



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD
EDUCATIVA COLEGIO DE BACHILLERATO MACHALA EN LA
CIUDAD DE MACHALA

GRANDA LUNA JONATHAN ALEXANDER
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD
EDUCATIVA COLEGIO DE BACHILLERATO MACHALA EN LA
CIUDAD DE MACHALA

GRANDA LUNA JONATHAN ALEXANDER
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA
COLEGIO DE BACHILLERATO MACHALA EN LA CIUDAD DE MACHALA

GRANDA LUNA JONATHAN ALEXANDER
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 02 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
02 de diciembre de 2020

GRANDA COMPLEXIVO

por Jonathan Alexander GRANDA LUNA

Fecha de entrega: 20-nov-2020 01:20a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1451989506

Nombre del archivo: GRANDA_JONATHAN_INFORME_PRACTICO.docx (2.05M)

Total de palabras: 3701

Total de caracteres: 20374

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

El que suscribe, GRANDA LUNA JONATHAN ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA UNIDAD EDUCATIVA COLEGIO DE BACHILLERATO MACHALA EN LA CIUDAD DE MACHALA, 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, 02 de diciembre de 2020



GRANDA LUNA JONATHAN ALEXANDER
0704759000

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 20-nov.-2020 01:20 -05

Identificador: 1451989506

Número de palabras: 3701

Entregado: 1

Índice de similitud

9%

Similitud según fuente

Internet Sources:	7%
Publicaciones:	1%
Trabajos del estudiante:	2%

GRANDA COMPLEXIVO Por
Jonathan Alexander GRANDA
LUNA

1% match (Internet desde 25-mar.-2019)

http://oa.upm.es/54436/1/TFM_HECTOR_SANTIAGO_VISTIN_GUAMANTAQUI.pdf

1% match (trabajos de los estudiantes desde 23-ene.-2020)

[Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2020-01-23](#)

1% match (Internet desde 06-nov.-2020)

<https://es.slideshare.net/crisma88/diseo-estructural-sismo-resistente-edificio>

1% match (Internet desde 20-jul.-2020)

<https://investigacion.utmachala.edu.ec/es/wp-content/uploads/2017/07/congreso-2016-1.pdf>

1% match (trabajos de los estudiantes desde 12-jul.-2019)

[Submitted to Universidad Nacional de Educación on 2019-07-12](#)

1% match (Internet desde 21-dic.-2007)

http://ftposso.univalle.edu.co/doc/tesis/2002/escenarios/cap5_rev.pdf

< 1% match (Internet desde 08-nov.-2020)

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/9499/1/TTUACE-2016-EC-DE00012.pdf>

< 1% match (Internet desde 16-sept.-2020)

https://www.researchgate.net/publication/305220094_La_Pregunta_de_Investigacion

< 1% match ()

<https://periodicos.furg.br/atlantica/article/view/1724>

< 1% match (publicaciones)

[Raúl González Herrera. "Estimación de las pérdidas económicas en las estructuras asociadas a peligro sísmico en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas", Universidad Nacional Autónoma de México, 2013](#)

< 1% match (Internet desde 06-nov.-2014)

http://frantsuzzz.com/book_spravochnik-pomoshch-po-actionscript2/textsnapshotsetselected

< 1% match (Internet desde 07-nov.-2008)

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal establecer la vulnerabilidad sísmica de los bloques del “Colegio de bachillerato Machala” de la ciudad de Machala mediante la normativa que nos proporciona la NEC en su “Guía para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras” la cual estaba basada en el “Manual de chequeo rápido de edificios para potencial amenaza sísmica” planteado por la “Federal Emergency Management Agency” (FEMA P-154).

La metodología aplicada es cualitativa por lo tanto para calificar la estructura se necesita realizar una inspección visual donde se tiene en cuenta sus características generales como; aspecto de la edificación, número de pisos, presencia de patologías, irregularidad de planta y en elevación, efecto de columnas cortas, tipo de suelo, año de construcción y otros aspectos que se observen en la inspección de campo. Una vez realizada la inspección se suman los puntos y se obtiene un puntaje que determina el grado de vulnerabilidad sísmica “S”, si este valor es menor o igual a 2 consideramos a la estructura de alta vulnerabilidad sísmica por lo tanto es necesario una evaluación especial.

PALABRAS CLAVE: NEC, FEMA P-154, Cualitativa, Inspección visual, Patologías, Columnas cortas, vulnerabilidad sísmica.

ABSTRACT

The main objective of this paper is to establish the seismic vulnerability of the blocks of the "Colegio de bachillerato Machala" of the city of Machala through the regulations provided by the NEC in the "Guía para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras" this is based on the " Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards " raised by the "Federal Emergency Management Agency" (FEMA P-154).

The applied methodology is qualitative therefore to qualify the structure it is necessary to carry out a visual inspection where its general characteristics are taken into account such as; appearance of the building, number of floors, presence of pathologies, irregularity of plan and elevation, effect of short columns, type of soil, year of construction and other aspects that are observed in the field inspection. Once the inspection is carried out, the points are added and a score is obtained that determines the degree of seismic vulnerability "S". If this value is less than or equal to 2, we consider the structure of high seismic vulnerability, therefore a special evaluation is necessary.

KEY WORDS: NEC, FEMA P-154, Qualitative, Visual inspection, Pathologies, Short columns, seismic vulnerability.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	4
1. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO.	5
1.1 Definición y contextualización del objetivo de estudio	5
1.2 Hechos de interés	5
1.3 Objetivos de investigación	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Definiciones importantes	7
2.2 Características de la zona	8
2.2.1 <i>Ubicación</i>	8
2.2.2 <i>Zona sísmica</i>	10
2.2.3 <i>Tipo de suelo</i>	11
2.2.4 <i>Población estudiantil</i>	12
2.2.5 <i>Metodología</i>	12
3. PROCESO METODOLÓGICO	15
3.1 Ejecución de la metodología	15
3.2 Interpretación de datos	16
4. CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA	18
ANEXOS	20

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con un alto peligro sísmico, esto se debe a su localización en la costa oriental del océano pacífico, en el llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, un área del planeta que tomó este nombre por ser la región más vulnerable a los efectos de terremotos y erupciones volcánicas. Dado el alto riesgo en el que se encuentra el país es necesario disminuir el grado de vulnerabilidad, para lograrlo es preciso estar preparados y capacitados para afrontar los efectos de un sismo[1].

Los terremotos provocan tanto pérdidas económicas como humanas, la gran parte se deben a un comportamiento inadecuado de algunas estructuras ante el sismo, lo cual lleva al colapso parcial o total de la misma. Algunos de los problemas con los que nos encontramos son las construcciones informales y edificaciones antiguas que al no encontrarse bajo los parámetros de las normativas vigentes provocan incertidumbre en cuanto a su comportamiento en situaciones exigentes. Por lo tanto es importante mejorar el comportamiento sísmico de las estructuras para minimizar las posibles pérdidas[2].

La tarea de la ingeniería es reducir las pérdidas humanas y económicas y favorecer que la estructura tenga un desempeño apropiado antes las variadas intensidades sísmicas a las que estará expuesta a lo largo de su vida útil y bajo cargas de servicio. Por lo tanto, se debe realizar procedimientos que permitan estimar de manera práctica el nivel de riesgo sísmico en construcciones existentes, de esta manera poder proponer un plan de rehabilitación si llegase a ser necesario [3].

Con lo desarrollado se puede expresar lo importante de realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes, por lo tanto en el presente trabajo se realizará una inspección visual para definir el grado de vulnerabilidad sísmica de los bloques 1 y 2 de la Unidad Educativa Colegio de bachillerato Machala ubicado en la Calle 25 de Junio y Avenida Edgar Córdova Polo, estos fueron los primeros bloques en ser construidos por ello es necesaria la inspección para verificar el estado en el que se encuentran y qué tan vulnerables son, para esto se emplea la metodología cualitativa FEMA P-154.

1. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO.

1.1 Definición y contextualización del objetivo de estudio

La unidad educativa Colegio de Bachillerato Machala de la provincia de El Oro, ubicado en la ciudad de Machala, en la Calle 25 de junio y Avenida Edgar Córdova Polo, es un centro educativo de educación regular y sostenimiento fiscal, con la modalidad presencial de jornada matutina y vespertina, cuenta con 78 docentes y 1.657 estudiantes. Dentro de las instalaciones del colegio existen un total de 9 bloques todos ellos de 2 plantas los primeros bloques en ser construidos fueron los bloques 1 y 2 en el año 1982 por lo tanto se realizará el análisis de vulnerabilidad sísmica de dichos bloques debido a su tiempo en funcionamiento y se realizará un diagnóstico y posibles recomendaciones.

1.2 Hechos de interés

Posterior al terremoto de 7.8 Mw (es la escala de magnitud de momento) del 16 de abril de 2016 que afectó especialmente a Manabí y Esmeraldas uno de los sectores más dañados fue el subsector de la educación sufriendo pérdidas de 435 millones de dólares un 13% del coste total de la reconstrucción (3 344 millones de dólares), un total de 1340 instituciones educativas tuvieron afectaciones en su infraestructura donde 560 (41.7%) quedaron completamente destruidas[4].

En el sismo del 6 de septiembre de 2018, que tuvo epicentro en Cumandá provincia de Chimborazo se vieron afectadas 272 instituciones educativas. El 5 de febrero de 2019 se registró un sismo de 5.7 Mw con epicentro en el sur-suroeste de la ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas, donde se vieron afectadas 81 instituciones educativas que tuvieron afectaciones de nivel 1 y 2 (fisuras en paredes y vidrios rotos). Si bien la mayor parte de afectaciones por sismos, han sido a nivel de infraestructura física y no de la comunidad educativa en términos de pérdidas de vidas humanas, el gran reto del sistema educativo, ha sido el de garantizar el derecho a la educación en situaciones de emergencias y desastres, que incluye las acciones de rehabilitación temprana para dar continuidad al servicio, la reanudación de las actividades y, la reconstrucción[4].

1.3 Objetivos de investigación

Objetivo General:

Establecer la vulnerabilidad sísmica de los bloques del “Colegio de bachillerato Machala” de la ciudad de Machala mediante la normativa NEC-SE-RE 2015 y metodología FEMA P-154 para ofrecer un diagnóstico y posibles recomendaciones para los bloques analizados.

Objetivos Específicos:

- Recolectar la información requerida para el análisis de vulnerabilidad del Colegio de Bachillerato Machala por la metodología FEMA P-154.
- Identificar mediante una evaluación visual, tipo de estructura, presencia de patologías, irregularidades en planta y elevación, efectos de columnas cortas, discontinuidad vertical y demás características susceptibles a vulnerabilidad sísmica en la estructura analizada.
- Obtener el grado de vulnerabilidad sísmica de la unidad educativa Colegio de bachillerato Machala mediante la metodología cualitativa FEMA P-154

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definiciones importantes

Sismo o Terremoto

Es un fenómeno que se produce por el movimiento de las placas tectónicas debajo de la corteza terrestre, cuando estas chocan entre ellas se acumula energía y cuando se libera se produce un movimiento brusco, esta energía llega a la superficie terrestre y ocasionan el sismo o terremoto[5].

Peligro sísmico

Definimos peligro como procesos, fenómenos naturales, eventos físicos o actividades que tienen el potencial para producir daños tanto físicos, materiales y económicos, la magnitud depende de la localización, frecuencia de recurrencia y probabilidad de ocurrencia. El Earthquake Engineering Research Institute (Instituto de Investigación de Ingeniería Sísmica) define el peligro sísmico como cualquier fenómeno físico asociado con un sismo que puede producir efectos adversos en las actividades humanas[6].

Vulnerabilidad sísmica

Es lo susceptible que es un edificio u objeto a presentar daños frente a un evento que represente cierta peligrosidad, en este caso hablamos de sismos por lo tanto nos referimos a al daño que sufrirá una edificación el cual estará dado por factores como los materiales, la normativa irregularidades de altura y planta, mantenimiento y vida útil de la estructura [7], [8].

Importancia de las edificaciones escolares

En Ecuador los centros de educación son considerados estructuras especiales por lo tanto estos deben ser diseñados con un nivel de prevención de colapso ante un sismo de 2500 años de periodo de retorno con una probabilidad anual de excedencia 0.00004, esto deja en claro lo importante de las edificaciones educativas, algunas de las consecuencias que produciría un sismo en las unidades educativas son: [9], [10].

- Suspensión de clases temporales o a largo plazo.
- Infraestructura del servicio educativo dañada.
- Disminución a accesos de servicios básicos.
- Inaccesibilidad a los centros educativos.
- Reducción de refugios para la población.
- Aumento en los costos humanos, sociales y económicos.

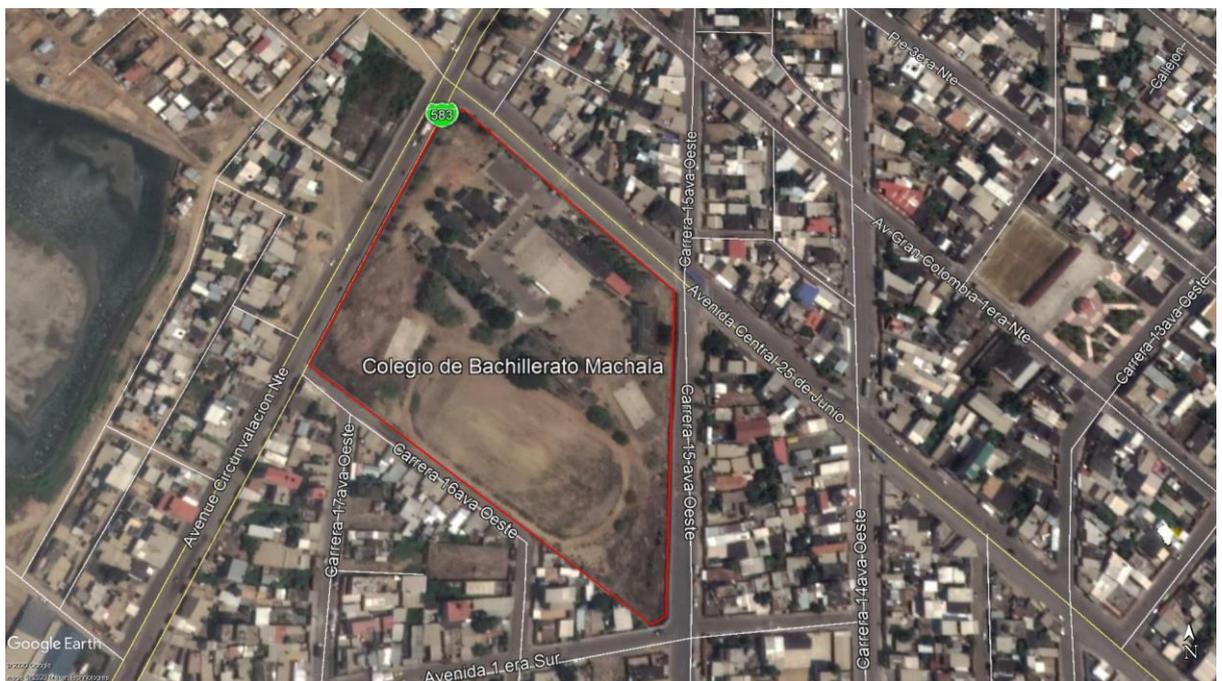
Por lo tanto, asegurando las edificaciones educativas podemos mitigar las consecuencias que producen los sismos.

2.2 Características de la zona

2.2.1 Ubicación

Los bloques de aulas a ser analizado se encuentran en la unidad educativa Colegio de Bachillerato Machala de la provincia de El Oro, ubicado en la ciudad de Machala, en la Calle 25 de junio y Avenida Edgar Córdova Polo (Ilustración 1)

Ilustración 1: Localización Geográfica



Fuente: Google Earth Pro

La ubicación geográfica de los bloques de aula que serán analizados se encuentran en las siguientes tablas:

Tabla 1: Coordenadas Geográficas bloque 1.

Cuadrante	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
1	614150.84	9641034.90
2	614143.87	9641027.93
3	614122.04	9641044.66
4	614128.65	9641054.31

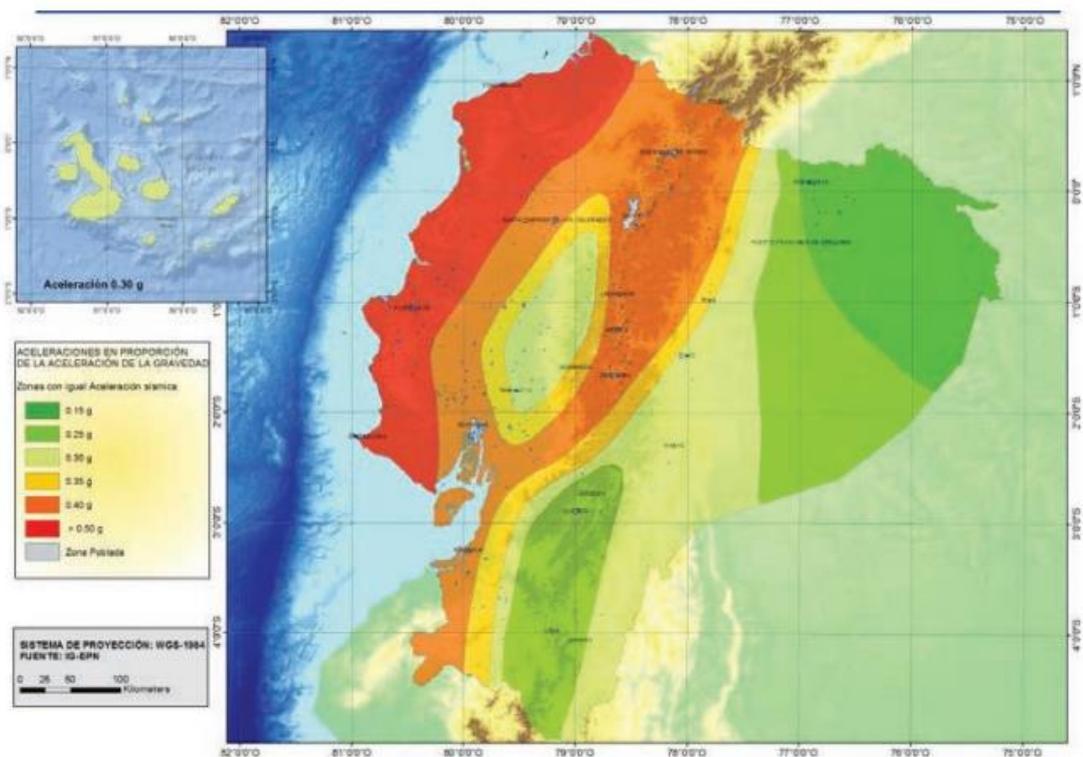
Tabla 2: Coordenadas Geográficas bloque 2.

Cuadrante	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
1	614137.64	9641020.69
2	614131.31	9641014.30
3	614109.15	9641034.50
4	614116.01	9641041.01

2.2.2 Zona sísmica

Ecuador divide su territorio en seis zonas sísmicas (Ilustración 2) la mayor parte se encuentra en áreas de alto riesgo sísmico exceptuando el nororiente que presentan un riesgo sísmico intermedio y el litoral con una amenaza sísmica muy alta, cada zona tiene un factor Z (aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño) (Tabla 3), en Machala el factor Z es 0.4g porque está en una de alto riesgo sísmico esto se debe tener en consideración al momento de realizar el análisis de vulnerabilidad[8], [9].

Ilustración 2: Zonas sísmicas del Ecuador



Fuente: Norma ecuatoriana de la construcción; NEC-SE-RE, 2015

Tabla 3: 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	>0.5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Norma ecuatoriana de la construcción; NEC-SE-RE, 2015

2.2.3 Tipo de suelo

La NEC define seis tipos de suelo (Tabla 4), este es un dato esencial para la obtención del grado de vulnerabilidad sísmica.

Tabla 4: Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
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: Norma ecuatoriana de la construcción; NEC-SE-RE, 2015

2.2.4 Población estudiantil

Según los datos obtenidos la cantidad de la población estudiantil es la siguiente:

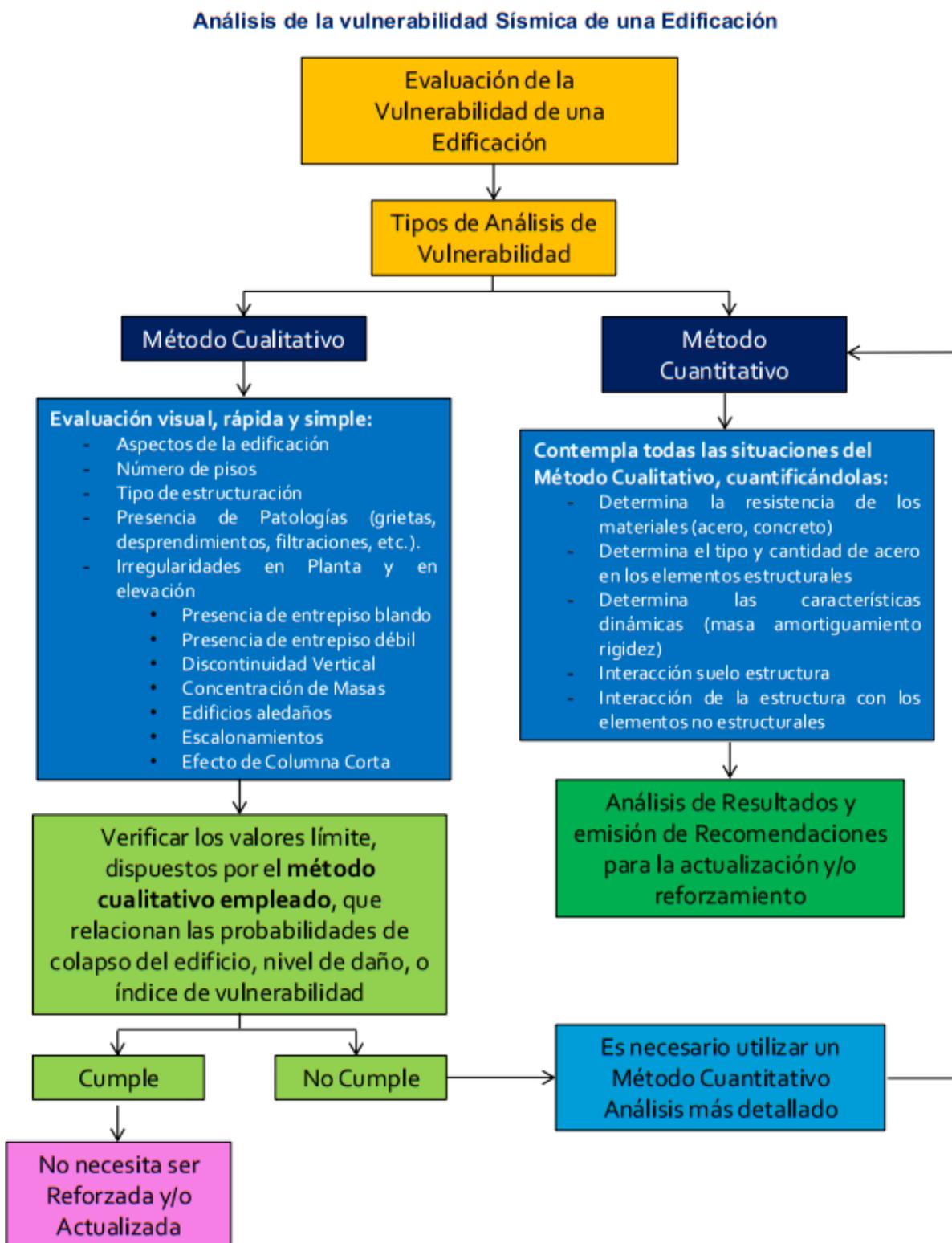
Tabla 4: Población estudiantil Colegio de Bachillerato Machala

Docentes	femenino	55	78
	masculino	23	
Alumnos	femenino	859	1657
	masculino	798	

2.2.5 Metodología

Cuando se habla del estudio de la vulnerabilidad sísmica de una estructura nos referimos a las pérdidas que esta sufrirá ante tal evento, para estimar la vulnerabilidad existen dos tipos de análisis (Ilustración 3); uno cualitativo donde para calificar a la estructura se emplean sus características generales y otro cuantitativo que se basa principalmente en análisis [2], [11].

Ilustración 3: Análisis de vulnerabilidad sísmica de una edificación



Fuente: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones[11].

Para la realización de este proyecto se emplea un método cualitativo proporcionado en la NEC -15, la “Guía para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras”, esta guía está basada en la metodología estadounidense FEMA-154[12], [13].

Esta evaluación rápida consiste en llenar un formulario (Anexo A) donde se especifican características que afectan a la vulnerabilidad de la estructura, el objetivo más importante es hallar las edificaciones que son más susceptibles a sufrir daños frente a un evento sísmico[12].

3. PROCESO METODOLÓGICO

3.1 Ejecución de la metodología

- Primero se caracteriza la edificación, con datos como; la ubicación, tipo de uso y año de la construcción, el Colegio de Bachillerato Machala se encuentra ubicado en la Calle 25 de junio y Avenida Edgar Córdova Polo es una unidad educativa, los dos primeros bloques fueron construidos en el año 1982, estos bloques están unidos por una escalera, la cual se encuentra empotrada a la estructura formando un solo elemento, por ello al momento de realizar el análisis se toma en cuenta el bloque uno y dos como una unidad ya que ante un sismo se pueden presentar fallas en las uniones que existen en la escalera con los bloques, estos datos se obtuvieron a través de investigación y solicitando información a la unidad educativa.
- El Colegio de Bachillerato Machala dispone de planos planimétricos en físico, por lo tanto, para la realización del esquema estructural en planta y elevación de la edificación se realizó un levantamiento y se corroboró los datos con los planos existentes ver anexo B.
- El sistema constructivo empleado en la edificación es un sistema aporticado en el Anexo C observamos que este se encuentra nombrado como C1, según Barros y Peñafiel este sistema es excelente ante cargas verticales, pero demuestra ciertas falencias al enfrentarse a cargas laterales tales como sismos [14].
- Los dos bloques analizados tienen dos niveles por lo tanto se consideran de baja altura (menor a 4 pisos).
- La “Guía para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras” nos proporciona distintos puntos a tener en consideración para comprobar la irregularidad en planta y vertical, teniendo en cuenta lo anterior observamos; que al confinar las columnas con tabiquería se forman columnas cortas una irregularidad vertical que existe tanto en la parte frontal como posterior de los bloques, provocando fallas frágiles al formar columnas débiles y vigas fuertes también existe irregularidad en planta debido a la existencia de la escalera que une los dos bloques formando un solo elemento[11], [15].
- Cuando se llevó a cabo la inspección visual se observaron varias patologías que existen en la estructura (Anexo D).
- En 1977 se establece el primer código de la construcción en Ecuador, en el año 2001 después de sufrir daños en el terremoto de Bahía de Caráquez se agregan algunos principios sismológicos a la norma, junto a un mapa de zonificación

sísmica, actualmente existe la NEC 2015 donde se mejoró el diseño sismo resistente. Para evaluar la estructura es necesario conocer con qué código fue diseñada, en el caso de estudio la construcción fue en el año 1982 por lo tanto se considera construida en etapa de transición (entre 1977 y 2001).

- Al no existir estudios previos a la construcción del colegio se opta por fundamentar la elección del tipo de suelo a través de investigaciones y estudios realizados en la ciudad de Machala, los estudios más cercanos realizados hacia el centro de la ciudad indican un tipo de suelo D, se conoció por medio de los docentes de la institución que el terreno donde se encuentra el Colegio de Bachillerato Machala es un antiguo manglar, se desconoce el tipo de mejoramiento que se empleó para la construcción de la institución pero al existir estos antecedentes se toma la decisión de optar por un suelo tipo E para el análisis de vulnerabilidad[9], [16]–[18].
- Por último, se realiza una suma de los puntajes obtenidos en cada una de las secciones anteriores

3.2 Interpretación de datos

Para los bloques analizados (Anexo E):

- La tipología del sistema estructural son pórticos de hormigón armado por lo tanto “C1”, con una puntuación de 2.5
- Se considera una edificación de baja altura esto proporciona un puntaje de 0 puntos.
- Posee irregularidad en vertical -1.5 puntos.
- Posee irregularidad en planta -0.5 puntos.
- Los bloques fueron construidos en etapa de transición por ello tienen un puntaje de 0.
- El poseer un tipo de suelo tipo E da una puntuación de -1.2.
- La puntuación total que corresponde a el grado de vulnerabilidad sísmica es de $S=-0.7$

Un resultado de $S < 2.0$ indica que la edificación tiene una alta vulnerabilidad sísmica. Esta puntuación final “S” de -0.7, indica que son estructuras propensas a sufrir daños frente a un evento sísmico.

4. CONCLUSIONES

Para aplicar la metodología de evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones es necesario reunir información básica como; uso de la estructura, tipo de suelo y edad de construcción. Tras realizar una recolección de datos se determina que el Colegio de Bachillerato Machala fue fundado en el año 1969 pero no fue hasta 1982 que se realizó la construcción de los dos primeros bloques de la institución, con esto como fundamentación se realiza el análisis de vulnerabilidad a dichos bloques por ser los más antiguos. Para la aplicación de la metodología es necesario planos, en este caso no existen planos estructurales de la institución, solo hay planimétricos por lo tanto fue necesario realizar un levantamiento de la información corroborando luces, alturas y secciones de elementos.

Mediante la inspección visual se dieron a conocer varias patologías que sufre la estructura de la unidad educativa tales como; fisuras en las uniones de elementos estructurales con la mampostería, grietas de considerable magnitud en las columnas esquineras, desprendimiento del recubrimiento del hormigón donde se observa la corrosión del acero de refuerzo, columnas cortas provocadas por los ventanales en la fachada y parte posterior y varias filtraciones en la planta alta de ambos bloques.

Una vez terminada la evaluación de vulnerabilidad sísmica obtenemos un valor de "S" el grado de vulnerabilidad, para los bloques 1 y 2 del Colegio de Bachillerato Machala se determinó un valor de -0.7, la norma nos indica que si $S < 2.0$ la edificación tiene una alta vulnerabilidad es decir es propensa a sufrir daños antes eventos sísmicos y por lo tanto requiere una evaluación especial, un análisis cuantitativo donde se pueda determinar la resistencia de los elementos a través de ensayos no destructivos de esta manera asegurar la integridad de la estructura, como por ejemplo esclerómetro para la resistencia del hormigón y tomografías del hormigón armado para definir la cuantía de acero tanto longitudinal como transversal, con estos datos se puede realizar un análisis dinámico a través de Softwares como ETABS donde se consigue una respuesta de la estructura ante un sismo de diseño de esta manera conocemos su comportamiento y se puede dar una recomendación apropiada para el caso en específico.

Las unidades educativas son edificaciones que brindan un servicio esencial a la sociedad y no deben ser afectados por sismos, por ello es esencial asegurar que tendrán un apropiado comportamiento, en la actualidad existen edificaciones que por el propio paso del tiempo se encuentran en mal estado, es necesario realizar un análisis de vulnerabilidad para conocer los posibles daños y pérdidas que pueden ocasionar y de esta manera estar preparados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Rivadeneira et al., “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador,” Quito: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional-Corporación Editora Nacional, 2007.
- [2] A. Aldama Ojeda, C. Gómez Soberón, and B. Guillén López, “Elaboración de una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica,” *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, vol. 15, no. 1, pp. 41–48, 2008.
- [3] D. F. Mireles Jiménez and Others, “Modelos paramétricos de confiabilidad para establecer la vulnerabilidad sísmica de construcciones escolares,” Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2016.
- [4] “Plan Nacional para la Reducción de Riesgos de Desastres en Educación,” Ministerio de Educación, 2019.
- [5] S. Tovar Quimbayo, “Una aproximación a la explicación de los sismos a través del concepto de onda mecánica,” Licenciatura en Física , Universidad Pedagógica Nacional, 2019.
- [6] L. Ocola, “Peligro, vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad de desastres sísmicos en el Perú,” *Rev. Ordem Med.*, no. 61, pp. 81–125, 2005, Accessed: Oct. 25, 2020. [Online].
- [7] J. D. B. Hernández and S. A. L. Castro, “Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existente,” *Cienc. Soc.*, vol. 36, no. 2, pp. 256–275, 2011.
- [8] L. Guaicha and G. Fabian, “Estudio de vulnerabilidad sísmica del colegio 9 de octubre aplicando la norma ecuatoriana de construcción mediante metodología fema 154,” 2017, [Online]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11080>.
- [9] N. E. de la Construcción, “NEC-SE-DS Peligro Sísmico, Diseño Sismo Resistente,” Ecuador: MIDUVI, CAMICON. Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>, 2015.
- [10] J. J. Alvarez Sanchez and X. O. Pulgar Santacruz, “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,” 2019, [Online]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626377>.
- [11] “Guía Práctica Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones,” SEPROINCA F.P, 2018. [Online]. Available: www.seproinca.com.
- [12] NEC, “Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras,” <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>, vol. 1, no. 9942–951–49, p. 185, 2016.

- [13] Federal Emergency Management Agency (U.S.), *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards : a Handbook*. Government Printing Office, 2017.
- [14] L. M. Barros Bastidas and M. J. Peñafiel Plazarte, "Análisis comparativo económico--estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos," Quito, 2015., 2015.
- [15] A. E. Castañeda and Y. Mieles Bravo, "Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016," *Revista ingeniería de construcción*, vol. 32, no. 3, pp. 157–172, 2017.
- [16] C. A. J. Ignacio, "VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE Y PERIODOS DE VIBRACIÓN DEL SUELO EN LA PARROQUIA JAMBELÍ DE LA CIUDAD DE MACHALA," Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, 18 de Octubre de 2016.
- [17] P. G. Tenesaca, D. P. Aguacondo, W. Z. Zambrano, and J. B. Cabrera, "ANÁLISIS DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE Y PERIODOS DE VIBRACIÓN DEL SUELO. PARROQUIA JUBONES. CIUDAD DE MACHALA," *CONFPR*, vol. 1, no. 1, Jun. 2017, Accessed: Nov. 07, 2020. [Online]. Available: <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/138>.
- [18] L. O. Zhigue Zhigue, "Velocidades de ondas de corte y periodos de vibración del suelo en la parroquia Machala de la ciudad de Machala," Machala, 2016.

ANEXOS

Anexo A Formulario: Evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIÓN														
ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	DATOS DE LA EDIFICACIÓN													
	Dirección:													
	Nombre de la edificación:													
	Sitio de referencia:													
	Tipo de uso:							Fecha de evaluación:						
	Año de construcción:							Año de remodelación:						
	Área construida:							Número de pisos:						
	DATOS DEL PROFESIONAL													
	Nombre del evaluador:													
	C.I.													
Registro SENESCYT														
FOTOGRAFÍA														
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Puntaje Básico	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2	
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	
Gran Altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN														
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN														
Pre-código (construida antes del 1977) o auto construida	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2	
Construida en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post código moderno (construida a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1	
TIPO DE SUELO														
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8	
PUNTAJE FINAL S														
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA														
S < 2,0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial													
2,1 > S > 2,5	Mediana vulnerabilidad													
S > 2,5	Baja vulnerabilidad													
														Firma responsable
OBSERVACIONES:														

Fuente: NEC - Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras.

Anexo B

BLOQUE 1										
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)		
1	14	3	0,4	0,3	12	4,2	25	35	-	20
					7	5,8	25	50		
					7	2	25	50		
					7	0,5	-	-		
2	14	3	0,4	0,3	12	4,2	25	30	1	20
					7	5,8	25	40		
					7	2	25	40		
					7	0,5	-	-		

BLOQUE 2										
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)		
1	14	3	0,4	0,3	12	4,2	25	35	-	20
					7	5,8	25	50		
					7	2	25	50		
					7	0,5	-	-		
2	14	3	0,4	0,3	12	4,2	25	30	1	20
					7	5,8	25	40		
					7	2	25	40		
					7	0,5	-	-		

Fuente: Autor

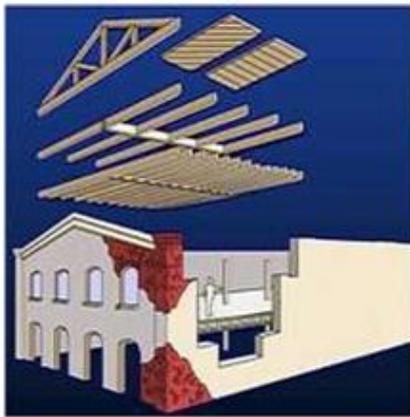
Anexo C Descripción de tipos de construcciones

Madera (W1): cuando todos los elementos estructurales: vigas, columnas, bastidores, celosías, armaduras son de madera natural o laminada.

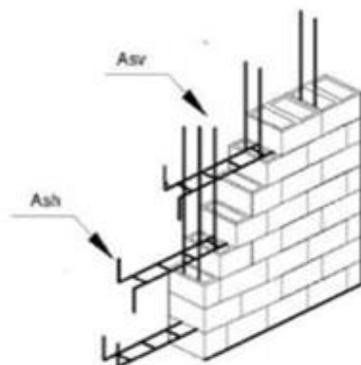
Estas estructuras son de 1 o dos pisos máximo y de peso ligero. La falla más común de estas estructuras se da en las uniones de elementos estructurales.



Mampostería sin refuerzo (URM): Muros de paredes portantes de ladrillo, bloque, adobe, bahareque, sin refuerzo de varillas de acero.



Mampostería reforzada (RM): Muros de paredes portantes de bloque o ladrillo con varillas de acero de refuerzo horizontal y vertical.



Mixta acero-hormigón o mixta madera hormigón (MX): Combinación de elementos estructurales, vigas y columnas de diferentes materiales.



Pórticos de hormigón armado (C1): Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado.



Pórticos de Hormigón Armado con muros estructurales (C2): Elementos estructurales vigas, columnas y muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación.



Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3): Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero.



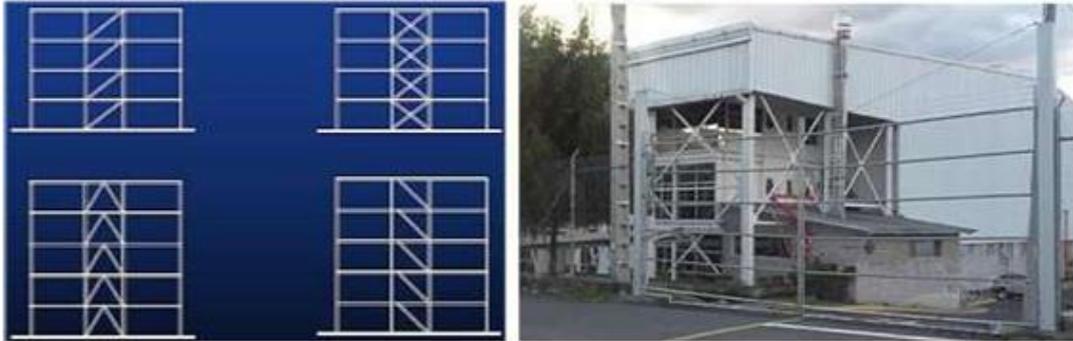
Hormigón armado prefabricado (PC): Paneles portantes de hormigón armado prefabricado o elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado, prefabricadas y ensambladas en obra.



Pórtico acero laminado (S1): Elementos vigas y columnas conformadas por perfiles estructurales laminados en caliente o secciones armadas de placas laminadas en caliente.



Pórtico de acero laminado con diagonales (S2): Pórtico de acero laminado en caliente y diagonales rigidizadoras de acero a todo lo alto de la edificación.



Pórtico de acero doblado en frío (S3): Elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío.



Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado (S4): Pórticos de acero laminado en caliente con muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación.



Pórticos de acero con paredes de mampostería (S5): Pórticos de acero laminado en caliente con paredes divisorias de mampostería de bloque de hormigón.



Fuente: NEC - Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras.

Anexo D Patología de elementos estructurales

Patología	Fotografía	Descripción
Fisuras		<p>En el aula 1 de la planta baja existe una fisura en la unión de la columna con la mampostería, esto puede llevar a un futuro desprendimiento de la mampostería</p>
Fisuras		<p>Fisuras en la unión viga y mampostería en el aula 1 del Boque 1 de igual manera puede producirse desprendimiento de la mampostería.</p>
Grieta columna perimetral		<p>Grietas de hasta 0,9cm en una columna esquinera</p>

<p>Fisura columna posterior</p>		<p>Fisuras longitudinales en las columnas de la parte posterior del primer bloque</p>
<p>Fisuras Columna esquinera</p>		
<p>Columnas cortas</p>		<p>Columnas cortas en fachada planta alta y baja del primer bloque</p>

		<p>Existe acero expuesto en la union de la escalera con el bloque 1</p>
<p>Acero expuesto</p>		
		<p>Acero expuesto en viga de voladizo frontal del bloque 2</p>
		<p>Escalera que conecta con el bloque 2</p>

		<p>Filtraciones en la losa de la planta alta</p>
<p>Filtracion</p>		<p>Filtraciones planta alta del segundo bloque</p>
<p>Desprendimiento del recubrimiento</p>		<p>Columna central parte posterior del segundo bloque donde observamos el desprendimiento del recubrimiento y la oxidacion del avcero de refuerzo</p>

Anexo E Formulario Bloque 1

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIÓN															
														DATOS DE LA EDIFICACIÓN	
														Dirección: Calle 25de junio y Av. Edgar Cordova Polo	
Nombre de la edificación: Colegio de Bachillerato Machala		Fecha de evaluación: 6/11/2020													
Sitio de referencia: Club de Leones		Año de remodelación: -													
Tipo de uso: Unidad Educativa		Año de construcción: 1982													
Área construida: 360m ²		Número de pisos: 2													
DATOS DEL PROFESIONAL															
Nombre del evaluador: Jonathan Alexander Granda Luna															
C.I. 0704759000															
Registro SENESCYT: -															
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIÓN	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5		
Puntaje Básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2		
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN															
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mediana Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4		
Gran Altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8		
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN															
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1		
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5		
CÓDIGO DE CONTRUCCIÓN															
Pre-código (contruida antes del 1977) o auto contruida	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2		
Contruida en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Post código moderno (contruida a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1		
TIPO DE SUELO															
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4		
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4		
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8		
PUNTAJE FINALES															
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA															
S<2,0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial														
2,1>S>2,5	Mediana vulnerabilidad														
S>2,5	Baja vulnerabilidad														
Firma responsable															
OBSERVACIONES:															
Grietas pronunciadas en columna esquinera posterior															
Fisuras en la unión de elementos estructurales y mampostería															
Desprendimiento del recubrimiento de las columnas posteriores															
Acero expuesto en columnas vigas de volado y escalera															
Filtraciones en planta alta															