

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Evaluación de tipologías estructurales existentes en el sur de
Guayaquil, en la zona que comprende: el Barrio Centenario,
Ciudadela La Saiba, Los Almendros, 9 de Octubre, Las
Acacias y el Barrio Cuba.**

AUTOR:

Castillo Rodríguez, Rhay Steven

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso

Guayaquil, Ecuador

23 de septiembre de 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Castillo Rodríguez, Rhay Steven** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

TUTOR

f. _____
Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 23 del mes de septiembre del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Castillo Rodríguez, Rhay Steven**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Evaluación de tipologías estructurales existentes en el sur de Guayaquil, en la zona que comprende: el Barrio Centenario, Ciudadela La Saiba, Los Almendros, 9 de Octubre, Las Acacias y el Barrio Cuba**, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 23 del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

f. _____
Castillo Rodríguez, Rhay Steven



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Castillo Rodríguez, Rhay Steven**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de tipologías estructurales existentes en el sur de Guayaquil, en la zona que comprende: el Barrio Centenario, Ciudadela La Saiba, Los Almendros, 9 de Octubre, Las Acacias y el Barrio Cuba**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 23 del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR:

f. _____

Castillo Rodríguez, Rhay Steven

Urkund



Document Information

Analyzed document	Castillo_Rhay_Final.docx (D144244524)
Submitted	2022-09-16 23:51:00
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / PABLO_SANDOYA_FINAL.pdf Document PABLO_SANDOYA_FINAL.pdf (D128513578) Submitted by: claglas@hotmail.com Receiver: clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com	 21
SA	submission.pdf Document submission.pdf (D130202542)	 2
SA	TESIS DANIELA Y HERNAN.pdf Document TESIS DANIELA Y HERNAN.pdf (D21550561)	 1
SA	TESIS_ARROYO MITALL&PALACIOS CARPIO.pdf Document TESIS_ARROYO MITALL&PALACIOS CARPIO.pdf (D142613077)	 1
SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Tesis_Camila_Miñan.docx Document Tesis_Camila_Miñan.docx (D144227342) Submitted by: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec Receiver: clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com	 3
SA	tesis final urkund .pdf Document tesis final urkund .pdf (D118805324)	 1

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen del Cisne, por su inmenso amor y bondad hacia mí, por permitir cumplir todos mis sueños y anhelos, por darme la salud e iluminarme al momento de tomar decisiones, por estar conmigo en cada paso que doy, y por poner en mi camino a las personas correctas que hicieron este objetivo más fácil de alcanzar.

A mis padres, Rodrigo Castillo y Sandra Rodríguez, por el amor recibido, por su apoyo incondicional, por creer en mí cuando en ocasiones yo no lo hacía y por cada una de sus palabras en cada momento oportuno. Gracias a mi madre por acompañarme y desvelarse por varias noches conmigo cuando era necesario, por escucharme y ser mi cómplice; gracias a mi padre por anhelar siempre lo mejor para mí, por cada consejo y por enseñarme a amar esta carrera.

A mis hermanos, Edison y Joselyn, por estar en los momentos más importantes de mi vida. Pareciere que estuviéramos en una pelea constante, no obstante, existieron momentos de tregua para juntarnos y lograr la complicidad que solo existe entre hermanos.

A mis abuelitos, Hugo y Rosa, **y tío** Hugo, por su amor incondicional, por consentirme, por sus consejos y animarme a seguir adelante con todas las metas que me proponga.

A mis amigos, por permitir que mi vida universitaria sea más llevadera, por los grandes momentos que vivimos dentro y fuera de las aulas.

A mis docentes, por brindarnos sus conocimientos y vivencias para formar grandes profesionales.

A mi mascota, Polita, por acompañarme todas estas noches de desvelo, y lograba calmar mi ansiedad mientras culminaba mi tesis.

DEDICATORIA

“De los padres aprendí la formación ética, práctica y académica, pero de los abuelos aprendí a amar y ser amado” – Carlos Romero

Este trabajo, fruto de mi esfuerzo, es dedicado a dos ángeles que existen en mi vida, a mi ángel terrenal, mi abuelo Hugo Rodríguez, por su apoyo en cada etapa de mi vida, por su amor incondicional, su gran fortaleza y ser la cabeza de mi familia; y a mi ángel celestial, mi abuela Rosa Eugenio, que pese no lograr verme graduar como ingeniero, tengo la convicción que está celebrando conmigo este triunfo, pues donde quiera que esté, me está bendiciendo.

Gracias por celebrar todos mis logros como si fueran suyos, por sentirse orgullosos de cada triunfo y meta alcanzada, por sus enseñanzas y consejos para la vida.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Jaime Hernández Barredo, M.Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. José Barros Cabezas, M.Sc.
OPONENTE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	4
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
ALCANCE	5
CAPÍTULO 1	6
1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	6
CAPÍTULO 2: IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO.....	9
2.1 INSPECCIONES SÍSMICAS	9
2.1.1 PLANIFICACIÓN.....	10
CAPÍTULO 3: CREACIÓN DE MAPA MEDIANTE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	27
3.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	27
3.2 GENERACIÓN CARTOGRÁFICA SIG	29
CAPÍTULO 4.....	34
4.1. CURVAS DE FRAGILIDAD	34
4.2 NIVELES DE DAÑO	35
4.2.1 MÉTODOS BASADOS EN OBSERVACIONES DE CAMPO... ..	36
4.2.2 MÉTODOS EXPERIMENTALES.....	37

4.2.3	MÉTODOS OBTENIDOS POR LA OPINIÓN DE EXPERTOS	38
4.2.4	MÉTODOS ANALÍTICOS.....	39
4.2.5	MÉTODOS PROBABILÍSTICOS.....	40
4.3	ASOCIACIÓN DE CURVAS DE FRAGILIDAD.....	40
4.3.1	COMPARACIÓN CON METODOLOGÍA HAZUS.....	43
4.3.2	DETERMINACIÓN DE DAÑO EN ESTRUCTURAS.....	44
4.3.3	DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	45
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....		48
5.1.	Barrio Centenario.....	48
5.2.	Ciudadela La Saiba.....	53
5.3.	Ciudadela Los Almendros.....	55
5.4.	Ciudadela 9 de octubre.....	56
5.5.	Ciudadela Las Acacias.....	58
5.6.	Barrio Cuba.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		62
6.1	CONCLUSIONES.....	62
6.2	RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....		64

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Elementos estructurales lineales	7
Figura 2. Uso de cables en puentes	7
Figura 3. Losa aligerada en dos direcciones	8
Figura 4. Zonificación Sísmica del Ecuador.....	9
Figura 5. Formulario de evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones del Consejo Técnico de Uso y Gestión de Suelo	12
Figura 6. Diferentes tipologías estructurales.....	13
Figura 7. Tipo de construcción: Madera (W1).....	14
Figura 8. Tipo de construcción: Mampostería sin Refuerzo (URM)	14
Figura 9 Tipo de construcción: Mampostería Reforzada (RM).....	15
Figura 10. Tipo de construcción: Mixta acero-hormigón (MX)	15
Figura 11. Tipo de construcción: Pórticos de hormigón armado (C1)	16
Figura 12. Tipo de construcción: Pórtico de hormigón armado con muros estructurales (C2)	16
Figura 13. Tipo de construcción: Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3):.....	16
Figura 14. Tipo de construcción: Hormigón armado prefabricado (PC)	17
Figura 15. Tipo de construcción: Pórtico de acero laminado (SI).....	17
Figura 16. Tipo de construcción: Pórtico de acero laminado con diagonales (S2).....	18
Figura 17. Tipo de construcción: Pórtico de acero doblado en frío	18
Figura 18. Tipo de construcción: Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado	18

Figura 19 Tipo de construcción: Pórticos de acero con paredes de mampostería (S5)	19
Figura 20. Puntaje Básico en función de la Tipología del sistema estructural	19
Figura 21. Modificadores: Irregularidad de la edificación.....	19
Figura 22 Irregularidad vertical: Irregularidad geométrica.....	20
Figura 23. Irregularidad vertical: Irregularidad por ubicación	20
Figura 24 Irregularidad vertical: Irregularidad por piso débil	21
Figura 25. Irregularidad vertical: Irregularidad por columna corta o larga	21
Figura 26. Irregularidad vertical: Irregularidad por ejes verticales discontinuos	21
Figura 27. Irregularidad vertical: Irregularidad por distribución de masa	22
Figura 28. Irregularidad vertical: Irregularidad por piso flexible	22
Figura 29. Irregularidad vertical: Irregularidad por adicionamiento	22
Figura 30. Irregularidad por forma	23
Figura 31. Irregularidades por discontinuidades de piso.....	23
Figura 32. Irregularidad por ejes estructurales no paralelos	23
Figura 33 Irregularidad por torsión.....	24
Figura 34. Irregularidad por adiciones	24
Figura 35. Modificador: Código de la Construcción	24
Figura 36. Modificador: Tipo de suelo.....	25
Figura 37 Mapa de Zonificación Geotécnica de Guayaquil.....	25
Figura 38. Puntaje final.	26
Figura 39 Software QGIS.....	29

Figura 40. Geoportal del GAD Municipal de Guayaquil	30
Figura 41 Capa general de la ciudad de Guayaquil.....	31
Figura 42 Capa concerniente al Barrio Centenario.....	31
Figura 43 Capa concerniente a la ciudadela La Saiba.....	31
Figura 44 Capa concerniente a la ciudadela Los Almendros.....	32
Figura 45 Capa concerniente a la ciudadela 9 de octubre.....	32
Figura 46 Capa concerniente a la ciudadela Las Acacias.....	32
Figura 47 Capa concerniente al Barrio Cuba.....	33
Figura 48. Curvas de fragilidad elaboradas por Yamaguchi y Yamazaki.....	37
Figura 49. Curva de fragilidad experimental (Chon y Soong)	38
Figura 50. Curva de fragilidad generada en base a la opinión de expertos, Anagnost (1995)	39
Figura 51. Curvas de fragilidad generada por métodos probabilísticos	40
Figura 52. Curva de fragilidad para estructuras de 1 piso.	41
Figura 53. Curva de fragilidad para estructuras de 2 piso.	41
Figura 54. Curva de fragilidad para estructuras de 3 piso.	41
Figura 55. Curva de fragilidad para estructuras de 4 piso.	42
Figura 56. Curva de fragilidad para estructuras de 5 piso.	42
Figura 57. Curva de fragilidad para estructuras de 6 piso.	42
Figura 58 Curva de fragilidad para edificios de 1-3 pisos generada por Aguiar y Bobadilla	43
Figura 59 Curva de fragilidad para edificios de 4 a 6 pisos generada por Aguiar y Bobadilla	43

Figura 60. Proceso de estimación de daños en edificaciones propuesto por Hazus.....	44
Figura 61 Curva de fragilidad para edificios de 1 a 3 pisos propuesto por Hazus	46
Figura 62 Curva de fragilidad para edificios de 1 a 3 pisos propuesto por Hazus.....	47
Figura 63 Levantamiento de información en el Barrio Centenario.	48
Figura 64 Grado de vulnerabilidad de las edificaciones del Barrio Centenario.	49
Figura 65. Curvas de Fragilidad para estructuras de 1 a 3 pisos propuesta por Hazus.....	53
Figura 66 Levantamiento de información en la Ciudadela la Saiba	53
Figura 67. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela La Saiba.....	54
Figura 68. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela Los Almendros.....	56
Figura 69. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela 9 de octubre.....	57
Figura 70 Levantamiento de información en la Ciudadela Las Acacias.....	58
Figura 71. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela Las Acacias	59
Figura 72 Levantamiento de información en el Barrio Cuba	60
Figura 73. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones del Barrio Cuba....	61

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Modificadores del formulario FEMA 154 año 2022	11
Tabla 2 Modificadores del formulario FEMA 154 actual.....	11
Tabla 3 Modificadores del formulario que presenta el Consejo Técnico de Uso y Gestión del Suelo.....	11
Tabla 4. Porcentajes de Drift para estructuras de hormigón armado.....	36
Tabla 5. Criterio para el análisis del desempeño de estructuras	36
Tabla 6. Tipologías estructurales (Hazus)	45
Tabla 7. Relaciones de Deriva en el umbral de Daño Estructural.....	46
Tabla 8. Tabla para generación de curvas de fragilidad propuesta por Hazus para estructuras de 1 a 3 pisos.....	50

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de titulación es crear una base de datos digital georreferenciada mediante el sistema de información geográfica, con la ayuda de un estudio de campo, en la cual se evalúan a las edificaciones existentes en las diferentes zonas de estudio del sur de Guayaquil, utilizando el formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones con base al FEMA-154, permitiendo saber la tipología estructural y el grado de vulnerabilidad ante eventos sísmicos, para luego poder relacionarlas con curvas de fragilidad existentes propuestas por otros autores bajo normativas extranjeras. Esta relación posibilita entender su comportamiento y así generar planes de contingencia en caso de eventos caóticos, intervenir en viviendas de alto riesgo y establecer soluciones que permitan disminuir la falta de criterio al momento de realizar una construcción, para lograr tener una ciudad con edificaciones seguras y duraderas que cumplan con criterios estructurales y normativas vigentes.

Palabras Claves: Curvas de fragilidad, FEMA-154, Tipología del sistema estructural, SIG, Vulnerabilidad sísmica, Hazus.

ABSTRACT

The purpose of this degree work is to create a georeferenced digital database through the geographic information system with the help of a field study, in which the existing buildings in the different study areas of southern Guayaquil are evaluated. All of these using the rapid visual detection form of seismic vulnerability for buildings, based on FEMA-154, allowing to know the structural typology and the degree of vulnerability before seismic events and then be able to relate them to existing fragility curves, proposed by other authors under foreign regulations. This relationship makes it possible to understand their behavior and thus generate contingency plans in case of chaotic events, intervene in high-risk homes and establish solutions that reduce the lack of criteria when carrying out a construction, in order to have a city with safe buildings that meet the actual and valid structural criteria regulations.

Keywords: Fragility Curves, FEMA-154, Typology of the structural system, SIG, Seismic vulnerability, Hazus

INTRODUCCIÓN

Los sismos son fenómenos naturales muy comunes en todo el mundo, por tal motivo se han transformado en un parámetro fundamental para el diseño, construcción y evaluación de las diferentes obras de ingeniería civil, como son: edificios, represas, estadios, vías, entre otros. Resulta entonces imprescindible tener presente que la vulnerabilidad sísmica surge de la falta de resistencia de un edificio, un sector, o incluso una ciudad, frente a las sollicitaciones de origen natural, tales como las sollicitaciones sísmicas.

En el caso particular de las estructuras, la vulnerabilidad se produce cuando los edificios se construyen y se diseñan con materiales inapropiados de resistir tensiones máximas, como las que provocan las sacudidas sísmicas, lo cual genera la necesidad de conocer y cuantificar los probables daños que se esperan ante un evento sísmico de cierta magnitud.

La mayor parte del territorio ecuatoriano está ubicado en zonas de alto peligro sísmico, por lo que las edificaciones tienen grandes posibilidades de sufrir daños frente a un evento sísmico. En consecuencia, el diseño de estructuras debe tomar en cuenta las normas sismo resistentes vigentes, por lo cual el país cuenta con la Norma Ecuatoriana de Construcción cuya última actualización corresponde a NEC 2015. Sin embargo, existen edificaciones que se construyeron antes de que exista un código, e incluso con su existencia, se siguen construyendo edificaciones que no lo consideran y que además incurren en una mala práctica constructiva.

Guayaquil, que representa el área de estudio del presente trabajo, ha tenido un crecimiento poblacional considerable en los últimos años, y para poder suplir las necesidades en temas habitacionales, ha crecido de manera descontrolada, no solo en temas de ordenamiento territorial sino también en la falta de criterio técnico para la construcción de edificaciones.

En este sentido, con la finalidad de determinar aquellas edificaciones que incumplan con las normas de construcción y riesgo, se pretende realizar este estudio con el fin de tener los datos necesarios para poder reducir la vulnerabilidad, salvaguardar la seguridad e integridad física de los ocupantes

de las distintas edificaciones, garantizar el derecho de un hábitat seguro y saludable, y generar planes de mitigación y contingencia ante eventos sísmicos.

ANTECEDENTES

A lo largo de los años, y tomando en cuenta su dinamismo comercial y situación como una ciudad portuaria, la ciudad de Guayaquil ha tenido un crecimiento poblacional considerable, y una inmensa expansión desordenada del área urbana debido a invasiones y asentamientos irregulares. Siendo así que, la construcción de edificaciones tipo residencial o comercial no constan con una planificación urbana que nos permita conocer el comportamiento que estas tendrán durante un evento sísmico de mediana o gran intensidad. Frente a esta carencia de datos, es preciso el levantamiento de información que permita a futuro la evaluación de vulnerabilidad de cada edificación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar las diferentes características estructurales de las edificaciones ubicadas en el sector sur de la ciudad de Guayaquil, mediante el desarrollo de un mapa en un sistema de información geográfica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Categorizar las diferentes tipologías estructurales existentes en el sur de la ciudad a través del método FEMA-154.
- Comparar los datos obtenidos con curvas de fragilidad existentes.

ALCANCE

Se procederá a realizar la recolección visual rápida de información correspondiente a la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en el sur de Guayaquil a través del formulario FEMA 154.

Luego, se asignarán curvas de fragilidad conforme a los datos encontrados en la zona de estudio.

Posteriormente, se ingresarán y analizarán los datos recopilados en un sistema de información geográfica (SIG).

Finalmente, se compararán los resultados logrados con curvas de fragilidad existentes que cumplan con los requerimientos de las estructuras analizadas, y así medir su comportamiento ante un evento sísmico.

CAPÍTULO 1

1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Conocimiento de las diversas herramientas para el diseño de estructuras en relación con los diferentes materiales a emplearse.

- Elementos lineales

- Viga: Elementos estructurales lineales donde predomina su longitud sobre las otras dos dimensiones. Elementos que funcionan principalmente a flexión, provocando tensiones de tracción y compresión en su resistencia y se someten a esfuerzos tanto de momento flector como de corte.

Se puede clasificar según su función, sección y su material de construcción. Por su función pueden ser primarias o secundarias; según su sección encontramos vigas trianguladas y vigas de alma llena; y por su material de construcción tenemos de hormigón, acero o madera

- Columnas: Elementos estructurales sometidos a esfuerzos axial o momento flector. Trabajan principalmente a compresión o flexión compuesta (axial más flector). En ocasiones los también llamados pilares sufren esfuerzos cortantes.

Su clasificación va a depender del material del cual están elaborados, ya sea hormigón, acero o madera; y de su sección.

- Pórticos: Elemento estructural que comprenden vigas y columnas que se conectan por conexiones resistentes al momento, donde la viga se apoya en la columna permitiendo distribuir y transmitir las cargas. Esta distribución va a depender si la conexión es rígida o articulada. Cuando la conexión es articulada las vigas transmiten cargas verticales haciendo que los pilares funcionen a compresión simple; al ser conexiones rígidas, las vigas transmiten carga vertical más momento en los pilares, los cuales trabajan a flexión compuesta.



Figura 1. Elementos estructurales lineales

- Cables o tirantes: Elementos flexibles a causa de sus dimensiones transversales pequeñas con relación a su longitud. Los cables resisten solo a esfuerzos de tracción pura a lo largo del cable. Son utilizados para la unión de estructuras entre sí o al suelo.



Figura 2. Uso de cables en puentes

- Elementos Superficiales
 - Losas: Elemento estructural horizontal bidimensional, donde su altura es pequeña comparada con su largo y ancho. Se emplean para proporcionar superficies planas y útiles. Reciben directamente las cargas perpendicularmente a su plano. Son utilizados para pisos y techos apoyados en vigas o muros en una edificación.

- Unidireccional: Transmiten las cargas en una sola dirección, la cual va a depender por sus elementos resistentes, ya sean nervios o viguetas.
- Bidireccional: Elementos estructurales que transmiten las cargas en dos direcciones. Estos elementos tienen viguetas o nervios en ambas direcciones las cuales forman una especie de rejilla. Trabajan a flexión en las 2 direcciones y en ocasiones están sometidos a esfuerzos axiales.

Las losas también se pueden clasificar por la composición, donde encontramos elementos macizos o aligeradas.



Figura 3. Losa aligerada en dos direcciones

- Muros portantes: Elemento estructural capaz de resistir las cargas de gravedad y sísmicas. Dada la gran rigidez que estos aportan, absorben la mayor parte de la fuerza cortante del sismo. La filosofía de diseño sismo-resistente con la que trabaja este sistema es la de resistencia, es decir que la estructura es diseñada para que resista, en el rango elástico, las fuerzas causadas por el sismo de diseño. (Maldonado Cueva & Terán Díaz , 2014)

CAPÍTULO 2:

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO.

2.1 INSPECCIONES SÍSMICAS

El Ecuador geográficamente se encuentra atravesado por el denominado “cinturón de fuego”, el cual convierte al país en una zona altamente sísmica, como se aprecia en la Figura 4, lo que confirma los eventos sísmicos ocurridos en los últimos años. Por lo mencionado, es de importancia presentar la información adecuada a la población para generar mecanismos de mitigación apropiados en eventos sísmicos. Adicionalmente, cabe recalcar que el área estudiada contiene fábricas, las cuales no pueden detener sus actividades. (Comité NEC, 2014)

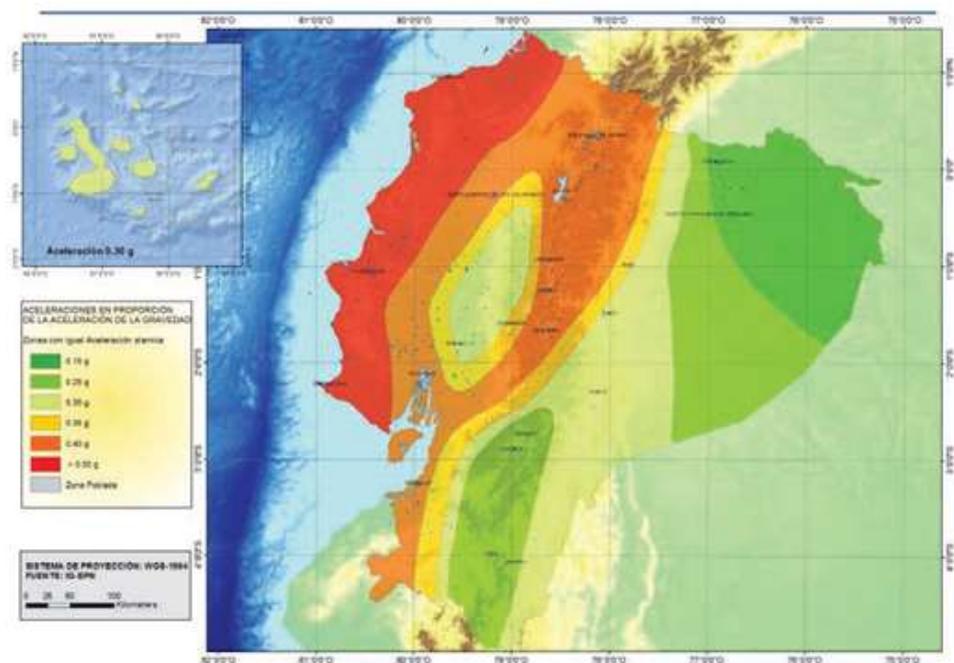


Figura 4. Zonificación Sísmica del Ecuador

El país comenzó a implementar un formato de evaluación de estructuras FEMA 154, el cual consiste en un método de inspección visual que tiene como objetivo crear un inventario de las edificaciones existentes que presentan riesgo de derrumbe o daños. Este método permite evaluar edificios existentes de manera rápida, permitiendo detectar aquellas estructuras que no poseen las características necesarias. (Charón, Ramírez, & Portela).

Lo hace mediante un sistema cualitativo clasificando a las estructuras en:

- Edificios con baja vulnerabilidad sísmica
- Edificios con media vulnerabilidad sísmica
- Edificios con alta vulnerabilidad sísmica

Si la evaluación resulta menor al puntaje mínimo, la edificación necesita un método más detallado para ser evaluada, ya que probablemente necesita reforzamiento al tratarse de una edificación de alta vulnerabilidad sísmica. Si el índice de la evaluación resulta mayor al puntaje mínimo, el inmueble no necesita reforzamiento, tiene una probabilidad baja de que colapse, pues entra en el grupo de edificaciones de baja vulnerabilidad sísmica. Si el puntaje final es igual al puntaje mínimo se considera de vulnerabilidad media. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2020)

2.1.1 PLANIFICACIÓN

Para lograr una excelente aplicación del método es necesario tener en cuenta ciertos puntos, que nos ayudarán a facilitar el procedimiento de clasificación de estructuras.

- Realizar un reconocimiento previo del sector seleccionado, ya que nos ayudará a prevenir riesgos como: robos o desorientación; conocer el tipo de suelo de la zona, identificar los sitios de construcciones antiguas, los cuales posiblemente tendrán mayor riesgo frente a un evento sísmico, etc., y así se obtendrá una ágil evaluación visual rápida.
- Preparar al personal que se encargará de realizar la valoración de las edificaciones para asegurar la aplicación correcta del formulario.

Recolección de datos

En esta parte de la planificación se explica la manera correcta de llenar el formulario. Como se ha mencionado anteriormente, al ser una evaluación visual rápida, el formato ha sido diseñado para llenarse de manera progresiva, uno por edificación, y con lo más mínima escritura. Al ser un método visual, no se requerirá un análisis estructural profundo.

A lo largo de los años el formulario FEMA 154 ha tenido variaciones en sus modificadores y sus valores de castigo. En el formulario del año 2002 existían modificadores referentes a la cantidad de pisos de las edificaciones como se puede ver en la Tabla 1. Los puntajes básicos eran más altos.

Tabla 1 Modificadores del formulario FEMA 154 año 2002

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (W/F)	S2 (B/F)	S3 (L/S)	S4 (R/S)	S5 (U/R W/F)	C1 (W/F)	C2 (B/F)	C3 (U/R W/F)	PC1 (T/U)	PC2	RM1 (F/U)	RM2 (R/S)	URM
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.8	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-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	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.4	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.8	-0.8

El formulario más actual tiene una gran similitud al formulario que presenta el Consejo Técnico de Uso y Gestión del Suelo, el mismo utilizado en este trabajo de tesis. Se puede observar (Tabla 2) que son más específicos en los modificadores, por ejemplo, si existe una irregularidad vertical moderada o severa o la cantidad de pisos en un suelo tipo E.

Tabla 2 Modificadores del formulario FEMA 154 actual

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S _{L1}																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (W/F)	S2 (B/F)	S3 (L/S)	S4 (R/S)	S5 (U/R W/F)	C1 (W/F)	C2 (B/F)	C3 (U/R W/F)	PC1 (T/U)	PC2	RM1 (F/U)	RM2 (R/S)	URM	Mh
Basic Score		3.8	3.2	2.9	3.1	3.0	2.8	2.8	1.7	1.5	2.8	1.2	1.8	1.4	1.7	1.7	1.6	1.5
Severe Vertical Irregularity, V _s		-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	0.5	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.7	NA	NA
Moderate Vertical Irregularity, V _m		-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	NA	NA
Plan Irregularity, P ₁		-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.4	NA	NA
Pre-Code		-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.2	0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	0.0	-0.1	-0.1
Post-Benchmark		1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.8	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	NA	1.2	1.2
Soil Type A or B		0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.9	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)		-0.2	-0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.6	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)		-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	NA	-0.6	-0.4	0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.6	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S _{min}		-1.1	-0.9	0.7	-0.8	-0.5	0.0	-0.5	0.5	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0

Como se puede observar en la Tabla 3, existe un modificador para construcciones entre los años 2001-2015 con un valor de 0 y otro para construcciones en suelos tipo D, suelo que encontramos en el sector Colinas de Ceibos en el norte de Guayaquil, con castigo igual a 0.

Tabla 3 Modificadores del formulario que presenta el Consejo Técnico de Uso y Gestión del Suelo

PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, S _{L1}																		
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, S _{L1}		W1	W1A	W2	S1 (W/F)	S2 (B/F)	S3 (L/S)	S4 (R/S)	S5 (U/R W/F)	C1 (W/F)	C2 (B/F)	C3 (U/R W/F)	PC1 (T/U)	PC2	RM1 (F/U)	RM2 (R/S)	URM	Mh
4001	PARA EDIFICIOS CALIFICADOS DE LA ESTRUCTURA TIPO DE EDIFICIO TIPO A	3.8	3.2	2.9	3.1	3.0	2.8	2.8	1.7	1.5	2.8	1.2	1.8	1.4	1.7	1.7	1.6	1.5
4002	IRREGULARIDAD EN ALTO	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	0.5	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.7	NA	NA
4003	IRREGULARIDAD EN BAJOS	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	NA	NA
4004	IRREGULARIDAD EN PLANOS	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.4	NA	NA
4005	PRE-CÓDIGO	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.2	0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	0.0	-0.1	-0.1
4006	POST-BENCHMARK	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.8	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	NA	1.2	1.2
4007	SUELO TIPO A O B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.9	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
4008	SUELO TIPO E (1-3 ETAPAS)	-0.2	-0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.6	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
4009	SUELO TIPO E (> 3 ETAPAS)	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	NA	-0.6	-0.4	0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.6	-0.6	-0.2	NA
4010	PUNTAJE MÍNIMO	-1.1	-0.9	0.7	-0.8	-0.5	0.0	-0.5	0.5	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0

Para lograr con éxito este método, se llena un formulario al realizar una visita al predio que se estudiará, en el cual se incluirá:

- a. Datos de la edificación: Dirección de la edificación, sitio de referencia, tipo de uso.
- b. Datos del profesional: Nombre, cédula, fecha, hora.
- c. Datos de construcción: Número de pisos, año de construcción, área de construcción, entre otros.
- d. Datos de ocupación.
- e. Datos de tipo de suelo.
- f. Datos de riesgos geológicos.
- g. Datos de irregularidad.
- h. Datos de peligro de caída exteriores.

Identificación sistema estructural

Al momento de evaluar los inmuebles, el profesional encargado debe ser capaz de identificar el sistema estructural empleado en la construcción de la edificación. Si el tipo de sistema no es posible identificarse, se recomienda descartar los sistemas que sean pocos probables para el tipo de vivienda y analizarla con los restantes.

A continuación, se presenta la manera en la que se ha dividido los tipos de estructuras que mayormente son utilizados en el Ecuador con sus nomenclaturas.

TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL					
Madera	W1	Pórtico hormigón armado	C1	Pórtico acero laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico hormigón armado con muros estructurales	C2	Pórtico acero laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico acero doblado en frío	S3
				Pórtico acero laminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX	Hormigón armado prefabricado	PC	Pórtico acero con paredes mampostería	S5

Figura 6. Diferentes tipologías estructurales

Para facilitar el proceso de evaluación se detallará los diferentes tipos de sistemas estructurales:

- Madera (W1): Sistema estructural donde todos sus elementos: vigas, columnas, armaduras, paredes y piso, son de madera ya sea de tipo natural o laminada.

Las ventajas de esta tipología es la resistencia a flexión en relación con su peso, capacidad de resistencia a la tracción y compresión dirección paralela a la fibra alta. La desventaja es su poca resistencia al cortante y la falla en las conexiones de sus elementos estructurales. Suelen ser de 1 o 2 pisos máximo.



Figura 7. Tipo de construcción: Madera (W1)

- Mampostería sin refuerzo (URM): También llamado mampostería simple, elaboradas de bloque, ladrillo o arcilla que no cumplen con la cuantía mínima de acero establecidos en los códigos.



Figura 8. Tipo de construcción: Mampostería sin Refuerzo (URM)

- Mampostería reforzada (RM). Construcción de mampostería rígida de bloque o ladrillo con perforaciones verticales, reforzadas con acero horizontal y vertical internamente para su resistencia y durabilidad durante eventos naturales.



Figura 9 Tipo de construcción: Mampostería Reforzada (RM)

- Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón (MX): Estructuras resistentes constituidas por secciones combinadas, en otras palabras, elementos estructurales de diferentes materiales trabajando de forma solidaria. El acero y el hormigón son los más utilizados por su versatilidad y adaptación en cualquier tipo de estructura.



Figura 10. Tipo de construcción: Mixta acero-hormigón (MX)

- Pórticos de hormigón armado (C1): Sistema estructural formado por vigas y columnas. Gozan de una capacidad alta de deformación y disipación de energía, bajo la acción de fuerzas laterales y gravitacionales



Figura 11. Tipo de construcción: Pórticos de hormigón armado (C1)

- Pórticos de Hormigón Armado con muros estructurales (C2): Sistema formado por vigas y columnas resistentes a momentos combinado con muros que van a todo lo alto de la edificación, de manera que juntos son capaces de soportar cargas verticales y horizontales.



Figura 12. Tipo de construcción: Pórtico de hormigón armado con muros estructurales (C2)

- Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3): Estructura de mampostería sin refuerzo, la cual es reforzada por pórticos, confinándolo.



Figura 13. Tipo de construcción: Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3):

- Hormigón armado prefabricado (PC): Elementos estructurales contruidos en fábrica, listos para ser ensamblados en obra. Este tipo de construcción aumenta la productividad del proceso constructivo de una manera eficiente y segura.



Figura 14. Tipo de construcción: Hormigón armado prefabricado (PC)

- Pórtico de acero laminado (S1): Elementos estructurales como vigas y columnas, fabricados por perfiles o placas laminados en caliente hasta obtener la sección requerida. Una de sus características es su uniformidad estructural, en otras palabras, no presentan soldaduras o costuras.



Figura 15. Tipo de construcción: Pórtico de acero laminado (S1)

- Pórtico de acero laminado con diagonales (S2): Pórticos fabricados con acero laminado en caliente con arriostramiento diagonal de acero. Los rigidizadores le brindan a la estructura estabilidad lateral evitando el colapso de diferentes elementos estructurales como: muros, cubiertas, etc.



Figura 16. Tipo de construcción: Pórtico de acero laminado con diagonales (S2)

- Pórtico de acero doblado en frío (S3): Sistema estructural formado por vigas y columnas conformadas en frío o dobladas. Son ligeras, de fácil manejo y bajo costo.



Figura 17. Tipo de construcción: Pórtico de acero doblado en frío

- Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado (S4): Pórticos elaborados con acero laminado en caliente junto a muros estructurales de hormigón armado, utilizados normalmente para escaleras o ascensores.

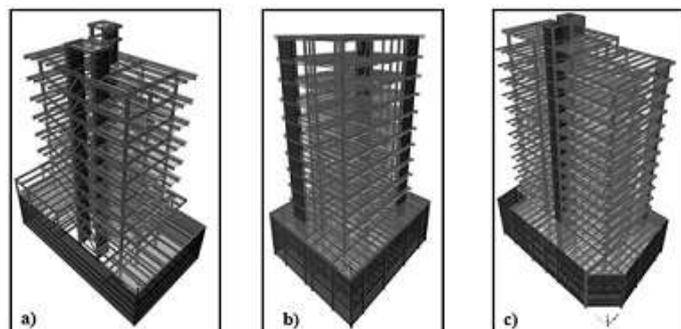


Figura 18. Tipo de construcción: Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado

- Pórticos de acero con paredes de mampostería (S5): Sistema estructural de vigas y columnas de acero con paredes divisoras livianas de bloque.



Figura 19 Tipo de construcción: Pórticos de acero con paredes de mampostería (S5)

Puntaje Básico

Es el valor numérico estipulado que se asigna a las edificaciones según su tipología del sistema estructural.

PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, S/L1																		
400	PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)										TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL							
	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	FM1	FM2	LFM	MH	
401				(MRF)	(RF)	(LM)	(RC 3V)	(RPM IND)	(MRF)	(SV)	(RPM BIF)	(TU)		(FD)	(PD)			
402	PUNTAJE BÁSICO	3.6	3.2	2.9	2.1	2.00	2.6	2	1.7	1.5	2	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1	15

Figura 20. Puntaje Básico en función de la Tipología del sistema estructural

Modificadores

Son los principales factores que afectan el desempeño de las edificaciones. Estos modificadores tienen un valor y corresponde al tipo de estructura. Se detalla la descripción de cada modificador utilizados para la evaluación de las viviendas.

- Irregularidad de la edificación.

PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)
PUNTAJE BÁSICO
IRREGULARIDADES
Irregularidad vertical Grave, VL1
Irregularidad vertical Moderada, VL1
Irregularidad en planta, PL1

Figura 21. Modificadores: Irregularidad de la edificación

- Irregularidad vertical

- Irregularidad Geométrica: Se considera existente cuando al comparar la dimensión horizontal del sistema resistente de cualquier piso es 1.3 veces más grande que el piso contiguo. No son considerados los sótanos o azoteas. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2020)

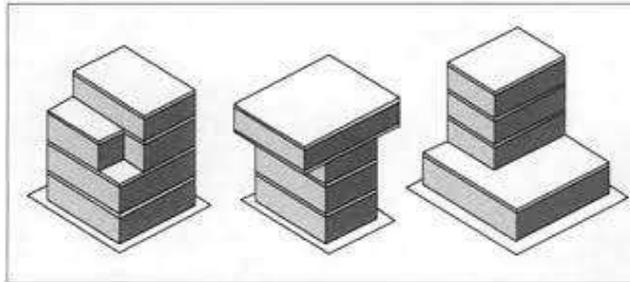


Figura 22 Irregularidad vertical: Irregularidad geométrica

- Irregularidad por ubicación: Normalmente cuando las edificaciones se encuentran en un cerro muy empinado, provocando la diferencia de al menos un piso a lo largo de la pendiente.



Figura 23. Irregularidad vertical: Irregularidad por ubicación

- Irregularidad por piso débil: Piso de una estructura que posee una reducción considerable en su rigidez o resistencia lateral a comparación a los siguientes pisos. Normalmente suele ser la planta baja, el cual es utilizada para parqueaderos o espacios para negocios.



Figura 24 Irregularidad vertical: Irregularidad por piso débil

- Irregularidad por columna corta o larga: Estructura formada por columnas más cortas o largas en una misma línea.

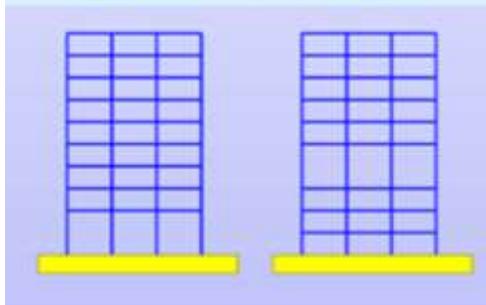


Figura 25. Irregularidad vertical: Irregularidad por columna corta o larga

- Irregularidad por ejes verticales discontinuos: Existe desplazamiento en el eje de elementos verticales dentro del mismo plano.



Figura 26. Irregularidad vertical: Irregularidad por ejes verticales discontinuos

- Irregularidad por distribución de masa: La masa de un piso a comparación del piso adyacentes es 1.5 veces mayor. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2020)

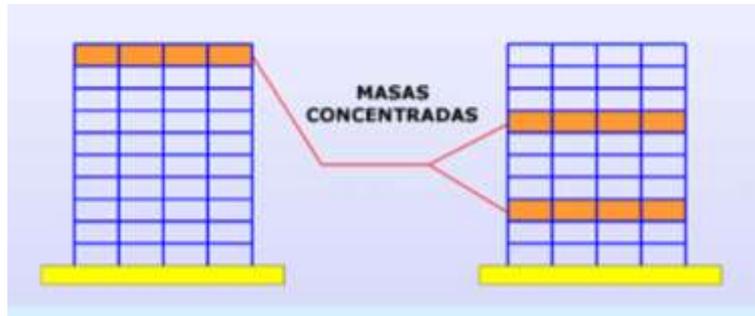


Figura 27. Irregularidad vertical: Irregularidad por distribución de masa

- Irregularidad por piso flexible: Estructura donde existe una rigidez lateral de un piso menor a 70% al piso superior.

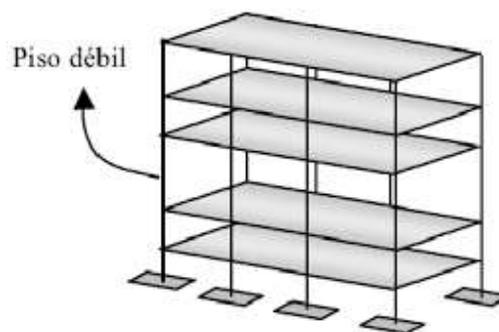


Figura 28. Irregularidad vertical: Irregularidad por piso flexible

- Irregularidad por adicionamiento: Estructura con adiciones que no existen en el diseño original.



Figura 29. Irregularidad vertical: Irregularidad por adicionamiento

- Irregularidad en planta
 - Irregularidad por forma: Retrocesos excesivos en las esquinas. Presentan formas L, T, U, E o en cruz. No presentan juntas de construcción.

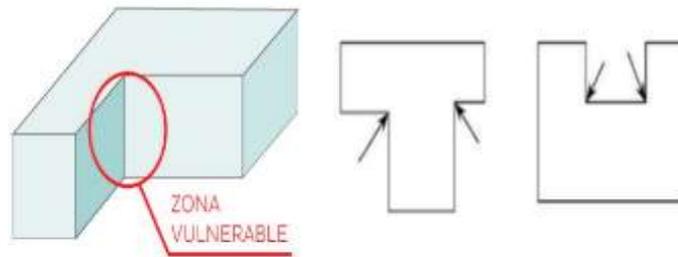


Ilustración 30. Irregularidad por forma

- Irregularidad por discontinuidades de piso: Estructuras que presentan formas tipo H, I, O. Áreas huecas con un porcentaje mayor al 50% de su área total de planta.

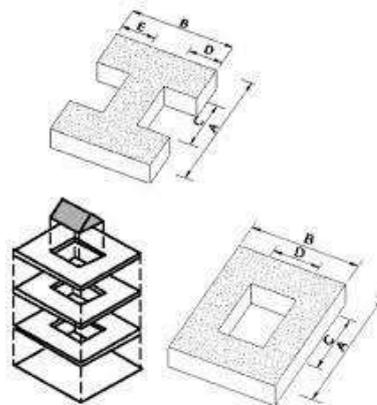


Figura 31. Irregularidades por discontinuidades de piso

- Irregularidad por ejes estructurales no paralelos: Cuando ejes estructurales no son simétricos a relación de los ejes ortogonales principales.

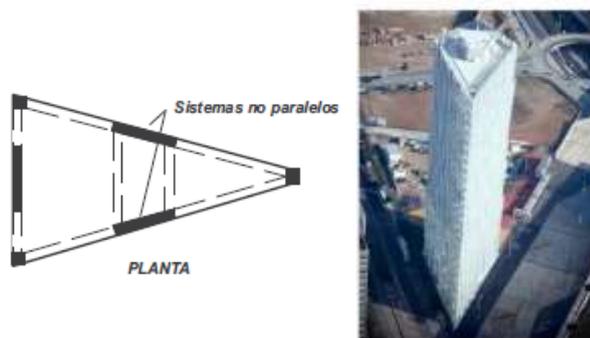


Ilustración 32. Irregularidad por ejes estructurales no paralelos

- Irregularidad por torsión: Se da al no coincidir su centro de rigideces y el de masas, provocando momento torsor,

generando severos desplazamientos en el extremo flexible de la estructura.

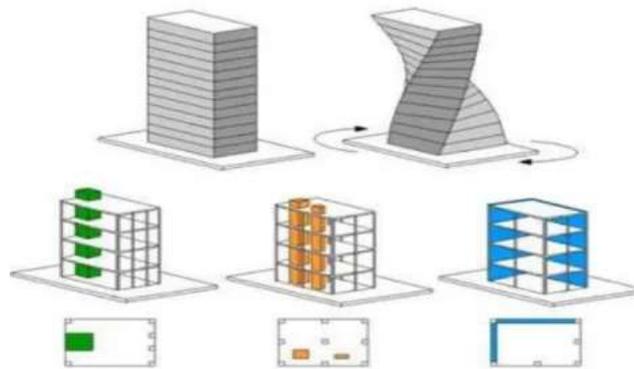


Figura 33 Irregularidad por torsión

- Irregularidad por adiciones: Cuando no existe juntas de construcción en adiciones del diseño original.



Figura 34. Irregularidad por adiciones

- Código de la Construcción

Este modificador clasifica a la estructura dependiendo del código de construcción utilizado para la elaboración del diseño estructural.

405	CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN
405A	Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción
405B	Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)
405C	Post código moderno (construido a partir de 2015)

Figura 35. Modificador: Código de la Construcción

- Tipo de suelo

Este modificador presenta diferentes tipos de suelo, aunque no todos los que se mencionan en la NEC 2015. Las edificaciones con cimentaciones en suelos tipo A y B no presentan afectaciones significativas frente a un evento sísmico. Si las estructuras se encuentran en suelos tipo CD, no reciben ni una

modificación. Las edificaciones en suelos tipo F no pueden ser evaluadas por este procedimiento, se requieren evaluaciones más profundas. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2020)

SUELO
Suelo Tipo A o B
Suelo Tipo D
Suelo Tipo E (1-3Pisos)
Tipo de suelo E (>3 Pisos)

Figura 36. Modificador: Tipo de suelo

Suelo tipo C: Suelos muy densos o formados por rocas blandas.

Suelo tipo D: Suelos rígidos.

Suelo tipo E: Suelos formados por capas de arcilla de espesor mayor a 3 metros.

Con ayuda del mapa de zonificación geotecnia de Guayaquil (Figura 37), se logró asignar el tipo de suelo en el cual se encuentra nuestra zona de estudio.

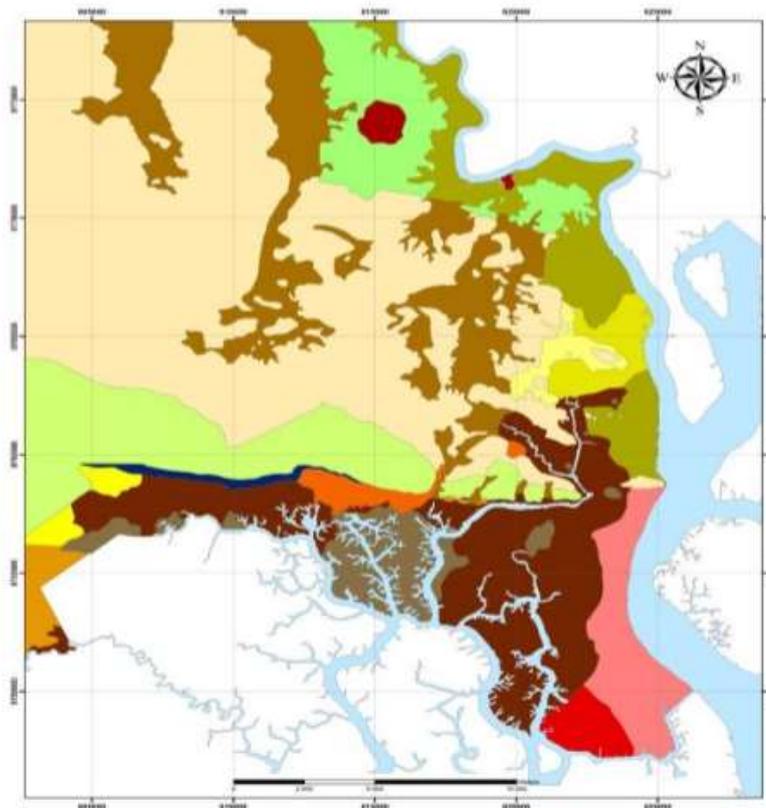


Figura 37 Mapa de Zonificación Geotécnica de Guayaquil

- Puntaje Final

Una vez terminada la evaluación con los modificadores, se obtiene un puntaje final el cual será comparado con el puntaje mínimo para poder evaluar la estructura o la probabilidad que tendrá de colapsarse ante un evento sísmico.

PUNTAJE FINAL	CONSIDERACIÓN	SELECCIÓN (marcar con x)
NIVEL 1 $SL1 < S_{min}$	ALTA VULNERABILIDAD, REQUIERE EVALUACIÓN ESPECIAL	X
NIVEL 1 $SL1 = S_{min}$	MEDIANA VULNERABILIDAD	
NIVEL 1 $SL1 > S_{min}$	BAJA VULNERABILIDAD	

Figura 38. Puntaje final.

CAPÍTULO 3:

CREACIÓN DE MAPA MEDIANTE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

A medida que la tecnología avanza, es indispensable mejorar las herramientas que usamos para comprender o tratar ciertos temas de una manera mejor y eficaz. El sistema de información geográfica es un sistema que facilita el tratamiento de datos espaciales permitiendo analizar, representar e interpretar de múltiples maneras. Es una de las herramientas más utilizadas por las empresas o instituciones públicas o privadas para el manejo de datos espaciales.

3.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfico se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2006).

Un SIG es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada, con el fin de solucionar dificultades complejas relacionadas con los procesos de planificación y gestión. (Santovenia Díaz, Tarragó Montalvo, & Cañedo Andalia, 2009).

Una definición más resumida, se puede decir que, un sistema de información geográfica es una herramienta que facilita el trabajo, organiza capas de información georreferenciada y mejora el conocimiento de la realidad para una gestión y planificación urbana efectiva e inteligente. SIG permite realizar múltiples operaciones como:

- Generar informes, gráficos, mapas en base a información ingresada por el usuario.

- Análisis, lectura, edición, almacenamiento de datos espaciales.
- Trabajar con datos referenciados por coordenadas geográficas o espaciales.

Un SIG es un sistema de base de datos con características específicas para datos georreferenciados. Es un conjunto de operaciones que ayudan al trabajo con estos datos. En otras palabras, consiste en un mapa de orden superior. (García, 2021).

En un SIG encontramos subsistemas, encargados cada uno de funciones específicas.

- Sistema de datos: Encargado del ingreso o recopilación de datos, los cuales pueden ser utilizados por los otros subsistemas para realizar de manera correcta sus funciones.
- Sistema de visualización: Encargado de generar los informes, gráficos o mapas en base a los datos ingresados.
- Sistema analítico: Encargado de los métodos o procesos que ayudan en el estudio y análisis de los datos.

Para que un SIG sea considerado como una herramienta útil, beneficiosa y válida, es indispensable que contenga los 3 subsistemas mencionados anteriormente. Otra manera de poder entender un SIG es tener en cuenta componentes básicos que lo constituyen tales como:

- Datos: Es el producto básico que necesita un SIG para poder generar mapas o gráficos que faciliten y agilicen el análisis de datos para una toma de decisión eficaz. Estos datos podrán ser extraídos de archivos tipo Excel, CAD, shapefile.
- Software: Para poder realizar todo lo que se ha mencionado, es indispensable la utilización de un software SIG que permitan el manejo de información geográfica, entre los más populares encontramos
 - ArcGIS: Plataforma líder en el mundo para la creación y utilización de SIG. Es un sistema completo lleno de funciones que permiten juntar, organizar, analizar, etc., información

geográfica. Disponible en diferentes formatos como aplicación de escritorio, dispositivos móviles o trabajar en la nube.

- QGIS: Entra en funcionamiento desde el 2008 como un SIG de software libre. Permite manejar formatos raster y vectoriales. Su versión móvil permite usar la geolocalización del dispositivo, permitiendo utilizar el SIG en la posición que se encuentre el usuario. Este software será utilizado para este trabajo.



Figura 39 Software QGIS

- GvSIG: Muy similar a QGIS, con la diferencia que a partir del 2010 sus descargas han reducido.
- Hardware: Depende de la calidad del ordenador, el cual permite el manejo de estos softwares, los mismo que demandan un alto rendimiento para el análisis de los datos.
- Factor Organizativo: Involucra a la parte humana, profesionales calificados para manejar los diferentes programas. Es necesario tener conocimiento para el análisis e interpretación de la información.
- Métodos: Un buen modelo de operación es importante para el manejo y ejecución de los sistemas de información geográfica.

3.2 GENERACIÓN CARTOGRÁFICA SIG

La creación de un mapa en el cual podamos identificar diferentes parámetros importantes de las estructuras ubicadas en la zona de estudio es uno de los objetivos de este trabajo. Se detallará el proceso de generación de mapas a continuación:

- El programa por utilizar será GGIS, por ser un sistema completo, el cual permite crear y utilizar sistemas de información geográfica y sobre todo un software libre.
- Los mapas pueden ser creados desde cero por el usuario, con información recopilada por el mismo o mediante información ya

existente, que en ocasiones se la encuentra en el internet. Los datos para este trabajo serán obtenidos de recursos digitales públicos, específicamente del Geoportal del GAD Municipal de Guayaquil, el cual nos permitirá importar los datos de la red al GIS.



Figura 40. Geoportal del GAD Municipal de Guayaquil

- Para facilitar la introducción de información al programa, los datos regularmente se los encuentre en forma de capas. Comenzamos ingresando una cartografía base, la cual nos indicará el tipo de suelo en el que nos encontramos, luego una segunda capa para la infraestructura que nos permita conocer las construcciones que se encuentran dentro de nuestra zona de estudio. Hay que mencionar la importancia del orden de ingreso de las capas, la correcta superposición de capas facilitará el entendimiento del trabajo.

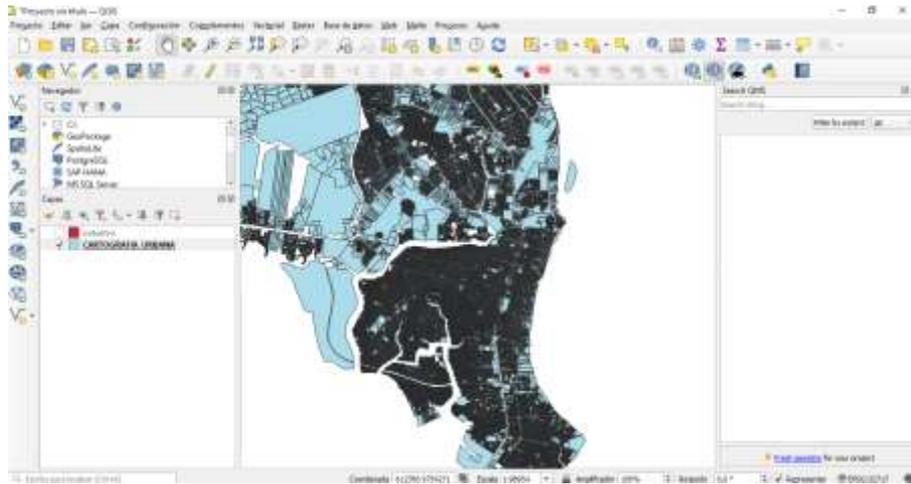


Figura 41 Capa general de la ciudad de Guayaquil.

- Cuando se extrae la información del Geoportal, se importa todo el catastro urbano de la ciudad de Guayaquil, por ende, es necesario la creación de capas, una para cada zona estudiada. En este caso se crearán 5 capas.

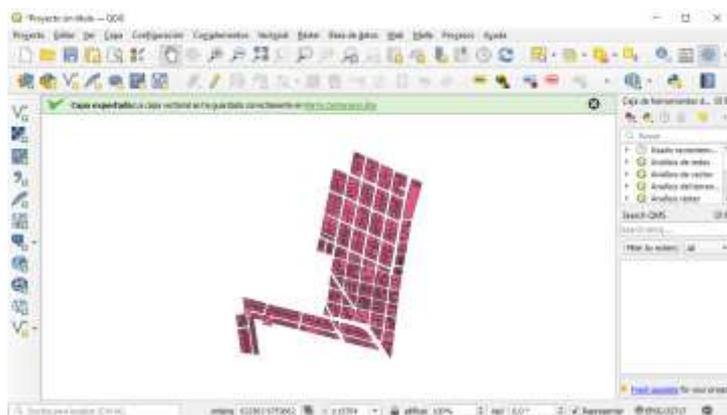


Figura 42 Capa concerniente al Barrio Centenario.

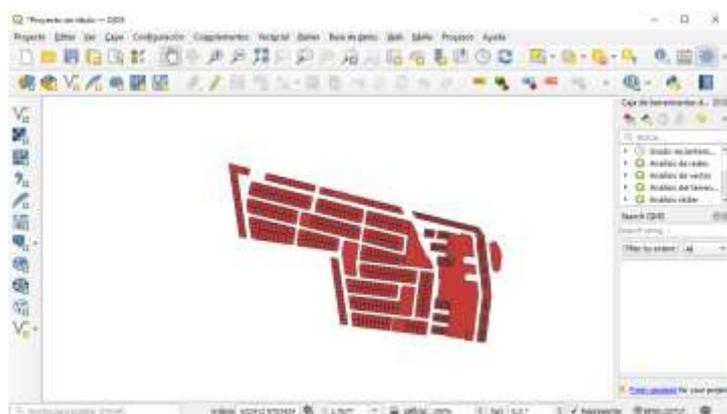


Figura 43 Capa concerniente a la ciudadela La Saiba.



Figura 44 Capa concerniente a la ciudadela Los Almendros.



Figura 45 Capa concerniente a la ciudadela 9 de octubre.

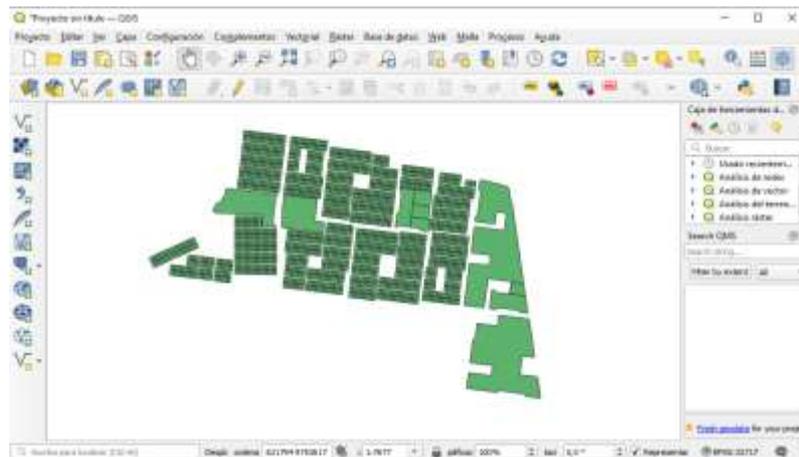


Figura 46 Capa concerniente a la ciudadela Las Acacias.

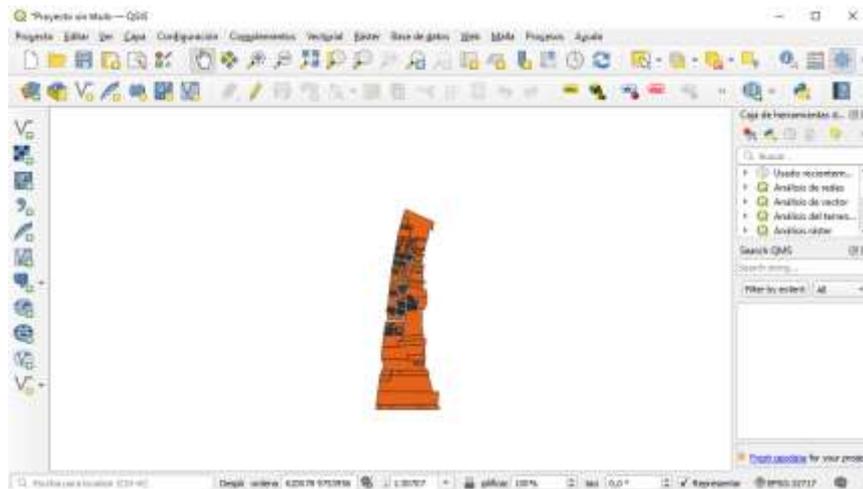


Figura 47 Capa concerniente al Barrio Cuba.

- Al tener las capas por cada zona, se asignan ciertos datos relevantes de las estructuras. En este caso tomaremos en cuenta el código catastral, el área de construcción, ubicación y el uso que se le da a la edificación. Los tres primeros datos son brindados por el geoportal.

CAPÍTULO 4

4.1. CURVAS DE FRAGILIDAD

La fragilidad de una estructura está vinculada directamente con la vulnerabilidad sísmica. La vulnerabilidad sísmica estructural se considera a la tendencia que tendrán las estructuras o una zona urbana al sufrir daños ante eventos sísmicos. Esta tendencia está relacionada a los procesos constructivos y de diseño.

Una curva de fragilidad o sísmica es una función que relaciona la intensidad sísmica con el daño o pérdida esperada en un elemento expuesto específico. (Bobadilla, 2005). En otras palabras, es una gráfica representando la probabilidad de respuesta que tiene una edificación en relación a diversas demandas sísmicas.

Las curvas de fragilidad permiten representar en términos probabilísticos la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, y proporcionan la probabilidad de que la respuesta de una estructura alcance o exceda determinado límite asociado con el daño, como función de un parámetro indicador de la intensidad sísmica. (Coronel & López, 2013)

En los diferentes tipos de estudios de las curvas de fragilidad encontramos:

- Poder evaluar el riesgo que tienen las estructuras ante un evento sísmico.
- Poder identificar métodos de rehabilitación estructural o un óptimo diseño estructural que satisfaga las necesidades por las cuales será construido.
- Poder determinar los márgenes de seguridad que existen en una estructura ante diferentes eventos sísmicos.

Existen diferentes métodos para la construcción de curvas de fragilidad, los cuales se diferencian por el tipo de información o técnicas de evaluación utilizadas para el análisis del daño que tienen las estructuras ante eventos sísmicos de diferentes magnitudes. Los métodos que más se utilizan son:

- Métodos basados en observaciones de campo
- Métodos experimentales
- Métodos basados en la opinión de expertos
- Métodos analíticos

4.2 NIVELES DE DAÑO

Normalmente, el diseño de las estructuras mediante las exigencias establecidas en los diferentes códigos hace hincapié en la seguridad que deben tener las estructuras para salvaguardar las vidas humanas. Sin embargo, para garantizar el funcionamiento de las edificaciones posterior a un evento sísmico, no es suficiente el criterio de seguridad. La distorsión de piso ayuda a mejorar la limitación y estimación de daños.

El tipo de sistema estructural, el modo de fallo o las características que tiene un evento sísmico son factores que ayudan a determinar los diversos límites de daño. Se han catalogado en diferentes categorías los niveles de daño, en los cuales encontramos: estructuras sin daño, daños posibles de reparar, estructuras con daños imposibles de reparar y daños severos.

Las estructuras sin daño se las definen como aquellas que no muestran daños que sean posibles de observar; las estructuras con daños posibles de reparar presentan daños ligeros como fisura, los daños no posibles de reparar son ocasionados por la cedencia del acero de refuerzo produciendo fisuras mayores a 2 milímetros, y el daño crítico se da cuando existe un colapso parcial de la estructura.

La Tabla 1 indica los límites de distorsión de pisos para las diferentes estructuras y su estado de daño. La Tabla 2 incluye los límites de daño en base al drift de piso, valor importante para la obtención de curvas de fragilidad.

Tabla 4. Porcentajes de Drift para estructuras de hormigón armado

State of Damage	Ductile MRF	Nonductile MRF	MRF with Infills	Ductile Walls	Squat Walls
No Damage	< 0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.1
Repairable Damage	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2
a) Light	< 1.0	< 0.5	< 0.4	< 0.8	< 0.4
b) Moderate					
Irreparable Damage (>yield point)	> 1.0	> 0.5	> 0.4	> 0.8	> 0.4
Severe Damage- Life safe- Partial Collapse	1.8	0.8	0.7	1.5	0.7
Collapse	> 3.0	> 1.0	> 0.8	> 2.5	> 0.8

Tabla 5. Criterio para el análisis del desempeño de estructuras

Daño →	Menor	Reparable	Irreparable	Severo	Extremo
Desempeño	Agrietamiento	Fluencia de acero	Inicio de Mecanismo	Mecanismo Global	Degradación notable de resistencia
Descripción de los daños	Grietas ligeramente visibles	Grietas	Grietas abiertas y pérdida de recubrimiento	Grietas muy anchas y mayor pérdida de recubrimiento	Deformaciones permanentes visibles
Índice de daño	0.05	0.14	0.40	0.60	Mayor de 0.60
Cuantificación de desempeño	Grietas menores de 0.3 mm.	Grietas menores de 1 mm.	Grietas entre 1 y 2 mm.	Grietas mayores de 2 mm.	Grietas anchas y profundas. Dilatación de los elementos
Drift de piso	0.005	0.011	0.023	0.046	> 0.060
Drift global	0.003	0.008	0.018	0.040	>0.049

Existen diferentes metodos que faciliten la obtención de las curvas de fragilidad.

4.2.1 MÉTODOS BASADOS EN OBSERVACIONES DE CAMPO

Estos métodos logran generar curvas con base en daños observados en estructuras, de la misma manera ayudan a calibrar los resultados conseguidos por ensayos de laboratorio o métodos analíticos. Para la aplicación del método basado en observaciones, se debe clasificar a las diferentes estructuras en su tipología estructural y sus diversas características geométricas como: altura de la edificación, número de pisos, área, uso, etc.

Normalmente se utilizan formularios elaborados por expertos en análisis y diseño estructural que permiten describir los daños observados al momento de la inspección. Así mismo, se recomienda que estos formularios sean utilizados por expertos para evitar interrogantes sobre este método.

Se debe tener en cuenta que estos métodos sirven solo para evaluar a las estructuras de manera general, que pertenezcan a una misma clase. El ejemplo más reciente de curvas de fragilidad fue generado por Yamaguchi y Yamazaki (2000) para las edificaciones en Japón, en base al informe realizado por el gobierno de la ciudad de Nishinomiya de los daños observados en diferentes estructuras después del evento sísmico ocurrido el 17 de enero de 1995 en Hyogoken – Nanbu (Kobe – Japón). (Bobadilla, 2005)

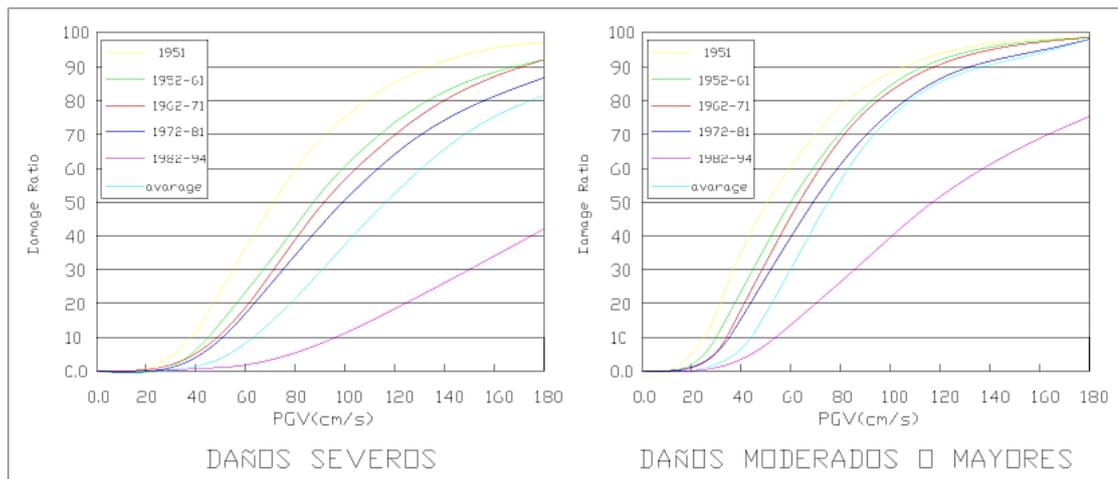


Figura 48. Curvas de fragilidad elaboradas por Yamaguchi y Yamazaki.

4.2.2 MÉTODOS EXPERIMENTALES

En las curvas de fragilidad por métodos experimentales es necesario tener identificado la tipología estructural y los rangos de intensidades. Estas son generadas en base a ensayos de laboratorio, no obstante, los ensayos tienen un alto valor económico y, en consecuencia, el número de observaciones de daño son limitadas por el número de pruebas posibles de realizar.

Los ensayos utilizados en este método requieren de diversas simplificaciones para lograr una adecuada representación del comportamiento de las

edificaciones, no obstante, estas simplificaciones no deben alterar la respuesta que se espera de las estructuras ante eventos sísmicos, para obtener resultados que representen el comportamiento global de la edificación. (Bobadilla, 2005)

Existen dos tipos de ensayos para construir las curvas: 1) ensayos de carga monotónicamente creciente mediante aplicadores de carga o desplazamientos y 2) ensayos sobre mesas vibratorias, utilizando historias temporales de aceleración. (Bobadilla, 2005). El segundo ensayo es catalogado más realista, por su representación más idónea de la acción sísmica. Una de las curvas de fragilidad experimental más actual fue generada por Chong y Soong (2000)

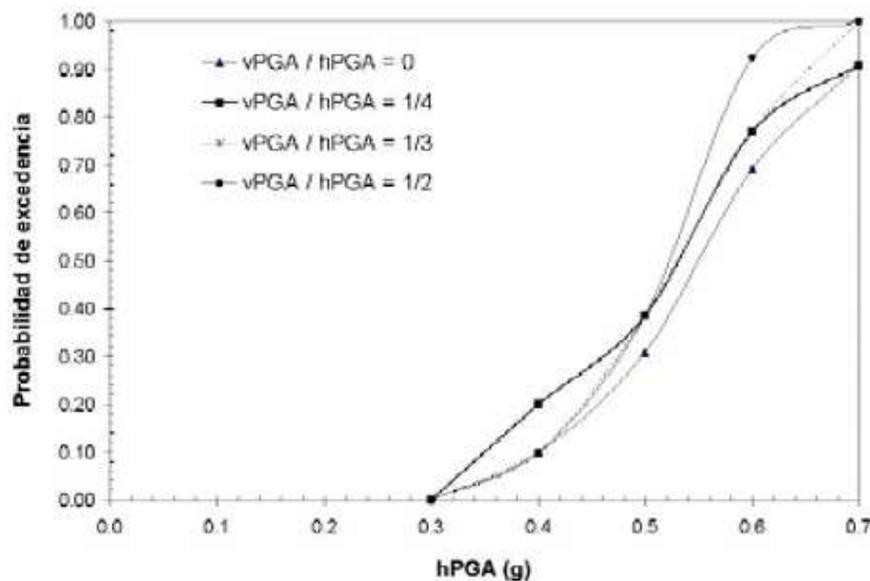


Figura 49. Curva de fragilidad experimental (Chon y Soong)

4.2.3 MÉTODOS OBTENIDOS POR LA OPINIÓN DE EXPERTOS

Otra forma de generar curvas de fragilidad es en base a respuestas de preguntas relacionadas a los diferentes comportamientos que tendrá la estructura en consideración, realizadas a expertos en análisis, diseño y patologías estructurales.

Una vez obtenida las respuestas, es posible el cálculo de parámetros de cuantificación de daño que dependen de la intensidad sísmica del movimiento.

Posterior a la obtención de estos valores, se clasifican las estructuras correspondientes a un mismo tipo adaptándose a una función de distribución de probabilidad. Estas probabilidades son utilizadas para el gráfico de las curvas de fragilidad dependiendo de cada valor de intensidad sísmica.

Anagnost et al, (1995) generaron una curva de fragilidad utilizando el método por la opinión de expertos, en donde las curvas para 40 diferentes clases de edificios fueron obtenidas por la transformación de matrices de probabilidad de daño.

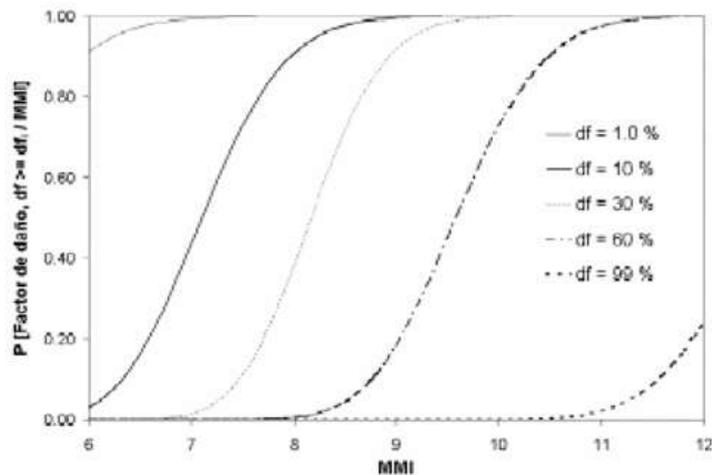


Figura 50. Curva de fragilidad generada en base a la opinión de expertos, Anagnost (1995)

4.2.4 MÉTODOS ANALÍTICOS

Si no es posible obtener observaciones de daños o los resultados necesarios de ensayos de laboratorio en zonas determinadas, este método es ideal para emplearse y utiliza análisis numéricos. Este método puede aplicarse para el análisis de vulnerabilidad en edificaciones importantes.

Los resultados que se obtienen con esta clase de método son sensibles a modelos que representen a las estructuras, por consiguiente, es imprescindible usar modelos que logren representar de la mejor manera el comportamiento sísmico que tendrá la estructura y las primordiales características de los movimientos del terreno.

Este método se utiliza para reducir la vulnerabilidad de las estructuras y así lograr disminuir el riesgo al que están expuestas, sin la necesidad de que surja un evento sísmico.

4.2.5 MÉTODOS PROBABILÍSTICOS

Los métodos probabilísticos deben ser empleados para proveer bases que ayuden a mejorar los diseños sismorresistentes de las estructuras y determinar las condiciones de las metodologías para la evaluación de daño. Este método es fundamental para brindar una perspectiva del comportamiento de las estructuras ante un determinado evento sísmico.

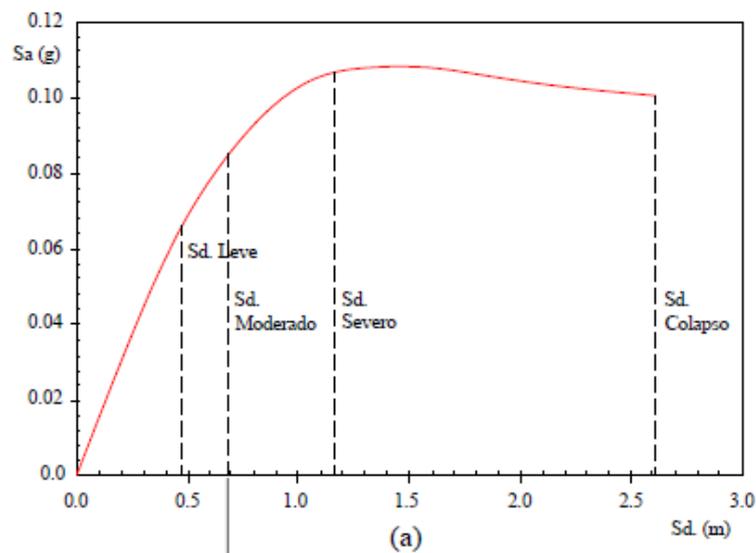


Figura 51. Curvas de fragilidad generada por métodos probabilísticos

4.3 ASOCIACIÓN DE CURVAS DE FRAGILIDAD

La ciudad de Guayaquil no cuenta con la suficiente información sobre curvas de fragilidad para las estructuras, por lo tanto, lo más aconsejable es la asociación de curvas de fragilidad existente con la respuesta de las estructuras, para ello se ha escogido como base las curvas de fragilidad para estructuras de hormigón armado de uno a seis pisos planteadas por Aguiar y Bobadilla a partir del desplazamiento espectral, para poder compararlas con las curvas propuestas por Hazus

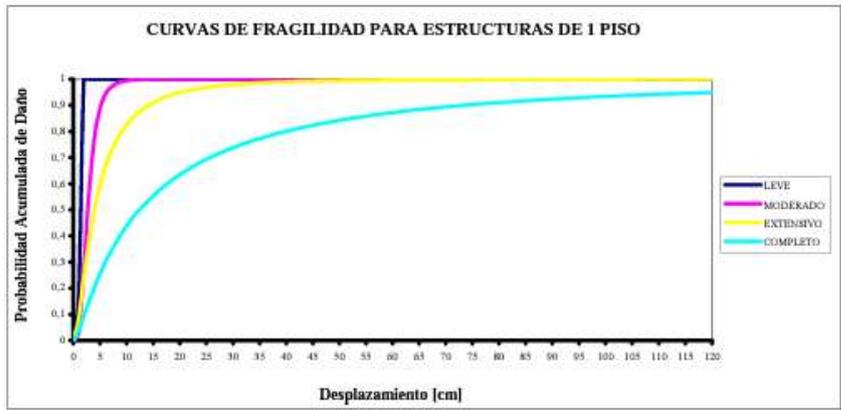


Figura 52. Curva de fragilidad para estructuras de 1 piso.

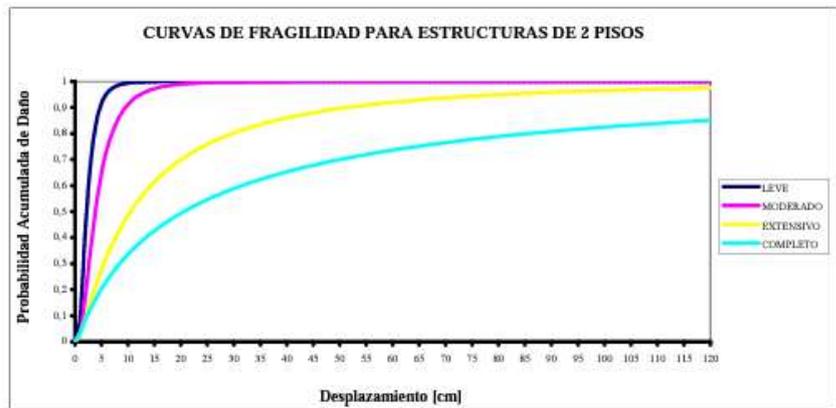


Figura 53. Curva de fragilidad para estructuras de 2 piso.

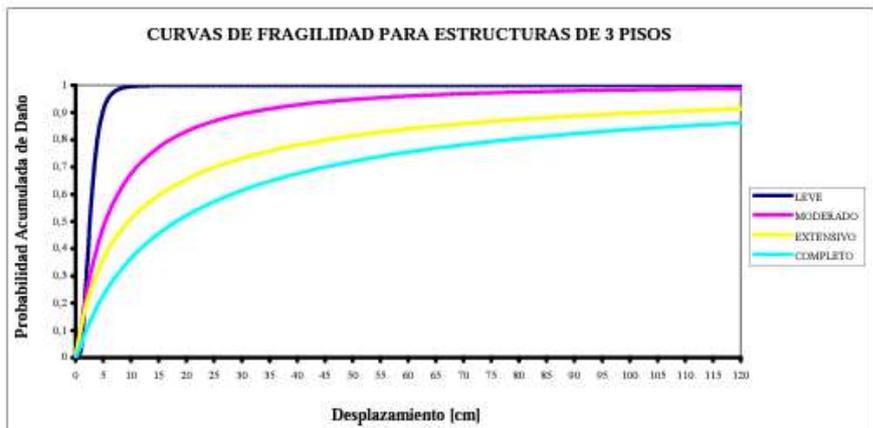


Figura 54. Curva de fragilidad para estructuras de 3 piso.

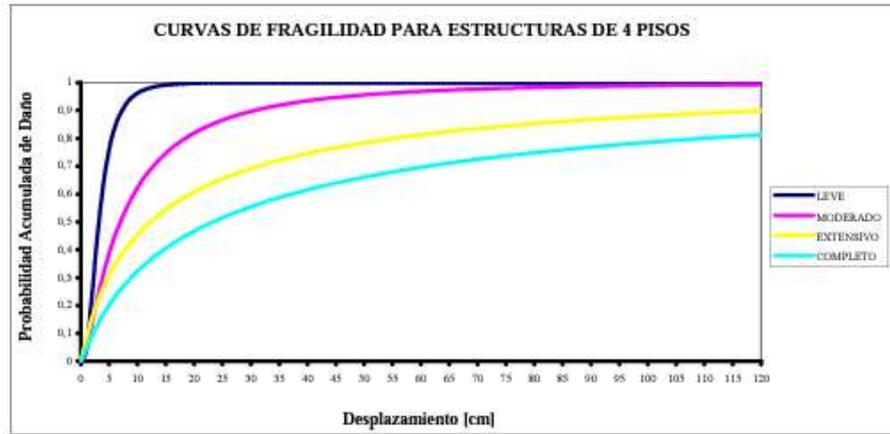


Figura 55. Curva de fragilidad para estructuras de 4 piso.

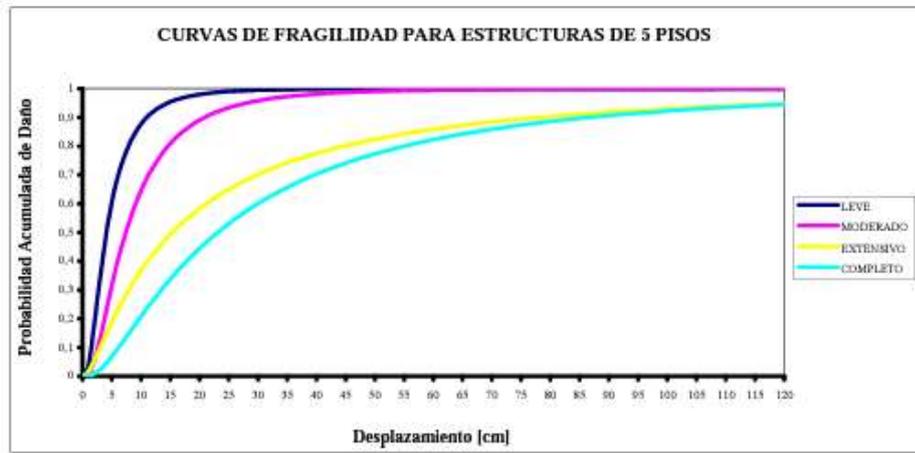


Figura 56. Curva de fragilidad para estructuras de 5 piso.

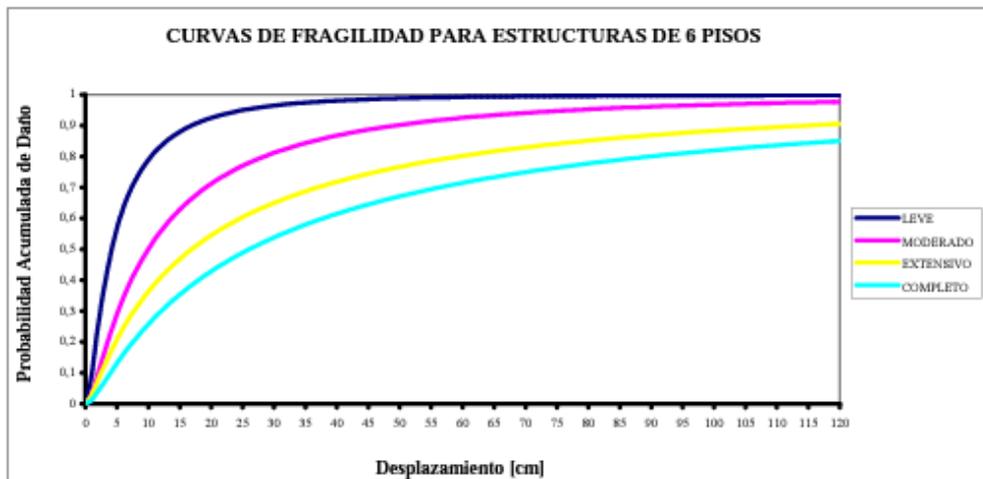


Figura 57. Curva de fragilidad para estructuras de 6 piso.

Por consiguiente, generaron curvas de fragilidad, una para edificios de 1 a 3 pisos y para edificios de 4 a 7 pisos, las mismas que fueron obtenidas del promedio entre las de 1 a 3 pisos y las de 4 a 6 pisos respectivamente.

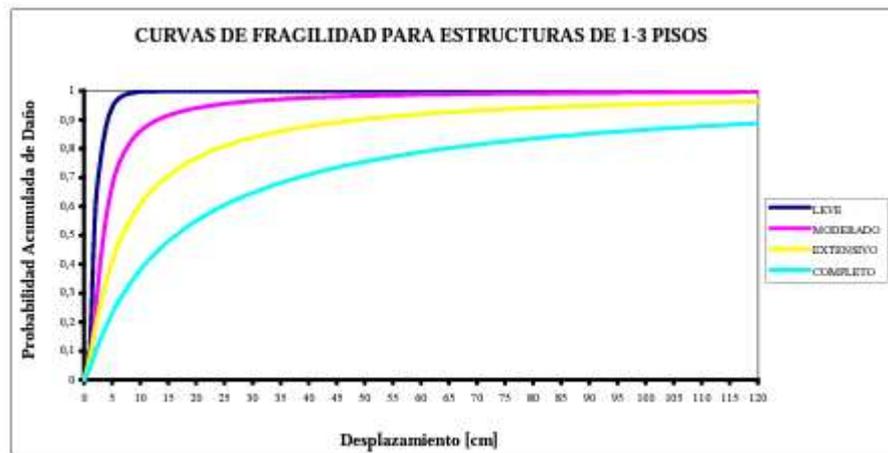


Figura 58 Curva de fragilidad para edificios de 1-3 pisos generada por Aguiar y Bobadilla

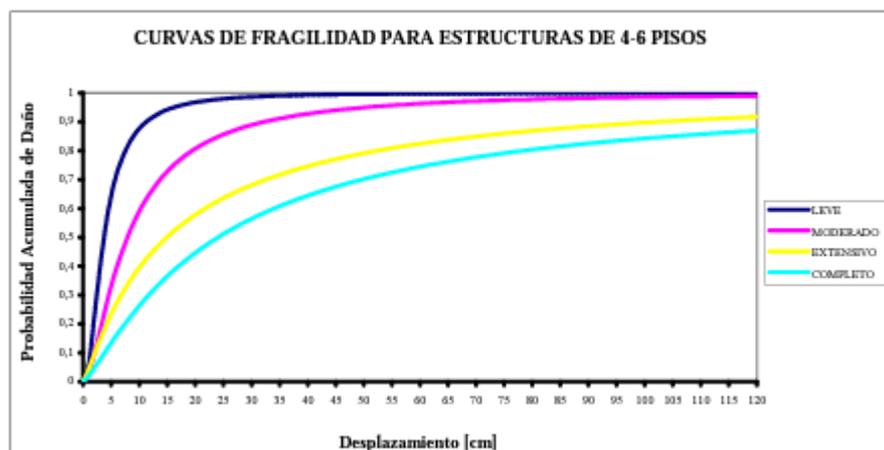


Figura 59 Curva de fragilidad para edificios de 4 a 6 pisos generada por Aguiar y Bobadilla

4.3.1 COMPARACIÓN CON METODOLOGÍA HAZUS

Para poder tener una clara idea del método presentado en este trabajo, es indispensable la comparación con una metodología existente, en este caso será comparado con la metodología de Hazus.

4.3.2 DETERMINACIÓN DE DAÑO EN ESTRUCTURAS

Hazus, en su metodología, toma en cuenta el desplazamiento lateral de las estructuras, lo cual permite obtener curvas de fragilidad para el daño, ya sea estructural o no estructural por distorsión de piso (Drift). No es recomendable para este método definir un único valor de daño, al contrario, tener un rango de variación de daño el cual estará limitado por un límite inferior, superior y medio de daño.

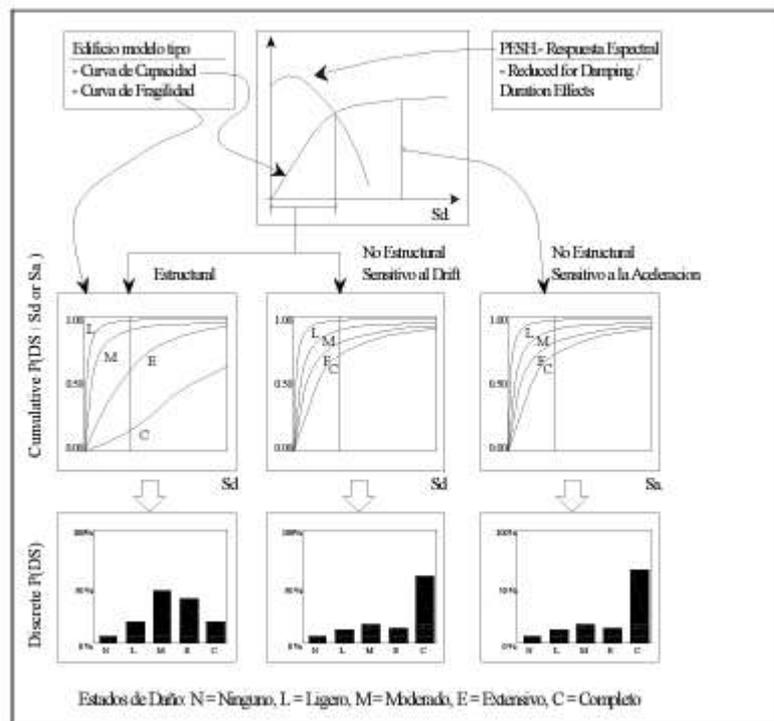


Figura 60. Proceso de estimación de daños en edificaciones propuesto por Hazus

Hazus, en sus curvas de fragilidad, contempla al desplazamiento o aceleración espectrales en el eje de las abscisas. Estas curvas representan la probabilidad que tienen las estructuras de alcanzar un rango de daño estructural para un desplazamiento o aceleración espectral.

Las curvas de fragilidad evalúan el daño en forma probabilística, pero se debe tomar en cuenta que para la elaboración de estas curvas es necesario tener una base de datos constituida por un conjunto de estructuras. (Bobadilla, 2005)

Las tipologías estructurales planteadas por Hazus se describen a continuación:

Tabla 6. Tipologías estructurales (Hazus)

No.	Nivel	Descripción	ALTURA			
			RANGO		TÍPICAMENTE	
			ELEVACION	PISOS	PISOS	PIES
1	W1	Pared, Luz del Marco (≤ 5000 p2)		1-2	1	14
2	W2	Pared, Comercial e Industrial (>5000 p2)		TODOS	2	24
3	S1L	Marco de acero resistente a momento	BAJA	1-3	2	24
4	S1M		MEDIA	4-7	5	60
5	S1H		ALTA	8+	13	156
6	S2L	Marco atrantado de acero	BAJA	1-3	2	24
7	S2M		MEDIA	4-7	5	60
8	S2H		ALTA	8+	13	156
9	S3	Marco de acero		TODOS	1	15
10	S4L	Marco de acero con paredes de corte de concreto	BAJA	1-3	2	24
11	S4M		MEDIA	4-7	5	60
12	S4H		ALTA	8+	13	156
13	S5L	Marco de acero con paredes internas de mampostería no reforzada	BAJA	1-3	2	24
14	S5M		MEDIA	4-7	5	60
15	S5H		ALTA	8+	13	156
16	C1L	Marcos de concreto resistente a momento	BAJA	1-3	2	20
17	C1M		MEDIA	4-7	5	50
18	C1H		ALTA	8+	12	120
19	C2L	Paredes de corte de concreto	BAJA	1-3	2	20
20	C2M		MEDIA	4-7	5	50
21	C2H		ALTA	8+	12	120
22	C3L	Marco de concreto con paredes internas de mampostería no reforzada	BAJA	1-3	2	20
23	C3M		MEDIA	4-7	5	50
24	C3H		ALTA	8+	12	120
25	PC1	Paredes de concreto pre-fabrica.		TODOS	1	15
26	PC2L	Marco de concreto pre-fábrica. con paredes de corte de hormigón armado	BAJA	1-3	2	20
27	PC2M		MEDIA	4-7	5	50
28	PC2H		ALTA	8+	12	120
29	RM1L	Estruc. con mampostería reforzada y con diafragmas.	BAJA	1-3	2	20
30	RM1M		MEDIA	4+	5	50
31	RM2L	Estruc. con mampostería reforzada y con diafragmas de concreto-Prefabricado	BAJA	1-3	2	20
32	RM2M		MEDIA	4-7	5	50
33	RM2H		ALTA	8+	12	120
34	URML	Mampostería no reforzada	BAJA	1-2	1	15
35	URMM		MEDIA	3+	3	35
36	MH	Casas Móviles		TODOS	1	10

4.3.3 DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Hazus genera una clasificación de edificaciones típicas, en la cual realiza un análisis ya sea de daño o de pérdidas económicas.

Tabla 7. Relaciones de Deriva en el umbral de Daño Estructural

Nivel de diseño Sismico	Tipo de Edificio	Relaciones de Deriva en el umbral de Daño Estructural			
		LIGERO	MODERADO	EXTENSIVO	COMPLETO
ALTO	W1/W2	0.004	0.012	0.040	0.100
	C1L, S2L	0.005	0.010	0.030	0.080
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.004	0.008	0.024	0.070
MODERADO	W1/W2	0.004	0.010	0.031	0.075
	C1L, S2L	0.005	0.009	0.023	0.060
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.004	0.007	0.019	0.053
BAJO	W1/W2	0.004	0.010	0.031	0.075
	C1L, S2L	0.005	0.008	0.031	0.050
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.004	0.006	0.016	0.044
	URML,C3L,S5L	0.003	0.006	0.015	0.035
PRE-CÓDIGO	W1/W2	0.003	0.008	0.025	0.060
	C1L, S2L	0.004	0.006	0.016	0.040
	RM1L/RM2L, PC1/PC2L	0.003	0.005	0.013	0.035
	URML,C3L,S5L	0.002	0.005	0.012	0.028

Seguendo los criterios mencionados anteriormente, Hazus hace relaciones de deriva de piso (drift) en el umbral de daño estructural clasificándolas en cuatro niveles: ligero, moderado, extensivo y completo.

Para poder Hazus generar sus curvas de fragilidad, hizo uso de la función distribución normal del logaritmo natural del desplazamiento espectral, el mismo método utilizado por Bobadilla para generar sus curvas.

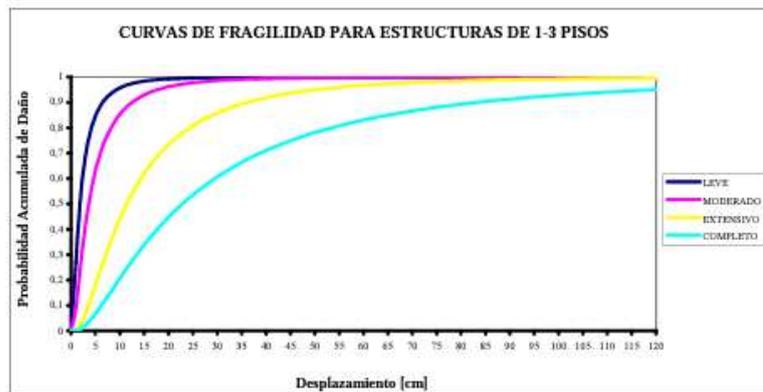


Figura 61 Curva de fragilidad para edificios de 1 a 3 pisos propuesto por Hazus

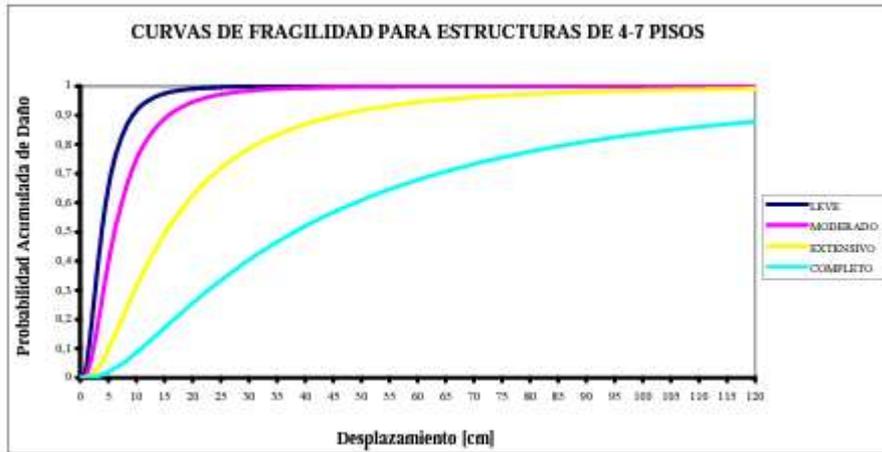


Figura 62 Curva de fragilidad para edificios de 1 a 3 pisos propuesto por Hazus.

Por la similitud que existe entre las curvas de fragilidad de Bobadilla y Hazus, es recomendable usar cualquiera de las dos para este trabajo de investigación, pese a que no encierran a todos los tipos de estructuras existentes en el área de estudio, dentro de estas curvas existe un porcentaje considerable de las edificaciones.

CAPÍTULO 5:

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Se analizó un total de 3842 viviendas, divididas en seis grupos de zona de estudio.

5.1. Barrio Centenario



Figura 63 Levantamiento de información en el Barrio Centenario.

Se realizó el levantamiento de 714 edificaciones correspondientes al Barrio Centenario donde, un gran porcentaje son utilizadas para viviendas, seguidas de las edificaciones de uso netamente comercial, un pequeño porcentaje de uso mixto, residencial y comercial y un pequeño grupo restante de edificaciones religiosas y educativas.

Al existir un gran porcentaje de edificaciones de estructuras de pórticos de hormigón armado (C3), considerándolo como la tipología dominante en la zona. Según la zonificación geotécnica del suelo, el área de estudio se encuentra en un suelo de depósito deltaico- estuarino, tipo E, por lo cual el castigo es medio.

Para concluir, las 714 edificaciones, tienen un grado de vulnerabilidad bajo, lo cual corresponde al 100% de las edificaciones evaluadas.

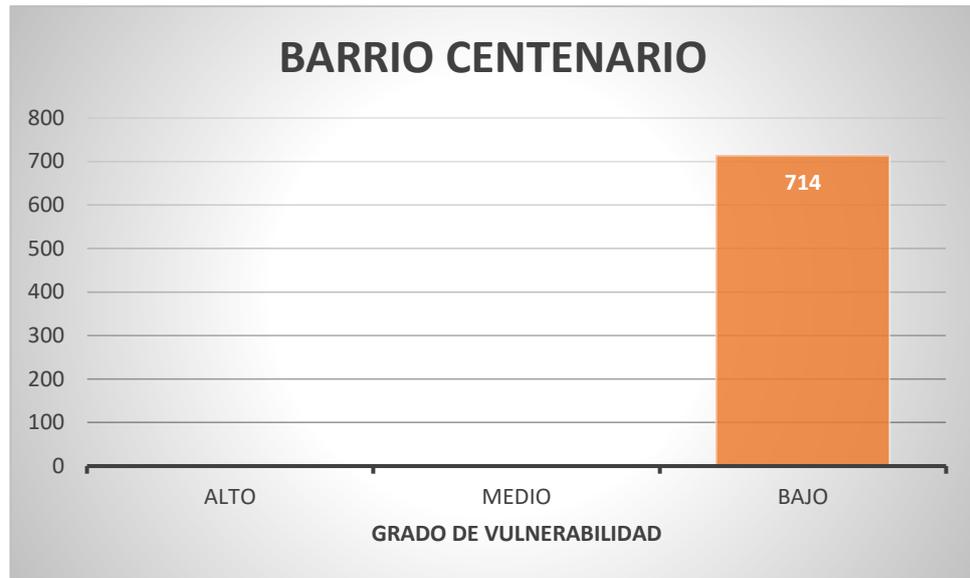


Figura 64 Grado de vulnerabilidad de las edificaciones del Barrio Centenario.

Resumiendo la información de las fichas de visualización rápida, las estructuras de esta zona se las puede clasificar de la siguiente manera:

- Estructuras de hormigón armado
- Edificaciones de 2 a 3 pisos en promedio
- Bajo grado de vulnerabilidad tras eventos sísmicos

Por las características mencionadas se procede a relacionar con las curvas de fragilidad propuestas por Hazus para edificios de 1 a 3 pisos.

Tabla 8. Tabla para generación de curvas de fragilidad propuesta por Hazus para estructuras de 1 a 3 pisos

Desplaz. (cm)	Daños			
	LEVE	MODERADO	EXTENSIVO	COMPLETO
0	0	0	0	0
1	0,27101	0,08837	0,0034	0,00097
2	0,53601	0,26474	0,02639	0,00793
3	0,69145	0,41822	0,06861	0,02218
4	0,78539	0,53713	0,12168	0,04219
5	0,84517	0,62766	0,17913	0,06617
6	0,88495	0,69692	0,23697	0,09269
7	0,91242	0,75053	0,29294	0,12065
8	0,93198	0,79253	0,34589	0,14927
9	0,94626	0,82586	0,39528	0,17802
10	0,95693	0,85261	0,44097	0,2065
11	0,96503	0,8743	0,48301	0,23446
12	0,9713	0,89207	0,52156	0,2617
13	0,97621	0,90675	0,55686	0,28813
14	0,98011	0,91897	0,58915	0,31367
15	0,98323	0,92923	0,61868	0,33828
16	0,98577	0,93789	0,64569	0,36194
17	0,98784	0,94525	0,67042	0,38467
18	0,98955	0,95154	0,69308	0,40646
19	0,99097	0,95694	0,71385	0,42735
20	0,99216	0,96161	0,73292	0,44736
21	0,99316	0,96566	0,75044	0,46652
22	0,99401	0,96919	0,76656	0,48486
23	0,99473	0,97227	0,78141	0,50241
24	0,99534	0,97498	0,7951	0,51922
25	0,99587	0,97737	0,80774	0,5353
26	0,99633	0,97947	0,81942	0,5507
27	0,99673	0,98134	0,83024	0,56545
28	0,99708	0,98301	0,84026	0,57958
29	0,99738	0,98449	0,84955	0,59311
30	0,99764	0,98581	0,85818	0,60608

31	0,99787	0,987	0,8662	0,61852
32	0,99808	0,98807	0,87366	0,63044
33	0,99826	0,98903	0,88062	0,64188
34	0,99842	0,9899	0,8871	0,65286
35	0,99857	0,99068	0,89315	0,66339
36	0,99869	0,99139	0,8988	0,67351
37	0,99881	0,99204	0,90409	0,68323
38	0,99891	0,99262	0,90903	0,69258
39	0,999	0,99316	0,91367	0,70156
40	0,99908	0,99364	0,91801	0,71019
41	0,99916	0,99409	0,92209	0,7185
42	0,99923	0,9945	0,92592	0,7265
43	0,99929	0,99487	0,92951	0,7342
44	0,99934	0,99522	0,9329	0,74161
45	0,99939	0,99553	0,93608	0,74875
46	0,99944	0,99582	0,93908	0,75563
47	0,99948	0,99609	0,94191	0,76227
48	0,99952	0,99634	0,94458	0,76867
49	0,99955	0,99657	0,94709	0,77484
50	0,99958	0,99678	0,94947	0,7808
51	0,99961	0,99697	0,95172	0,78655
52	0,99964	0,99715	0,95385	0,7921
53	0,99966	0,99732	0,95586	0,79746
54	0,99969	0,99748	0,95776	0,80264
55	0,99971	0,99762	0,95956	0,80765
56	0,99973	0,99776	0,96128	0,81249
57	0,99974	0,99789	0,9629	0,81717
58	0,99976	0,998	0,96444	0,82169
59	0,99978	0,99811	0,9659	0,82607
60	0,99979	0,99822	0,96729	0,83031
61	0,9998	0,99831	0,96861	0,83442
62	0,99981	0,9984	0,96986	0,83839
63	0,99983	0,99849	0,97106	0,84224
64	0,99984	0,99856	0,97219	0,84597
65	0,99984	0,99864	0,97328	0,84958
66	0,99985	0,99871	0,97431	0,85309
67	0,99986	0,99877	0,97529	0,85648
68	0,99987	0,99883	0,97623	0,85978
69	0,99988	0,99889	0,97712	0,86297
70	0,99988	0,99895	0,97798	0,86607
71	0,99989	0,999	0,97879	0,86908
72	0,9999	0,99905	0,97957	0,872
73	0,9999	0,99909	0,98031	0,87484
74	0,99991	0,99913	0,98102	0,87759
75	0,99991	0,99917	0,9817	0,88027
76	0,99992	0,99921	0,98235	0,88287
77	0,99992	0,99925	0,98298	0,88539
78	0,99992	0,99928	0,98357	0,88785
79	0,99993	0,99931	0,98414	0,89024
80	0,99993	0,99934	0,98469	0,89256

81	0,99994	0,99937	0,98521	0,89481
82	0,99994	0,9994	0,98572	0,89701
83	0,99994	0,99943	0,9862	0,89914
84	0,99994	0,99945	0,98666	0,90122
85	0,99995	0,99948	0,9871	0,90324
86	0,99995	0,9995	0,98753	0,90521
87	0,99995	0,99952	0,98794	0,90713
88	0,99995	0,99954	0,98833	0,909
89	0,99996	0,99956	0,98871	0,91081
90	0,99996	0,99958	0,98907	0,91259
91	0,99996	0,99959	0,98942	0,91431
92	0,99996	0,99961	0,98976	0,91599
93	0,99996	0,99962	0,99008	0,91763
94	0,99997	0,99964	0,99039	0,91923
95	0,99997	0,99965	0,99069	0,92079
96	0,99997	0,99967	0,99097	0,92231
97	0,99997	0,99968	0,99125	0,92379
98	0,99997	0,99969	0,99152	0,92523
99	0,99997	0,9997	0,99177	0,92664
100	0,99997	0,99972	0,99202	0,92802
101	0,99997	0,99973	0,99226	0,92936
102	0,99998	0,99974	0,99249	0,93067
103	0,99998	0,99975	0,99271	0,93195
104	0,99998	0,99976	0,99293	0,93319
105	0,99998	0,99976	0,99313	0,93441
106	0,99998	0,99977	0,99333	0,9356
107	0,99998	0,99978	0,99352	0,93676
108	0,99998	0,99979	0,99371	0,9379
109	0,99998	0,9998	0,99389	0,93901
110	0,99998	0,9998	0,99406	0,94009
111	0,99998	0,99981	0,99423	0,94115
112	0,99998	0,99982	0,99439	0,94218
113	0,99998	0,99982	0,99455	0,9432
114	0,99999	0,99983	0,9947	0,94418
115	0,99999	0,99984	0,99484	0,94515
116	0,99999	0,99984	0,99499	0,9461
117	0,99999	0,99985	0,99512	0,94702
118	0,99999	0,99985	0,99525	0,94792
119	0,99999	0,99986	0,99538	0,94881
120	0,99999	0,99986	0,99551	0,94967

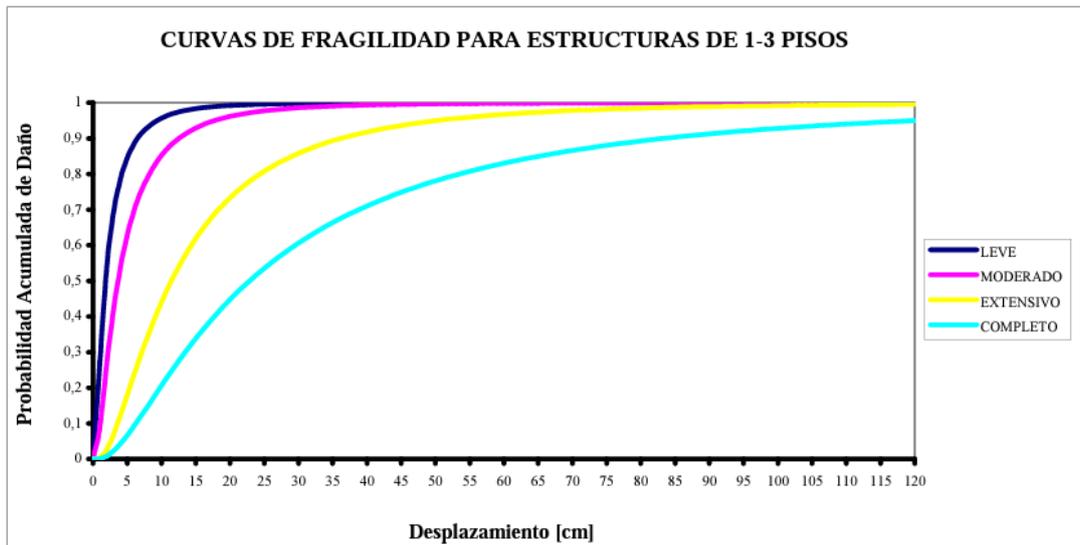


Figura 65. Curvas de Fragilidad para estructuras de 1 a 3 pisos propuesta por Hazus

5.2. Ciudadela La Saiba



Figura 66 Levantamiento de información en la Ciudadela la Saiba

Se realizó el levantamiento de 481 edificaciones, donde la mayoría son edificaciones de uso residencial, seguida por edificaciones de uso mixto, residencial y comercial, y un pequeño grupo utilizadas de manera educativas y religiosas.

El 97.7% de las edificaciones son estructuras de pórticos de hormigón armado (C3), por ende, para la comparación de las curvas de fragilidad propuestas por Hazus, se lo considera como tipología estructural dominante. El restante son predios sin estructuras.

Según la zonificación geotécnica del suelo, el área de estudio se encuentra en un suelo de depósito deltaico- estuarino, tipo E, por lo cual el castigo es medio.

Se concluye que, 475 edificaciones tienen un grado de vulnerabilidad bajo, lo que representa el 98.75% del total de las estructuras evaluadas y con porcentajes menores al 1%, edificaciones de grado de vulnerabilidad alto y medio.

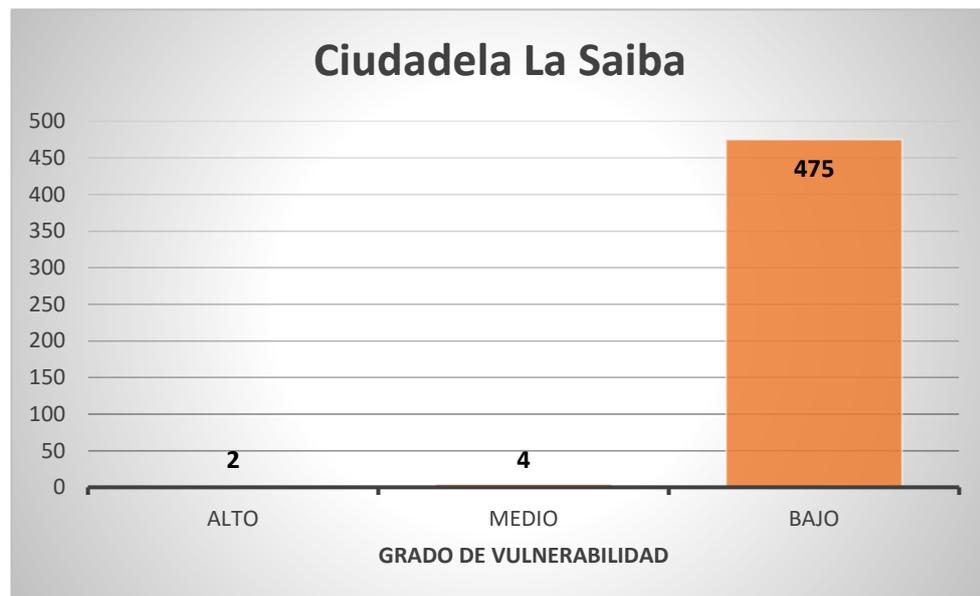


Figura 67. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela La Saiba

Resumiendo la información de las fichas de visualización rápida, las estructuras de esta zona se las puede clasificar de la siguiente manera:

- Estructuras de hormigón armado
- Edificaciones de 2 a 3 pisos en promedio

- Bajo grado de vulnerabilidad y daño tras eventos sísmicos

Por las características mencionadas se procede a relacionar con las curvas de fragilidad propuestas por Hazus para edificios de 1 a 3 pisos.

5.3. Ciudadela Los Almendros

Se realizó el levantamiento de 375 edificaciones correspondientes a la ciudadela Los Almendros, donde la mayoría son edificaciones de uso residencial, seguida por edificaciones de uso mixto, residencial y comercial y un pequeño grupo utilizadas de manera netamente comercial, educativas y religiosas.

El 93.6% de las edificaciones son estructuras de pórticos de hormigón armado (C3), por ende, para la comparación de las curvas de fragilidad propuestas por Hazus, se lo considera como tipología estructural dominante. El restante son predios sin estructuras.

Según la zonificación geotécnica del suelo, el área de estudio se encuentra en un suelo de depósito deltaico- estuarino, tipo E, por lo cual el castigo es medio.

Se concluye que, 361 edificaciones tienen un grado de vulnerabilidad bajo, lo que representa el 96.26% del total de las estructuras evaluadas, 12 edificaciones con un grado de vulnerabilidad medio, lo cual representan un 3.2% y apenas 2 edificaciones con un grado de vulnerabilidad alto.

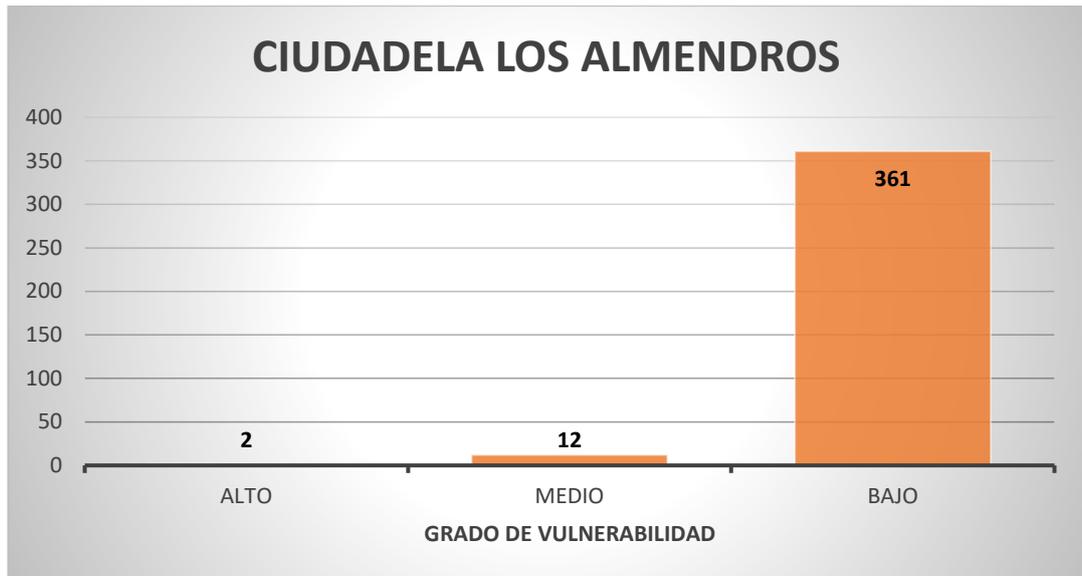


Figura 68. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela Los Almendros

De igual forma que las parroquias evaluadas anteriormente, las estructuras de esta zona se las puede clasificar de la siguiente manera:

- Estructuras de hormigón armado
- Edificaciones de 2 a 3 pisos en promedio
- Bajo grado de vulnerabilidad y daño tras eventos sísmicos

Por las características mencionadas se procede a relacionar con las curvas de fragilidad propuestas por Hazus para edificios de 1 a 3 pisos.

5.4. Ciudadela 9 de octubre

Se realizó el levantamiento de 779 edificaciones correspondientes a la ciudadela 9 de octubre, donde la mayoría son edificaciones de uso residencial, seguida por edificaciones de uso mixto, residencial, comercial incluyendo las oficinas y un pequeño grupo utilizadas de manera educativas y religiosas.

El 99.5% de las edificaciones son estructuras de pórticos de hormigón armado (C3), por ende, para la comparación de las curvas de fragilidad propuestas por Hazus, se lo considera como tipología estructural dominante. En esta zona existe una edificación tipo S5 (pórticos de acero con mampostería de bloque).

Según la zonificación geotécnica del suelo, el área de estudio se encuentra en un suelo de depósito deltaico- estuarino, tipo E, por lo cual el castigo es medio.

Se concluye que, 757 edificaciones tienen un grado de vulnerabilidad bajo, lo que representa el 97% del total de las estructuras evaluadas, 11 edificaciones con un grado de vulnerabilidad medio, lo cual representan un 1.5% y 11 edificaciones con un grado de vulnerabilidad alto correspondiente al 1.5% restante.

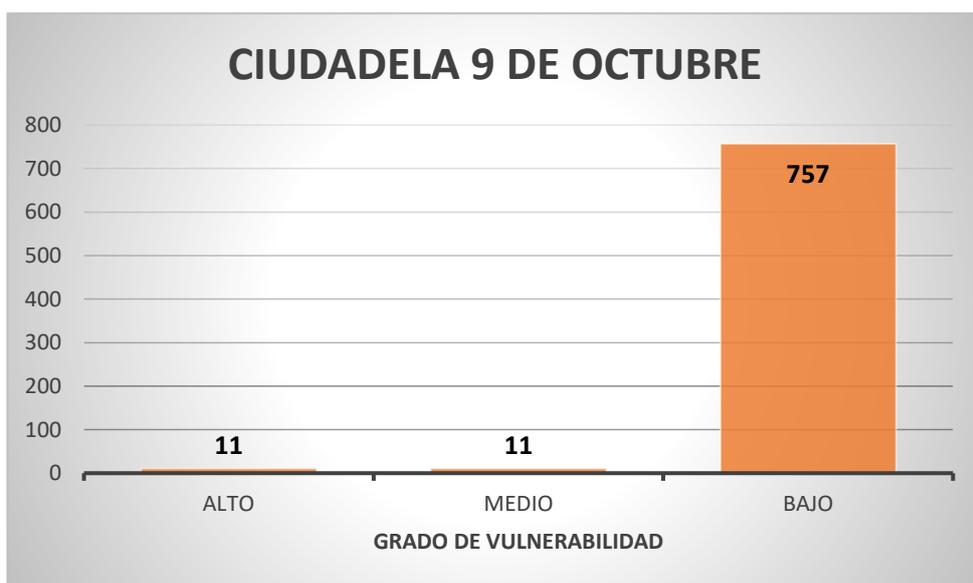


Figura 69. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela 9 de octubre

De igual forma que en las parroquias anteriores, tomando en cuenta la información previamente obtenida de manera general se puede clasificar a las estructuras de la siguiente manera:

- Estructuras con tipologías de hormigón armado
- Edificaciones en promedios de 2 a 3 pisos de altura
- Baja vulnerabilidad tras evento sísmico

Por las características de las edificaciones se optará por relacionarlas con las curvas de fragilidad propuestas por Hazus para estructuras de 1 a 3 pisos

5.5. Ciudadela Las Acacias



Figura 70 Levantamiento de información en la Ciudadela Las Acacias

Se realizó el levantamiento de 1004 edificaciones correspondientes a la ciudadela Las Acacias, donde la mayoría son edificaciones de uso residencial, seguida por edificaciones de uso mixto, residencial, comercial incluyendo las oficinas y un pequeño grupo utilizadas de manera educativas y religiosas.

El 99.8% de las edificaciones son estructuras de pórticos de hormigón armado (C3), por ende, para la comparación de las curvas de fragilidad propuestas por Hazus, se lo considera como tipología estructural dominante. En esta zona existe una edificación tipo S5 (pórticos de acero con mampostería de bloque).

Según la zonificación geotécnica del suelo, el área de estudio se encuentra en un suelo de depósito deltaico- estuarino, tipo E, por lo cual el castigo es medio.

Se concluye que, 972 edificaciones tienen un grado de vulnerabilidad bajo, lo que representa el 97% del total de las estructuras evaluadas, 17 edificaciones con un grado de vulnerabilidad medio, lo cual representan un 1.5% y 15

edificaciones con un grado de vulnerabilidad alto correspondiente al 1.5% restante.

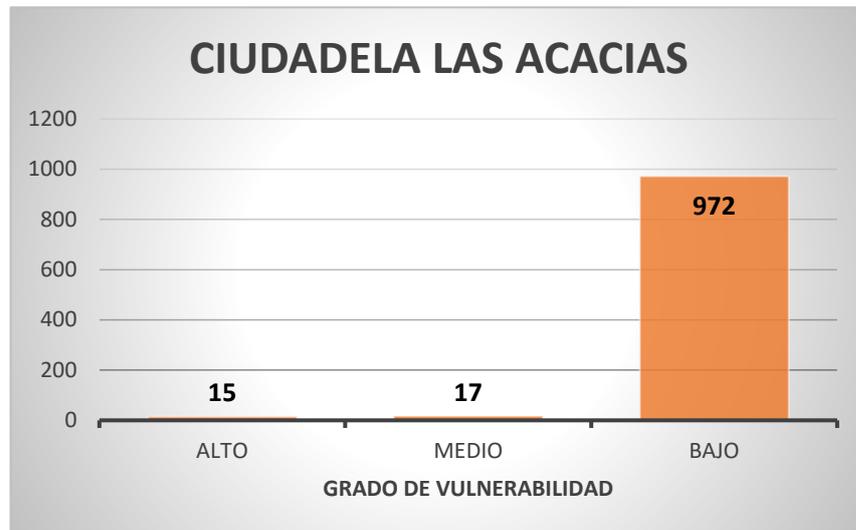


Figura 71. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones de la Ciudadela Las Acacias

De igual forma que en las parroquias anteriores, tomando en cuenta la información previamente obtenida de manera general se puede clasificar a las estructuras de la siguiente manera:

- Estructuras con tipologías de hormigón armado
- Edificaciones en promedios de 2 a 3 pisos de altura
- Baja vulnerabilidad tras evento sísmico

Por las características de las edificaciones se optará por relacionarlas con las curvas de fragilidad propuestas por Hazus para estructuras de 1 a 3 pisos.

5.6. Barrio Cuba



Figura 72 Levantamiento de información en el Barrio Cuba

Se realizó el levantamiento de 488 edificaciones correspondientes al Barrio Cuba donde la mayoría son edificaciones de uso residencial, seguida por edificaciones de uso mixto, residencial, comercial incluyendo las oficinas e industrial y un pequeño grupo utilizadas de manera educativas y religiosas.

El 96% de las edificaciones son estructuras de pórticos de hormigón armado (C3), por ende, para la comparación de las curvas de fragilidad propuestas por Hazus, se lo considera como tipología estructural dominante. En esta zona existe una edificación tipo S5 (pórticos de acero con mampostería de bloque) y una estructura de madera.

Según la zonificación geotécnica del suelo, el área de estudio se encuentra en un suelo de depósito deltaico- estuarino, tipo E, por lo cual el castigo es medio.

Se concluye que, 434 edificaciones tienen un grado de vulnerabilidad bajo, lo que representa el 88.9% del total de las estructuras evaluadas, 16 edificaciones con un grado de vulnerabilidad medio, lo cual representan un 3% y 38 edificaciones con un grado de vulnerabilidad alto correspondiente al 7.8% restante.

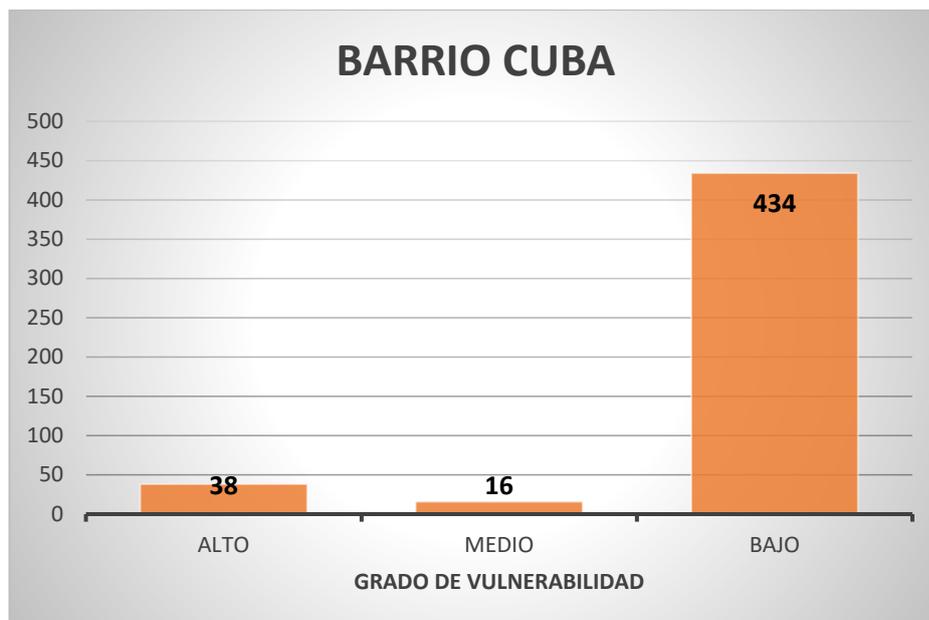


Figura 73. Grado de vulnerabilidad de las edificaciones del Barrio Cuba

De igual forma que en las parroquias anteriores, tomando en cuenta la información previamente obtenida de manera general se puede clasificar a las estructuras de la siguiente manera:

- Estructuras con tipologías de hormigón armado
- Edificaciones en promedios de 2 a 3 pisos de altura
- Baja vulnerabilidad tras evento sísmico

Por las características de las edificaciones se optará por relacionarlas con las curvas de fragilidad propuestas por Hazus para estructuras de 1 a 3 pisos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Una vez terminado los análisis de las edificaciones, es evidente la falta de control que existe al momento de iniciar una construcción, por tanto, la presencia de profesionales en el tema es esencial para la supervisión de esta. La falta de criterio de las personas al contratar a los llamados “maestros” implica problemas difíciles de visualizar en una inspección rápida que, ante eventos sísmicos, el sistema estructural de las edificaciones se verá afectado, poniendo en riesgo a los habitantes que la ocupan.

La ausencia de una base de datos que nos brinde la información necesaria sobre el proceso constructivo utilizado en cada predio implica un mayor grado de dificultad al momento de realizar el estudio de las estructuras.

A pesar de tener un gran porcentaje de grado de vulnerabilidad bajo, se puede evidenciar que mientras más difícil sea la situación social y económica del sector, más problemas de construcción existe.

El Barrio Cuba es la zona con más edificaciones con grado de vulnerabilidad alto, sin embargo, siendo un porcentaje bajo para la zona, el peligro sigue siendo alto para las personas.

El Barrio Centenario es una zona con el porcentaje más alto de grado de vulnerabilidad bajo, recordemos que fue una zona ideada para las personas más pudientes de la época, lo cual permitió la construcción de mansiones bajo el mando de profesionales extranjeros.

6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar medidas más rigurosas al momento de otorgar permisos de construcción o incentivar a los ciudadanos a realizar denuncias de construcciones clandestinas, que a la larga beneficiaran a todo el sector.

La actualización constante del formato de análisis de visualización rápida es fundamental para tener resultados más precisos. Lograr tener un formato más rápido de llenado y más fácil de entenderlo, ayudará a capacitar a personas para lograr abarcar más áreas de estudio en un menor tiempo.

No contar con curvas de fragilidad propias dificultan el análisis de las edificaciones, por lo cual es recomendable generar curvas de fragilidad, aunque sea para la tipología dominante de cada zona de estudio, en este caso para pórticos de hormigón armado (C3).

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, R., & Bobadilla, C. (2005). Curvas de fragilidad para estructuras de H/A de Ecuador menores a siete pisos. Revista Ciencia. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército.
- Bobadilla, C. (2005). Curvas de Fragilidad y evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de estructuras. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica del Ejército.
- Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica.
- Charón, J., Ramírez, J., & Portela, G. (s.f.). *Inspección Rápida para Estructuras a ser Consideradas para Desalojo Vertical*.
- Comité NEC. (2014). Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente. Ecuador: Dirección de Comunicación Social MIDUVI.
- Coronel, G., & López, O. (2013). Metodología para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela mediante curvas de fragilidad. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela.
- Federal Emergency Management Agency. (2017). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. USA: Government Printing Office.
- García, P. (11 de Agosto de 2021). ¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica? Geo innova.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2006). Los Sistemas de Información Geográfica. Geoenseñanza.
- Maldonado Cueva, N. P., & Terán Díaz, P. A. (Enero de 2014). Análisis comparativo entre sistema de pórticos y sistema de paredes portantes

de hormigón (M2) para un edificio de vivienda de 6 pisos. Quito: Repositorio Escuela Politécnica Nacional.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2020). Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Ecuador: Consejo Técnico de Uso y Gestión del Suelo.

Orostegui Melendrez, N. (2020). Análisis de las ventajas y desventajas del método FEMA-154 empleando en la evaluación de edificaciones con posible riesgo sísmico. Lima.

Santovenia Díaz, J., Tarragó Montalvo, C., & Cañedo Andalia, R. (2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. Acimed.

Secretaría de Gestión de Riesgos, & GEOESTUDIOS S.A. (s.f.). Elaboración del documento de la Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la ciudad de Guayaquil según la norma Ecuatoriana de la Construcción 2011. Ecuador.

Secretaría de Gestión de Riesgos, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, & Oficina de ayuda humanitaria y protección civil. (2015). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Quito.



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Castillo Rodríguez, Rhay Steven** con C.C: # **0927018093** autor/a del trabajo de titulación: **Evaluación de tipologías estructurales existentes en el sur de Guayaquil, en la zona que comprende: el Barrio Centenario, Ciudadela La Saiba, Los Almendros, 9 de Octubre, Las Acacias y el Barrio Cuba**, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 23 de septiembre de 2022

f. _____

Nombre: **Castillo Rodríguez, Rhay Steven**

C.C: **0927018093**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación de tipologías estructurales existentes en el sur de Guayaquil, en la zona que comprende: el Barrio Centenario, Ciudadela La Saiba, Los Almendros, 9 de Octubre, Las Acacias y el Barrio Cuba.		
AUTOR(ES)	Castillo Rodríguez, Rhay Steven		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	23 de septiembre de 2022	No. DE PÁGINAS:	64
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño, Estructuras, Construcción.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Curvas de fragilidad, FEMA-154, Tipología del sistema estructural, SIG, Vulnerabilidad sísmica, Hazus.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): La finalidad del presente trabajo de titulación es crear una base de datos digital georreferenciada mediante el sistema de información geográfica, con la ayuda de un estudio de campo, en la cual se evalúan a las edificaciones existentes en las diferentes zonas de estudio del sur de Guayaquil, utilizando el formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones con base al FEMA-154, permitiendo saber la tipología estructural y el grado de vulnerabilidad ante eventos sísmicos, para luego poder relacionarlas con curvas de fragilidad existentes propuestas por otros autores bajo normativas extranjeras. Esta relación posibilita entender su comportamiento y así generar planes de contingencia en caso de eventos caóticos, intervenir en viviendas de alto riesgo y establecer soluciones que permitan disminuir la falta de criterio al momento de realizar una construcción, para lograr tener una ciudad con edificaciones seguras y duraderas que cumplan con criterios estructurales y normativas vigentes.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-979200846	E-mail: rhaycastle@hotmail.com Rhay.castillo@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos Teléfono: +593-4-2206956 E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			