	-1,2	-0,7	-0,7	NA	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,4	NA	-0,5	-0,6	-0,7	-0,3	NA
Puntaje mínimo, S _{MIN}	1,6	1,2	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,4
NIVEL 1 FINAL PUNTAJACIÓN, S_{L1} ≥ S_{MIN}:	1,9																

Alcance de revisión Exterior: <input checked="" type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos lo lados <input type="checkbox"/> Aérea Interior: <input type="checkbox"/> Ninguno <input checked="" type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingreso Dibujos revisados: <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No Fuente Tipo de suelo: _____ Fuente Peligro Geológico: _____ Persona de contacto: _____ ¿Inspección de nivel 2 realizada? <input type="checkbox"/> Sí, puntuación final Nivel 2, SL2 _____ <input checked="" type="checkbox"/> No ¿Peligros No estructurales?: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Otros peligros ¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada? <input type="checkbox"/> Potencial golpeteo, (a menos que SL2 > que el puntaje límite aceptable) <input type="checkbox"/> Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes <input type="checkbox"/> Peligros geológicos o suelo Tipo F <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo en el sistema estructural	Acción requerida ¿Se requiere evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación Planos. <input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntaje menor que el puntaje límite aceptable. <input checked="" type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes Fuente <input type="checkbox"/> No. ¿Se recomienda una evaluación no estructural? <input type="checkbox"/> Sí, peligros no estructurales que debe ser evaluados. <input checked="" type="checkbox"/> No, peligros no estructurales requieren mitigación, no es necesaria una evaluación detallada. <input type="checkbox"/> No, no se han identificado peligros no estructurales.
---	---	--

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: EST = Estimado o datos no confiables O DNK = No Se Leyenda:

MRF= Pórtico resistente a momento C= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería no reforzada MH= Casa Prefabricada FD= Diafragma Flexible.
 BR= Pórtico arriostrado SW= Muro de corte TU= Tilt up (Prefabricados de hormigón) LM= Metal Liviano RD= Diafragma Rígido