



**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**VULNERABILIDAD SISMICA Y PROPUESTAS DE REFORZAMIENTO
DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO EN GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO
PREVIO A OPTAR EL GRADO DE: INGENIERO CIVIL CON
CONCENTRACIÓN EN ESTRUCTURAS**

Autor: Diego Toscano

Tutor: Alex Villacrés Sánchez

Samborondón, AGOSTO-2015

CERTIFICACIÓN FINAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante Diego Ricardo Toscano Segura, que cursa estudios en la escuela de Ingeniería Civil, dictado en la Facultad de Arquitectura de la UEES.

CERTIFICO:

Que he revisado el trabajo de titulación con el título: Métodos de reforzamiento de estructuras de hormigón armado construidas hace más de cincuenta años en la ciudad de Guayaquil, presentado por el estudiante Diego Ricardo Toscano Segura, con cédula de ciudadanía n.º 0803164482, como requisito previo para optar por el Grado Académico de Ingeniero Civil, y considero que dicho trabajo investigativo ha incorporado y corregido las sugerencias y observaciones solicitadas por los miembros del tribunal, por lo tanto reúne los requisitos y méritos suficientes y necesarios de carácter académico y científico para presentarse a la DEFENSA FINAL.

Ing. Alex Villacrés

Tutor

Samborondón, Agosto de 2015

DEDICATORIA

Este trabajo investigativo está dedicado a mis padres, a mis hermanos y a mi familia, pues ellos son la base fundamental para que haya logrado terminar esta linda etapa de mi vida. Con el apoyo de mis padres, Juan Toscano y Jenny Segura, pude sacar adelante este proyecto y lograr conseguir el objetivo de culminar mi carrera de manera.

Diego Ricardo Toscano Segura

RECONOCIMIENTO

Debo agradecer de manera muy especial y sincera a mi tutor, el Ingeniero Alex Villacrés, quien me guió durante todo el proceso de titulación, dándome todas las herramientas y conocimientos necesarios para alcanzar la culminación de este proyecto; de igual manera agradezco a mi hermana Lourdes Toscano por su apoyo, y a la Arquitecta María de Lourdes Aburto por el conocimiento e información compartida.

Agradezco de manera infinita a todos aquellos que de una u otra manera a colaboraron para la culminación de este trabajo.

Diego Ricardo Toscano Segura.

ÍNDICE GENERAL

Certificación final de aprobación del tutor.....	I
Dedicatoria.....	II
Reconocimiento.....	III
Resumen.....	XI
Introducción.....	1
Capítulo 1: El Problema.....	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	5
1.2.1 Título.....	5
1.2.2 Subtitulo.....	6
1.2.3 Criterios del planteamiento del problema.....	6
1.2.4 Línea de investigación.....	6
1.2.5 Valor científico.....	6
1.3 Sistematización del problema o sub preguntas de investigación.....	7
1.3.1 Fundamentación.....	7
1.3.2 Campo de acción.....	8
1.3.3 Preguntas de la investigación.....	11
1.3.4 Hipótesis.....	11
1.4 Objetivos Generales.....	11
1.5 Objetivos Específicos.....	12
1.6 Justificación.....	12
Capítulo 2: Marco Referencial.....	14
2.1 Referentes de investigación.....	14

2.1.1 Ingeniería civil.....	14
2.1.2 Tipos de acciones o cargas.....	17
2.1.3 Tipos de fuerzas internas.....	18
2.1.4 Tipos de suelos en Guayaquil.....	20
2.1.5 Sismicidad y tectónica.....	21
2.1.6 Historia sísmica en Ecuador.....	28
2.1.7 Configuración estructural.....	29
2.1.8 Exigencias básicas de una estructura.....	33
2.1.9 Sistema estructural de hormigón armado.....	34
2.1.10 Vida útil de los edificios de hormigón armado.....	35
2.1.11 Historia de construcciones en hormigón armado en Guayaquil.....	37
2.1.12 Métodos de reforzamiento.....	38
2.2 Estado del Arte del estudio de vulnerabilidad.....	47
Capítulo 3: Metodología.....	51
3.1 Diseño de la investigación.....	51
3.1.1 Metodológica.....	51
3.1.2 Experimento de Evaluacion.....	51
3.1.2.1 Objetivo.....	51
3.1.2.2 Justificación.....	52
3.1.2.3 Jerarquización de la información de campo y de gabinete.....	52
3.2 Metodología General.....	54
3.3 Metodología Particular.....	54
3.3.1 Ubicación del levantamiento arquitectónico-estructural de las edificaciones.....	54
3.3.2 Procedimiento.....	55
3.3.2.1 Registro.....	55
3.3.2.2 Procedimiento para el análisis de datos de las actividades 1, 2 y 3.....	55

Capítulo 4: Procesamiento, análisis e interpretación de resultados.....	57
4.1 Procesamiento.....	57
4.1.1 Estudios de referencia utilizados para el análisis del área de estudio.....	57
4.1.2 Identificación de los edificios de hormigón armado con más de 50 años en Guayaquil.....	71
4.1.3 Clasificación de estructuras.....	74
4.2 Análisis.....	76
4.2.1 Evaluación cualitativa del estado de los elementos estructurales.....	76
4.2.2 Evaluación cualitativa de las características dinámicas de las estructuras.....	78
4.2.3 Diagnósticos cuantitativos y cualitativos de vulnerabilidad estructural y no estructural.....	79
4.3 Interpretación de resultados.....	81
4.3.1 Análisis Comparativo de las diferentes edificaciones analizadas.....	87
4.3.1.1 Tipología constructiva.....	88
4.3.1.2 Características dinámicas de las estructuras.....	91
4.3.1.3 Vulnerabilidad Sísmica.....	94
4.3.1.4 Índice de vulnerabilidad.....	96
4.3.1.5 Reforzamiento.....	101
4.3.2 Aplicación de metodología en un caso de estudio.....	103
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.	117
5.1 Conclusiones.	117
5.2 Recomendaciones.....	118
Bibliografía.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 Representación gráfica de un elemento sometido a Fuerza de tracción.....	18
Fig.2 Representación gráfica de un elemento sometido a fuerza de compresión.....	19
Fig.3 Representación gráfica de un elemento sometido a fuerza de corte.....	19
Fig.4 Representación gráfica de un elemento sometido al momento de flexión.....	19
Fig.5 Representación gráfica de un elemento sometido al momento de torsión.....	20
Fig.6 Curvas de peligro sísmico.....	25
Fig.7 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de irregularidad vertical.....	31
Fig.8 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de irregularidad en planta.....	31
Fig.9 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de Piso suave.....	32
Fig.10 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de Impactos entre los edificios.....	32
Fig.11 Imagen de preparación de cimentación para aumento de sección.....	40
Fig.12 Imagen de hormigón proyectado en columna.....	41
Fig.13 Imagen de Columna con planchas de acero unidas.....	42
Fig.14 Imagen de Edificio con arriostramiento diagonal exterior.....	43
Fig.15 Imagen de vista en corte de ubicación de refuerzos adicionales.....	44
Fig.16 Imagen de ubicación de acero de refuerzo longitudinal.....	45
Fig.17 Imagen de planchas de acero colocas en viga.....	46
Fig.18 Imagen de rociado de hormigón en parte inferior de losa.....	47

Fig.19 Mapa para diseño sismico.....	62
Fig.20 Formato de espectro de respuesta.....	68
Fig.21 Espectro de respuesta calculado	70
Fig. 22. Plano de Guayaquil de 1952.....	82
Fig.23 Plano base de zonas de estudio.....	83
Fig.24 Imagen de volumetría de la Zona 1.....	84
Fig.25 Imagen de volumetría de la Zona 2.....	85
Fig.26 Imagen de volumetría de la Zona 3.....	85
Fig.27 Imagen de volumetría de la Zona 4.....	86
Fig.28 Imagen de volumetría de la Zona 5.....	86
Fig.29 Alturas de edificios.....	89
Fig.30 Época de construcción.....	89
Fig.31 Proporcionalidad de masas	90
Fig.32 Simetría de edificios.....	92
Fig.33 Riesgo de impacto.....	92
Fig.34 Irregularidad vertical.....	93
Fig.35 Factor de importancia.....	95
Fig.36 Irregularidad en planta.....	95
Fig.37 Categorías de Edificios	100
Fig.38 Métodos de reforzamiento	103
Fig.39 División de zonas.....	109
Fig.40 Plano de isometría del emplazamiento urbano donde se localiza la edificación analizada.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de suelos en Guayaquil.....	21
Tabla 2. Variables del peligro Sísmico en Guayaquil.....	23
Tabla 3. Escalas de medición de sismos.....	27
Tabla 4. Tabla para Función Daño para estructuras de Hormigón.....	30
Tabla 5. Clasificación de edificaciones.....	35
Tabla 6. Niveles de desempeño.....	39
Tabla 7. Análisis de estudio de suelos.....	59
Tabla 8. Clasificación de perfiles de suelo.....	60
Tabla 9. Tipos de suelo y factor de sitio F_s	61
Tabla 10. Tipos de suelo y factor de sitio F_d y F_a	61
Tabla 11. Tipo de uso, destino e importancia.....	63
Tabla 12. Coeficiente de reducción de respuesta R	65
Tabla 13. Clasificación de edificaciones para estudio de diseño sismo-resistente.....	73
Tabla 14. Análisis comparativo de Tipología Arquitectónica.....	85
Tabla 15. Análisis comparativo Características Dinámicas de las estructuras.....	88
Tabla 16. Análisis Comparativo Vulnerabilidad Sísmica.....	91
Tabla 17. Índice de vulnerabilidad.....	95
Tabla 18. Análisis Comparativo de Reforzamiento estructural.....	98
Tabla 19. Registro Fotográfico.....	109
Tabla 20. Ficha técnica de caso de estudio.....	111
Tabla 21. Ficha técnica de caso de estudio.....	111

ANEXOS

Anexo 1. Fichas técnicas de las edificaciones.....	112
Anexo 2. Coeficiente sísmico de los edificios.....	132
Anexo 3. Periodos de vibración de los edificios.....	133
Anexo 4. Estudios de suelo.....	134

Resumen

En base a las posibilidades de análisis que ofrece la Ingeniería civil, y de manera particular el reforzamiento estructural, se plantea generar tres etapas de investigación, la primera corresponde a una fase teórica-metodológica (F-I) que permita establecer los referentes de análisis para acotar y conducir el giro la investigación.

Con respecto a la segunda etapa se elaborará un análisis del estado de conservación y calidad constructiva de las edificaciones seleccionadas de hormigón armado construidas hace 50 años y que se localizan en el centro histórico de la ciudad de Guayaquil (F-II), para ello se aplicaran los trabajos de campo y gabinete.

La tercera etapa corresponde a la síntesis, conclusiones y generación (F-III) de los argumentos y discursos necesarios, para identificar la realidad de la problemática planteada, a partir del análisis del cualitativo y cuantitativo, en base a los resultados de la Fase I y Fase II, así como de marcos teóricos establecidos de los referentes de análisis propuestos.

De tal manera, que se determinen los métodos a emplear para el reforzamiento estructural de las edificaciones seleccionadas de hormigón armado construidas hace cincuenta años y que se localizan en el centro histórico de la ciudad de Guayaquil.

Introducción

Considerando que en Ecuador se dió inicio a la generación de políticas y estrategias nacionales para enfrentar desastres a través de un órgano gubernamental, es importante poner atención a la reducción de desastres y de manera particular a los provocados por los sismos o temblores. Importancia motivada ya que un desastre es un siniestro o calamidad que en el momento de ocurrencia supera la capacidad de los recursos humanos y tecnológicos, disponibles por las autoridades de la región afectada para atender la emergencia.

Al respecto, en Ecuador se ha registrado cada año miles de temblores, la mayoría de los cuales han sido imperceptibles para la población, así como en algunas ocasiones algunos eventos de mayor magnitud. Marcando una historia sísmica desde 1541 con un registro de 37 terremotos con medición mayor a 7 grados en la escala Mercalli, ocasionado aproximadamente 80 mil muertes, con daños entre leves y significativos.

De manera particular en el tema de desastres sísmicos es importante estudiar la *Peligrosidad Sísmica*, tomando en cuenta la cuantificación de la amenaza de terremotos en un emplazamiento como consecuencia de los fenómenos primarios y secundarios que acompañan a un terremoto. Más aun cuando se considera que parte de las provincias como Guayas, Esmeraldas y Manabí, están señaladas con una vulnerabilidad de peligro sísmico que debe ser considerado de acuerdo a los valores establecidos por el NEC 2011. Las consecuencias que existen ante la presencia de un evento sísmico, llevan una relación directamente proporcional a la intensidad y magnitud del mismo, las cuales pueden llegar a ser desde

movimientos leves e imperceptibles hasta movimientos que causen la pérdida de estructuras como edificios, puentes, etc., y sobre todo la pérdida de vidas humanas.

Pero sobre todo se debe estudiar las consecuencias de los sismos en las edificaciones construidas con un sistema constructivo de hormigón armado, hace más de 5 décadas, que en algunos de los casos no se tomaron en cuenta las medidas preventivas para evitar fallas estructurales por un acontecimiento de sismo. Esto no es un tema fácil de solucionar, se requiere reforzar el sector inmobiliario ya edificado, principalmente en el sector urbano del centro de la ciudad de Guayaquil.

En Guayaquil existen varias edificaciones en hormigón armado que tiene una considerable edad. Dichas edificaciones suelen presentar ciertas anomalías o problemas debido al paso del tiempo, principalmente en los elementos estructurales propiamente.

Además del tiempo, existen otros factores que también influyen en el deterioro de los elementos estructurales como los aumentos de cargas que no estaban consideradas en el diseño original.

Los problemas que se pueden observar no sólo influyen en el aspecto estético de los edificios, sino también en el ámbito de la funcionalidad y de serviciabilidad, los cuales en la ingeniería son tema de mucha mayor relevancia. Debido a esta importancia, los profesionales en esta rama

siempre están procurando darle todos los cuidados necesarios a las edificaciones para que los problemas estructurales sean minimizados y no ocasionen complicaciones de mayor magnitud que puedan llevar al colapso de la estructura y por lo tanto a un desastre.

En este marco, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (Miduvi) puso en manos de la Cámara de la Construcción, la actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) que recoge 11 capítulos sobre las regulaciones sismoresistentes y requisitos necesarios de diseño y de construcción. Sin embargo, ante la falta de control durante las construcciones, este código no incluye sanciones, aunado a ello que la responsabilidad de que las construcciones no cumplan con las normas técnicas recaen sobre los municipios, los cuales aún no son tan rigurosos en su cumplimiento, por ello la presente investigación contribuirá en indicar las medidas correctivas evidenciando que tan importante es el reforzamiento de estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años en la ciudad de Guayaquil.

Capítulo 1: El problema

1.1 Planteamiento del problema.

Los sismos o terremotos, son movimientos producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra. Esta energía se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones. El punto en que se origina el terremoto se llama foco o hipocentro; este punto se puede situar a un máximo de unos 700 Km hacia el el centro del planeta.

En el Ecuador, la sismicidad tiene tres grandes fuentes de generación:

- Sistema de subducción de la placa Nazca por debajo de la placa Sudamericana, como principal causa.
- Falla continental, como segunda causa.
- Sismicidad asociada al vulcanismo activo, como tercera causa.

Por lo tanto, Ecuador está localizado en una zona de alta sismicidad por la actividad tectónica que se presenta cerca de sus costas.

Es importante entonces entender que las causas de los terremotos tectónicos son las tensiones creadas por los movimientos de las placas tectónicas que forman la corteza terrestre. La mayoría de los sismos tectónicos se producen en los límites entre dichas placas.

Conociendo entonces que Ecuador está en una subducción de penetración de una placa oceánica debajo de una placa continental, se tendrá en consideración que se provocaran terremotos. Ya que además la placa de Nazca está penetrando a la placa Sudamericana, por lo cual, esta se resiste hasta que rompe la inercia, generándose por lo tanto, un movimiento, razón fundamental para que se presente terremotos en el Ecuador. A este fenómeno o movimiento se le conoce como subducción quiere decir que las placas se deforman; se tiene el caso que la placa de Nazca está empujando a la placa sudamericana constantemente a una velocidad promedio de 6 centímetros por año.

Así entonces, la vulnerabilidad sísmica de una ciudad, deberá ser analizada bajo los referentes de la evaluación de la zonificación sísmica, amenaza geológica, clasificación de las propiedades del suelo zonal o local, análisis de la respuesta dinámica de los depósitos, evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura, planificación urbana y la evaluación de la **vulnerabilidad de las estructuras de las edificaciones existentes**. Este último de gran importancia para el desarrollo de esta investigación de la tesis.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Título

Vulnerabilidad sísmica y propuestas de reforzamiento de estructuras de hormigón armado en Guayaquil.

1.2.2 Subtitulo

Estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años en la ciudad de Guayaquil.

1.2.3 Criterios del planteamiento del problema

- *Definición del objeto de estudio*

Estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años en la ciudad de Guayaquil.

- *Relación objeto - sujeto de estudio.*

Métodos de reforzamiento de estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años en la ciudad de Guayaquil.

- *Construcción del objeto de estudio.*

Definición de la relación tema-problema:

Reforzamiento de estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años en la ciudad de Guayaquil a través de la aplicación de un método estructural que responda a la vulnerabilidad sísmica.

1.2.4 Línea de investigación.

Ingeniería Civil-reforzamiento estructural de hormigón armado.

1.2.5 Valor científico

El tipo de estudio manifiesta un carácter analítico-crítico-propositivo, ya que trata de identificar los métodos de reforzamiento de estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años en la ciudad de

Guayaquil, para determinar cómo influye en la calidad de estabilidad estructural ante la vulnerabilidad sísmica.

Su valor científico se determina de la siguiente manera:

- Tema. reforzamiento estructural
- Clase: Ingeniería civil-hormigón armado
- Factor espacial: estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años.
- Tipo: Aplicación de métodos para el reforzamiento estructuras de hormigón armado construidas hace más de 50 años.
- Campo: Ciudad de Guayaquil.
- Tamaño: Límites de la ciudad hacia 1964.

1.3 Sistematización del problema o sub preguntas de investigación

1.3.1 Fundamentación

Existen varios aspectos a tomar en cuenta para poder determinar el grado de riesgo sísmico en el que se encuentra una edificación, los cuales dependen generalmente de su tipo configuración estructural, tipo de suelo y de sistema constructivo entre otras variables. El análisis completo de las variables que influyen en la determinación de valores que pueden llegar a darnos una idea más clara de la probabilidad de daño o colapso que experimentaría una estructura en caso de un movimiento de orden sísmico es una de las metas alcanzadas con esta investigación.

Las diferentes formas, detalles, alturas y números de pisos de cada edificación y su estructuras son factores que son visuales y que dan una pauta en cuanto a su comportamiento en caso de sismos.

Por ello la propuesta de esta investigación aportará en la innovación de los distintos métodos de reforzamiento estructural, basadas en al análisis detallado de los casos a ser estudiados bajo los referentes de funcionamiento, eficiencia, empleando métodos menos invasivos.

1.3.2 Campo de acción

Reforzamiento estructural, que forma parte de las estrategias de la Ingeniería Civil, la cual se fundamenta en generar la estabilidad de una estructura ante un sismo. Por lo tanto, el campo de acción referido al Reforzamiento estructural de estructuras de hormigón, busca determinar una metodología de reforzamiento para cada caso de estructura con sus respectivos sistemas constructivos y calidad de los materiales; es decir, hacer una evaluación del riesgo sísmico como requisito previo a la transferencia de bienes inmuebles, calculando las pérdidas económicas a partir de las variables específicas tales como:

- Pérdida Probable (PL)
- Pérdida Escenario (SL)
- Pérdida Anualizada Promedio (AAL)

El riesgo evaluado incluirá los daños por movimiento del suelo, la inestabilidad del terreno, las rupturas de la falla, los deslizamientos y licuefacción de suelos, los desplazamientos laterales, los asentamientos e

inundaciones causados por terremotos. Para ello se deberá determinar los diferentes tipos de evaluación de riesgo sísmico:

1.- Estabilidad del Edificio y Desempeño Sísmico (BS). Evaluación del desempeño sísmico y la estabilidad del edificio.

2.- Estabilidad del sitio (SS). Evaluación de la estabilidad del sitio por fallas, licuefacción del suelo, deslizamientos de tierra, u otra respuesta “*in situ*” que pudiera amenazar la estabilidad del edificio o causar daños durante un terremoto.

3.- Riesgo sísmico (BD). Evaluación de la vulnerabilidad y pérdidas que se podrían producir en un edificio o grupo de edificios por el peligro sísmico existente en el sitio de emplazamiento de las estructuras. La evaluación incluye el cálculo de pérdidas para un escenario específico (SL), pérdida probable (PL), pérdida anualizada promedio (AAL) o todas las anteriores.

4.- Vulnerabilidad y pérdidas en el contenido (CD). Evaluación de la vulnerabilidad y pérdidas en el contenido del edificio. Además, hay que tomar en cuenta el objetivo de la evaluación de la estabilidad de sitio, que se refiere a determinar si el edificio está localizado en un sitio que puede ser sujeto de inestabilidad debido a terremotos inducidos por rupturas de falla superficial, licuefacción de suelos, hundimiento, asentamiento, deslizamiento, tsunami, etc.

Asimismo, se deberá determinar la Zona de falla sísmica activa, la Zona de Falla Sísmica potencialmente activa y los Peligros Sísmicos Significativos.

Con respecto al diseño de nuevos elementos que se adicionen a la estructura, dentro de la estrategia de rehabilitación, deberán diseñarse de acuerdo a las normatividad establecida. La memoria de rehabilitación deberá contemplar: descripción de la estructura, configuración, deficiencias, estrategias de rehabilitación , modelos generados, propiedades de los materiales, curvas momento-curvatura, curvas-rotación, acciones gravitacionales y sísmicas consideradas, proceso de análisis, criterios de aceptación y su cumplimiento.

Por otra parte, se recomienda utilizar el procedimiento de *inspección y evaluación rápida de estructuras*, el cual se deberá aplicar para identificar, inventariar y clasificar las estructuras de acuerdo a indicadores visuales de riesgo sísmico. Constituyendo a éste en un Sistema apropiado en estudios de riesgo sísmico a nivel urbano o regional, para identificar aquellas estructuras que necesitan de una evaluación estructural a detalle.

El levantamiento de información sobre la configuración del edificio, sus componentes, el sitio de implantación, la cimentación y de las estructuras adyacentes, debe ser obtenido de acuerdo a la metodología propuesta; la información recabada debe tener el detalle suficiente para permitir la clasificación de los componentes como principales, secundarios y no estructurales, su modelación y análisis por el método seleccionado.

Las etapas de rehabilitación sísmica a tomar en cuenta a partir de la ejecución de un estudio de rehabilitación debe contener: definición del objetivo de rehabilitación, selección de estrategias de rehabilitación, levantamiento de información y ensayos, modelación, análisis y criterios de aceptación, diseño y rehabilitación.

1.3.3 Preguntas de la investigación

¿Influye la calidad estructural del hormigón armado en la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas hace 50 años en la Ciudad de Guayaquil?

¿La aplicación de métodos de reforzamiento estructural a las edificaciones construidas hace más de cincuenta años en la Ciudad de Guayaquil en hormigón armado garantizan minimizar la vulnerabilidad sísmica?

¿Los criterios del reforzamiento estructural sismo-resistente garantizan el diseño de métodos adecuados para la calidad estructural del hormigón armado en las edificaciones construidas hace cincuenta años en la Ciudad de Guayaquil?

1.3.4 Hipótesis

Los edificios de hormigón armado de más de cincuenta años en la ciudad de Guayaquil presentan vulnerabilidad sísmica.

1.4 Objetivo General

Identificar la vulnerabilidad y proponer métodos para el reforzamiento de estructuras de hormigón armado existentes con más de cincuenta años de antigüedad en Guayaquil.

1.5 Objetivos específicos

1. Analizar las estructuras de hormigón armado construido en Guayaquil hace más de cincuenta años, desde el punto de vista de la sismo-resistencia.
2. Determinar las fallas o debilidades que presentan en las estructuras debido al paso del tiempo que las hacen vulnerables a los sismos.
3. Proponer métodos para mejorar el desempeño en caso de sismos de las estructuras de hormigón armado de Guayaquil con cincuenta años de antigüedad mediante reforzamiento estructural.

1.6 Justificación

Las construcciones de hormigón armado de edades de 50 años o superiores en la ciudad de Guayaquil fueron realizadas en épocas donde todavía no existían códigos de construcción con los lineamientos o medidas necesarias para que tales estructuras puedan estar preparadas para un posible evento sísmico. Es por ello que este tipo de estructuras deberían ser sometidas a un reforzamiento estructural, el cual les permita reducir la vulnerabilidad y el riesgo sísmico.

Además, debido al poco mantenimiento y cuidado que se les suele dar a las estructuras en la ciudad, los problemas de los elementos estructurales se intensifican, por esa razón se debe encontrar los métodos adecuados para reforzar dichas estructuras, ya que estos métodos se deben utilizar como medida preventiva ante un desastre o colapso.

Lograr incrementar la serviciabilidad y la capacidad de resistir cargas de una estructura es el objetivo principal de los métodos de reforzamiento de estructuras. Se hace evidente la necesidad de utilizar métodos de reforzamiento estructural básicamente cuando se presentan errores tanto en la etapa constructiva o como en el diseño de la estructura, aunque también se suele presentar adiciones de cargas a las del diseño original las cuales también obligan a realizar reforzamiento estructural para evitar problemas mayores en el futuro.

Anteriormente existían pocos métodos de reforzamiento estructural que presentaban alguna falencia por lo cual no eran demasiado utilizados. En la actualidad existen más y mejores métodos de reforzamiento con la creación de nuevos productos avanzados que han colaborado con el desarrollo de técnicas más eficientes de reforzamiento. Sin embargo a pesar de existir estas nuevas técnicas, en el país son poco utilizadas y además todavía no se cuenta con un manual de uso, ni normado bajo ningún código de reforzamiento estructural, es por esto que los métodos de reforzamiento no se han difundido mayoritariamente y su uso no es muy frecuente.

Por lo tanto, ante la evidente necesidad de reforzar las estructuras antiguas de hormigón armado en Guayaquil, se justifica la búsqueda de métodos de reforzamiento estructural adecuados, viables y eficientes que considere todas las normativas vigentes para su seguridad ante un sismo.

Capítulo 2.- Marco Referencial

A través del Marco teórico se definirá el problema de investigación según los referentes temáticos, en el contexto en que se desarrollan y los objetivos propuestos. Por lo que los referentes a ser considerados son: ingeniería civil, tipos de acciones y cargas, tipos de fuerzas internas, tipos de suelos en Guayaquil, sismicidad y tectónica, historia sísmica en Ecuador, configuración estructural, exigencias básicas de una estructura, sistema estructural de hormigón armado, vida útil de los edificios de hormigón armado, inicios de construcciones en hormigón armado en Guayaquil.

2.1 Referentes de investigación

2.1.1 Ingeniería civil

Es importante tomar en cuenta algunos conceptos que se utilizan en la Ingeniería Civil, como marco teórico referencial para el objetivo de esta investigación tales como:

- **Aceleración espectral:** Respuesta de aceleración máxima absoluta a un periodo dado de un sistema estructural.
- **Acero:** se refiere a un material utilizado para refuerzo de elementos estructurales por su comportamiento elástico-dúctil,

formado por una aleación de elementos, dentro de los cuales se destaca en mayor proporción el hierro y el carbono.

- **Aislación basal:** es un sistema conformado por dispositivos conocidos como aisladores que ayudan en eventos sísmicos a cambiar la manera en la que el suelo transmite los movimientos a la estructura.
- **Cadenas o vigas de amarre:** son elementos construidos de hormigón armado que van ubicados en los extremos superiores de los muros de albañilería, y que tienen como función transmitir los esfuerzos laterales generados por la acción sísmica o de viento sobre esos muros en dirección perpendicular.
- **Columnas:** se refiere a elementos verticales que transmiten las cargas verticales a la cimentación.
- **Ductilidad:** es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse. (Estructura, 2002)
- **Espectro:** es la representación gráfica que permite mostrar los valores máximos de una variable de respuesta (por ejemplo el desplazamiento) de un sistema de un grado de libertad como función de la frecuencia propia de vibración del sistema, cuando es sometido a una excitación dada. (Estructura, 2002)
- **Cimentaciones:** son los elementos que se encargan de transmitir al suelo las cargas producidas en la superestructura. (Estructura, 2002)
- **Hormigón:** se refiere a un material compuesto por una mezcla de grava, arena, cemento y agua en proporciones adecuadas que alcanza grandes resistencias en especial a la compresión.

- **Hormigón armado:** tipo de material constructivo que está conformado por el hormigón simple más reforzamientos de varillas de acero, este material es utilizado principalmente en elementos de la estructura de edificaciones.
- **Métodos Viables y sustentables:** se refiere a técnicas que sean aplicables para el país, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos.
- **Muros:** son elementos verticales que resisten cargas verticales y laterales que se presentan en su plano.
- **Período fundamental:** es el tiempo que demora un sistema que vibra en completar una oscilación Completa, normalmente se mide en segundos. Es el inverso de la frecuencia, que corresponde al Número de oscilaciones que el sistema completa por unidad de tiempo, normalmente se mide en Ciclos por segundo (hertz). (www.masterieg.uc.cl/docs/GlosarioIE, 2002)
- **Serviciabilidad:** se refiere a la propiedad o característica que debe tener una estructura para darle la sensación de estar seguros y confortables a los usuarios.
- **Suelos:** es el material natural que forma los primeros metros de la parte superficial de la corteza terrestre. (Estructura, 2002)
- **Sismos:** es el movimiento que se genera en el suelo principalmente por el choque de placas tectónicas.
- **Sismo de diseño:** Es la caracterización de los movimientos sísmicos en un sitio dado que deben utilizarse en la realización del diseño sismo resistente.
- **Superestructura:** se refiere a la parte de un edificio que está por sobre las fundaciones. Normalmente formada por elementos estructurales como muros, columnas, vigas, cadenas, losas de piso, etc. (Estructura, 2002)

- **Falla frágil:** se produce generalmente de manera violenta y repentina cuando el elemento llega a su máxima resistencia.
- **Falla dúctil:** es cuando un elemento llega a su máxima resistencia y comienza a presentar deformaciones de gran magnitud, conservando su resistencia.
- **Viga:** es un elemento estructural, normalmente ubicado en un plano horizontal, que cumple la función de transmitir las cargas que ocurren en un vano a los apoyos o elementos verticales (columnas o muros). (Estructura, 2002)

2.1.2 Tipos de acciones o cargas

- **Acciones verticales**

Carga Muerta: Son las que soporta de estructura de manera permanente dado que son producidas por el peso propio.

Carga Viva: Son las debidas a la ocupación o uso habitual de la estructura.

- **Acciones accidentales**

Cargas por viento: Son las producidas por las presiones y succiones que el viento origina sobre las superficies de las edificaciones.

Cargas por sismo: Son las que se producen por eventos sísmicos.

- **Acciones adicionales**

Se debe considerar las siguientes cargas sólo en la situación que su magnitud sea importante;

- *Acciones por líquidos:* Son las producidas por la presión perpendicular a la superficie de la edificación.
- *Acciones por tierra:* Son las producidas por el empuje de la tierra sobre la estructura de contención.
- *Acciones térmicas:* Son las producidas por las deformaciones que originan los cambios de temperatura.
- *Acciones por asentamientos diferenciales:* Son las producidas por las deformaciones originadas por los asentamientos diferenciales que se pueden originar en las edificaciones.
- *Acciones por fluencia o por retracción:* Son las producidas por las deformaciones que se originan por la fluencia o la retracción en los elementos de concreto armado.

2.1.3 Tipos de fuerzas internas

En los elementos estructurales se pueden presentar uno o varios de las siguientes fuerzas debido a las diferentes cargas a las que sea sometido:

1. Fuerza Axial. Se divide en dos tipos:
 - Tracción: Fuerza que tiende a aumentar la longitud de los elementos.

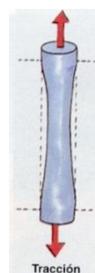


Fig.1 Representación gráfica de un elemento sometido a Fuerza de tracción. Fuente: (estudiantesmetalografia, 2012)

- Compresión: Fuerza que tiende a reducir la longitud de los elementos.



Fig. 2 Representación gráfica de un elemento sometido a fuerza de compresión. Fuente: (estudiantesmetalografia, 2012)

2. Fuerza de Corte: Fuerza que tiene la tendencia a cortar o deformar angularmente los elementos.

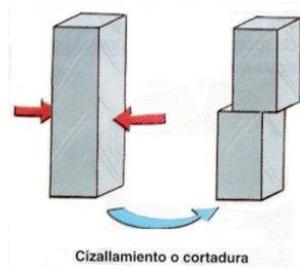


Fig.3 Representación gráfica de un elemento sometido a fuerza de corte. Fuente: (estudiantesmetalografia, 2012)

3. Momento de Flexión: Momento que tiende a flexionar o doblar los elementos.

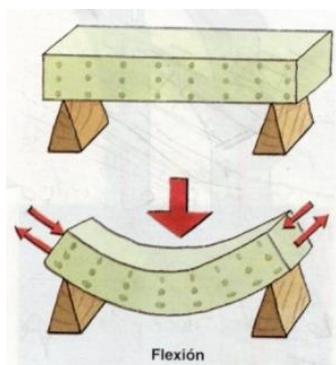


Fig.4 Representación gráfica de un elemento sometido al momento de flexión. Fuente: (estudiantesmetalografia, 2012)

4. Momento de Torsión. Momento que tiende torcer los elementos.

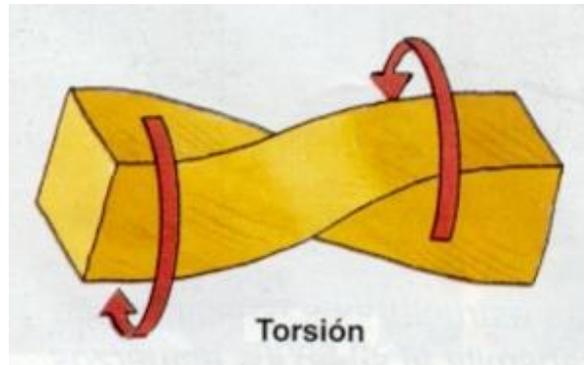


Fig.5 Representación gráfica de un elemento sometido al momento de torsión. Fuente: (estudiantesmetalografia, 2012)

2.1.4 Tipos de suelos en Guayaquil.

Los tipos de suelos en Guayaquil están determinados de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-2011), la cual establece seis tipos de suelos, que van desde roca competente hasta rellenos colocados sin control ingenieril. Para determinar la clasificación de los tipos de suelos se utiliza la tabla 2.3 que forma parte del NEC-2011.

Además, es importante considerar la caracterización geotécnica de los materiales tomando en cuenta los datos de estratificación, diaclasamiento, permeabilidad, expansividad y litología, entre otros.

TIPOS DE SUELOS EN GUAYAQUIL

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ KPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases: F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75) F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m) F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte. F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 1. Tipos de suelos en Guayaquil. Fuente: (NEC- 2011)

2.1.5 Sísmicidad y tectónica

Guayaquil, se localiza en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico” en donde se encuentran o colisionan las grandes placas tectónicas Nazca y Sudamericana más de 200 Km, situación que origina la mayor amenaza sísmica. En Guayaquil se considera que los sismos con distancia epicentral comprendida entre 200 y 300 km pueden ser amplificados por los suelos de arcillas blandas como las de tipo E que cubren una considerable área urbana. Por lo que la sísmicidad en el Ecuador se debe a las causas del sistema de subducción de la placa

Nazca por debajo de la placa Sudamericana; al fallamiento continental; y a la sismicidad relacionada al vulcanismo activo.

En Ecuador han ocurrido más de 97 sismos destructivos desde 1535 hasta la actualidad, uno de gran relevancia fue el sismo de Esmeraldas en 1906, registrando una escala de 8.9 Richter, por lo que ha sido catalogado como uno de los diez sismos de mayor magnitud en el mundo.

En Guayaquil los fallamientos de la corteza terrestre debido al tectonismo conforman una segunda fuente sismogénica que debe considerarse. Registrándose sismos con magnitudes M_s de hasta 6.8 grados y epicentros distantes 120 km o menos. Los daños han sido de mediana consideración, en edificaciones de pobre calidad o sísmicamente muy vulnerables. En este caso el sismo del 18 de Agosto de 1980, $M_s = 6.1$ e intensidad de la escala Mercalli Modificada $MM = 7$.

Además, se tiene registrado el sismo más intensamente sentido en la historia de Guayaquil fue el producido el 13 de Mayo de 1942, $M_s = 7.9$, $IMM = 9$, provocando el colapso de dos edificios de tipo comercial.

La evaluación del peligro sísmico y vulnerabilidad sísmica de Guayaquil se puede analizar a partir de la Tabla 2 que es el resultado de un estudio que consideró los referentes de distribución probabilística de magnitudes y la distribución probabilística de intensidades.

VARIABLES DEL PELIGRO SISMICO DE GUAYAQUIL

VARIABLES DEL PELIGRO SISMICO DE GUAYAQUIL FUENTE SISMICA	Ms	DISTANCIA EPICENTRAL	PERIODO DE RETORNO DE Ms ⁽¹⁾	INTENSIDAD M.M. MAXIMA ⁽²⁾	Ao ⁽³⁾ Cm/Seg ²	PERIODO DE RETORNO DE M.M. ⁽⁴⁾
Trinchera	7.0	150 a 350 km	22 años	VI	10 - 30 ⁽⁵⁾	12 años
de Subducción	7.5	“	38 años	VII	30 - 70	43 años
“	8.0	“	67 años	VIII	70 -120	86 años
“	8.5	“	141 años	IX	120 -200	235 años
“	9.0 ⁽⁶⁾	“	247 años ⁽⁶⁾	X ⁽⁶⁾	> 200	> 500 años ⁽⁶⁾
Sistemas de	5.8	30 a 120 km	23 años	VII	50 - 100	30 años
Fallas Locales	6.2	“	56 años	VIII ⁽⁶⁾	100 - 200	95 años
“	6.8 ⁽⁶⁾	“	206 años ⁽⁶⁾	IX ⁽⁶⁾	> 200	> 500 años ⁽⁶⁾

Tabla 2. Variables del peligro Sísmico en Guayaquil. Fuente:(Jaime Argudo, 1996)

(1) Período de retorno o recurrencia de eventos de magnitud de onda superficial “Ms” mayor o igual a la especificada

(2) Intensidad máxima de la escala Mercalli Modificada M.M. registrada para magnitudes y fuentes sismogénicas especificadas

(3) Aceleración máxima A_o en suelo suave del Tipo III para sismos de zona de subducción y en roca del Tipo I para zona local.

(4) Período de retorno de las intensidades.

(5) Aceleraciones calibradas con registros acelerográficos

(6) Eventos estimados por los modelos probabilísticos, sin precedentes históricos.

Es importante también considerar la Peligrosidad Sísmica vs Riesgo Sísmico, tomando en cuenta que la Peligrosidad Sísmica es la cuantificación de cualquier fenómeno como movimiento del suelo, licuefacción, etc. asociado con un terremoto. Generalmente se expresa, como la probabilidad de que el fenómeno sísmico se produzca. Con respecto al Riesgo sísmico se considera como a la cuantificación de las consecuencias sociales y económicas (vulnerabilidad) que puede producir un terremoto, expresado en función de la probabilidad de superación cierto valor durante un periodo de tiempo. Por lo tanto, el Riesgo Sísmico= Peligrosidad Sísmica * Vulnerabilidad.

Así tenemos entonces que los elementos que intervienen en el análisis de la peligrosidad sísmica son: el catalogo de terremotos de la región de estudio, las fuentes sismogénicas, el modelo de ocurrencia para cada fuente, y la ecuación para la estimación del movimiento del suelo a diferentes distancias.

El Análisis determinista de la Peligrosidad Sísmica requiere el conocimiento de los elementos básicos de delimitación de las diferentes fuentes sismógenas que intervienen en el estudio, de la selección dentro de cada fuente del máximo terremoto asociado, así como la distancia mínima al emplazamiento de estudio, de la determinación del efecto (movimiento del suelo) de cada uno de estos sismos de control en el emplazamiento, mediante la ecuación de atenuación. Se considera entonces que la peligrosidad es el peor efecto (movimiento del suelo mayor) que puedan inducir las distintas fuentes.

En el capítulo 2 del NEC-2011 se define la peligrosidad sísmica para las diferentes capitales de provincias del país, realizando una relación de la aceleración máxima esperada en roca (PGA) con la probabilidad de excedencia anual. A continuación se presenta la figura antes mencionada.

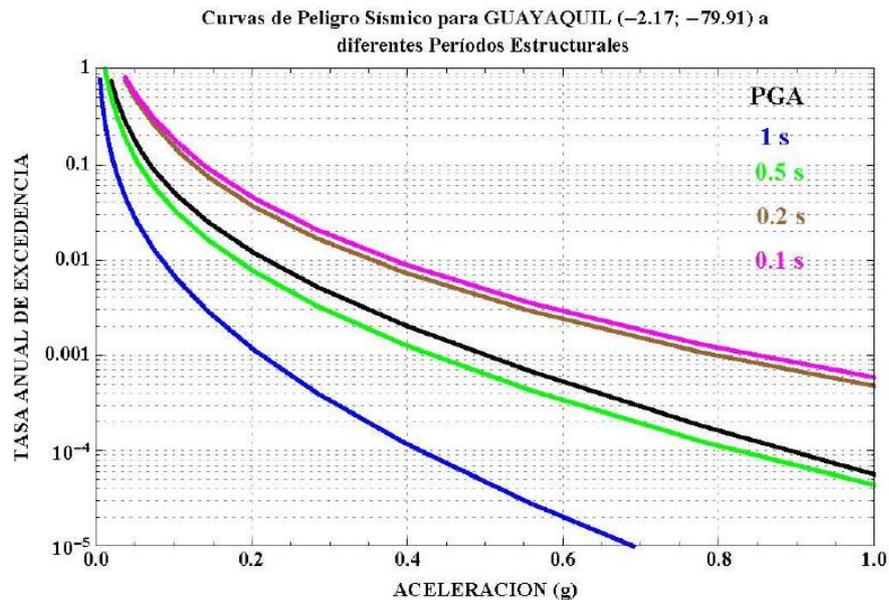


Fig.6 Curva de peligro sísmico para Guayaquil. Fuente:(NEC-2011 CAP. 2, 2013)

La definición de fuentes sismogénicas pueden ser: *las Fallas* de las cuales se debe especificar su geometría, su longitud de ruptura, su sentido de deslizamiento, y su segmentación, entre otros; *las Áreas*, para cuando existe dificultad de identificación de fallas, o no son observables, recurriéndose a áreas donde los terremotos, de carácter similar, pueden producirse; y las fuentes definidas caracterizadas a partir de los terremotos que estén distribuidos espacialmente con la misma probabilidad, de los terremotos que tengan una única distribución estadística de magnitud, y de los terremotos que sean independientes entre sí.

A lo referente a la estimación del movimiento del suelo se debe considerar de manera *empírica* a partir de datos obtenidos con acelerógrafos, para distintas magnitudes y distancias; y la *teórica* a través de la generación de movimientos del suelo teóricos a partir de modelos de fuente, camino y emplazamiento.

Por otra parte, se debe considerar las escalas de intensidad para la medición de sismos, para poder registrar la severidad de un terremoto en un área determinada. Considerando la magnitud de la cantidad de energía liberada, para determinar la magnitud se han diseñado dos escalas de medida para describir de forma cuantitativa los terremotos. Una de ellas es la escala de Richter, nombrada así por su correspondencia del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter, esta se fundamenta por medir la energía liberada en el foco de un sismo, siendo una escala logarítmica con valores mensurables entre 1 y 10; la otra escala es la Mercalli creada por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli, esta mide la intensidad de un temblor con gradaciones entre I y XII.

En ambas escalas es importante saber la magnitud de peligro o desastre provocado por un sismo en relación a la medida de intensidad, para ello se puede conocer a través de la siguiente tabla:

Escala de Mercalli		Escala de Richter	
I.	Casi nadie lo ha sentido.	2,5	En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos.
II.	Muy pocas personas lo han sentido.		
III.	Temblores notados por mucha gente, sin embargo, no suele darse cuenta de que es un terremoto.	3,5	Sentido por mucha gente.
IV.	Se ha notado en el interior de los edificios por mucha gente. Parece un camión que ha golpeado el edificio.		
V.	Sentido por casi todos; mucha gente se despierta. Pueden verse árboles y postes oscilando.		
VI.	Sentido por todos; mucha gente corre fuera de los edificios. Los muebles se mueven, pueden producirse pequeños daños.	4,5	Pueden producirse algunos daños locales pequeños.
VII.	Todo el mundo corre fuera de los edificios. Las estructuras mal construidas quedan muy dañadas; pequeños daños en el resto.		
VIII.	Las construcciones especialmente diseñadas dañadas ligeramente, las otras se derrumban.	6,0	Terremoto destructivo
IX.	Todos los edificios muy dañados, desplazamiento de muchos cimientos. Grietas apreciables en el suelo.		
X.	Muchas construcciones destruidas. Suelo muy agrietado.	7,0	Terremoto importante.
XI.	Derrumbe de casi todas las construcciones. Puentes destruidos. Grietas muy amplias en el suelo.	8,0 o más	Grandes terremotos
XII.	Destrucción total. Se ven ondulaciones sobre la superficie del suelo, los objetos se mueven y voltean.		

<http://oscarcong.blogspot.com/>

**Tabla 3. Escalas de medición de sismos.
Fuente:(<http://oscarcong.blogspot.com>)**

Hay que considerar entonces que en la ciudad de Guayaquil es un área de alta sismicidad, los riesgos por sismos son de gran atención, por lo que la energía que se alcanzaría a liberar en la zona frente a las costas, sería capaz de crear sismos de magnitud mayor a 6 en la Escala de Richter, que consecuentemente perturbarían a la ciudad. Por lo que es importante tomar las medidas pertinentes con respecto a una rehabilitación sísmica de edificios, que consiste en la evaluación y el diseño de sistemas para mejorar el desempeño sísmico de estructuras existentes en correspondencia con el cumplimiento de un objetivo de desempeño sísmico.

2.1.6 Historia sísmica en Ecuador.

Para comprender la historia sísmica en Ecuador hay que considerar las fuentes generadoras de los sismos que pueden causar terremotos con intensidad igual o mayor que VII (ver esta intensidad en la tabla correspondiente) de manera particular en Guayaquil. En dicha ciudad las fuentes y sus eventos con intensidad máxima reportadas son:

La zona Costera Noroeste ha producido 5 sismos con magnitud mayor a 7.0Ms, el más importante en 1942 produjo intensidad VIII; la zona Sur – Oriental ha generado 2 sismos con magnitud mayor o igual a 7.0Ms, el más importante en 1971 produjo intensidad VII; la zona Local ha producido 2 sismos con magnitud entre 6.0Ms y 7.0Ms, el más importante en 1980 ocasionó intensidad VII. (PROYECTO RADIUS DE GUAYAQUIL – ECUADOR, 1999)

En resumen se puede decir que la historia sísmica ha sido:

- Sismo del 9 de julio de 1653, con una de magnitud moderada ($6.0 < M_s < 7$).
- Sismo del 13 de mayo de 1942, manifestándose daños corresponden a los grados VIII y IX de Mercalli.
- Sismo del 30 de enero de 1943, con una magnitud de M_s 6.9. moderada intensidad (VI a VII grados Mercalli).
- Sismo del 26 de julio de 1971, magnitud considerable de $M_s = 7.5$ IV-V en la escala de Mercalli.
- Sismo del 18 de agosto de 1980, con una magnitud de $M_s > 6.0$.

2.1.7 Configuración estructural.

En el caso de la presencia de un sismo el nivel de daño a la construcción, está relacionado directamente a los factores asociados al nivel de daño en las estructuras tales como: el sistema estructural del edificio, materiales de construcción, cantidad de elementos estructurales, variaciones en la rigidez y resistencia, discontinuidades de rigidez y resistencia de elementos estructurales, forma del edificio, altura del edificio, simetría del edificio, tamaño en planta, proporcionalidad, irregularidades verticales, impacto entre edificios adyacentes, y calidad de la construcción.

Cabe mencionar que a través del PROYECTO RADIUS DE GUAYAQUIL - ECUADOR, se determinó factores que son más determinantes en los daños de una estructura, como:

- **Altura del edificio: número de pisos.** Este factor incide directamente en el comportamiento dinámico de la estructura, siendo el “periodo de la estructura”, el cual a su vez puede ser relacionado con el “periodo dominante del suelo” sobre el cual está cimentada la estructura. Además, este criterio argumenta que si el periodo de la estructura y el del suelo son coincidentes, se puede dar una amplificación de la intensidad de las vibraciones provocando un incremento de las fuerzas que actúan en la estructura.
- **Calidad de los diseños.** Este factor tiene relación con la antigüedad de construcción de las estructuras, relacionando que mientras más viejas sean son más vulnerables por haber sido construidas sin seguir criterio sismo resistente alguno o sin responder a los

requerimientos de un Código de Construcción. Además, este criterio argumenta que aquellas estructuras más modernas pueden ser consideradas menos vulnerables por su estado de conservación y por haber sido construidas con criterios sismo-resistentes. Para el caso de este referente se puede utilizar la siguiente tabla para poder relacionar el índice de vulnerabilidad sísmica con el porcentaje de daño, específicamente para estructuras de hormigón.

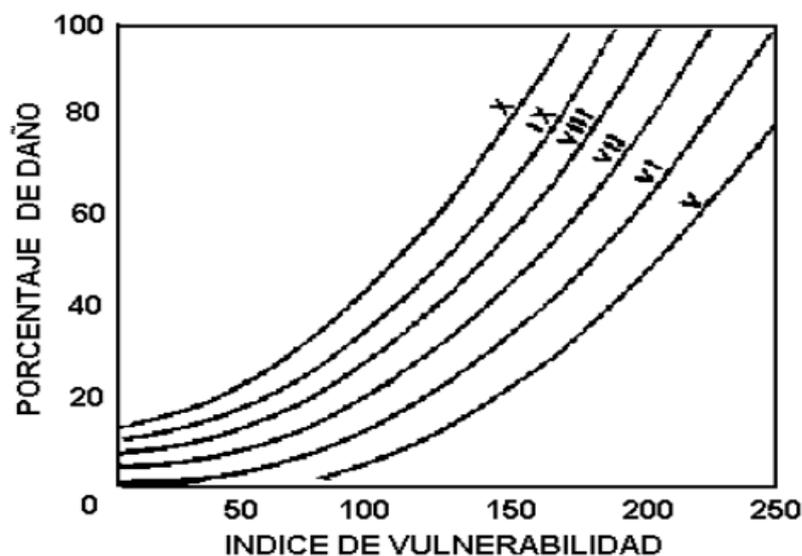


Tabla 4. Tabla para Función Daño para estructuras de Hormigón, Fuente:(PROYECTO RADIUS DE GUAYAQUIL-ECUADOR,1999)

- Irregularidad vertical. Este factor se relaciona con las discontinuidades o cambios de rigidez de las estructuras a lo largo de su altura, los que se producen generalmente por requerimientos de tipo arquitectónico que promueven la reducción o variación del área de la planta tipo con la altura del edificio, lo que causa una discontinuidad en la rigidez vertical de la estructura. Además, este criterio argumenta que si no es controlado adecuadamente en el cálculo estructural, puede incidir negativamente en la seguridad de la estructura.

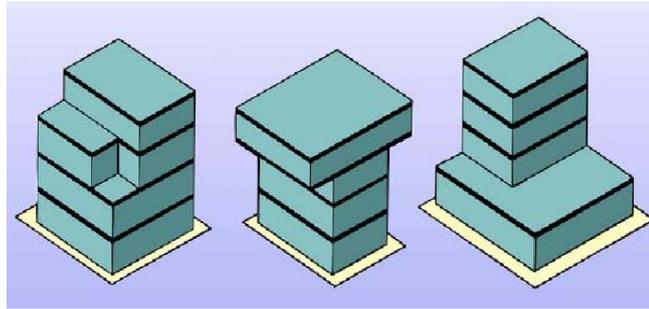


Fig.7 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de irregularidad vertical. Fuente: (Morales, 2012)

- Irregularidad en planta. Este factor tiene que ver con la forma de la planta de los edificios, recomienda que las plantas sean lo más regular posibles, y en caso de no serlo deberán de diseñar juntas estructurales que definan bloques regulares. Además, este criterio argumenta que al tener Irregularidad en planta se puede tener problemas estructurales graves en el edificio produciendo torsiones a los elementos estructurales que no tienen la capacidad estructural necesaria para soportar.

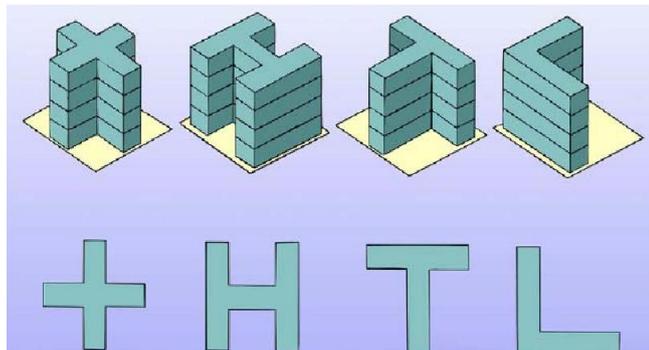


Fig.7 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de irregularidad en planta. Fuente (Morales, 2012)

- Piso suave. Este factor se refiere fundamentalmente a una discontinuidad severa en la rigidez estructural que se desarrolla a lo largo de la altura del edificio. Además, este criterio argumenta que la discontinuidad generalmente puede ser causada por una

mala estructuración del edificio como alturas diferentes entre una planta y la siguiente; variaciones muy grandes de las secciones de las columnas y/o vigas entre una planta y la siguiente; etc.

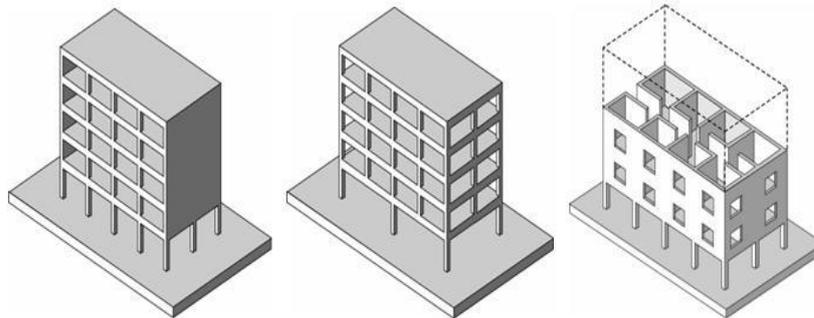


Fig.9 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de Piso suave. Fuente: (Pérez, 2012)

- Impacto entre edificios. Este factor se relaciona con la proximidad que tienen los edificios construidos muy cerca entre sí. Además, este criterio argumenta que cuando se produce un sismo, existen deformaciones horizontales o desplazamientos de los pisos y si los edificios están muy próximos unos a otros se golpearán entre sí, causando daños en los elementos estructurales y no estructurales.

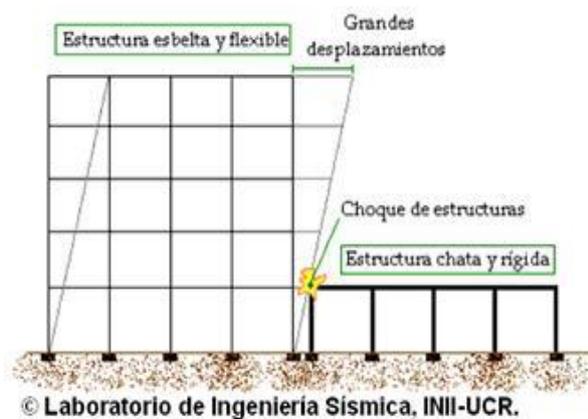


Fig. 10 Imagen de ejemplos de esquemas arquitectónicos de Impactos entre los edificios. Fuente: (INII-UCR, 2011)

2.1.8 Exigencias básicas de una estructura

Las estructuras deben cumplir con ciertas exigencias básicas tales como el *Equilibrio y Estabilidad*, que se refiere a las condiciones de la estructura relacionada con los movimientos, estos deberán ser nulos o mínimos para que la estructura se mantenga en buenas condiciones; la *Resistencia*, referida a la capacidad que poseen las estructuras para soportar las diferentes cargas a las que sea sometida sin llegar a la falla; la *Funcionalidad*, se refiere a que la estructura no presente grandes deformaciones para que pueda funcionar de manera correcta, la *Economía*, referida al presupuesto y recurso económicos disponibles para la realización del proyecto; y la *Estética*, que se refiere la belleza que debe presentar la estructura en una relación apropiada con el sistema estructural.

Conjuntamente, a estas exigencias mencionadas, hay que tomar en cuenta los diferentes tipos de fallas estructurales, tales como:

- Falla por inadecuada resistencia al cortante de los entrepisos debido a la escasez de elementos tales como columnas y muros. Considerándose que la escasa resistencia a cargas lateral que pueden tener los elementos verticales, los cuales son las columnas y muros, es uno de los motivos que pueden llegar a producir el colapso de una estructura.
- Falla frágil de cortante y tensión diagonal en columnas o en vigas. Las estructuras deben tener la capacidad de soportar las cargas sísmicas de tal manera que su deformación siempre se encuentre dentro de los parámetros aceptados según los códigos.
- Falla por adherencia del bloque de unión en las conexiones viga-columna debido al deslizamiento de las varillas ancladas o a falla de cortante. Los nudos o uniones entre los elementos estructurales comúnmente manifiestan considerables concentraciones de esfuerzos provocando como consecuencia la presencia de fallas.

- Falla frágil en muros de cortante. Se presenta la falla como consecuencia de la fuerza cortante ya sea vertical u horizontal y por flexión, considerándose que los muros estructurales son la primera resistencia antes las fuerza laterales de una edificación.
- Falla de edificios a base de losas planas por punzonamiento de la losa. Se manifiestan como producto de grandes esfuerzos cortantes los cuales pueden llevar al colapso de la estructura.
- Falla por variación brusca de la rigidez a lo largo de la altura del edificio. Se presenta cuando la diferenciación de rigidez entre la planta bajas y los demás niveles puede producir una concentración de fallas en el nivel más débil.
- Falla por golpeteo entre edificios. se produce cuando los edificios contiguos no tiene la separación adecuada y en situaciones de eventos sísmicos, provocan distintas maneras de vibrar, llegando a golpearse entre ellos.
- Falla en columnas de pisos superiores por la amplificación de los desplazamientos en la cúspide de los edificios. Pudiendo provocarse la resonancia, cuando un sismo provoque que las vibraciones se trasmitan hasta la parte superior consiguiendo la deriva máxima de piso.
- Falla frágil de cortante en columnas acortadas por el efecto restrictivo al desplazamiento causado por elementos no estructurales. Se produce falla frágil en tensión diagonal, cuando las columnas son acortadas, provocando una reducción en su ductilidad. (Lizaola, 2001)

2.1.9 Sistema estructural de hormigón armado.

A partir de la introducción del hormigón armado en las construcciones en Guayaquil, los patrones de la construcción presentan cambios radicales. Modificándose también los criterios, normas y estándares de diseño estructural. Por lo que los edificios se pueden clasificar con

respecto a los estándares o normas vigentes para la época de su construcción de la siguiente manera:

- Categoría 0 : Edificios construidos con estructuras monumentales de hormigón antes de 1930
- Categoría 1: Edificios construidos sin diseño sísmico entre 1930 y 1970
- Categoría 2: Edificios construidos con criterios sismo - resistentes básicos entre 1970 y 1980
- Categoría 3: Edificios construidos con la norma sísmica vigente desde 1977, a partir de 1980.

Esta manera de clasificar las edificaciones nos ayuda entender desde un punto de vista cualitativo, relacionado a su época de construcción. Para tener una idea de esta descripción se presenta la siguiente tabla para su comprensión.

CATEGORÍA	EPOCA DE CONSTRUCCIÓN	UBICACIÓN	TIPOLOGÍA	DISEÑO ESTRUCTURAL
Categoría 0	antes de 1930	Zona Centro	Responden a los inicios de la construcción en hormigón, período en el cual se construían estructuras monumentales	No poseer un diseño sísmico-resistente
Categoría 1	entre 1930 y 1970	Zona Centro	No utilizan estructuras monumentales	No poseer un diseño sísmico-resistente
Categoría 2	entre 1970 y 1980	Zona Centro	Diseños arquitectónicos complejos y diseños estructurales basados en el desarrollo de altas ductilidades y mecanismos de falla controlada con disipación de energía por deformación	Incorporan en su cálculo estructural criterios sismo - resistentes y/o siguen las regulaciones de algún Código de Construcción vigente en aquella época
Categoría 3	entre 1977 y 1980	Zona Centro	Diseños arquitectónicos complejos y diseños estructurales basados en el desarrollo de altas ductilidades y mecanismos de falla controlada con disipación de energía por deformación	Incorporan criterios sismo-resistentes y han sido calculadas siguiendo las regulaciones de los Códigos de Construcción vigentes en el País o en otros países

Tabla 5. Clasificación de edificaciones. Fuente: (PROYECTO RADIUS DE GUAYAQUIL – ECUADOR,1999)

2.1.10 Vida útil de los edificios de hormigón armado.

El concepto de vida útil de una estructura, que propone el reporte de la Red Temática DURAR indica: “Período en el que la estructura conserva los requisitos del proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética, sin costos inesperados de Mantenimiento” (DURAR, 1997). Es decir que si la estructura ya no posee cualquiera de dichas propiedades ya ha sobrepasado su periodo de vida útil. Además debemos tomar en cuenta que se pueden diferenciar dos tipos de vida útil:

- Vida Útil de Diseño, es el periodo de tiempo estimado por los diseñadores del proyecto en base a análisis de materiales y metodología constructivas a utilizar y referenciado en normas y códigos, después del cual se hace necesaria una intervención para reforzamiento. (DURAR, 1997)
- Vida Útil Real, es el periodo de tiempo que va desde la culminación de la construcción hasta la visible y notable manifestación de la pérdida o disminución de las propiedades que comprenden el concepto de vida útil de la estructura, y que hace necesario la intervención especializada para reforzamiento. (DURAR, 1997).

De tal manera se puede llegar a concluir que una estructura es Durable cuando la Vida Útil Real iguala o supera a la Vida Útil de Diseño, aplicando un moderado esfuerzo de mantenimiento.

Sin embargo, también es importante tomar en cuenta la Vida residual de una estructura, entendiéndose de acuerdo al reporte de DURAR manifiesta que “Se entiende por vida residual al tiempo a partir del momento en que la estructura alcanza el anterior límite aceptable (fin de

la vida útil)". La vida residual es el período en el que la estructura necesitaría reparación, remodelación o completa renovación para que regrese a su estado de servicio original; esto es que sea segura, funcional y estética. (DURAR, 1997)

2.1.11 Historia de construcciones en hormigón armado en Guayaquil.

Guayaquil en sus inicios estaba conformado por edificaciones levantadas en su mayoría utilizando como material de construcción la madera. Sin embargo tenía la desventaja de ser muy vulnerable al fuego, por ellos era que en la ciudad se presentaron varios incendios, uno de ellos el más significativo ocurrió en 1896, con una duración de dos días, provocando la pérdida de casi toda la ciudad.

A partir de esta experiencia se buscaron nuevas alternativas constructivas y materiales, surgiendo sistemas mixtos, que aportarían a la transición tecnológica del empleo del hormigón armado, dando inicio a la utilización de opciones de materiales para la construcción Sin embargo, a pesar de que cada vez se utilizaba más el hormigón armado, resultaba costoso, por lo que la tipología arquitectónica de las primeras construcciones con el empleo de este material se enfatizaron en edificaciones de servicio público o de entidades de orden religioso, siendo el Templo de San José, ubicado en la calle Eloy Alfaro entre Sargento Vargas y Huancavilca la primera edificación que comenzó a construirse en hormigón armado en la ciudad de Guayaquil.

Conforme se fue utilizando más el hormigón armado en las edificaciones construídas, se fue descuidando las consideraciones técnicas respecto al incremento de cargas no contempladas en el diseño

original y la falta de normatividad, presentándose al paso del tiempo problemas de la resistencia o calidad estructural de los elementos que conforman la estructura base de la edificación, así como problemas en su aspecto estético, su funcionabilidad y su uso.

2.1.12 Métodos de reforzamiento

El reforzamiento estructural debe asegurar que las edificaciones funcionen adecuadamente después de haber sido impactadas por un sismo, mediante el refuerzo de los elementos existentes, así como la integración de los elementos estructurales adicionales para mejorar la calidad de resistencia, flexibilidad y ductibilidad. Los métodos de reforzamientos deben contemplar las diferentes técnicas orientadas a los elementos estructurales de la infraestructura como de la superestructura.

Es importante tomar en cuenta el análisis de espacios y actividades directas que se realizan en cada una de las edificaciones. Se debe determinar el método adecuado de reforzamiento, que no ocasione disturbios en el desarrollo habitual de las actividades de los usuarios en los diferentes espacios de la edificación; así como el método de reforzamiento considerando aspectos de funcionamiento y eficiencia.

Para los niveles de desempeño estructural y no estructural de los edificios durante sismos, se puede utilizar como referencia de guía la siguiente tabla:

<i>Estado de daño</i>	<i>Nivel de Desempeño</i>	<i>Características principales</i>
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Moderado	Seguridad	Daños moderados. La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse
Severo	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Completo	Colapso	Colapso estructural

Tabla 6. Niveles de desempeño. Fuente:(SEAOC, 1995)

Los métodos que se pueden utilizar para reforzar las estructuras en Guayaquil son los siguientes:

A. Para cimentaciones

Para conseguir una adecuada estabilidad de la estructura es el primer paso que se debe seguir en el momento de realizar un ensanchamiento de la cimentación.

- *Ensanchamiento de Cimentación:* al ensanchar la cimentación, ésta debe ser reforzada de manera que la distribución de las cargas se efectúe de manera correcta; esto se logra realizando una conexión adecuada entre el hormigón antiguo y el nuevo para lo cual debe ubicar los conectores de corte y la ubicación de los refuerzos de acero en los lugares que el diseño solicite.



Fig. 11 Imagen de preparación de cimentación para aumento de sección. Fuente:(Sarmientos, 2003)

B. Para Columnas de concreto armado

La falla de columnas es uno de los problemas estructurales más graves que puede presentar una estructura, debido a que esto puede ocasionar el colapso de la misma. Normalmente suele presentarse este daño en las denominadas columnas cortas las cuales fallan por corte debido a que no tiene un movimiento libre en un evento sísmico y la fuerza cortante se concentra en su parte libre.

- *Reforzamiento con encamisado de concreto:* se puede reforzar una columna tanto con concreto encofrado, como con concreto proyectado añadiendo en ambos casos los refuerzos adicionales que se requiera, especialmente los conectores de corte. Para el reforzamiento se requiere añadir varillas de refuerzo las cuales van ancladas en el hormigón existente de tal manera que una vez terminado el reforzamiento el elemento trabaje de manera uniforme

en sus propiedades mecánicas. Para asegurar esta buena adherencia entre el hormigón existente con el nuevo se suele utilizar aditivos. (Sarmientos, 2003, pág. 3)

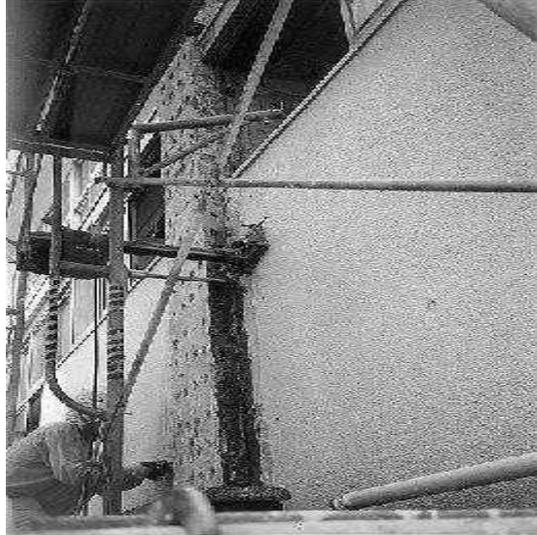


Fig.12 Imagen de hormigón proyectado en columna.

Fuente:(Sarmientos, 2003)

- *Reforzamiento con encamisado de acero:* en este método las columnas son encajonadas a manera de un encofrado con placas o encamisado de acero de 5 mm. de espesor usualmente dejando un espacio aproximadamente de 2 a 3 cm. el cual va relleno con grout de alta resistencia. (Sarmientos, 2003, pág. 4)
- *Reforzamiento con planchas de acero unidas:* las columnas de concreto armado pueden ser reforzadas utilizando bandas de acero unidas o encamisado con planchas completas de acero utilizando conectores de corte los cuales aseguran que las planchas de acero adicionales ubicadas en la parte externa funcionen en conjunto con la estructura de la columna que se va a reforzar. Las planchas de acero son unidas y soldadas en sitio.



Fig.13 Imagen de Columna con planchas de acero unidas. Fuente: (Sarmientos, 2003)

C. Arriostramientos de edificios elevados

En los edificios de varias plantas los arriostramientos permiten restringir los movimientos horizontales que provocan las acciones en esa dirección (viento y sismo fundamentalmente). Disponiendo del adecuado sistema de arriostramiento se puede transformar una estructura traslacional u otra de comportamiento de desplazamiento en la que pueda llevarse a cabo un análisis de esfuerzos en primer orden.

En ocasiones los sistemas de arriostramiento se combinan con núcleos de rigidización dentro del edificio (pantallas, núcleos rígidos para cajas de escalera o ascensores, etc.)

A medida que el edificio gana en altura los sistemas de arriostramiento son más necesarios. (http://ocw.uniovi.es/file.php/53/Teoria/Cap_XI_I.pdf)



**Fig.14 Imagen de Edificio con arriostramiento diagonal exterior.
Fuente: (Sarmientos, 2003)**

D. Muros de concreto armado

- *Muros resistentes a corte*: los muros de corte constituyen los elementos verticales del sistema resistente de la edificación, y normalmente transmiten las cargas horizontales que actúan en su mismo plano y que son originadas por sismo, vientos u otras cargas gravitacionales. Cada muro de corte debe ser capaz de resistir la carga lateral correspondiente a su área de influencia, a menos que se haga un análisis detallado de la distribución de fuerzas cortantes considerando la flexibilidad de los diafragmas horizontales.

E. Vigas de concreto armado

Las fallas que se presentan en las vigas por lo general son consecuencia de la falla de todo el sistema de los elementos estructurales, aunque hay ocasiones en que también se presentan fallas específicas en vigas en primera instancia y esto puede llegar a desencadenar un colapso del sistema estructural en su totalidad. A las

vigas se les puede dar casi el mismo tratamiento de reforzamiento que a las columnas para evitar fallas o daños.

- *Reforzamiento con concreto armado*: se puede reforzar las vigas de hormigón realizando un aumento en su sección el cual se consigue propinándole un recubrimiento de hormigón. Al aumentar su sección se requerirá de refuerzos de acero o varillas adicionales las cuales deben ser colocadas de tal manera que logre anclar las vigas con los demás elementos estructurales sin debilitar los nudos y conectándolos de manera adecuada con las columnas. Además del refuerzo, es importante el control de calidad al momento de realizar la adición del concreto el cual debe adherirse correctamente para hacer funcionar al elemento con su nueva sección de manera homogénea en la trasmisión de esfuerzos.

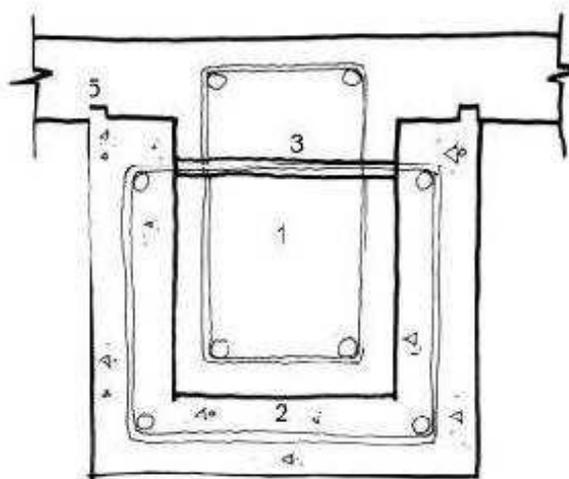


Fig. 15 Imagen de vista en corte de ubicación de refuerzos adicionales. Fuente: (Sarmientos, 2003)

- *Reforzamiento con concreto rociado*: al reforzar con el concreto rociado también se debe colocar refuerzos adicionales de acero y tomar las mismas precauciones que con el concreto vaciado del método antes explicado. Los refuerzos deben ir fijados y anclados

a la viga existente y a la columna del sistema que pertenece para logra que funcione correctamente. La adherencia entre en concreto nuevo y el existente generalmente se logra con aditivos de base epóxica.



**Fig.16. Imagen de ubicación de acero de refuerzo longitudinal.
Fuente: (Sarmientos, 2003)**

- *Reforzamiento con planchas de acero:* las planchas de acero previo a la colocación como refuerzo deben de ser limpiadas con chorro de arena o lijamiento metálico y secadas por medio de chorro de aire comprimido. Una vez realizado ese procedimiento se fijan las planchas de acero a la viga existente mediante pernos los cuales deben ser ubicados según el diseño adoptado para el proyecto. Las ventajas de este método de reforzamiento está el escaso ruido y suciedad que se produce además de que no se modifica mayormente la altura de piso a techo, así como de que se requiere pocas perforaciones para realizar el anclaje lo cual facilita el trabajo dado que generalmente las vigas tienen las varillas longitudinales y los estribos muy unidos.



Fig.17 Imagen de planchas de acero colocas en viga. Fuente: (Sarmientos, 2003)

F. Losas de concreto armado

- *Reforzamiento con concreto armado:* en este método se debe colocar un refuerzo de acero por la parte inferior de la losa, el cual debe estar adherido a las losa existente por medio de conectores de corte que además logran que se realice la distribución de esfuerzo de manera adecuada. Como en todos los métodos de adhesión de hormigón se debe tomar en cuenta que el hormigón nuevo y el existente logren unirse de una manera adecuada para lo cual se debe utilizar los aditivos necesarios.



**Fig.18 Imagen de rociado de hormigón en parte inferior de losa.
Fuente: (Sarmientos, 2003)**

- *Reforzamiento con refuerzo adherido*: este método de reforzamiento se utiliza para aumentar la capacidad de carga del elemento especialmente los esfuerzos de corte y de tensión. Por lo general este refuerzo adherido es de metal o de fibra de carbono, el cual se coloca en la parte inferior de la losas a medida de viguetas de apoyo y se adhiere mediante resinas epóxicas. Siempre se debe tener cuidado de preparar de manera correcta la superficie sobre la cual se va a realizar la adhesión para que funcione según lo esperado.

2.2 Estado del Arte del estudio de vulnerabilidad

- *En 1991 el IIFI-UC (Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica) y el CISMID (Centro Peruano Japonés de Mitigación de Desastres), miden las microtrepidaciones en diez zonas de la ciudad, obteniéndose como resultado un espectro suavizado que ilustra el rango de periodos predominantes*

del depósito de arcilla aluvial de Guayaquil y las amplitudes de los desplazamientos comúnmente observados durante los ensayos.

- *En 1992, estudiantes de Universidad Católica, dirigidos por el Ing. Agustín Serrano, procesan alrededor de mil ensayos geotécnicos de setenta perforaciones en el sector comercial de la ciudad para obtener perfiles de subsuelo, obteniéndose entre las conclusiones un promedio de 100 metros como profundidad hasta el basamento. En un análisis de la Red de acelerógrafos de la Universidad Católica de Guayaquil en 1993, se analiza los datos obtenidos desde 1990. El Ing. Alex Villacrés, es quien integrando la señal de aceleración, establece los valores esperados de aceleración en el basamento rocoso de la ciudad para diversas fuentes o áreas sismogénicas.*
- *En Guayaquil el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica (IIFI-UC) en atención al alto riesgo sísmico, desarrolló el proyecto RADIUS “Risk Assessment tools for Diagnosis of Urban areas against Seismic disasters”, para el Municipio de Guayaquil, contando con la asesoría de la Secretaría para la reducción de Desastres Naturales de las Naciones Unidas.*
- *Así mismo, inicia en el 2004 el estudio “Comportamiento dinámico de suelos y microzonificación sísmica de la Ciudad de Guayaquil” con el auspicio de la Municipalidad de Guayaquil. En este estudio también se consideraron las observaciones que se efectuaron en el Proyecto RADIUS, realizado por la Universidad Católica de la Ciudad de Guayaquil, respecto a la deficiente preparación que existe en la ciudad para soportar terremotos de gran magnitud. Se*

indica: 1), que no existen ordenanzas municipales para la demolición de estructuras no sísmicamente resistentes o para el reforzamiento de las mismas; 2)la alta sensibilidad que tiene el sistema de distribución de servicios básicos en la ciudad, y 3)la falta de aislamiento zonal para disminuir impactos; 4)la falta de organización interinstitucional para actuar ante un desastre, así como la falta de un plan de contingencia; 5)la falta de equipamiento en hospitales y clínicas para atender a heridos por consecuencias de un terremoto, lo que debe incluirse en un plan de acción en el área salud; y 6)se define la falta de planes post-emergencia en el que se definan organigramas para la aplicación de acciones posteriores.

- *Niveles de investigación del riesgo sísmico en edificios*

Existen tres niveles de investigación en la evaluación de riesgo sísmico. Estos son descritos como Nivel BD1, Nivel BD2 y Nivel BD3. Estos niveles deben aplicarse en adición y como complemento al nivel correspondiente de Investigación de Estabilidad y Desempeño Sísmico (BS).

Nivel BD1 de investigación

Una investigación BD1 deberá consistir, más no estará limitada a:

- *Investigación BS1 y SS1.*
- *Determinación de valores de SL o PL de tablas o procedimientos equivalentes para un tipo de edificio básico; posiblemente completado con la ayuda de un programa de computación interactivo, pero no sólo sobre esa base. El razonamiento para aceptación o ajustes para valores determinados de esta manera deberán ser documentados.*

Nivel BD2 de investigación

Una investigación BD2 deberá consistir, más no estará limitada a:

- *Investigación BS2 y SS2.*

Estimación del daño en todos los sistemas del edificio y mejoras en el sitio por medio de una representación de cada uno de los posibles niveles de terremotos en el sitio y computando los valores de PL o SL reflejando las distribuciones de estos terremotos.

- *Se desarrollará un modelo computacional de la estructura capaz de simular los efectos de la amenaza sísmica en el sitio en los componentes de la estructura. Valores de PL o SL no serán determinados de tablas o procedimientos equivalentes para un tipo de edificio genérico.*

Nivel BD3 de investigación

Una investigación BD3 deberá consistir, más no estará limitada a:

- *Investigación BS3 y SS3.*
- *Cálculo de la Pérdida Anualizada Promedio (AAL), de acuerdo a la metodología probabilística de PEER (Pacific Earthquake Engineering Research).*
- *El Usuario deberá considerar implementar el proceso de revisión por un par independiente para asegurarse de un desarrollo técnico apropiado.*

Capítulo 3.- Metodología

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Metodológica

Se realizará a partir de la metodología propuesta en correspondencia las siguientes fases y contenidos generales, estableciéndose para cada etapa sus particularidades de análisis a partir de los referentes de investigación que se planteen en el marco teórico.

Primera Fase (F-I): determinación de los referentes de investigación, elaboración del estado del arte y construcción del marco teórico.

Segunda Fase (F-II): hacer trabajos de campo y gabinete, sobre el análisis del estado de conservación y calidad constructiva de las edificaciones.

Tercera Fase (F-III): elaborar la síntesis, conclusiones y generación de métodos para el reforzamiento estructural de las edificaciones.

3.1.2 Experimento de evaluación

3.1.2.1 Objetivo

Registrar el estado de conservación y calidad constructiva de las edificaciones de hormigón armado de más de cincuenta años de antigüedad en la ciudad de Guayaquil.

3.1.2.2 Justificación

Registrar la vida útil de las edificaciones de hormigón armado de más de 50 años de antigüedad en la ciudad de Guayaquil, para garantizar su estabilidad estructural ante la vulnerabilidad sísmica.

3.1.2.3 Jerarquización de la información de campo y de gabinete.

Para dar inicio a la jerarquización de los datos que nos permitirán ordenar la clasificación de las estructuras analizadas, se empleará la Tabla correspondiente a categorización, la cual contempla los referentes de variables, indicadores e índices para poder organizar la información primaria que nos proporcionará datos significativos para su siguiente clasificación. Para el caso de variables se definirán en *años de antigüedad, calidad del hormigón armado, métodos*; en el caso de indicadores se definirán en *altura, tipo de estructura, uso, configuración estructural*; en el caso de índices se definirán en *factor de zona, periodo de vibración, tipo de suelo*.

En la segunda fase de la investigación se realizará una inspección y evaluación rápida de las estructuras seleccionadas y clasificadas, como herramienta complementaria de la Tabla de categorización. Los referentes que se utilizarán para inspección y evaluación rápida de las estructuras serán los siguientes:

- Componentes no estructurales: son los elementos del edificio que no forman parte del sistema estructural que resiste cargas verticales y laterales, además tampoco se definen como contenido del edificio.

- Deficiencia. Defecto visible en el edificio o falta de mantenimiento significativo del edificio en sus componentes o equipos.
- Sistema resistente a cargas laterales. Los elementos del sistema estructural que resisten la acción sísmica. Incluyendo respuesta vertical, horizontal y torsional de elementos y sistemas.

Asimismo se empleará en el análisis:

- Categoría: estructuras de hormigón armado con más de 50 años en Guayaquil.
- Variables: años de antigüedad, calidad del Hormigón armado, métodos.
- Indicadores: altura, tipo de estructura, uso, configuración estructural
- Índices: factor de zonas, periodo de vibración, tipo de suelo.

Los resultados se van obteniendo y jerarquizando a través de las tablas de análisis con respecto a los siguientes referentes:

- Evaluación cualitativa del estado de los elementos estructurales.
- Evaluación cualitativa de las características dinámicas de las estructuras.
- Diagnósticos cuantitativos y cualitativos de vulnerabilidad estructural y no estructural.
- Conclusiones y recomendaciones para reducir la vulnerabilidad estructural y no estructural.

3.2 Metodología General

- El levantamiento arquitectónico-estructural se realizará en dos fases que contemplan dos tiempos de aplicación, en las cuales se registrará simultáneamente el deterioro arquitectónico y fallas estructurales.
- La selección de las edificaciones, están determinados de acuerdo a la jerarquización de su tipología arquitectónica, dimensiones y alturas.
- Se realizará simultáneamente el registro fotográfico de acuerdo a la selección de las edificaciones.
- El tiempo de registro de las dos actividades del experimento (**levantamiento y registro fotográfico**) será de acuerdo a su emplazamiento urbano, considerando su nivel de vulnerabilidad estructural.
- Registrar, jerarquizar los trabajos de campo y gabinete, sobre el análisis de del estado de conservación y calidad constructiva de las edificaciones.

3.3 Metodología Particular

3.3.1 Ubicación del levantamiento arquitectónico-estructural de las edificaciones

Primera Fase: determina la jerarquía del emplazamiento urbano asociado a la época de construcción, considerando un periodo de cincuenta años, de tal manera, que se ubiquen por zonas significativas tomando en cuenta la cantidad de edificaciones.

Segunda Fase: jerarquía de emplazamiento urbano asociado a su estado de conservación o calidad estructural, de tal manera, que se ubiquen por zonas significativas del grado de peligro en el que se encuentra la edificación.

Tercera Fase: jerarquía de emplazamiento urbano asociado los dos referentes de análisis: época de construcción y estado de conservación o calidad estructural.

3.3.2 Procedimiento

3.3.2.1 Registro.

Actividad 1: levantamiento- primera fase

Actividad 2: levantamiento- segunda fase

Actividad 3: Graficar los levantamientos de la primera fase y de la segunda fase, y encontrar las zonas más vulnerables.

3.3.2.2 Procedimiento para el análisis de datos de las actividades 1, 2 y 3

Una vez obtenida toda la información necesaria de las edificaciones a estudiar se realiza un resumen organizando los datos de cada una en su correspondiente orden.

Posteriormente se procede a la realización de los cálculos de los diferentes factores y coeficientes estudiados que se precisan para cada una de las estructuras que forman parte de la muestra. Todos estos

valores se tabulan en una hoja electrónica para lograr mayor facilidad en su visualización.

Simultáneamente se realiza el procesamiento de los datos de estudios de suelos y perforaciones para la determinación del tipo de suelo de cada edificación según el NEC-2011. Con estos valores se realiza un proceso también se realiza un proceso de tabulación.

Con los cálculos y valores obtenidos tanto de características de suelo como de la estructura de la edificación, se procede a realizar fichas técnicas de cada una con los índices y coeficientes más importantes.

Finalmente se realiza las evoluciones necesarias para poder clasificar las estructuras según las subdivisiones que se requieran y se determina si el tipo de reforzamiento que requiere cada uno de estos grupos de edificaciones.

Capítulo 4.- Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

4.1 Procesamiento

4.1.1 Estudios de referencia utilizados para el análisis del área de estudio.

1. Estudio de suelos realizados en el área de inspección.

Dentro del área que comprende el estudio se ha obtenido información de varios estudios de suelos. De los cuales se ha tomado la información necesaria y posteriormente se le realizó un procesamiento de los datos para lograr determinar el tipo de suelo según NEC-2011 del área de interés.

2. Perfiles de suelo según NEC-2011

Para la clasificación del tipo de suelo sobre el cual se encuentran emplazados los edificios que forman parte de la presente investigación, hacemos referencia al procedimiento que indica NEC-2011, al cual hacemos mención a continuación:

“2.5.4.7 PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

Paso 2 — *Debe establecerse la existencia de estratos de arcilla blanda. La arcilla blanda se define como aquella que tiene una resistencia al corte*

no drenado menor de 50 kPa (0.50 kgf/cm²), un contenido de agua, **w**, mayor del 40% y un índice de plasticidad, **IP**, mayor de 20. Si existe un espesor total, **H**, de 3 metros o más de estratos de arcilla que cumplan estas condiciones, el perfil de suelo se clasifica como tipo **E..** (NEC-2011, 2013)

La determinación del tipo de suelo que existe en la zona de investigación se apoyo en 2 estudios de suelos realizados en diferentes zonas del área a estudiar (Ver Anexo 4). A los cuales se les extrajo la información necesaria para poner en consideración de los parámetros que establece el NEC-2011 para la determinar su clasificación.

A continuación se presenta el procesamiento de uno de los estudios de suelo.

ESTUDIO DE SUELO					
UBICACIÓN:		MONTE DE PIEDAD			
NO. PERFORACIONES :		1			
PERFORACION 1					
CAPA	Di	qu (T/m2)	Sui (T/m2)	W (%)	IP (%)
2	0,5	0	0	35,7	49
3	0,8	6,97	3,485	62,6	57
4	0,7	6,06	3,03	62,6	69
5	1	4	2	61,6	69
6	1,5	5,89	2,945	76,8	61
7	1,5	5,89	2,945	88,1	77
8	1,5	5,54	2,77	99,5	90
9	1,5	0,27	0,135	101,5	66
10	0,75	5,19	2,595	89,1	65
11	1	5,19	2,595	87,6	65
12	0,75	5,19	2,595	97,4	67

13	1	5,19	2,595	97,5	65
14	1	5,19	2,595	89,4	62
15	1	5,19	2,595	88,3	63
16			0		
17	1		0	86,4	63
18	0,85		0	89,3	68
19	0,9		0	93,4	64
20	0,95		0	93,6	62
21	0,95		0	82,4	62
22	0,9		0	79,7	61
23	0,95		0	79,2	61
24	0,95		0	81,3	61
25	0,9		0	78,5	61
26	1,15		0	78,5	61
27			0		
28			0		
29			0		

turba
arena
arcilla

Perforación 1	
$\Sigma di =$	11,5
Promedio Sui =	3,65
Promedio w =	82,5
Promedio IP =	62,5

Tabla 7. Análisis de estudio de suelo para clasificación según NEC-2011. Fuente: Elaboración propia

Con los datos ya procesados de los estudios de suelo se obtienen los valores de las características necesarios para poder evaluarlos con las descritas por el código y determina de esta manera el tipo de suelo que corresponda.

Tabla 2.3. Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ KPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$
F	<p>Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases:</p> <p>F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p>F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p>F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)</p> <p>F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)</p> <p>F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.</p> <p>F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.</p>	

Tabla 8. Clasificación de perfiles de suelos. Fuente: (NEC-2011,2013)

Una vez determinado el perfil de suelo se procede a la realización de los cálculos de su comportamiento frente al sismo de diseño con una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años. Para lo cual se requiere definir los coeficientes de amplificación según corresponde al tipo de suelo.

Estos coeficientes se encuentran en las tablas 2.5 2.6 y 2.7 del NEC-2011 que se las presenta a continuación.

Tabla 2.5. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E		1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F		ver nota					

Tabla 9. Tipo de suelo y factor de sitio Fs. Fuente: (NEC-2011,2013)

Tabla 2.6. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		ver nota					

Tabla 2.7. Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		ver nota					

Nota: Para los suelos tipo F no se proporcionan valores de Fa, Fd ni de Fs, debido a que requieren un estudio especial, conforme lo estipula la sección 2.5.4.9.

Tabla 10. Tipo de suelo y factor de sitio Fd y Fs. Fuente: (NEC-2011,2013)

3. Coeficiente y factores de los edificios

- Factor de zona (z)

El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona Z. El valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (NEC-2011)

Para la zona que corresponde a este estudio, la ciudad de Guayaquil, tiene asignado por parte del NEC-2011 el valor de $Z=0.4$

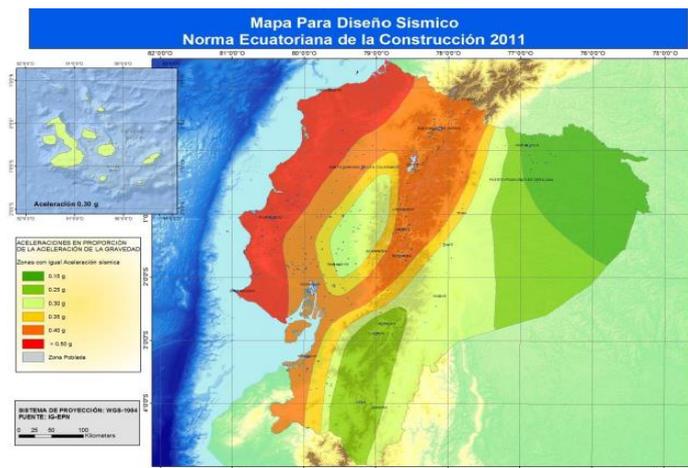


Figura 2.1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

Tabla 2.1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fig. 19. Mapa para diseño sísmico. Fuente: (NEC-2011,2013)

- Factor de uso (I)

Determinar el tipo de uso que se le va a dar a la estructura es necesario para la realización de los diseños estructurales. Dependiendo de ello se le proporciona un factor de Importancia “I”, el cual se asigna en base a la tabla del NEC-2011 que se presenta a continuación.

El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

TABLA 11. Tipo de uso, destino e importancia. Fuente: (NEC-2011,2013)

- Factor de irregularidad en planta ϕ_p

El coeficiente \emptyset_p se estimará a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en las plantas en la estructura, descritas en la Tabla 2.12 del NEC-2011.

Se utilizará la expresión:

$$\emptyset_p = \emptyset_p A * \emptyset_p B$$

- Factor de irregularidad en elevación \emptyset_e

El coeficiente \emptyset_e se estimará a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en elevación de la estructura, descritas en la Tabla 2.13 del NEC-2011.

Se utilizará la expresión:

$$\emptyset_e = \emptyset_e A * \emptyset_e B$$

- Fracción de la aceleración de la gravedad S_a

El Espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad S_a , para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la Figura 2.3, consistente con el factor de zona sísmica Z , el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura, considerando los valores de los coeficiente de amplificación o de amplificación de suelo de las Tablas 2.5, 2.6 y 2.7. Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 0.05; se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos:

$$S_a = n Z F_a \quad \text{para} \quad 0 \leq T \leq T_C$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \text{ para } T > T_c$$

Coeficiente de reducción de respuesta estructural R

Este coeficiente es un valor que se determina en base a las características de los materiales y su configuración en la estructura. El valor que se le asigna según el tipo de estructura está especificado en la tabla 2.14 del NEC-2011 la cual se indica a continuación:

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en	6

caliente.	
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Tabla 12. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R.

Fuente: (NEC-2011,2013)

Gran parte de los edificios construidos en la época a la que hace referencia el estudio se realizaba con la misma tipología la cual estaba en auge en esos momentos. De tal manera que su configuración estructural era muy similar y se ajusta a los parámetros resaltados en el cuadro anterior, que corresponde a la siguiente descripción como indica NEC-2011: “ Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil.”

Periodo de vibración de la estructura

Para la determinación del periodo de vibración de las estructuras NEC-2011 hace referencia a dos métodos, para esta investigación se usó el método 1 el cual plantea la siguiente formula:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Donde h_n es la altura de la estructura y C_t y α son coeficiente que dependen del sistema estructural y para este nuestro estudio se utiliza el siguiente que propone el código para Pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

$$C_t = 0.047 \text{ y } \alpha = 0.9.$$

Para lograr obtener las alturas de las edificaciones se realizó mediciones en campo de alturas referenciales y en base a proporciones se estimó las alturas de las edificaciones en imágenes medidas en AutoCAD.

El cálculo de los periodos de vibración de cada una de las estructuras se realizó en una hoja electrónica de Excel, la cual se presenta en forma de cuadro en el Anexo 3.

Espectro de respuesta

Para la realización del espectro de respuesta es necesario obtener los valores de la máxima aceleración espectral para lo cual utilizamos la fórmula propuesta por el NEC-2011.

$$S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_C$$

Para poder obtener el valor de S_a , usamos los valores de los coeficientes que asigna el código para cada uno elementos de la ecuación y que corresponde a la zona Z y al tipo de suelo.

$\eta = 1.8$ (Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas)

$Z = 0.4$.

Teniendo todos los valores se procede a realizar el cálculo de S_a .

$$S_a = 1.8 * 0.4 * 1.14$$

$$S_a = 0.82$$

El valor de S_a es la máxima aceleración esperada en la zona de emplazamiento para el sismo de diseño con una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años.

El gráfico del espectro de respuesta que propone el NEC se muestra en la siguiente figura.

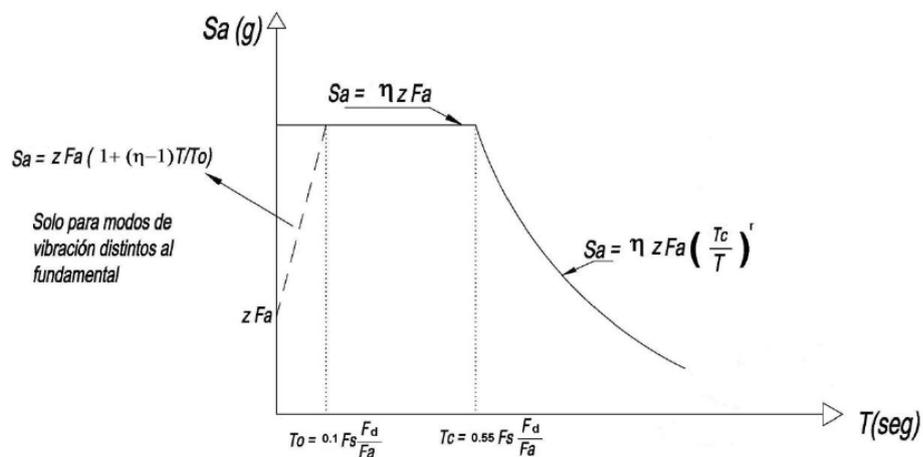


Fig. 20. Formato espectro de diseño. Fuente: (NEC-2011, 2013)

El cálculo de los valores de T_c y T_0 como lo indica la gráfica se rigen a las formulas

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}, \quad T_0 = 0.10 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Reemplazando para los valores correspondientes T_c nos queda de la siguiente manera

$$T_c = 0.55 * 1.9 * \left(\frac{1.6}{1.4}\right)$$

$$T_c = 1.47 \text{ seg}$$

Y para T_0 resulta:

$$T_0 = 0.10 * 1.9 * \left(\frac{1.6}{1.4}\right)$$

$$T_0 = 0.27 \text{ seg}$$

Ya con estos valores determinados se procede a la realización de la gráfica del espectro de respuesta , en el cual se limita los periodos a 2.3 segundos, debido a que todas las edificaciones se ubican dentro de los periodos limites calculados (T_c y T_0)

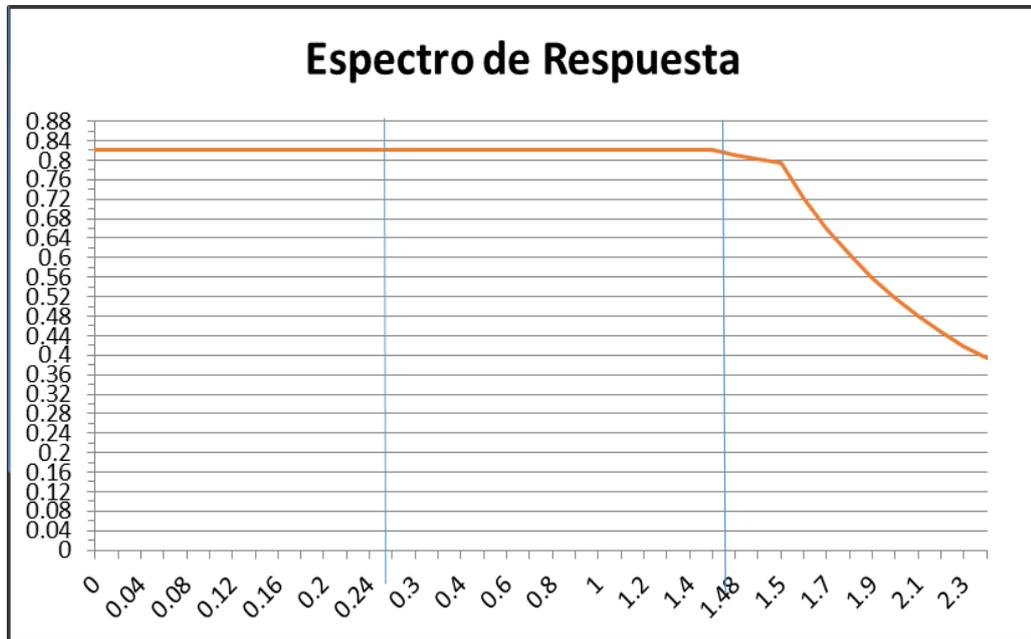


Fig. 21. Espectro de respuesta calculado. Fuente: Elaboración propia

COEFICIENTE SISMICO

Para determinar el coeficiente sísmico se aplica la fórmula que expresa el NEC-2011 para el cortante basal (V) y se lo deja expresado en función del peso (W), a continuación se indica la fórmula:

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_E \phi_P} W$$

De tal manera que el coeficiente sísmico (C_s) se lo obtiene de la primera parte de la ecuación, resolviendo el cociente y dejando expresado en función del peso (W), de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E}$$

El coeficiente sísmico es el valor que nos da la idea más cercana sobre la vulnerabilidad de la estructura, lo cual es proporcional a intensidad de daños que puede llegar a sufrir la estructura en caso de un evento sísmico.

El cuadro de cálculo con los valores del coeficiente sísmico de cada uno de los edificios que conforman la muestra de esta investigación se presenta en el Anexo 3.

4.1.2 Identificación de los edificios de hormigón armado con más de 50 años en Guayaquil.

- **Edificios construidos entre 1900 y 1910**

- Templo de San José. Eloy Alfaro entre Sargento Vargas y Huancavilca. 1907.

- **Edificios construidos entre 1920 y 1930**

- Mercado Central. Seis de marzo y Sucre, 1923.
- Palacio de la Gobernación. Malecón Simón Bolívar y Aguirre. 1923.
- Diario El Universo. Escobedo y 9 de octubre.1924.
- Diario El Telégrafo. Boyaca y 10 de Agosto. 1924.
- Banco La Previsora. Pichincha y 9 de Octubre. 1928.
- Grand Hotel. Clemente Ballen y Pichincha. 1930.
- Barrio Centenario. Desde Rosa Borja de Ycaza hasta Bogota, y desde el Oro hasta O´conor. 1920 en adelante.

- Hospital Leon Becerra. Eloy Alfaro y Bolivia. 1928.
- Hotel libertador. Primero de mayo y Lorenzo de Garaicoa. 1922
- Banco Sudamericano. Lorenzo de Garaicoa y 9 de Octubre. 1923
- Edificio Segunda Zona Militar. 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa. 1921.
- Hospital Vernaza. Loja y Escobedo. 1924.
- Edificio Juan Eljuri. 9 de octubre y Boyacá. 1927.
- Templo Masónico. García Avilés entre Lavayen y Calixto Romero. 1924

- **Edificios construidos entre 1930 y 1940**

- Mercado del Norte. Baquerizo Moreno entre Aguirre y Tomás Martínez. 1931.
- Escuela Municipal Modelo. Sucre y Chimborazo. 1931.
- Templo San Francisco. Pedro Carbo entre 9 de Octubre y Vélez. 1931.
- Central del Cuerpo de Bomberos. 9 de octubre entre Escobedo y Boyacá. 1931.
- Barrio El Salado. 1 de mayo hasta Clemente Ballén y desde García Moreno Hasta el estero Salado. 1932.
- Colegio Rita Lecumberri. García Moreno entre Vélez y Hurtado. 1935.
- Templo de Santo Domingo. Barrio Las Peñas. 1937.

- Edificio Vignolo. Jose Antonio Campos Y García Avilés. 1938.
- Colegio La Providencia. Eloy Alfaro entre Gómez Rendón y Brasil. 1939.
- Colegio San Jose la Salle. Tomas Martinez y Alfredo Baquerizo Moreno. 1939.
- Colegio Vicente Rocafuerte. Lizardo Garcia y Francisco Aguirre. 1937.

- **Edificios construidos entre 1940 y 1950**

- Edificio Cucalon. Malecon Simon Bolivar y Olmedo. 1940.
- Junta de Beneficencia. Pedro Carbo y Vélez. 1943.
- Catedral. Chimborazo y Clemente Ballén. 1945.
- Casas Colectivas. Av. Del Ejército entre Gómez Rendón y Pedro Vicente Maldonado. 1945.
- Casa de la Cultura. 9 de Octubre entre Avenida Quito y Pedro Moncayo.

- **Edificios construidos entre 1950 y 1964**

- Barrio Orellana. Desde Quisquis hasta Piedrahita y desde av. De ejército hasta el Salado. 1952.
- Colegio Cristobal Colon. Rosa Borja de Ycaza entre el oro y callejon Daule. 1952.
- Colegio Sagrados Corazones. Quito y el Oro. 1953.

- Compañía Salamandra. Pedro Carbo entre 9 de octubre y Velez. 1953.
- Basílica Menor de la Merced. Víctor Manuel Rendón y Pedro Carbo. 1954
- Barrio del seguro. De Francisco Segura hasta Guatemala y de José de Antepara hasta La Habana. 1952
- Palacio de las Comunicaciones. Aguirre y Pedro Carbo. 1955.
- Colegio La Inmaculada. Eloy Alfaro entre Camilo Destruge y Colombia. 1953.
- Edificio Tous. (Bolsa de valores). Victor Manuel Rendon y Cordova. 1960.

4.1.3 Clasificación de estructuras

Para agrupar jerárquicamente y categorizar las edificaciones a ser estudiadas en esta investigación, es preciso utilizar la información de campo recopilada y procesada de acuerdo a la primera y segunda fase de la metodología propuesta. Además, se tomará como referencia de guía de apoyo la clasificación hecha por el *PROYECTO RADIUS DE GUAYAQUIL – ECUADOR*, la cual se presenta en la siguiente tabla elaborada para su rápida comprensión:

CLAVE	TIPO DE COSNTRUCCIÓN	NUMERO DE NIVELES	TIPO DE USO
E	CASAS DE HORMIGÓN	1 Y 2 PISOS	USO RESIDENCIAL
F	CASAS DE HORMIGÓN	1 Y 2 PISOS	USO COMERCIAL
G	EDIFICIOS DE HORMIGÓN	3 A 6 PISOS	USO RESIDENCIAL
H	EDIFICIOS DE HORMIGÓN	3 A 6 PISOS	USO COMERCIAL

Tabla 13. Clasificación de edificaciones para estudio de diseño sismo-resistente. FUENTE: PROYECTO RADIUS DE GUAYAQUIL – ECUADOR.

Para el caso de la presente investigación se clasificarán las estructuras analizadas a partir de los referentes de los resultados obtenidos mediante la estimación del grado de deterioro de las edificaciones y su probabilidad de riesgo ante un evento sísmico. Considerando además, los aspectos del grado de peligro en el que se encuentra una edificación, a partir del tipo configuración estructural, tipo de suelo y tipo de sistema constructivo entre otras variables. El análisis de todas estas variables determinará de indicadores y los índices que nos permitirán proporcionar una representación más clara de la probabilidad de daño o colapso que experimentarían una estructura en caso de un movimiento de orden sísmico.

Otros referentes a considerar para poder tener una pauta en cuanto a su comportamiento estructural son las diferentes formas, detalles, alturas y números de pisos de cada edificación y sus tipologías estructurales. Los cuales nos permitirán también clasificar el tipo de estructuras considerando estos referentes.

4.2 Análisis

4.2.1 Evaluación cualitativa del estado de los elementos estructurales

Para realizar la evaluación cualitativa del estado de los elementos estructurales de las diferentes edificaciones seleccionadas, se tomó en cuenta los referentes de análisis siguientes:

- Tipología constructiva.
- Calidad de la construcción.
- Proporcionalidad de dimensiones estructurales.
- Proporción de la masa edificatoria.
- Densidad estructural de las plantas.
- Altura del edificio.
- Calidad de los diseños.

De los cuales se analizó cualitativamente de la siguiente manera:

Tipología constructiva: se determinó a partir del sistema constructivo y el tipo de materiales constructivos, clasificándose en mixto de hormigón armado y estructura metálica, y en hormigón armado.

Calidad de la construcción: se determinó a partir del estado de conservación del sistema constructivo y de los de materiales constructivos.

Proporcionalidad de dimensiones estructurales: se determinó a partir de las dimensiones de las secciones de los elementos estructurales verticales y horizontales, y su relación de proporción.

Proporción de la masa edificatoria: se determinó a partir de la relación de la proporción de la planta arquitectónica y la altura de la edificación.

Densidad estructural de las plantas: se determinó a partir de la relación de las proporciones de las luces en los diferentes niveles de la edificación.

Altura del edificio: se determinó a partir de la dimensión vertical de la edificación.

Calidad de los diseños: se determinó a partir de la calidad constructiva, estado de conservación, época de construcción, y su nivel de vulnerabilidad sísmica.

Los detalles de la información por cada edificación con respecto a los referentes anteriormente mencionados corresponden a la tabla denominada CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL, que se puede consultar

en el Anexo 1. Además este registro corresponde a la Fase 1 y Fase 2 de la metodología propuesta.

4.2.2 Evaluación cualitativa de las características dinámicas de las estructuras.

Para realizar la evaluación cualitativa de las características dinámicas de las estructuras de las diferentes edificaciones seleccionadas, se tomó en cuenta los referentes de análisis siguientes:

- Tipología constructiva
- Calidad de la construcción
- Forma del edificio
- Simetría del edificio
- Impacto entre edificios adyacentes
- Altura del edificio
- Irregularidades verticales

De los cuales se analizó cualitativamente de la siguiente manera:

Tipología constructiva: se determinó a partir del sistema constructivo y el tipo de materiales constructivos, clasificándose en mixto de hormigón armado y estructura metálica, y en hormigón armado.

Calidad de la construcción: se determinó a partir del estado de conservación del sistema constructivo y de los de materiales constructivos, en relación a la época de construcción.

Forma del edificio: se determinó a partir de la forma arquitectónica en planta y en elevación.

Simetría del edificio: se determinó a partir de la forma arquitectónica en planta y la altura de la edificación.

Impacto entre edificios adyacentes: se determinó a partir de la cercanía a una edificación adyacente.

Altura del edificio: se determinó a partir de la dimensión vertical de la edificación.

Irregularidades verticales: se determinó a partir del nivel de la discontinuidad del sistema de pisos.

Los detalles de la información por cada edificación con respecto a los referentes anteriormente mencionados corresponden a la tabla denominada CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE LAS ESTRUCTURAS, que se puede consultar en el Anexo 2. Además este registro corresponde a la Fase 1 y Fase 2 de la metodología propuesta.

4.2.3 Diagnósticos cuantitativos y cualitativos de vulnerabilidad estructural y no estructural.

Para realizar la evaluación del diagnóstico cualitativo y cualitativo de la vulnerabilidad estructural y no estructural de las diferentes edificaciones seleccionadas, se tomó en cuenta los referentes de análisis siguientes:

- Edad
- Altura
- Factor I (Tipo de Uso, Destino e Importancia)
- Factores de irregularidad
- Factor de reducción de respuesta sísmica
- Período de vibración
- Perfil del suelo

De los cuales se analizó cuantitativamente y cualitativamente de la siguiente manera:

Edad: se determinó a partir de la época de construcción y los años que han transcurrido desde esa fecha a la actualidad.

Altura: se determinó a partir de la dimensión vertical de la edificación.

Factor I: se determinó a partir de la clasificación del tipo de uso de acuerdo al NEC-2011

Factores de irregularidad: se determinó a partir de la forma de la edificación y las dimensiones de la misma.

Factor de reducción de respuesta sísmica: se determinó a partir de la clasificación del NEC-2011, de acuerdo al sistema estructural.

Período de vibración: se determinó a partir de la altura de la edificación y el tipo de construcción.

Perfil del suelo: se determinó a partir de la estratigrafía del suelo y de acuerdo a la clasificación del NEC-2011

Los detalles de la información por cada edificación con respecto a los referentes anteriormente mencionados corresponden a la tabla denominada VULNERABILIDAD SÍSMICA, que se puede consultar en el Anexo 3. Además este registro corresponde a la Fase 1 y Fase 2 de la metodología propuesta.

4.3 Interpretación de resultados

Para el desarrollo de la investigación y la obtención de los resultados en correspondencia al objetivo general y los objetivos específicos planteados, es prioritario establecer el área de estudio y una breve descripción del emplazamiento urbano. Por lo tanto, el área seleccionada en la ciudad de Guayaquil es la que corresponde a los límites de la ciudad hacia el año de 1964, la cual se ha ido extendiendo al paso de los años desde esa fecha.

Así entonces tenemos que para 1964 la ciudad de Guayaquil básicamente consistía en la zona correspondiente al centro, y parte de lo que hoy es el sur de la ciudad. Los límites urbanos de esa época eran: al Norte; con el Cerro Santa Ana y el Estero Salado, al Sur; Con la calle Vicente Trujillo, al Este; con el Río Guayas, y al Oeste; con la calle Samborondón.



Fig.22 Plano de Guayaquil 1952. Fuente : (Aviles Pino, 2009)

Cabe señalar que los barrios como la Alborada, Sauces, Samanes, Garzota, Guayacanes entre otros de este sector no existían a la época señalada.

Por lo cual se elaboró un plano base actualizado para determinar las zonas de estudio donde se localizan las 40 edificaciones seleccionadas; delimitándose un total de 5 zonas.



Fig.23 Plano base de zonas de estudio. Fuente: Elaboración propia

En cada una de las zonas se clasificaron el tipo de uso de las edificaciones a través de códigos de colores de la siguiente manera:

- | | |
|---------------|---|
| Residencial |  |
| Comercial |  |
| Gubernamental |  |
| Educación |  |
| Religioso |  |
| Salud |  |

Además, se elaboró una volumetría referencial para dar una visión de su masa edificatoria codificándose con los colores correspondientes del tipo de uso anteriormente descrito, quedando las zonas de la siguiente manera:



Fig.24 Imagen de volumetría de la Zona 1. Fuente: Elaboración propia

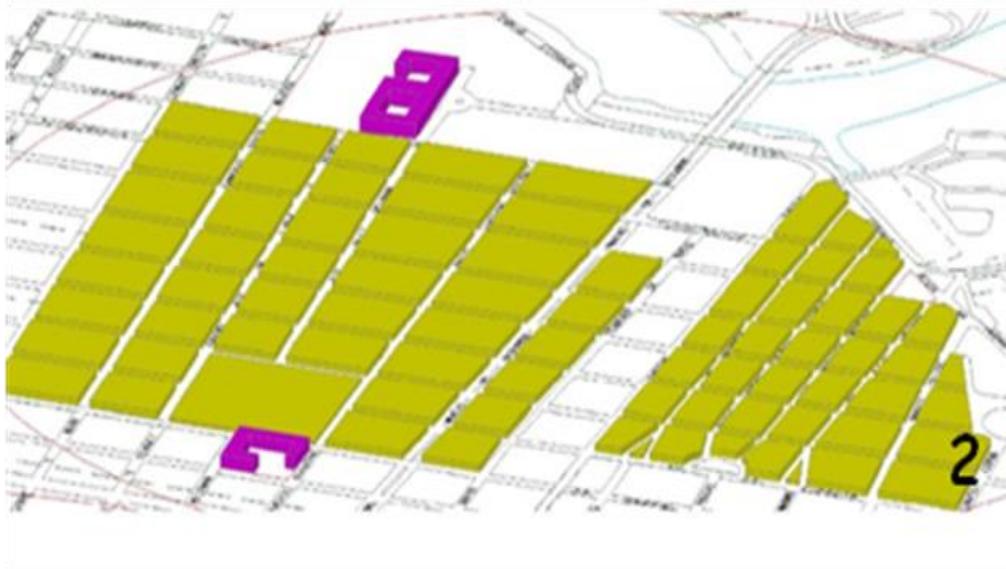


Fig. 25 Imagen de volumetría de la Zona 2. Fuente: Elaboración propia

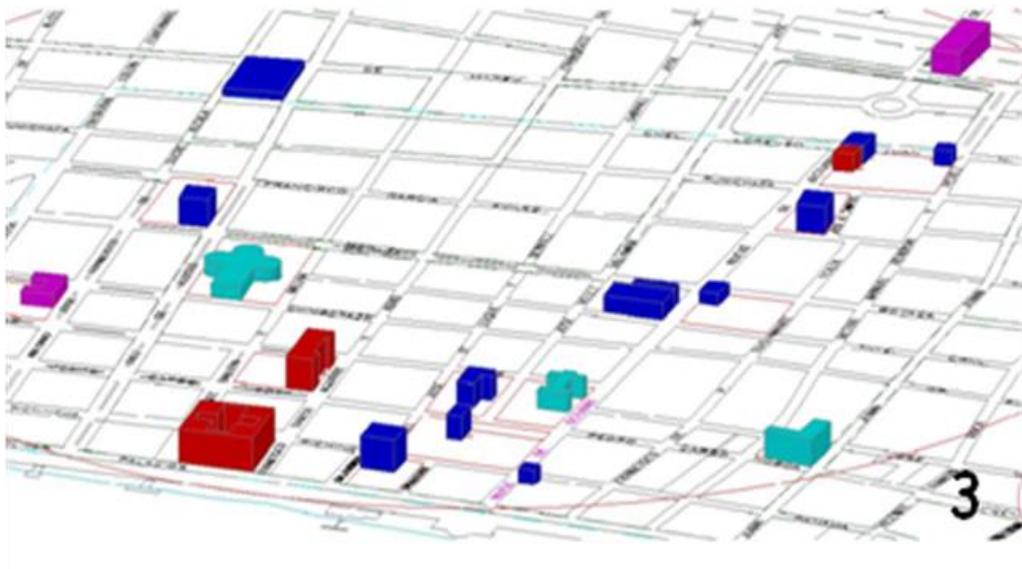


Fig.26 Imagen de volumetría de la Zona 3. Fuente: Elaboración propia



Fig.27 Imagen de volumetría de la Zona 4. Fuente: Elaboración propia

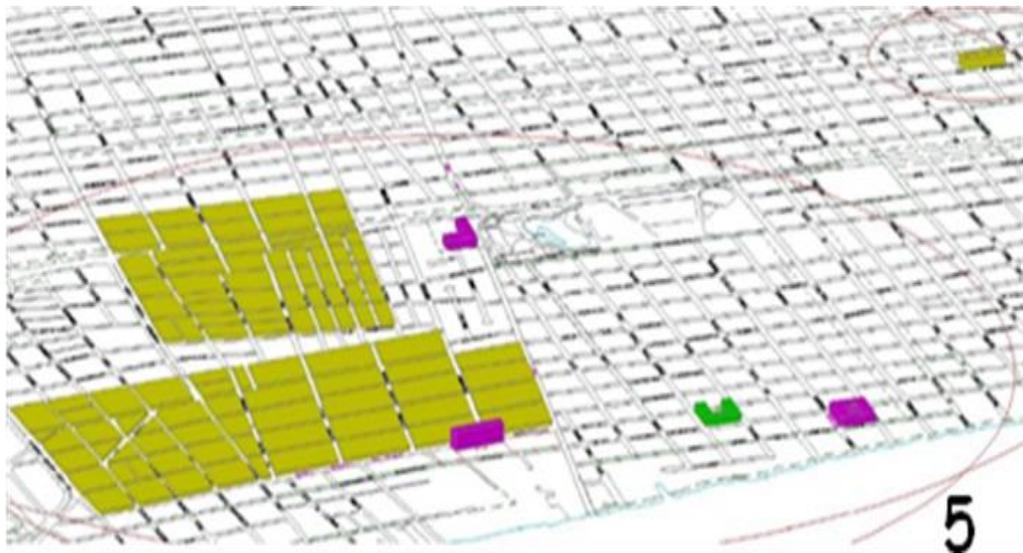


Fig.28 Imagen de volumetría de la Zona 5. Fuente: Elaboración propia

Estos diferentes planos son utilizados en las diferentes tablas de análisis de la fase 1 y fase de 2, colocando la volumetría por cada edificación acompañada de un código que inicia con el F1 hasta el F40.

Las mencionadas tablas ayudaron a jerarquizar la información de acuerdo a los referentes correspondientes de cada análisis, datos que nos permitieron poder realizar análisis comparativos entre las diferentes edificaciones, obteniendo resultados de tipología constructiva, características dinámicas de las estructuras, y Vulnerabilidad Sísmica.

Para posteriormente poder realizar las recomendaciones de reforzamiento para cada edificación, información que se presenta en la Tabla correspondiente de REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL, la cual toma en cuenta los análisis de las Tablas de: CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL, CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE LAS ESTRUCTURAS, Y VULNERABILIDAD SÍSMICA.

4.3.1 Análisis Comparativo de las diferentes edificaciones analizadas.

Para elaborar el análisis comparativo sintetizará la información jerarquizada de los referentes más significativos de las diferentes tablas de los anexos 1, 2, y 3, para hacer la Tabla de Análisis Comparativo de Tipología Constructiva, la Tabla de Análisis Comparativo de Características dinámicas de las estructuras, y la Tabla de Análisis Comparativo de Vulnerabilidad Sísmica.

4.3.1.1 Tipología constructiva.

CUADRO COMPARATIVO DE LAS EDIFICACIONES									
REFERENTE DE VULNERABILIDAD SISMICA									
EDIFICACIONES	ALTURA (M)	PROPORCION DE LA MASA EDIFICATORIA	EPOCA DE CONSTRUCCION						
			1900-1919	1920-1930	1931-1939	1940-1950	1951-1959	1960	Más de 50 años, no identificada
TEMPLO SAN JOSE - F20	21.07	1:3							
BARRIO CENTENARIO - F33	5-7	1:1 - 1:3							
MERCADO CENTRAL- F2	7	1:2							
BANCO LA PREVISORA- F6	13.4	1:3							
TEMPLO MASONICO - F31	10	1:2							
HOSPITAL VERNAZA - F24	12	1:3							
HOSPITAL LEON BECERRA- F36	8.5	1:3							
EDIF. SEGUNDA ZONA MILITAR - F27	10	1:4							
DIARIO EL UNIVERSO - F10	14.3	1:4							
DIARIO EL TELEGRAFO- F18	24	1:4							
COLEGIO RITA LECUMBERRI- F4	11.3	1:2							
TEMPLO SANTO DOMINGO- F22	12	1:2							
TEMPLO SAN FRANCISCO- F19	16.7	1:5							
ESCUELA MUNICIPAL MODELO- F5	12.1	1:2							
EDIFICIO VIGNOLO- F23	25	1:7							
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE- F8	12.4	1:4							
BARRIO DEL SALADO- F34	5-7,5	1:1-1:3							
CATEDRAL- F17	35	1:4							
CASAS COLECTIVAS - F38	13.7	1:5							
CASA DE LA CULTURA - F11	20.3	1:6							
MERCADO DEL NORTE - F1	6.3	1:1							
EDIFICIO CUCALON- F21	14	1:5							
COMPAÑIA SALAMANDRA - F39	6.3	1:6							
BARRIO DEL SEGURO - F35	6.3	1:1-1:3							
COLEGIO CRISTOBAL COLON- F15	28.6	1:5							
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES- F25	14	1:4							
GOBERNACION - F16	28.6	1:4							
PALACIO DE COMUNICACIONES- F13	27.3	1:4							
BARRIO ORELLANA- F32	5-7	1:1-1:3							
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES- F29	28	1:7							
CUERPO DE BOMBEROS- F40	14	1:4							
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE- F26	13.5	1:3							
COLEGIO LA PROVIDENCIA- F9	15.3	1:3							
COLEGIO LA INMACULADA - F7	13.8	1:3							
BASILICA MENOR DE LA MERCED- F14	23	1:2							
BANCO SUDAMERICANO- F30	15.5	1:4							
JUANTA DE BENEFICENCIA- F12	21	1:6							
JUAN ELJURI- F3	11	1:3							
HOTEL LIBERTADOR- F28	14	1:4							
GRAND HOTEL	14	1:4							

Tabla 14. Análisis comparativo de Tipología Arquitectónica. Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se obtienen a partir de la anterior tabla son los que se presentan en los siguientes gráficos para las diferentes categorías.



Fig. 29. Alturas de edificios. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 30. Época de construcción de edificaciones. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 31. Proporcionalidad de masas edificatorias. Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2 Características dinámicas de las estructuras.

CUADRO COMPARATIVO DE LAS EDIFICACIONES							
REFERENTE CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DE LAS ESTRUCTURAS							
EDIFICACIONES	ALTURA	SIMETRÍA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS		IRREGULARIDAD VERTICAL	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO
TEMPLO SAN JOSE - F20	21.07						
BARRIO CENTENARIO - F33	5-7						
EDIF. SEGUNDA ZONA MILITAR - F27	10						
MERCADO CENTRAL- F2	7						
DIARIO EL UNIVERSO - F10	14.3						
TEMPLO MASONICO - F31	10						
HOSPITAL VERNAZA - F24	12						
DIARIO EL TELEGRAFO- F18	24						
BANCO LA PREVISORA- F6	13.4						
HOSPITAL LEON BECERRA- F36	8.5						
ESCUELA MUNICIPAL MODELO- F5	12.1						
TEMPLO SAN FRANCISCO- F19	16.7						
BARRIO DEL SALADO- F34	5-7,5						
COLEGIO RITA LECUMBERRI- F4	11.3						
TEMPLO SANTO DOMINGO- F22	12						
EDIFICIO VIGNOLO- F23	25						
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE- F8	12.4						
EDIFICIO CUCALON- F21	14						
CATEDRAL- F17	35						
MERCADO DEL NORTE - F1	6.3						
CASAS COLECTIVAS - F38	13.7						
BARRIO DEL SEGURO - F35	6.3						
COMPAÑÍA SALAMANDRA - F39	6.3						
CASA DE LA CULTURA- F11	20.3						
COLEGIO CRISTOBAL COLON- F15	28.6						
GOBERNACION - F16	28.6						
PALACIO DE COMUNICACIONES- F13	27.3						
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES- F25	14						
BARRIO ORELLANA- F32	5-7						
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES- F29	28						
JUAN ELJURI- F3	11						
COLEGIO LA INMACULADA - F7	13.8						
COLEGIO LA PROVIDENCIA- F9	15.3						
JUANTA DE BENEFICENCIA- F12	21						
BASILICA MENOR DE LA MERCED- F14	23						
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE- F26	13.5						
HOTEL LIBERTADOR- F28	14						
BANCO SUDAMERICANO- F30	15.5						
CUERPO DE BOMBEROS- F40	14						
GARAND HOTEL	14						

Tabla 15. Análisis comparativo Características Dinámicas de las estructuras. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla 15 se elaboraron los gráficos de tabulación para las diferentes categorías que se presentan a continuación:

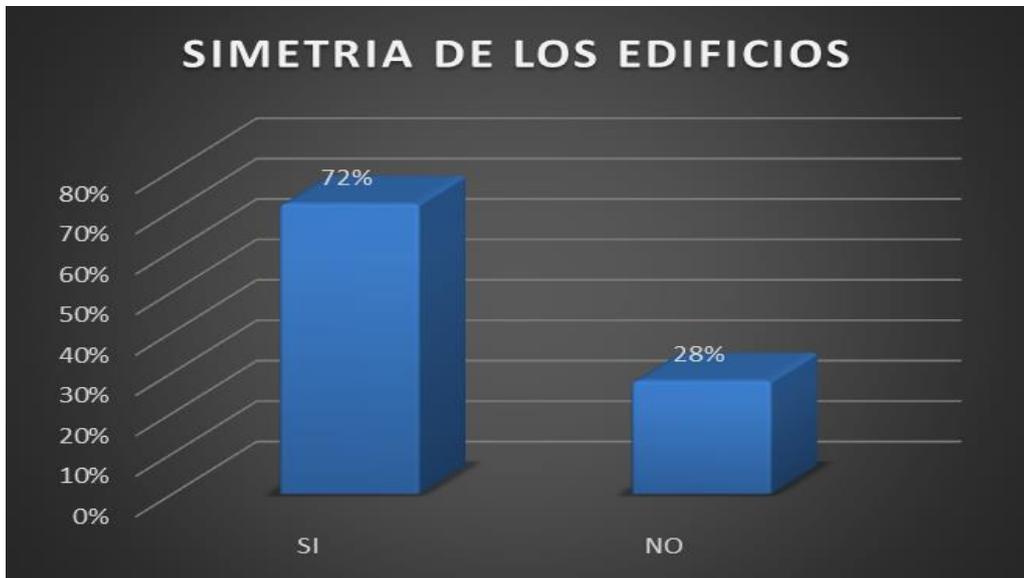


Fig. 32 Simetría de los edificios. Fuente Elaboración propia.

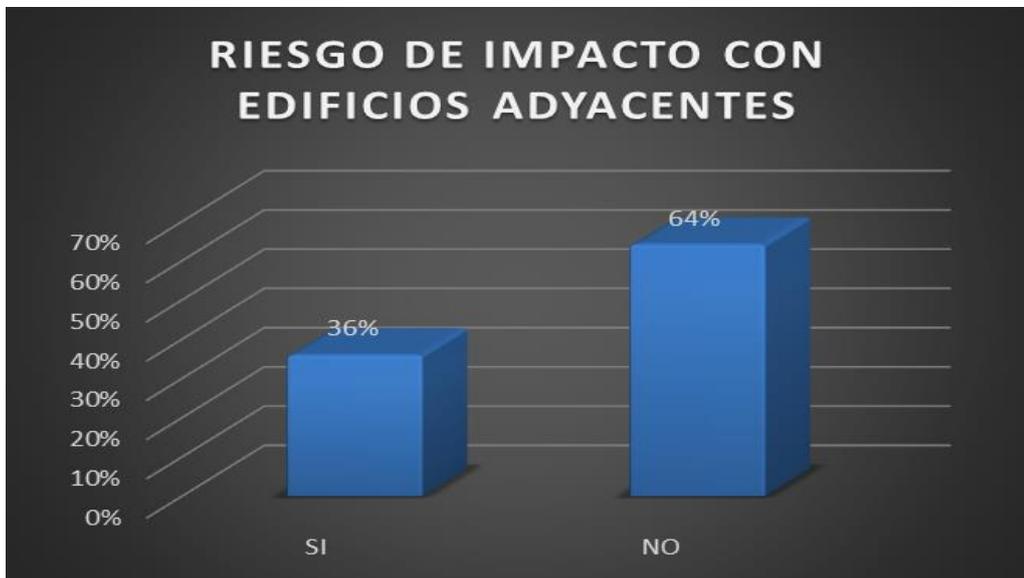


Fig. 33 Riesgo de impacto. Fuente Elaboración propia.

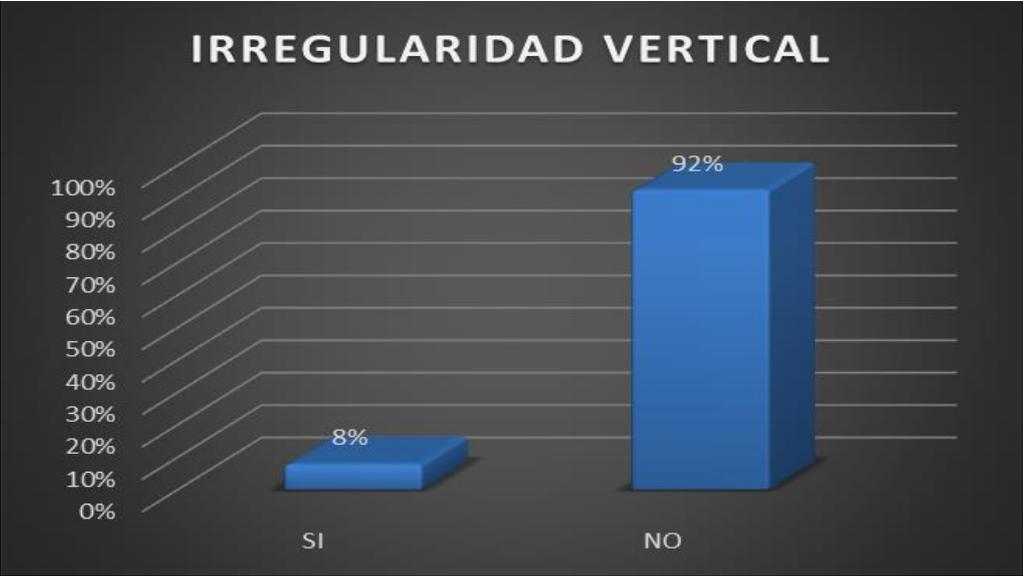


Fig. 34. Irregularidad vertical. Fuente Elaboración propia.

4.3.1.3 Vulnerabilidad Sísmica

CUADRO COMPARATIVO DE LAS EDIFICACIONES														
REFERENTE DE VULNERABILIDAD SISMICA														
EDIFICACIONES	EDAD / AÑOS						FACTOR I		ALTURA (M)	TIPO DE IRREGULARIDAD NEC-2011		FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA SISMICA R	PERIODO DE VIBRACION	PERFIL DE SUELO NEC-2011
	50+	60+	70+	80+	90+	100+	1	1.5		PLANTA	ELEVACION			
TEMPLO SAN JOSE - F20									21.07	-	-	6	0.73	TIPO E
BARRIO CENTENARIO - F33									5-7	-	-	6	0.27	TIPO E
EDIF. SEGUNDA ZONA MILITAR - F27									10	-	-	6	0.58	TIPO E
MERCADO CENTRAL - F2									7	-	-	6	0.27	TIPO E
DIARIO EL UNIVERSO - F10									14.3	-	-	6	0.57	TIPO E
TEMPLO MASONICO - F31									10	-	-	6	0.37	TIPO E
HOSPITAL VERNAZA - F24									12	-	-	6	0.44	TIPO A
DIARIO EL TELEGRAFO - F18									24	-	-	6	0.85	TIPO E
BANCO LA PREVISORA - F6									13.4	-	-	6	0.49	TIPO E
HOSPITAL LEON BECERRA - F36									8.5	TIPO 2	-	6	0.33	TIPO E
ESCUELA MUNICIPAL MODELO - F5									12.1	TIPO 2	-	6	0.44	TIPO E
TEMPLO SAN FRANCISCO - F19									16.7	TIPO 3	TIPO 3	6	0.59	TIPO E
BARRIO DEL SALADO - F34									5-7.5	-	-	6	0.25	TIPO E
COLEGIO RITA LECUMBERRI - F4									11.3	TIPO 3	-	6	0.44	TIPO E
TEMPLO SANTO DOMINGO - F22									12	-	-	6	0.44	TIPO E
EDIFICIO VIGNOLO - F23									25	-	-	6	0.85	TIPO E
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE - F8									12.4	TIPO 2	-	6	0.51	TIPO E
EDIFICIO CUCALON - F21									14	-	-	6	0.6	TIPO E
CATEDRAL - F17									35	TIPO 3	TIPO 3	6	1.15	TIPO E
MERCADO DEL NORTE - F1									6.3	-	-	6	0.25	TIPO E
CASAS COLECTIVAS - F38									13.7	-	-	6	0.5	TIPO E
BARRIO DEL SEGURO - F35									6.3	-	-	6	0.5	TIPO E
COMPANIA SALAMANDRA - F39									6.3	-	-	6	0.5	TIPO E
CASA DE LA CULTURA - F11									20.3	-	-	6	0.71	TIPO E
COLEGIO CRISTOBAL COLON - F15									28.6	-	-	6	0.96	TIPO E
GOBERNACION - F16									28.6	-	-	6	0.62	TIPO E
PALACIO DE COMUNICACIONES - F13									27.3	-	-	6	0.72	TIPO E
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES - F25									14	TIPO 2	-	6	0.51	TIPO E
BARRIO ORELLANA - F32									5-7	-	-	6	0.27	TIPO E
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES - F29									28	-	-	6	0.94	TIPO E
JUAN ELIURI - F3									11	-	-	6	0.41	TIPO E
COLEGIO LA INMACULADA - F7									13.8	-	-	6	0.5	TIPO E
COLEGIO LA PROVIDENCIA - F9									15.3	TIPO 2	-	6	0.55	TIPO E
JUANTA DE BENEFICENCIA - F12									21	TIPO 2	-	6	0.73	TIPO E
BASILICA MENOR DE LA MERCED - F14									23	TIPO 2	TIPO 3	6	0.79	TIPO E
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE - F26									13.5	TIPO 3	-	6	0.49	TIPO E
HOTEL LIBERTADOR - F28									14	-	-	6	0.63	TIPO E
BANCO SUDAMERICANO - F30									15.5	-	-	6	0.62	TIPO E
CUERPO DE BOMBEROS - F40									14	-	-	6	0.54	TIPO E
GRAND HOTEL									14	-	-	6	0.51	TIPO E

Tabla 16. Análisis Comparativo Vulnerabilidad Sísmica. Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se obtienen a partir de la tabla 16 son los siguientes:

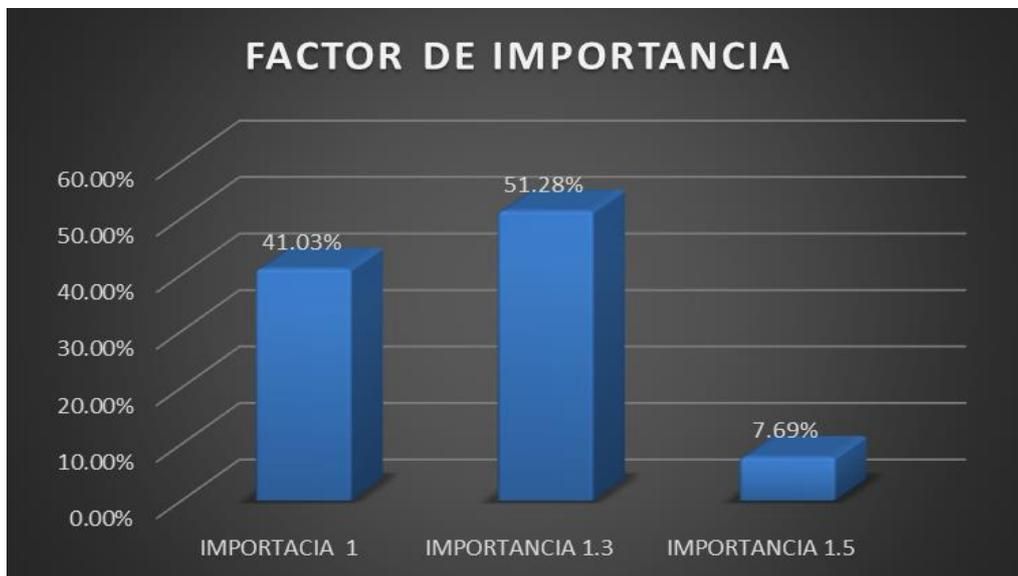


Fig. 35. Factor de Importancias. Fuente Elaboración propia.



Fig. 36. Irregularidad en planta. Fuente Elaboración propia.

4.3.1.4 Índice de vulnerabilidad

El índice de vulnerabilidad hace referencia a un valor que se obtiene en base al análisis y ponderación de los ocho factores más influyentes en el comportamiento sísmico según el proyecto RADIUS y que nos da una idea bastante cercana del comportamiento sismo resistente de una estructura.

Estos factores se categorizan, en tres valores, los cuales indican la poca o mucha presencia de dicha variable en la edificación. Los valores van de 0 para una presencia nula, 10 para una mediana y 20 para una presencia alta.

Adicional al valor de la categoría, dependiendo de la presencia del factor en la estructura, se le asigna un valor de peso para diferenciar el nivel de influencia que tiene cada factor sobre el comportamiento de las estructuras. Este valor va de 1 para poca influencia, 1.5 para influencia mediana y 2 para gran influencia.

Para lograr determinar el valor de cada factor nos apoyamos en las fichas técnicas de cada edificación. Estos factores se aprecian de manera fácil al momento de realizar la inspección de campo.

Los factores mencionados en el proyecto RADIUS y que se utilizaran en esta investigación son:

- Proporcionalidad de dimensiones estructurales.
- Luces entre columnas
- Número de pisos
- Calidad de construcción
- Irregularidad vertical
- Irregularidad en planta
- Piso suave
- Pounding (golpeteo entre edificios)

Para obtener el valor del índice de vulnerabilidad se multiplica el valor del factor de vulnerabilidad por su factor de peso, posteriormente se suma el valor de todos los subtotales. A continuación se presenta en la tabla 17, los valores del índice de vulnerabilidad calculados para cada una de las estructuras que forman parte del estudio de esta investigación.

EDIFICIOS	FACTOR DE PESO								INDICE DE VULNERABILIDAD
	1	1	1.5	2	2	1.5	2	1.5	
	FACTORES DE VULNERABILIDAD								
Proporcionalidad de dimensiones estructurales	Luces entre columnas	Numero de pisos	Calidad de construccion	Irregularidad vertical	Irregularidad en planta	Piso suave	Pounding		
TEMPLO SAN JOSE - F20	10	10	0	10	20	0	10	0	100
BARRIO CENTENARIO - F33	10	10	0	10	0	0	0	0	40
EDIF. SEGUNDA ZONA MILITAR - F27	0	0	0	10	0	0	0	20	50
MERCADO CENTRAL- F2	10	10	0	10	0	0	0	0	40
DIARIO EL UNIVERSO - F10	0	0	0	10	0	0	0	20	50
TEMPLO MASONICO - F31	10	10	0	10	0	0	0	0	40
HOSPITAL VERNAZA - F24	10	20	10	10	0	0	10	0	85
DIARIO EL TELEGRAFO- F18	0	0	10	10	10	0	10	10	90
BANCO LA PREVISORA- F6	0	0	0	10	0	10	0	20	65
HOSPITAL LEON BECERRA- F36	10	10	0	10	0	0	0	10	55
ESCUELA MUNICIPAL MODELO- F5	10	10	0	20	0	10	0	10	90
TEMPLO SAN FRANCISCO- F19	10	10	10	10	20	20	10	10	160
BARRIO DEL SALADO- F34	10	10	0	10	0	0	0	0	40
COLEGIO RITA LECUMBERRI- F4	20	0	0	10	10	10	0	10	90
TEMPLO SANTO DOMINGO- F22	20	10	10	10	10	10	10	10	135
EDIFICIO VIGNOLO- F23	10	10	10	10	0	0	0	20	85
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE- F8	10	0	10	10	10	20	10	0	115
EDIFICIO CUCALON- F21	10	0	10	10	10	10	10	10	115
CATEDRAL- F17	10	10	10	10	20	20	10	10	160
MERCADO DEL NORTE - F1	10	10	0	10	0	0	0	0	40
CASAS COLECTIVAS - F38	20	10	10	10	0	10	10	10	115
BARRIO DEL SEGURO - F35	10	10	0	10	0	0	0	0	40
COMPAÑIA SALAMANDRA - F39	20	10	10	10	0	0	10	10	100
CASA DE LA CULTURA- F11	10	10	10	10	0	10	10	0	90
COLEGIO CRISTOBAL COLON- F15	20	10	0	20	0	20	10	0	120
GOBERNACION - F16	0	0	0	10	0	20	0	0	50
PALACIO DE COMUNICACIONES- F13	0	10	10	10	0	10	10	0	80
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES- F25	20	0	0	0	10	0	0	0	40
BARRIO ORELLANA- F32	10	10	0	0	0	0	0	10	35
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES- F29	10	10	10	10	0	0	10	20	105
JUAN ELJURI- F3	20	10	0	10	0	0	0	10	65
COLEGIO LA INMACULADA - F7	20	20	0	10	0	20	0	0	90
COLEGIO LA PROVIDENCIA- F9	10	0	0	10	10	10	20	0	105
JUANTA DE BENEFICENCIA- F12	10	10	10	10	0	20	10	10	120
BASILICA MENOR DE LA MERCED- F14	10	10	0	10	10	20	10	20	140
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE- F26	20	10	0	20	0	20	10	0	120
HOTEL LIBERTADOR- F28	10	10	10	10	0	0	10	10	90
BANCO SUDAMERICANO- F30	0	0	0	10	0	10	10	0	55
CUERPO DE BOMBEROS- F40	0	0	10	10	0	0	10	20	85
GARAND HOTEL -37	0	0	10	10	10	0	10	10	90

Tabla 17. Índice de Vulnerabilidad. Fuente: elaboración propia

Una vez determinado en valor del índice de vulnerabilidad para cada edificación, se lo relaciona con los coeficientes sísmicos obtenidos, el cual combina variables que no estaban consideradas en el índice antes mencionado.

De estos dos factores se obtiene un producto el cual nos ayuda a tener una idea más cercana de la vulnerabilidad de las edificaciones a eventos sísmicos.

EDIFICIOS	INDICE DE VULNERABILIDAD (IV)	COEFICIENTE SISMICO (Cs)	PRODUCTO (IV*Cs)
BARRIO ORELLANA- F32	40	0.137	5.48
BARRIO CENTENARIO - F33	40	0.137	5.48
BARRIO DEL SALADO- F34	40	0.137	5.48
BARRIO DEL SEGURO - F35	40	0.137	5.48
EDIF. SEGUNDA ZONA MILITAR - F27	50	0.137	6.85
MERCADO CENTRAL- F2	40	0.178	7.12
TEMPLO MASONICO - F31	40	0.178	7.12
MERCADO DEL NORTE - F1	40	0.178	7.12
BANCO SUDAMERICANO- F30	55	0.137	7.54
DIARIO EL UNIVERSO - F10	50	0.178	8.90
GOBERNACION - F16	50	0.178	8.90
BANCO LA PREVISORA- F6	65	0.137	8.91
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES- F25	40	0.228	9.12
HOSPITAL LEON BECERRA- F36	55	0.178	9.79
CUERPO DE BOMBEROS- F40	85	0.137	11.65
DIARIO EL TELEGRAFO- F18	90	0.137	12.33
HOTEL LIBERTADOR- F28	90	0.137	12.33
JUAN ELJURI- F3	65	0.205	13.33
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES- F29	105	0.137	14.39
EDIFICIO VIGNOLO- F23	85	0.178	15.13
EDIFICIO CUCALON- F21	115	0.137	15.76
COLEGIO LA PROVIDENCIA- F9	105	0.152	15.96
CASA DE LA CULTURA- F11	90	0.178	16.02
COLEGIO LA INMACULADA - F7	90	0.178	16.02
GARAND HOTEL -37	90	0.178	16.02
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE- F26	120	0.137	16.44
PALACIO DE COMUNICACIONES- F13	80	0.213	17.04
HOSPITAL VERNAZA - F24	85	0.205	17.43
TEMPLO SAN JOSE - F20	100	0.178	17.80
COMPAÑÍA SALAMANDRA - F39	100	0.178	17.80
ESCUELA MUNICIPAL MODELO- F5	90	0.198	17.82
COLEGIO RITA LECUMBERRI- F4	90	0.198	17.82
COLEGIO CRISTOBAL COLON- F15	120	0.178	21.36
CASAS COLECTIVAS - F38	115	0.205	23.58
TEMPLO SANTO DOMINGO- F22	135	0.178	24.03
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE- F8	115	0.228	26.22
JUANTA DE BENEFICENCIA- F12	120	0.228	27.36
TEMPLO SAN FRANCISCO- F19	160	0.22	35.20
CATEDRAL- F17	160	0.22	35.20
BASILICA MENOR DE LA MERCED- F14	140	0.263	36.82

Tabla 18. Producto de IV por Cs . Fuente: elaboración propia

En base al valor obtenido de la multiplicación del Índice de Vulnerabilidad y el Coeficiente Sísmico, se plantea una agrupación de las diferentes edificaciones por categorías.

Las categorías son las siguientes:

- Categoría 1: de 5 a 10
- Categoría 2: de +10 a 15
- Categoría 3: de +15 a 20
- Categoría 4: de +20 a 25
- Categoría 5: de +25 a 30
- Categoría 6: de +30

A continuación se presenta la figura 37, donde se muestra el porcentaje de los edificios en cada categoría de índice de Vulnerabilidad.

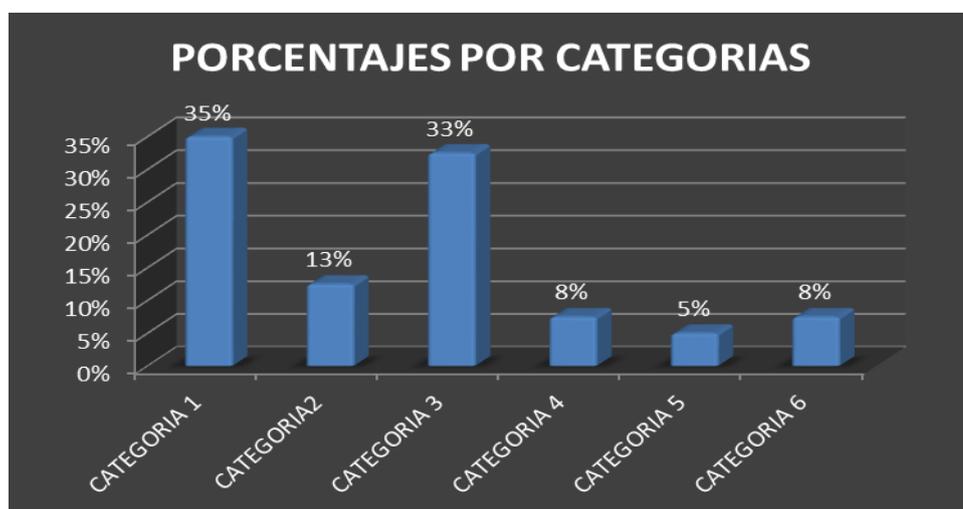


Figura 37. Categoría de edificios. Fuente: elaboración propia

De la misma manera se categorizan los tipos de reforzamientos que se proponen utilizar en esta investigación para intervenir las edificaciones.

Los diferentes tipos de reforzamientos están categorizados dependiendo el nivel de severidad de la intervención que requiera la edificación en base a su valor de índice de vulnerabilidad.

Los tipos de reforzamiento se presentan a continuación en forma ascendentes desde el menos severo hasta el más severo en nivel de intervención.

- Nivel 1: Cambio de uso
- Nivel 2 : Modificaciones arquitectónicas
- Nivel 3: Arriostramiento diagonales
- Nivel 4: Juntas= separación de estructura en bloques
- Nivel 5: Encamisado de vigas y columnas con membranas de fibra de carbono o con placas de acero
- Nivel 6: Muros de corte.

4.3.1.5 Reforzamiento

Los métodos reforzamientos que se proponen para cada edificación son escogidos según el índice de vulnerabilidad y la categoría en la que se encuentran. De esta manera se realiza la Tabla 18, donde se propone los diferentes métodos para cada caso aplicando el criterio antes descrito. Además se toma en cuenta ciertos criterios adicionales que se explican en la tabla antes mencionada para sugerir de manera definitiva el método de reforzamiento que se debe aplicar sobre cada edificación.

EDIFICIOS	CLASIFICACION	NIVEL DE REFORZAMIENTO	VARIACION DE NIVEL DE REFORZAMIENTO	NIVEL DE REFORZAMIENTO DEFINITIVOS	
	CATEGORIA	NIVEL		NIVEL SUGERIDO	MOTIVO DE ASCENSO
BARRIO ORELLANA- F32	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	ESTA EN NIVEL MAS BAJO DE CARGA SEGUN USO.
BARRIO CENTENARIO - F33	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	ESTA EN NIVEL MAS BAJO DE CARGA SEGUN USO.
BARRIO DEL SALADO- F34	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	ESTA EN NIVEL MAS BAJO DE CARGA SEGUN USO.
BARRIO DEL SEGURO - F35	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	ESTA EN NIVEL MAS BAJO DE CARGA SEGUN USO.
EDIF. SEGUNDA ZONA MILITAR - F27	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 6	POSEE ALTO RIESGO DE POUNDING
MERCADO CENTRAL- F2	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	POR SU CONCEPCION NO PUEDE BAJAR DE USO A RESIDENCIAL.
TEMPLO MASONICO - F31	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	POR SU CONCEPCION NO PUEDE BAJAR DE USO A RESIDENCIAL.
MERCADO DEL NORTE - F1	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	POR SU CONCEPCION NO PUEDE BAJAR DE USO A RESIDENCIAL.
BANCO SUDAMERICANO- F30	CATEGORIA 1	NIVEL 1	NO	NIVEL 1	N/A
DIARIO EL UNIVERSO - F10	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 6	POSEE ALTO RIESGO DE POUNDING
GOBERNACION - F16	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	POR SU CONCEPCION NO PUEDE BAJAR DE USO A RESIDENCIAL.
BANCO LA PREVISORA- F6	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 6	POSEE ALTO RIESGO DE POUNDING
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES- F2	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	POR SU CONCEPCION NO PUEDE BAJAR DE USO A RESIDENCIAL.
HOSPITAL LEON BECERRA- F36	CATEGORIA 1	NIVEL 1	SI	NIVEL 2	POR SU CONCEPCION NO PUEDE BAJAR DE USO A RESIDENCIAL.
CUERPO DE BOMBEROS- F40	CATEGORIA 2	NIVEL 2	SI	NIVEL 6	POSEE ALTO RIESGO DE POUNDING
DIARIO EL TELEGRAFO- F18	CATEGORIA 2	NIVEL 2	NO	NIVEL 2	N/A
HOTEL LIBERTADOR- F28	CATEGORIA 2	NIVEL 2	NO	NIVEL 2	N/A
JUAN ELJURI- F3	CATEGORIA 2	NIVEL 2	NO	NIVEL 2	N/A
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES- F29	CATEGORIA 2	NIVEL 2	SI	NIVEL 6	POSEE ALTO RIESGO DE POUNDING
EDIFICIO VIGNOLO- F23	CATEGORIA 3	NIVEL 3	SI	NIVEL 6	POSEE ALTO RIESGO DE POUNDING
EDIFICIO CUCALON- F21	CATEGORIA 3	NIVEL 3	SI	NIVEL 6	POSEE ALTO RIESGO DE POUNDING
COLEGIO LA PROVIDENCIA- F9	CATEGORIA 3	NIVEL 3	NO	NIVEL 3	N/A
CASA DE LA CULTURA- F11	CATEGORIA 3	NIVEL 3	NO	NIVEL 3	N/A
COLEGIO LA INMACULADA- F7	CATEGORIA 3	NIVEL 3	SI	NIVEL 5	TIENE GRANDES LUCES ENTRE COLUMNAS
GARAND HOTEL -37	CATEGORIA 3	NIVEL 3	NO	NIVEL 3	N/A
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE- F26	CATEGORIA 3	NIVEL 3	SI	NIVEL 5	TIENE DEFICIENTE CALIDAD DE CONTRUCCION
PALACIO DE COMUNICACIONES- F13	CATEGORIA 3	NIVEL 3	NO	NIVEL 3	N/A
HOSPITAL VERNAZA - F24	CATEGORIA 3	NIVEL 3	SI	NIVEL 5	TIENE GRANDES LUCES ENTRE COLUMNAS
TEMPLO SAN JOSE - F20	CATEGORIA 3	NIVEL 3	NO	NIVEL 3	N/A
COMPAÑÍA SALAMANDRA - F39	CATEGORIA 3	NIVEL 3	NO	NIVEL 3	N/A
ESCUELA MUNICIPAL MODELO- F5	CATEGORIA 3	NIVEL 3	SI	NIVEL 5	TIENE DEFICIENTE CALIDAD DE CONTRUCCION
COLEGIO RITA LECUMBERRI- F4	CATEGORIA 3	NIVEL 3	NO	NIVEL 3	N/A
COLEGIO CRISTOBAL COLON- F15	CATEGORIA 4	NIVEL 4	SI	NIVEL 5	TIENE DEFICIENTE CALIDAD DE CONTRUCCION
CASAS COLECTIVAS - F38	CATEGORIA 4	NIVEL 4	NO	NIVEL 4	N/A
TEMPLO SANTO DOMINGO- F22	CATEGORIA 4	NIVEL 4	NO	NIVEL 4	N/A
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE- F8	CATEGORIA 5	NIVEL 5	NO	NIVEL 5	N/A
JUANTA DE BENEFICENCIA- F12	CATEGORIA 5	NIVEL 5	NO	NIVEL 5	N/A
TEMPLO SAN FRANCISCO- F19	CATEGORIA 6	NIVEL 6	NO	NIVEL 6	N/A
CATEDRAL- F17	CATEGORIA 6	NIVEL 6	NO	NIVEL 6	N/A
BASILICA MENOR DE LA MERCED- F14	CATEGORIA 6	NIVEL 6	NO	NIVEL 6	N/A

Tabla 19. Análisis de Reforzamiento Estructural por categorías.

A partir de la tabla 18 se realizó un gráfico para sintetizar los diferentes tipos de reforzamientos y los porcentajes de utilización en las edificaciones que forman parte de esta investigación

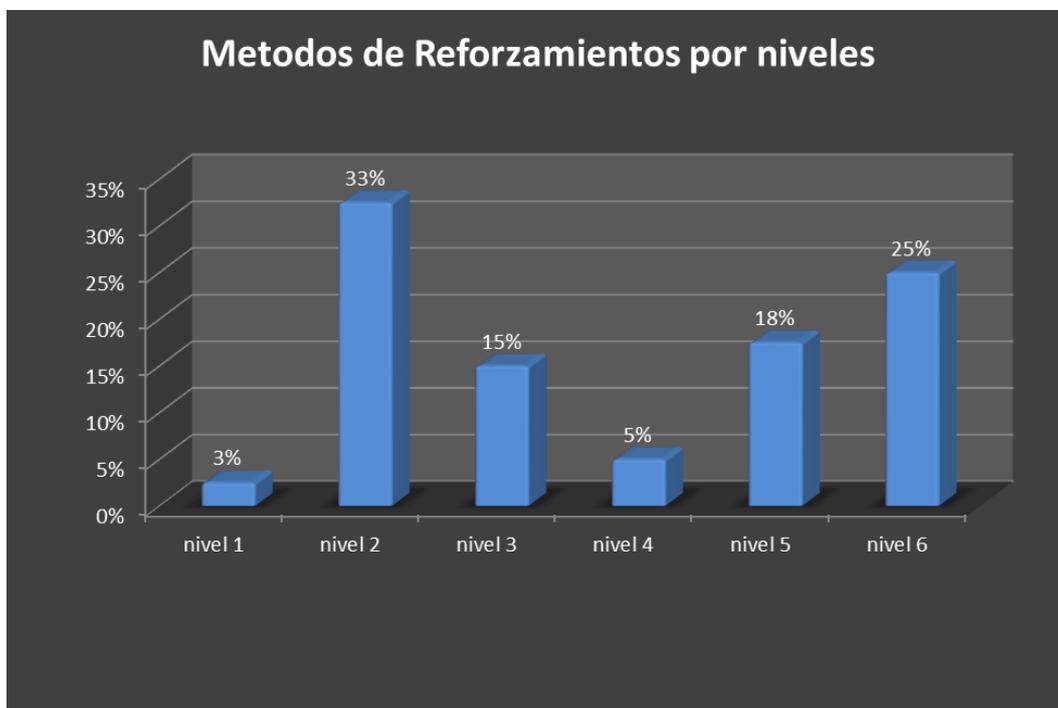


Fig. 38. Métodos de reforzamiento. Fuente Elaboración propia.

Dentro de los objetivos principales del reforzamiento estructural se encuentran el incremento de la capacidad de resistir cargas, incluyendo de manera especial las cargas relacionadas a sismos. La aplicación de uno o más métodos de reforzamiento combinados, depende de la evaluación específica y profunda de las propiedades de los elementos estructurales, de la forma, del uso y del diseño de cada edificación.

Tomando en cuenta que los objetos de estudio de esta investigación corresponden a edificaciones de hormigón armado con más de 50 años, los cuales ya han cumplido su periodo de vida útil y en muchos de los casos denotan cierto deterioro en los elementos arquitectónicos que

forman parte de la fachada. Acorde con esto se asume en primera instancia que las propiedades de sus elementos se han reducido en alguna medida.

De tal manera que una de las primeras medidas aplicables para aumentar dicha capacidad es el refuerzo de vigas y columnas.

NIVEL 1: Cambio de uso

El cambio de uso en una edificación puede también ser sugerido como método de reforzamiento. Este es un método que no realiza una intervención física sobre los elementos que constituyen la estructura, y más bien se enfoca en la actividad para la cual será utilizada. El cambio de uso implica una reducción de su carga viva lo cual influye de manera positiva en el comportamiento y la respuesta estructural sismo resistente, además el cambio de uso de una edificación puede reducir su factor de Importancia lo cual también colabora a reducir las exigencias a las que debe someterse dicha edificación. Este cambio de uso está en función del tipo de edificación y de un análisis de factibilidad de dicho cambio.

NIVEL 2: Modificaciones arquitectónicas

Las modificaciones que se pueden realizar a una edificación con respecto a la parte arquitectónica dependen mucho de los detalles que existan en ella que influyan de manera negativa en caso de ser sometida por eventos sísmicos. Además se puede considerar la modificación de las

distribuciones internas de las edificaciones como una manera de reubicar su centro de masa y hacerlo coincidir con el centro de rigidez, reduciendo de esta manera la torsión en dicha edificación. De tal manera que elementos como parapetos, volados excesivos, molduras excesivos, y demás detalles en que inducen irregularidades en elevación o planta y que forman parte de la arquitectura se deben suprimir o modificar para evitar consecuencias que pueden causar daños.

NIVEL 3: Arriostramiento con diagonales.

Este tipo de reforzamiento se suele utilizar para edificaciones que presentan grandes desplazamientos laterales en presencia de eventos sísmicos. Por lo general, las edificaciones con gran esbeltez son las más propensas a tener estos desplazamientos. Los arriostramiento diagonales rigidizan las estructura y además pueden absorben la energía sísmica evitando los desplazamientos excesivos que puedan llegar a causar daños a las edificación. Se lo recomienda para estructuras que tengan moderado riesgo de pounding.

NIVEL 4: Juntas Estructurales.

Este método de reforzamiento es aplicable y utilizado para edificaciones que presentan irregularidades especialmente en planta. La utilización de este método es con el fin de lograr en la edificación divisiones que las conviertan en dos o más bloques, según sea el caso, lo

más regulares posibles. De tal manera que tengan un mejor comportamiento al ser sometidos a eventos sísmicos.

NIVEL 5: Reforzamiento de vigas y columnas

Siendo las vigas y columnas los elementos más importantes de los que conforman la estructura de una edificación, son estos elementos los primeros a los que se los evalúa y de ser el caso, el reforzamiento de ellos se puede adjudicar como medida primordial en los momentos de intervenir una edificación. Este reforzamiento puede ser mediante la adición **de placas de acero** a manera de encamisado o mediante el encamisado **con fibras de carbono**. Siendo este último método más limpio y de menos espesor, de tal manera que resulta menos invasivo debido a que no produce un aumento demasiado considerable de la sección del elemento.

Reforzamientos con fibras o láminas de carbono.

Este método de reforzamiento es más actual que el encamisado de acero para los elementos estructurales como vigas y columnas. Se utiliza láminas o planchas de fibras de carbono embebidas en epóxico y se las adhieren al elemento a reforzar formando un encamisado. Este método tiene la ventaja de ser fácil y rápida de instalar, y al ser un material más ligero que acero, introduce menos masa a la edificación proporcionando las mismas características de aumento de capacidades de resistencia y

ductilidad, además de ser muy delgada de tal manera que no aumenta mayormente la sección del elemento a reforzar evitando los problemas de tránsito y serviciabilidad de la edificación. Unas de las pocas desventajas que tiene versus el método de encamisado de acero es el costo y que se debe proporcionar una cierta protección frente al fuego debido al contenido de resinas epóxicas que se utiliza para su instalación.

Reforzamientos con encamisado de acero

El reforzamiento de vigas y columnas con encamisado de acero es un método muy utilizado debido a lo conocido del material y su aplicación o instalación, de tal manera que sus costos de instalación no suelen ser muy elevados. Además tiene también como ventaja que se puede instalar de una manera muy rápida y sin causar mayores molestias de funcionalidad de la edificación intervenida. Otra ventaja es su puesta en servicio de manera inmediata. Se puede recubrir todas las caras del elemento a reforzar de tal manera que se logre un aumento uniforme de la resistencia y de su ductilidad, propiedades importantes para el diseño sismo-resistente.

NIVEL 6: Muros de corte

Los muros de corte son elementos de mucha utilidad para el reforzamiento debido a que son capaces de absorber gran parte de la energía sísmica a la que pueda llegar a ser sometida una estructura, y este atributo se debe a la gran resistencia que posee además de su

formidable rigidez lateral. Por esto los muros de corte son un método bastante útil y eficaz en el reforzamiento de estructuras, especialmente cuando se lo realiza como medida preventiva sismo-resistente.

Además este método se suele utilizar cuando existen grandes luces por cubrir y no se quiere aumentar la redundancia en la estructura. Con la adición de muros de corte se puede reducir el periodo de vibración de la estructura debido a que aumenta la rigidez.

De tal manera que los refuerzos de otros elementos estructurales junto con los muros de corte forman una combinación sólida y muy confiable al momento de soportar cargas sísmicas.

La ubicación de los muros de corte se debe realizar en base a un análisis específico de las características de la edificación a reforzarse, tomando en cuenta que los muros pueden ser interiores o exteriores, y se deben revisar aspectos como su distribución de espacios interiores, sus centros de masas y rigideces.

4.3.2 Aplicación de metodología en un caso de estudio

A continuación se explica paso por paso la metodología propuesta en esta investigación en un caso de estudio.

1. Datos generales

Caso: Edificio Diario el Universo

Año de construcción: 1924

Altura: 14.30 m.

Clave de levantamiento asignado: F10

2. Metodología

Primera Fase: A partir de la jerarquización del emplazamiento urbano asociado a la época de construcción considerando un periodo de 50 años, se determinaron 5 zonas significativas con presencia edificaciones de este tipo. Para las cuales se desarrolló una volumetría esquemática de cada edificación con su código de color correspondiente al tipo de uso.



Fig. 39. División de Zonas . Fuente: Elaboración propia.

Segunda Fase: Posteriormente ya jerarquizada el emplazamiento urbano, se asocia el estado de conservación o calidad estructural, para ubicar por

zonas significativas el grado de peligro en el que se encuentra la edificación. Considerándose de mayor a menor de la siguiente manera:

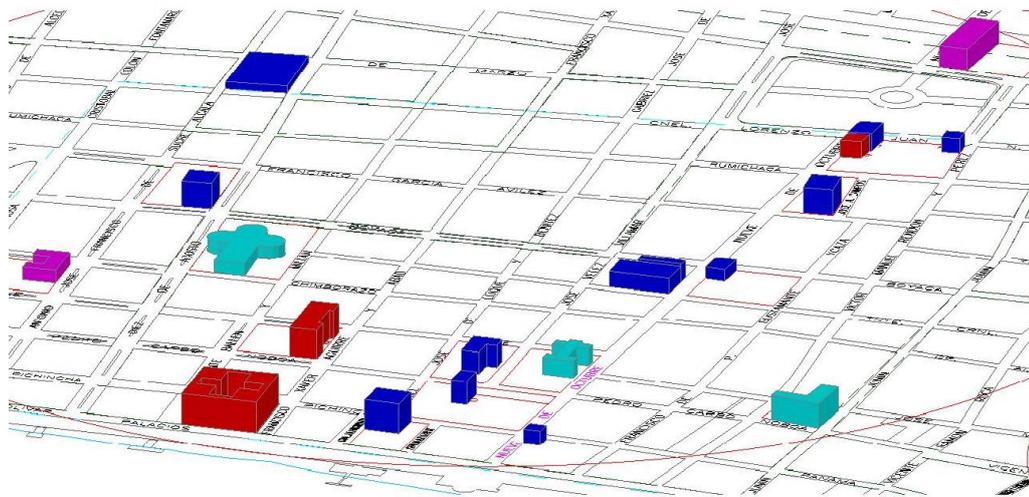


Fig. 26. Zona 3. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 24. Zona 1. Fuente: Elaboración propia



Fig. 25. Zona 2. Fuente: Elaboración propia

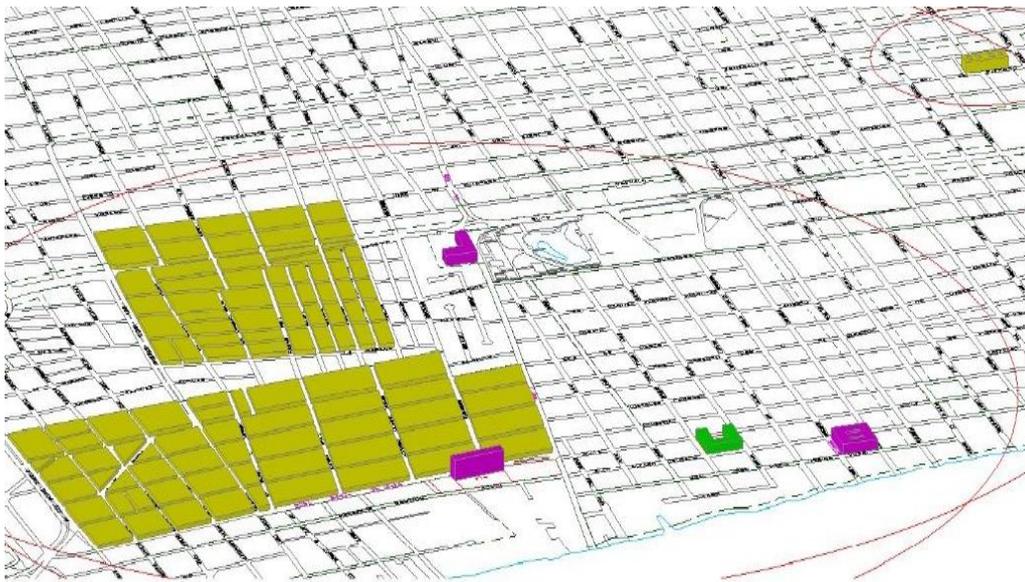


Fig. 28. Zona 5. Fuente: Elaboración propia

Tercera Fase: posteriormente con la jerarquía de emplazamiento urbano, se asociará otros referentes de análisis aparte de los ya considerados en la Segunda Fase, tales como: época de construcción y estado de conservación o calidad estructural. Quedando la jerarquía de las zonas de la siguiente manera:

- Zona 3 (fig. 39)
- Zona 2 (fig. 41)
- Zona 5 (fig. 42)
- Zona 1 (fig. 40)
- Zona 4 (fig. 43)

La Zona 3 se considera la de mayor cantidad de edificios antiguos y con estado aceptable de conservación de la estructura, y para nuestro caso de estudio Edificio Diario el Universo-F10, se encuentra localizado en esta zona.

Posteriormente de haber seleccionado la edificación de acuerdo a su tipología arquitectónica, dimensiones y alturas, en consideración a su jerarquización su emplazamiento urbano, considerando los diferentes referentes de análisis realizados en la Segunda Fase y Tercera Fase, se procede realizar el levantamiento arquitectónico-estructural, a través del registro fotográfico, reconociendo simultáneamente el deterioro

arquitectónico y fallas estructurales. Utilizándose una Tabla de registro fotográfico con los datos básicos de la edificación.

<p>VOLUMETRÍA</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ RESIDENCIAL ■ COMERCIAL ■ GUBERNAMENTAL ■ EDUCACION ■ RELIGIOSO ■ SALUD 	 <p>FACHADA PRINCIPAL</p>  <p>UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO.</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p>— DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO</p> <p>EVALUACIÓN GENERAL</p> <p>Losa de hormigón de cubierta, y la estructura de soportes verticales y horizontales de concreto armado.</p>
<p>CODIGO F10-1924</p>		<p>DIARIO EL UNIVERSO</p>

Tabla 20. Registro Fotográfico. Fuente: Elaboración propia

Consiguiendo así la simultaneidad del registro de los trabajos de campo y gabinete, con el análisis del estado de conservación y calidad constructiva de las edificaciones.

Con ambos registros de campo y gabinete, se los integra para poder tener una lectura completa del caso de estudio en su primer nivel de análisis cualitativo.

Posteriormente se procede a la realización de los cálculos de los diferentes factores y coeficientes mencionados con anterioridad, que se precisan para cada una de las estructuras que forman parte de la muestra. Todos estos valores se tabulan en hojas electrónicas para lograr

mayor facilidad en su visualización las cuales se presenta en los Anexos 2 y 3.

Simultáneamente se realiza el procesamiento de los datos de estudios de suelos y perforaciones que se encuentran en los Anexos, para la determinación del tipo de suelo de cada edificación según el NEC-2011. Con estos valores se realiza un proceso de tabulación. Con los cálculos y valores obtenidos tanto de características de suelo como de la estructura de la edificación, se procede a realizar fichas técnicas de cada una con los índices y coeficientes más importantes.

Posteriormente se realiza las evaluaciones necesarias para poder clasificar las estructuras según las subdivisiones que se requieran y se determina el tipo de reforzamiento que requiere cada uno de estos grupos de edificaciones. A través de un resumen organizando los datos de cada una en su correspondiente orden, como se presentan en la Tabla 16.

Finalmente se integra toda la información de las Tablas de *Configuración estructural*, *Características Dinámicas de las Estructuras*, *Vulnerabilidad Sísmica*, y *Reforzamiento Estructural*, en una sola Tabla Resumen de Análisis para su fácil lectura en las cuales se registran los datos mas relevantes dando como resultado la ficha técnica de la estructura, que para nuestro caso de estudio queda de la siguiente manera:

FICHA TÉCNICA							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD						SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	FACHADA PRINCIPAL		UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMETRÍA DEL EDIFICIO SI	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI
CODIGO F8		DIARIO EL UNIVERSO					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
90 AÑOS	14.30	1.00	-	-	6	0.57	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

Tabla 21. Ficha técnica de caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

LOCALIZADOR DE INFORMACION PARA FICHA TECNICA		
TIPO DE INFORMACION	FUENTE	PAGINA
EDAD	TABLA 14	85
ALTURA	TABLA 16	91
FACTOR I	ANEXO 2	138
IRREGULARIDAD EN PLANTA	ANEXO 2	138
IRREGULARIDAD EN ELEVACION	ANEXO 2	138
FACTOR R	ANEXO 2	138
PERIODO DE VIBRACION	ANEXO 3	139
PERFIL DE SUELO	TABLA 8	60
AÑO DE CONSTRUCCION	IDENTIFICACION DE EDIFICIOS	70-72
SIMETRIA	TABLA 15	88
IMPACTO ENTRE EDIFICIO	TABLA 15	88
UBICACION	IDENTIFICACION DE EDIFICIOS	70-72

Tabla 22. Localizador de información. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Todas las edificaciones de hormigón armado con más de cincuenta años de construcción presentan índice de vulnerabilidad que plantean la posibilidad de reforzamiento estructural.
- Para garantizar mayor eficiencia en los métodos de reforzamiento sugeridos se debe realizar ensayos específicos sobre los elementos estructurales.
- Con respecto a las *Características Dinámicas de las Estructuras* se puede concluir lo siguiente:
 - El 28% no son simétricos.
 - El 36% presentan Riesgo de Impacto.
 - Un 8 % poseen irregularidad vertical.
 - Un 28.2% poseen irregularidad en planta
- Con respecto al *Reforzamiento Estructural* se puede concluir que:
 - El 33% corresponden a Modificaciones arquitectónicas
 - El 25% corresponden a Muros de corte
 - El 18% corresponden a Reforzamiento de vigas y columnas

5.2 Recomendaciones

- Todas las construcciones de hormigón pueden ser reforzadas con los métodos presentados en la Tabla correspondiente de REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL, para prolongar su vida útil o responder de mejor manera ante eventos sísmicos.
- Se debe considerar la posibilidad del reforzamiento estructural a todas las edificaciones de hormigón armado que tienen más de 50 años de haber sido construidas.
- Los métodos de reforzamientos deben utilizarse como medidas preventivas para mitigar problemas futuros. A pesar de que también pueden ser utilizados como medidas correctivas.
- Para lograr un reforzamiento estructural, adecuado hay que tomar en cuenta el tipo de sistema estructural original, las modificaciones hechas del mismo, cambio de uso original, modificaciones arquitectónicas, edad de construcción, estado de conservación, su vulnerabilidad sísmica, tipo de perfil del suelo en donde se emplaza la edificación; para lo cual dependiendo de la situación estructural, se puede aplicar una combinación de varios de los métodos de reforzamiento para satisfacer todas las necesidades estructurales sismo-resistente.
- De manera generalizada se reforzara los diferentes elementos estructurales de la siguiente manera: para Columnas de concreto armado, se empleara el *Reforzamiento con planchas de acero unidas*, para Muros de concreto armado, se empleara los *Muros resistentes a corte*, para Vigas de concreto armado, se empleara el *Reforzamiento con planchas de acero*, y *Placas o membranas de fibra de carbono*.

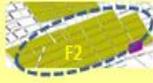
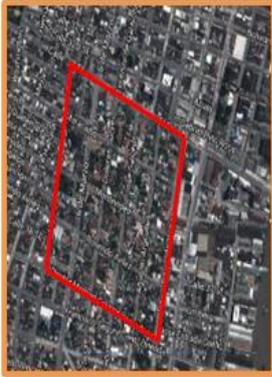
- Como una alternativa viable se recomienda las *Modificaciones arquitectónicas* como método de reforzamiento, en la medida que el esquema arquitectónico original y el sistema constructivo lo permita.
- Como una alternativa viable se recomienda el cambio de uso del edificio como método de reforzamiento, ya que se podría modificar el coeficiente sísmico o el peso del edificio, en la medida que el esquema arquitectónico original y el sistema constructivo lo permita.

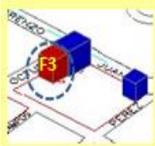
Bibliografía

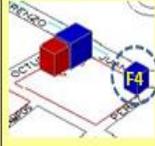
- Argudo J, R. Y. (1996). Vulnerabilidad estructural de hospitales de Guayaquil, Ecuador, Guayaquil.
- Camposano J., (Agosto 1999), Aplicación del Hormigón en Obras Civiles, Ecuador, Guayaquil: Centro Técnico del Hormigón.
- Estructura, I. C. (2002). Masterieg. Recuperado el 15 de Junio de 2012, de <http://www.masterieg.uc.cl/docs/GlosarioIE.pdf>.
- Nilson A, (1995), Diseño de Estructuras de Concreto, 11 edición, México, D.F: McGrawHill.
- Lizaola, D. R. (2001). Ciencia Arquitectónica, <http://cienciaarquitectonica.wordpress.com/2011/07/14/identificacion-de-las-fallas-estructurales-mas-comunes-en-la-edificacion-actual-de-guadalajara-jalisco-para-su-estudio-y-evaluacion-2/>
- Sarmientos, I. R. (2003). Recuperado el 15 de Junio de 2012, de <http://atrapadoz.com/descargas/11.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de la Construcción. (2013). Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC -11. Quito: INEC.
- ACI Committee 364.1R-94, "Guide for Evaluation of Concrete Structure Prior to Rehabilitation" (ACI 364.1R-94), 1994.

Anexo 1. Fichas Técnicas de Edificios.

TEMPLO SAN JOSÉ							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO SI / NO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI / NO		AÑO 1907		UBICACION ELOY ALFARO ENTRE SARGENTO VARGAS Y HUANCÁVILCA
CODIGO F1				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
107 AÑOS	21.20	1.30	-	-	6	0.73	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

BARRIO CENTENARIO							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO SI / NO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI / NO		AÑO 1920		UBICACION DESDE ROSA BORJA DE YCAZA HASTA BOGOTÁ, DESDE EL ORO HASTA O'CONOR
CODIGO F2				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
94 AÑOS	7.00	1.00	-	-	6	0.27	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

EDIFICIO DE LA SEGUNDA ZONA MILITAR						
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRIA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1921	
CODIGO F3		DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA						
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN
			PLANTA	ELEVACION		
93 AÑOS	16.00	1.00	-	-	6	0.58
Según EL NEC-2011 ES TIPO E.						

HOTEL LIBERTADOR						
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRIA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1922	
CODIGO F4		DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA						
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN
			PLANTA	ELEVACION		
92 AÑOS	14.00	1.00	-	-	6	0.63
Según EL NEC-2011 ES TIPO E.						

MERCADO CENTRAL								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		SI		NO	
	SI		NO		AÑO		UBICACION	
				1923		6 DE MARZO Y SUCRE		
CODIGO F5			DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
91 AÑOS	7.00	1.30	-	-	6	0.27	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

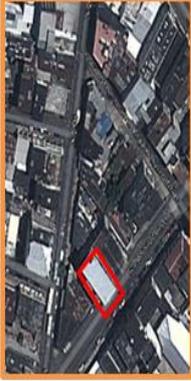
GOBERNACION								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		SI		NO	
	SI		NO		AÑO		UBICACION	
				1923		MALECON SIMON BOLIVAR Y AGUIRRE		
CODIGO F6			DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
91 AÑOS	28.62	1.30	-	-	6	0.62	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

BANCO SUDAMERICANO						
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1923	
CODIGO F7		DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA						
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN
			PLANTA	ELEVACION		
91 AÑOS	17.50	1.30	-	-	6	0.62
PERFIL DE SUELO Según EL NEC-2011 ES TIPO E.						

DIARIO EL UNIVERSO						
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1924	
CODIGO F8		DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA						
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN
			PLANTA	ELEVACION		
90 AÑOS	14.30	1.00	-	-	6	0.57
PERFIL DE SUELO Según EL NEC-2011 ES TIPO E.						

DIARIO EL TELEGRAFO							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGIA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES				
	SI		NO				
	AÑO		UBICACION		1924 BOYACA Y 10 DE AGOSTO		
CODIGO F9			DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
90 AÑOS	25.00	1.00	-	-	6	0.85	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

HOSPITAL VERNAZA							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGIA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES				
	NO		NO				
	AÑO		UBICACION		1924 LOJAY ESCOBEDO		
CODIGO F10			DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
90 AÑOS	12.00	1.50	-	-	6	0.44	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

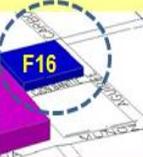
TEMPLO MASONICO								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		SI		SI	
	AÑO		UBICACION		1924		GARCIA AVILES ENTRE LAVAYEN Y CALIXTO ROMERO	
CODIGO F11				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
90 AÑOS	10.00	1.00	-	-	6	0.37	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

JUAN ELJURI								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		SI		SI	
	AÑO		UBICACION		1927		9 DE OCTUBRE Y BOYACA	
CODIGO F12				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
87 AÑOS	11.00	1.00	-	-	6	0.41	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

HOSPITAL LEON BECERRA								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		AÑO		UBICACION	
	NO		NO		1928		ELOY ALFARO Y BOLIVIA	
	CODIGO F13							
DATOS TECNICOS								
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
86 AÑOS	8.59	1.50	TIPO 2	-	6	0.33	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

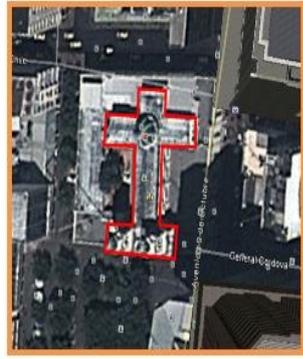
BANCO LA PREVISORA								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		AÑO		UBICACION	
	SI		SI		1928		PICHINCHA Y 9 DE OCTUBRE	
	CODIGO F14							
DATOS TECNICOS								
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
86 AÑOS	13.47	1.00	-	-	6	0.49	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

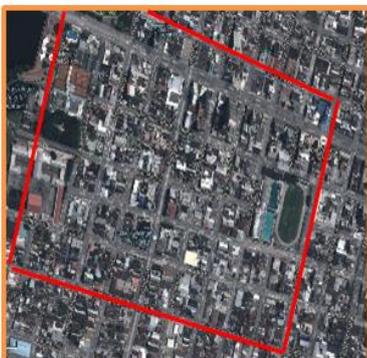
GRAND HOTEL								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
			SIMETRÍA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES			
			SI		SI			
				AÑO		UBICACION		
				1930		CLEMENTE BALEN Y PICHINCHA		
CODIGO F15				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
84 AÑOS	14.00	1.30	-	-	6	0.51	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

MERCADO DEL NORTE								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
			SIMETRÍA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES			
			SI		NO			
				AÑO		UBICACION		
				1931		BAQUERIZO MORENO ENTRE AGUIRRE Y TOMAS MARTINEZ		
CODIGO F16				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
83 AÑOS	6.30	1.30	-	-	6	0.25	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

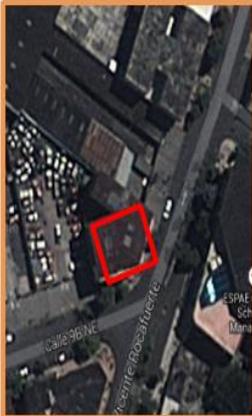
ESCUELA MUNICIPAL MODELO							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO NO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES NO		AÑO 1931		
CODIGO F17		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
83 AÑOS	12.13	1.30	TIPO 2	-	6	0.44	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

CUERPO DE BOMBEROS							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1931		
CODIGO F18		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
83 AÑOS	16.00	1.00	-	-	6	0.54	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

TEMPLO SAN FRANCISCO							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA  DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES	NO	NO	AÑO	UBICACION	
					1931	PEDRO CARBO ENTRE 9 DE OCTUBRE Y VELEZ	
CODIGO F19		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
83 AÑOS	16.70	1.30	TIPO 3	TIPO 3	6	0.59	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

BARRIO EL SALADO							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA  DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES	SI	NO	AÑO	UBICACION	
					1932	PRIMERO DE MAYO HASTA CLEMENTE BALLEEN Y DESDE GARCIA MORENO HASTA EL ESTERO SALADO	
CODIGO F20		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
82 AÑOS	6.50	1.00	-	-	6	0.25	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

COLEGIO RITA LECUMBERRI							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		AÑO		UBICACION
	NO		NO		1935		GARCIA MORENO ENTRE VELEZ Y HURTADO
CODIGO F21				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
79 AÑOS	11.55	1.30	TIPO 3	-	6	0.44	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

TEMPLO SANTO DOMINGO							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		AÑO		UBICACION
	SI		NO		1937		BARRIO LAS PEÑAS
CODIGO F22				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
77 AÑOS	12.00	1.30	-	-	6	0.44	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

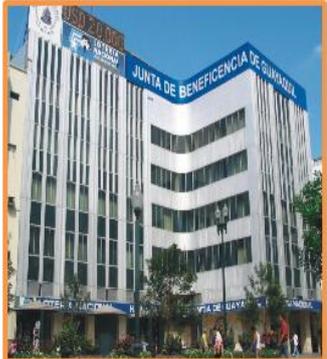
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO NO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES NO		AÑO 1937		UBICACION LIZARDO GARCIA Y FRANCISCO AGUIRRE
CODIGO F23				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
77 AÑOS	13.50	1.00	TIPO 3	-	6	0.49	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

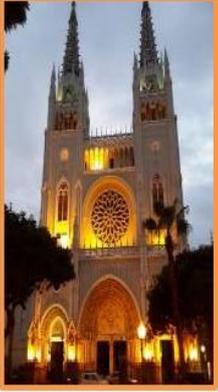
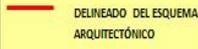
EDIFICIO VIGNOLO							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1938		UBICACION JOSE ANTONIO CAMPOS Y GARCIA AVILEZ
CODIGO F24				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
76 AÑOS	25.00	1.30	-	-	6	0.85	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

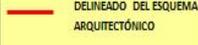
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		NO		NO	
	AÑO		UBICACION		1939		TOMAS MARTINEZ Y ALFREDO BAQUERIZO MORENO	
CODIGO F25			DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
75 AÑOS	15.35	1.30	TIPO 2	-	6	0.51	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

COLEGIO LA PROVIDENCIA								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		NO		NO	
	AÑO		UBICACION		1939		ELOY ALFARO ENTRE GOMEZ RENDON Y BRASIL	
CODIGO F26			DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
84 AÑOS	15.35	1.30	TIPO 2	-	6	0.55	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

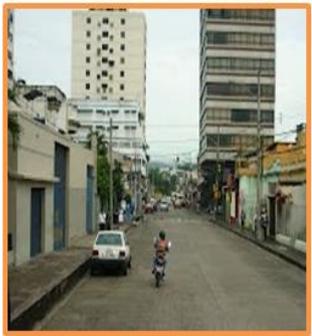
EDIFICIO CUCALON							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD					SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	FACHADA PRINCIPAL		UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMETRÍA DEL EDIFICIO	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES	
					SI	SI	
CODIGO F27		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
74 AÑOS	14.00	1.00	-	-	6	0.60	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

JUNTA DE BENEFICENCIA							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD					SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	FACHADA PRINCIPAL		UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMETRÍA DEL EDIFICIO	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES	
					NO	SI	
CODIGO F28		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
71 AÑOS	21.00	1.00	TIPO 2	-	6	0.73	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

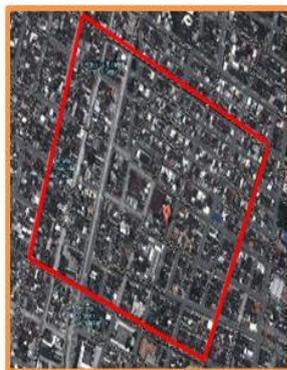
CATEDRAL							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD					SIMBOLOGÍA 		
	FACHADA PRINCIPAL		UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMETRÍA DEL EDIFICIO NO	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES NO	
CODIGO F29		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
69 AÑOS	35.00	1.30	TIPO 3	TIPO 3	6	1.15	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

CASAS COLECTIVAS							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD					SIMBOLOGÍA 		
	FACHADA PRINCIPAL		UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		SIMETRÍA DEL EDIFICIO SI	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES NO	
CODIGO F30		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
69 AÑOS	13.75	1.00	-	-	6	0.50	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

CASA DE LA CULTURA							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		AÑO		UBICACION
	SI		NO		1949		9 DE OCTUBRE ENTRE AV. QUITO Y PEDRO MONCAVO
CODIGO F31				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
65 AÑOS	20.35	1.30	-	-	6	0.71	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

BARRIO ORELLANA							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRÍA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		AÑO		UBICACION
	SI		NO		1952		DESDE QUISQUIS HASTA PIEDRAHITA, DESDE AV. DEL EJERCITO HASTA EL SALADO
CODIGO F32				DATOS TECNICOS			
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
61 AÑOS	7.00	1.00	-	-	6	0.27	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

COLEGIO CRISTOBAL COLON								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA — DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		SI		NO	
	AÑO		UBICACION		1952		ROSA BORJA DE YCAZA ENTRE EL ORC Y CALLE JON DAULE	
CODIGO F33				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
62 AÑOS	28.62	1.30	-	-	6	0.96	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

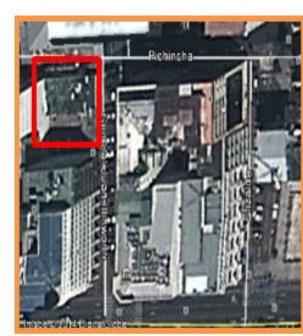
BARRIO DEL SEGURO								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA — DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		SI		NO	
	AÑO		UBICACION		1952			
CODIGO F34				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
62 AÑOS	7.00	1.00	-	-	6	0.25	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

COLEGIO SAGRADOS CORAZONES							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD						SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	FACHADA PRINCIPAL		UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMETRÍA DEL EDIFICIO	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES
						NO	NO
CODIGO F35		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
59 AÑOS	14.00	1.50	TIPO 2	-	6	0.51	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

COMPAÑÍA SALAMANDRA							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD						SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	FACHADA PRINCIPAL		UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMETRÍA DEL EDIFICIO	IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES
						SI	NO
CODIGO F36		DATOS TECNICOS					
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
61 AÑOS	22.00	1.00	-	-	6	0.50	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

COLEGIO LA INMACULADA								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD						SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		SI		NO	
	AÑO		UBICACION		1953		ELOY ALFARO ENTRE CAMILO DESTRUJE Y COLOMBIA	
CODIGO F37				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
61 AÑOS	13.85	1.30	-	-	6	0.50	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

PALACIO DE LAS COMUNICACIONES (EL CORREO)								
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD						SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO		
	SIMETRIA DEL EDIFICIO		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES		NO		NO	
	AÑO		UBICACION		1955		AGUIRRE Y PEDRO CARBO	
CODIGO F38				DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA								
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO	
			PLANTA	ELEVACION				
90 AÑOS	27.34	1.30	-	-	6	0.72	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.	

EDIFICIO BOLSA DE VALORES							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRIA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1960		UBICACION VICTOR MANUEL RENDON Y CORDOVA
CODIGO F39			DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
54 AÑOS	28.00	1.30	-	-	6	0.94	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

BASILICA MENOR DE LA MERCED							
VOLUMETRÍA  RESIDENCIAL COMERCIAL GUBERNAMENTAL EDUCACION RELIGIOSO SALUD	 FACHADA PRINCIPAL		 UBICACIÓN URBANA Y VISTA DE PLANTA DE EMPLAZAMIENTO CON DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO			SIMBOLOGÍA DELINEADO DEL ESQUEMA ARQUITECTÓNICO	
	SIMETRIA DEL EDIFICIO SI		IMPACTO ENTRE EDIFICIOS ADYACENTES SI		AÑO 1964		UBICACION VICTOR MANUEL RENDON Y PEDRO CARBO
CODIGO F40			DATOS TECNICOS				
REFERENTES DE EVALUACIÓN CUALITATIVA							
EDAD	ALTURA(m)	FACTOR I	FACTORES DE IRREGULARIDAD SEGÚN NEC-2011		FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA SÍSMICA SEGÚN NEC-2011	PERÍODO DE VIBRACIÓN	PERFIL DE SUELO
			PLANTA	ELEVACION			
50 AÑOS	23.00	1.30	TIPO 2	TIPO 3	6	0.79	Según EL NEC-2011 ES TIPO E.

Anexo 2. Coeficientes Sísmicos de las Edificaciones

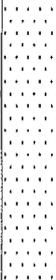
EDIFICIOS ANTIGUOS EN HORMIGON ARMADO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL						
CALCULO DE COEFICIENTE SISMICO						
NOMBRE DE ESTRUCTURA	Ø E	Ø P	FACTOR R	FACTOR I	Sa	Sc
CATEDRAL	0.90	0.90	6	1.3	0.821	0.220
COLEGIO CRISTOBAL COLON	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES	1.00	1.00	6	1	0.821	0.137
EDIFICIO VIGNIOLO	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
DIARIO EL TELEGRAFO	1.00	1.00	6	1.0	0.821	0.137
BASILICA MENOR DE LA MERCED	0.90	0.90	5	1.3	0.821	0.263
PALACIO MUNICIPAL	1.00	1.00	6	1.0	0.821	0.137
COMPAÑÍA SALAMANDRA	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
TEMPLO DE SAN JOSE	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
JUNTA DE BENEFICENCIA	1.00	0.90	6	1.5	0.821	0.228
GRAND HOTEL	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
PALACIO DE LAS COMUNICACIONES	1.00	1.00	5	1.3	0.821	0.213
CASA DE LA CULTURA	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
HOTEL LIBERTADOR	1.00	1.00	6	1.0	0.821	0.137
GOBERNACION	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
BANCO SUDAMERICANO	1.00	1.00	6	1	0.821	0.137
EDIFICIO CUCALON	1.00	1.00	6	1	0.821	0.137
TEMPLO SAN FRANCISCO	0.90	0.90	6	1.3	0.821	0.220
EDIFICIO DE LA SEGUNDA ZONA MILITAR	1.00	1.00	6	1.0	0.821	0.137
DIARIO EL UNIVERSO	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
COLEGIO LA PROVIDENCIA	1.00	0.90	6	1.0	0.821	0.152
CENTRAL DEL CUERPO DE BOMBEROS	1.00	1.00	6	1.0	0.821	0.137
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE	1.00	0.90	6	1.5	0.821	0.228
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES	1.00	0.90	6	1.5	0.821	0.228
COLEGIO LA INMACULADA	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
CASAS COLECTIVAS	1.00	1.00	6	1.5	0.821	0.205
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE	1.00	1.00	6	1.0	0.821	0.137
BANCO LA PREVISORA	1.00	1.00	6	1.0	0.821	0.137
ESCUELA MUNICIPAL MODELO	1.00	0.90	6	1.3	0.821	0.198
HOSPITAL VERNAZA	1.00	1.00	6	1.5	0.821	0.205
TEMPLO DE SANTO DOMINGO	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
RITA LECUMBERRI	1.00	0.90	6	1.3	0.821	0.198
JUAN ELJURI	1.00	1.00	6	1.5	0.821	0.205
TEMPLO MASONICO	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
HOSPITAL LEON BECERRA	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
MERCADO CENTRAL	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178
BARRIO ORELLANA	1.00	1.00	6	1	0.821	0.137
BARRIO CENTENARIO	1.00	1.00	6	1	0.821	0.137
BARRIO DEL SALADO	1.00	1.00	6	1	0.821	0.137
BARRIO DEL SEGURO	1.00	1.00	6	1	0.821	0.137
MERCADO DEL NORTE	1.00	1.00	6	1.3	0.821	0.178

Anexo 3. Periodos de vibración as Edificaciones

EDIFICIOS ANTIGUOS EN HORMIGON ARMADO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL					
CALCULO DEL PERIODO DE VIBRACION DE LA ESTRUCTURA					
NOMBRE DE ESTRUCTURA	NUMERO DE PISOS	ALTURA TOTAL (m)	Ct	α	T (seg)
CATEDRAL	4	35.00	0.047	0.9	1.15
COLEGIO CRISTOBAL COLON	5	28.62	0.047	0.9	0.96
EDIFICIO DE BOLSA DE VALORES	8	28	0.047	0.9	0.94
EDIFICIO VIGNIOLO	7	25.00	0.047	0.9	0.85
DIARIO EL TELEGRAFO	5	24.98	0.047	0.9	0.85
BASILICA MENOR DE LA MERCED	3	23.00	0.047	0.9	0.79
PALACIO MUNICIPAL	4	23.00	0.047	0.9	0.79
COMPAÑÍA SALAMANDRA	7	22	0.047	0.9	0.76
TEMPLO DE SAN JOSE	4	21.20	0.047	0.9	0.73
JUNTA DE BENEFICENCIA	5	21.08	0.047	0.9	0.73
PALACIO DE LAS COMUNICACIONES	4	20.78	0.047	0.9	0.72
CASA DE LA CULTURA	6	20.35	0.047	0.9	0.71
HOTEL LIBERTADOR	4	17.80	0.047	0.9	0.63
GOBERNACION	3	17.50	0.047	0.9	0.62
BANCO SUDAMERICANO	4	17.5	0.047	0.9	0.62
EDIFICIO CUCALON	5	17	0.047	0.9	0.60
TEMPLO SAN FRANCISCO	5	16.70	0.047	0.9	0.59
EDIFICIO DE LA SEGUNDA ZONA MILITAR	4	16.40	0.047	0.9	0.58
DIARIO EL UNIVERSO	4	16.15	0.047	0.9	0.57
COLEGIO LA PROVIDENCIA	4	15.35	0.047	0.9	0.55
CENTRAL DEL CUERPO DE BOMBEROS	5	15.00	0.047	0.9	0.54
COLEGIO SAN JOSE LA SALLE	4	14.22	0.047	0.9	0.51
GRAND HOTEL	4	14.00	0.047	0.9	0.51
COLEGIO SAGRADOS CORAZONES	3	14.00	0.047	0.9	0.51
COLEGIO LA INMACULADA	3	13.85	0.047	0.9	0.50
CASAS COLECTIVAS	4	13.75	0.047	0.9	0.50
COLEGIO VICENTE ROCAFUERTE	3	13.50	0.047	0.9	0.49
BANCO LA PREVISORA	3	13.47	0.047	0.9	0.49
ESCUELA MUNICIPAL MODELO	2	12.13	0.047	0.9	0.44
HOSPITAL VERNAZA	3	12.00	0.047	0.9	0.44
TEMPLO DE SANTO DOMINGO	5	12.00	0.047	0.9	0.44
RITA LECUMBERRI	2	11.55	0.047	0.9	0.43
JUAN ELJURI	3	11.00	0.047	0.9	0.41
TEMPLO MASONICO	3	10.00	0.047	0.9	0.37
HOSPITAL LEON BECERRA	2	8.59	0.047	0.9	0.33
MERCADO CENTRAL	2	7.00	0.047	0.9	0.27
BARRIO ORELLANA	2	7	0.047	0.9	0.27
BARRIO CENTENARIO	2	7	0.047	0.9	0.27
BARRIO DEL SALADO	2	6.5	0.047	0.9	0.25
BARRIO DEL SEGURO	2	6.5	0.047	0.9	0.25
MERCADO DEL NORTE	1	6.39	0.047	0.9	0.25

Perforación 2

MUESTRA N°	DESCRIPCION	PERFIL	N.F.	Prof (m)	C.O.B	"N" SPT										N° de golpes	HUMEDADES %				LIMITE DE ATTERBERG			Y	GRANULOMETRIA			S.O.S					
																	W (g/100g)					T ₂₀₀	Porcentaje que pasa acumulado										
						0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			100	0	50	100		150		W _L %	W _P %	SP		T ₇₅	N° 75	N° 200	N° 300	
1	Arena Fina Limosa Color Café Claro Con Grava Contaminada Con Material De Desalojo Condit. Muy Suelta		-0,45																														
2	Arcilla Inorganica De Muy Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Condit. Muy Blanda			-1,15	-1,15										2																		
3	Arcilla Inorganica De Muy Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Condit. Blanda			-2,00	-2,00										0,25																		
4	Arcillas Y Limos De Muy Alta Plasticidad Color Habano Condit. Blanda			-2,85	-2,85										0,28																		
5	Arcilla Inorganica De Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Media Condit. Blanda			-4,25	-4,25										0,26																		
6	Arcilla Inorganica De Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Condit. Blanda			-5,00	-5,00										0,27																		
7	Arcilla Inorganica De Muy Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Condit. Blanda			-6,00	-6,00										0,26																		
8	Arcilla Inorganica De Muy Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Condit. Blanda			-7,10	-7,10										0,28																		
9	Arcilla Inorganica De Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Condit. Blanda			-8,00	-8,00										0,29																		
10	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Con Arena Fina Condit. Muy Blanda			-9,00	-9,00										0,25																		
11	Arcilla Inorganica De Muy Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Con Arena Fina Condit. Dura			-10,00	-10,00										1,25																		
12	Arcilla Inorganica De Muy Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Condit. Dura			-11,00	-11,00										0,75																		
13	Arcilla Inorganica De Muy Alta Plasticidad Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Condit. Dura			-12,00	-12,00										0,88																		
14	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-13,20	-13,20										1,00																		
15	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-14,00	-14,00										22																		
16	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-15,00	-15,00										25																		
17	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-16,00	-16,00										28																		
18	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-17,00	-17,00										31																		
19	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-18,00	-18,00										27																		
20	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-19,00	-19,00										34																		
	Arcilla De Plasticidad Media Color Gris Verdoso Y Con Poca Arena Fina Y Con Poca Grava Condit. Media			-20,00	-20,00										36																		
	Fin del Sondeo																																

 LABORATORIO DE SUELOS E INGENIERIA DE FUNDACIONES CALLE FOMERA 1 12M Y COSTANERA TELEFONO: 320 970 2804 / 320 970 8 cevaconsult@gmail.com			NOVENCLATURA	SIMBOLOGIA	CBSA	Hoja 34																			
PROFUNDIDAD	CANAL	DESCRIPCION DE MATERIAL	ESTRATIGRAFIA	MUESTRA	SUCS	ASTHO	W	Wp	Ip	L	γ	q_u	c	TOR	G _s	# 4	# 10	# 40	# 200	N	NEQ	CONTINUIDAD DE HORIZONTALidad 0 20 40 60 80 100 120 140 160			
m	cm			#	PROFUNDIDAD		%	%	%	cm	T/m ²	T/m ²	%	T/m ²	%	%	%	%	%						
25		Arcilla gris verduosa de alta plasticidad con lentes de arena fina. Consistencia blanda.		19	25.00-25.50	CH	A-7-S	78.5	69	30	59	0.8									65	6	5		
26	26.00																								
27		Turba		20	26.50-27.00			142.0	TUR	BA											33	34	26		
28																									
29	28.00																								
30		Arena pobremente graduada inmsa con algo de grava, color gris verduosa compacta.		22	29.50-30.00	SM	A-3	28.5	NO	PLAS	TCC					100	98	65	17	51	38				
31																									
32	32.00																								
33	33.00	Arena inmsa con grava gris de compactación suelta a media		24	32.50-33.00	SM	A-4-b	21.6	NO	PLAS	TCC					98	92	31	22	10	9				
34		Arcilla gris verduosa de baja plasticidad con estratos de arena fina. Consistencia rígida.		25	34.00-34.50	CL	A-7-6	38.5	40	19	22	1.0									78	16	14		
35	35.00																								
36		arcilla gris verduosa de baja plasticidad con lentes de arena fina consistencia blanda.		26	35.50-36.00	CL	A-7-6	43.2	44	22	22	1.0										81	4	3	