



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

DEPARTAMENTO DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN
GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL CON
MENCIÓN EN GESTIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN**

TEMA

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL COLEGIO DE
INGENIEROS CIVILES DEL GUAYAS Y SU RESPUESTA ANTE LA NORMA
VIGENTE NEC 2015.**

AUTORA:

**ING. KARINA PAOLA SUBIA PEREZ
COD. ORCID: 0000-0001-6952-7538**

TUTOR

**MGTR. ROMMEL YELA ACOSTA
COD. ORCID 009-0000-9057-0899**

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL GUAYAS Y SU RESPUESTA ANTE LA NORMA VIGENTE NEC 2015.	
AUTORA: Ing. Karina Paola Subía Pérez	TUTOR: Mgtr. Rommel Yela Acosta
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Magíster en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción
FACULTAD: Posgrado	CARRERA: Maestría en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 88
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción.	
PALABRAS CLAVE: Elemento estructural (construcción), Ingeniería sísmica, Prevención antisísmica	
RESUMEN: El presente trabajo de titulación evalúa el comportamiento y la vulnerabilidad estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, ubicado en la Parroquia Tarqui al norte de la Ciudad de Guayaquil, basándose en un estudio comparativo bajo las normativas del código ecuatoriano de la construcción CEC 1977, vigente al año de construcción de la edificación y la NEC 2015 vigente a la fecha. Para ello se empieza con la recopilación de información de la estructura (planos del edificio: arquitectónicos y estructurales, año de construcción), también se toma como referencia la zonificación sísmica del suelo, en base a la NEC 2015, que otorga un tipo de suelo D, para así comenzar con la creación de los espectros, mediante el análisis estructural empleando el programa ETABS V 21.1.0, considerando los planos estructurales de la edificación que datan del año 1986 y contrastando con el relevamiento estructural y los ensayos experimentales de 6 núcleos tomados de vigas y columnas para verificar la resistencia del hormigón, realizados en el mes de febrero del año 2022. La evaluación estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas (CICG) es un proceso fundamental para determinar su comportamiento ante los requerimientos sísmicos y estructurales establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). Este artículo analiza la metodología de evaluación, los principales hallazgos y las recomendaciones necesarias para garantizar la seguridad y funcionalidad de la edificación. A través de una revisión detallada de los criterios estructurales y un análisis de vulnerabilidad sísmica, se establecen	

medidas correctivas y de refuerzo estructural.

Finalmente se realizan las valoraciones respectivas para determinar el nivel de vulnerabilidad de la estructura, la capacidad de los elementos y el análisis de estos con sus respectivas recomendaciones y mejorar su comportamiento para futuros sismos.

N. DE REGISTRO:

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL:

ADJUNTO PDF:

SI

NO

**CONTACTO CON
AUTOR**

Teléfono:

E-mail:

ksubiap@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Mgtr. Norma Hinojosa
Directora del Dpto. de Posgrado

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

Subía Pérez Karina Paola - Trabajo de Titulación (Mayo 2025)
(4).docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

ÍNDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PROMINENTES

1	ia601904.us.archive.org Fuente de Internet	1%
2	kupdf.net Fuente de Internet	1%
3	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	1%
4	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	www.funiber.org Fuente de Internet	1%
6	civilgeeks.com Fuente de Internet	1%
7	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
10	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	1%
11	webcam.igepn.edu.ec Fuente de Internet	1%

Incluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Incluir bibliografía

Apagado

10 repository.usta.edu.co
Fuente de Internet

1%

11 webcam.igepn.edu.ec
Fuente de Internet

1%

Incluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Incluir bibliografía

Apagado



MGTR. ROMMEL YELA ACOSTA

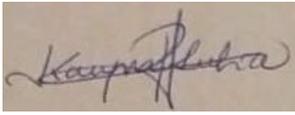
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Guayaquil, 20 de marzo de 2025

Yo, **KARINA PAOLA SUBIA PEREZ**, declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo me corresponde totalmente y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo mis derechos de autor a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establecido por las normativas Institucionales vigentes.

Firma:



Karina Paola Subía Pérez

Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil

Departamento de Posgrado

Programa: Maestría en Ingeniería Civil con mención en Gestión de la Construcción

CERTIFICADO DEL TUTOR DE TITULACIÓN

TEMA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL GUAYAS Y SU RESPUESTA ANTE LA NORMA VIGENTE NEC 2015.		
MAESTRANTE:	Karina Paola Subía Pérez	CÉDULA:	0913387163
TUTOR:	Mgtr. Rommel Yela Acosta	CÉDULA:	1202108419

En mi carácter de **TUTOR** del **TRABAJO DE TITULACIÓN** con el **TEMA** descrito y elaborado por el **MAESTRANTE**, certifico que el mismo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser defendido ante el **TRIBUNAL DE TITULACIÓN** del Departamento de Posgrado que se designe para el efecto.

Guayaquil, 20 de marzo de 2025



MGTR. ROMMEL YELA ACOSTA

DEDICATORIA

A Dios por sus bendiciones y la oportunidad de tratar de mejorar cada día.

A la Mater por darme la mano y cobijarme a lo largo del camino.

A mi amada Madre Fanny María por siempre ser mi apoyo incondicional y a pesar de ya no estar a mi lado físicamente, dejarme la mejor herencia, que es el trabajo duro y la constancia, para lograr lo que se anhela.

A mi esposo Juan Carlos y a mi amada hija María Pía, por ser mi motor para continuar adelante, conquistando nuevas metas.

A mi familia por estar pendientes de todo lo bueno o malo que me ocurre, siempre tratando de dar palabras de aliento y apoyo, muy a pesar de no estar de acuerdo, en muchas ocasiones con mis decisiones.

A todos aquellos amigos, que me extendieron una palabra de ánimo, para continuar en este trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme y permitirme haber culminado y conquistado un peldaño más en mi formación académica.

A mi querida Mater por siempre cobijarme y tenerme de su mano, así sentirme una hija predilecta de la Reina.

A mi madre, por ser el pilar más importante de mi vida y porque a pesar de ya no encontrarse a mi lado, estoy segura se encuentra orgullosa de mí, me acompaño, apoyo y brindo, sin límites su amor incondicional, en el transcurso de mi vida.

A mi amado esposo Juan Carlos, quien me apoya y alienta, diciéndome que si puedo hacer todo lo que me proponga y dar mucho más.

A mi amada hija María Pía, por ser mi motor y tratar de cada día, de dar mi mejor versión, darle el mejor ejemplo de lucha, trabajo y sacrificio.

A mi familia en general por estar a mi lado en todo momento.

A mi querido amigo Ing. Pablo Lindao por incentivar me a continuar.

Y no puede faltar mi agradecimiento infinito para mi muy apreciado amigo y tutor Ing. Rommel Yela Acosta, por sus enseñanzas, paciencia, tiempo e incluso financiar parte de los ensayos, siendo un sueño mutuo hacer academia, que me han permitido culminar este trabajo.

A todos mis amigos por darme directa o indirectamente el tiempo que requería para finalizar este estudio, mil gracias más por este apoyo y por ser parte de mi vida.

Solo me queda decir, gracias, amado Padre Dios, por tanto.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación evalúa el comportamiento y la vulnerabilidad estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, ubicado en la Parroquia Tarqui al norte de la Ciudad de Guayaquil, basándose en un estudio comparativo bajo las normativas del código ecuatoriano de la construcción CEC 1977, vigente al año de construcción de la edificación y la NEC 2015 vigente a la fecha.

Para ello se empieza con la recopilación de información de la estructura (planos del edificio: arquitectónicos y estructurales, año de construcción), también se toma como referencia la zonificación sísmica del suelo, en base a la NEC 2015, que otorga un tipo de suelo D, para así comenzar con la creación de los espectros, mediante el análisis estructural empleando el programa ETABS V 21.1.0, considerando los planos estructurales de la edificación que datan del año 1986 y contrastando con el relevamiento estructural y los ensayos experimentales de 6 núcleos tomados de vigas y columnas para verificar la resistencia del hormigón, realizados en el mes de febrero del año 2022.

La evaluación estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas (CICG) es un proceso fundamental para determinar su comportamiento ante los requerimientos sísmicos y estructurales establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). Este artículo analiza la metodología de evaluación, los principales hallazgos y las recomendaciones necesarias para garantizar la seguridad y funcionalidad de la edificación. A través de una revisión detallada de los criterios estructurales y un análisis de vulnerabilidad sísmica, se establecen medidas correctivas y de refuerzo estructural.

Finalmente se realizan las valoraciones respectivas para determinar el nivel de vulnerabilidad de la estructura, la capacidad de los elementos y el análisis de estos con sus respectivas recomendaciones y mejorar su comportamiento para futuros sismos.

Palabras clave: Elemento estructural (construcción), Ingeniería sísmica, Prevención sismorresistente.

ABSTRACT

This thesis evaluates the behavior and structural vulnerability of the building of the College of Civil Engineers of Guayas, located in the Tarqui Parish north of the City of Guayaquil, based on a comparative study under the regulations of the Ecuadorian construction code CEC 1977, in force at the year of construction of the building and the NEC 2015 in force to date.

To do this, it begins with the collection of information about the structure (building plans: architectural and structural, year of construction), the seismic zoning of the soil is also taken as a reference, based on the NEC 2015, which grants a soil type D, in order to begin with the creation of the spectra, through the structural analysis using the ETABS program V.21.1.0, considering the structural plans of the building dating from 1986 and contrasting with the structural survey and experimental tests of 6 cores taken from beams and columns to verify the strength of concrete, carried out in February 2022.

The structural evaluation of the building of the College of Civil Engineers of Guayas (CICG) is a fundamental process to determine its behavior in the face of the seismic and structural requirements established in the Ecuadorian Construction Standard (NEC 2015). This article discusses the evaluation methodology, key findings, and recommendations needed to ensure building safety and functionality. Through a detailed review of the structural criteria and an analysis of seismic vulnerability, corrective and structural reinforcement measures are established.

Finally, the respective assessments are carried out to determine the level of vulnerability of the structure, the capacity of the elements and the analysis of these with their respective recommendations and improve their behavior for future earthquakes.

Keywords: Structural element (construction), Seismic engineering, Seismic prevention

ÍNDICE GENERAL

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
CERTIFICADO DEL TUTOR DE TITULACIÓN	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I - DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	6
Título	6
Planteamiento del problema.....	6
Formulación del Problema	7
Sistematización del Problema	7
Delimitación del Problema de investigación	7
Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	8
Objetivo General	8
Objetivos específicos	8
Justificación de la investigación	9
Idea a defender	11
Variables	12
CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO.....	13
Marco Teórico	13
Aspectos a Revisar	14
Aspectos Sísmicos (Peligro Sísmico del Sitio):.....	15
Marco Conceptual	15
Marco Legal	17
Código Ecuatoriano de la Construcción CEC 1977	17

Espectro inelástico de Diseño:.....	21
Deriva máxima o desplazamiento relativo del piso máximo del CEC-77	22
Código Ecuatoriano de la Construcción actualizado NEC 2015	23
Factor de zona Z.....	24
Niveles de Sismo	25
Clasificación de perfiles de suelos	25
Coefficientes de Sitio, Fa, Fd y Fs.	27
Espectro de Aceleraciones	28
Cortante Basal (V)	29
Factor de Importancia	30
Coefficientes de Irregularidad en Planta y en Elevación.....	30
Estimación Período Fundamental de la estructura (Ta) Método 1	33
Factor de Reducción de Resistencia Sísmica.....	34
Análisis Dinámico Modal Espectral.....	34
Normativa Nacional.....	35
Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Guayaquil.....	36
Macrozonificación Sísmica.....	36
Normativa Internacional	36
CAPÍTULO III - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
Enfoque de la investigación	38
Tipo de investigación.....	39
Método de investigación.....	39
Diseño de la Investigación	39
Técnicas utilizadas.....	39
Instrumentos	40
Población y Muestra.....	40
Población	40
Muestra.....	40
Procedimiento Metodológico	40
Tabla de Elemento Estructurales	41
Análisis e interpretación de resultados.....	46
Masa Participativa, Períodos y Modos de la Estructura.....	46
Amplificación del Cortante Basal Dinámico.....	50

Deformaciones Relativas de Entrepiso (Control de Derivas Inelásticas)	50
CAPÍTULO IV – PROPUESTA.....	53
Título de la propuesta.....	53
Objetivo General	53
Justificación.....	53
Levantamiento de Información	53
Descripción de la propuesta de solución (incluye las acciones a desarrollarse).	55
Factibilidad de aplicación (en tiempo, espacio y recursos)	55
Beneficios directos e indirectos.....	56
Beneficios que aporta la propuesta	56
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficiente I-CEC-77	18
Tabla 2 Valores para Coeficiente K-CEC-77	19
Tabla 3 Períodos de vibración del suelo CEC-77	20
Tabla 4 Detalle de núcleos calados en hormigón	41
Tabla 5 Cuadro de columnas	42
Tabla 6 Cuadro de modos de vibración.....	46
Tabla 7 Valores de ampliación cortante basal.....	50
Tabla 8 Valores de cortante dinámico	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sismicidad magnitud >6 desde 1587 al 2020.....	3
Figura 2 Número de eventos por quinquenio de magnitud >6	4
Figura 3 Período de recurrencia de sismos.....	4
Figura 4 Edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas	10
Figura 5 Valores de Z de la zona sísmica	24
Figura 6 Propagación de la gravedad de sismos	24
Figura 7 Niveles de amenaza sísmica.....	25
Figura 8 Clasificación de perfiles de suelo A-E	26
Figura 9 Clasificación de perfiles de suelos F	27
Figura 10 Factor de sitio Fa	27
Figura 11 Factor del sitio Fd.....	28
Figura 12 Factor del sitio Fs.....	28
Figura 13 Modos de vibración y espectro de aceleración	29
Figura 14 Coeficiente de importancia según su uso	30
Figura 15 Coeficiente de irregularidades en planta.....	31
Figura 16 Coeficiente de irregularidades en elevación.....	32
Figura 17 Coeficiente de estimulación del período fundamental.....	33
Figura 18 Sistemas estructurales dúctiles.....	34
Figura 19 Deriva máxima inelástica	35
Figura 20 Máquina de ensayo de compresión	38
Figura 21 Vigas de planta 1	42
Figura 22 Vigas de planta 2	43
Figura 23 Vigas de planta 3	44
Figura 24 Vigas de planta 4	45
Figura 25 Modelo de vibración 1 - Translacional Y-Y.....	47
Figura 26 Modelo de vibración 1 - Translacional X-X.....	48
Figura 27 Modelo de vibración 1 - Translacional Z-Z	49
Figura 28 Derivas inelásticas sismo X-X.....	51
Figura 29 Derivas inelásticas sismo Y-Y	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Planos de cimentación del edificio del CICG.....	64
Anexo 2 Plano losa del primer piso nivel +3.67.....	65
Anexo 3 Losa del nivel +6.39 y detalles 5-11.....	66
Anexo 4 Planilla de nervios losa 1er. nivel +3.67.....	67
Anexo 5 Planilla de nervios losa de 2do. nivel +6.39.....	68
Anexo 6 Planilla de nervios losa nivel 9.11.....	69
Anexo 7 Planilla de nervios de losa nivel +11.83.....	70
Anexo 8 Reporte de prueba de resistencia de núcleos calados.....	71

INTRODUCCIÓN

Latinoamérica se ubica entre una de las regiones más propensas en el mundo a la ocurrencia de movimientos telúricos tales como son los temblores, sismos o terremotos de diferente magnitud en la escala de Richter; convirtiéndose a su vez en una de las zonas más vulnerables, esta vulnerabilidad sísmica ha tenido un impacto significativo en la seguridad de las edificaciones y la infraestructura en muchos países de América Latina. La necesidad de abordar la vulnerabilidad sísmica se ha convertido en una prioridad para garantizar la protección de la vida humana y la preservación del patrimonio construido en la región.

El Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas (CICG) alberga un edificio emblemático que cumple funciones académicas, administrativas y gremiales. Dada la ubicación del Ecuador en una región de alta actividad sísmica, es imperativo evaluar la respuesta estructural de esta edificación conforme a los lineamientos de la NEC 2015. Esta norma establece parámetros de diseño y evaluación sísmica que permiten determinar la seguridad y estabilidad de las estructuras.

Este trabajo presenta un análisis integral del estado estructural del edificio del CICG, abordando aspectos clave como el sistema resistente a cargas laterales, la calidad de los materiales y las posibles deficiencias estructurales. La evaluación permitirá definir estrategias de reforzamiento para garantizar el cumplimiento de la normativa vigente.

En particular, los países sudamericanos enfrentan desafíos considerables en términos de diseño y construcción de estructuras resistentes a los terremotos debido a la complejidad de su geología y la variabilidad de la actividad sísmica. Ecuador, ubicado en la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, se destaca como uno de los países más vulnerables a los sismos en la región. La adecuada implementación de códigos de construcción sísmica es esencial para mitigar el riesgo sísmico y mejorar la resiliencia de las estructuras en Ecuador.

En las grandes urbes uno de los mayores problemas son las invasiones, debido a la migración de poblaciones pequeñas en busca de mejores condiciones de vida y de trabajo, esta población se asienta en zonas alejadas que no se encuentran habitadas y por ende carecen de servicios básicos, tal como son: calles asfaltadas, sistema sanitario, agua potable, electricidad y recolección de basura, esto conlleva a los llamados asentamientos irregulares, que no se encuentran contemplados dentro de los planes habitacionales de las urbes y por ende no poseen ningún estudio técnico ejecutado a las mismas, por lo general estos asentamientos irregulares ocurren en las cuencas bajas de los ríos, o en las partes altas de los cerros, en donde no se ha donde no se tiene conocimiento del comportamiento de los suelos y del peligro latente que puede darse debido a deslizamientos de tierra en época invernal.

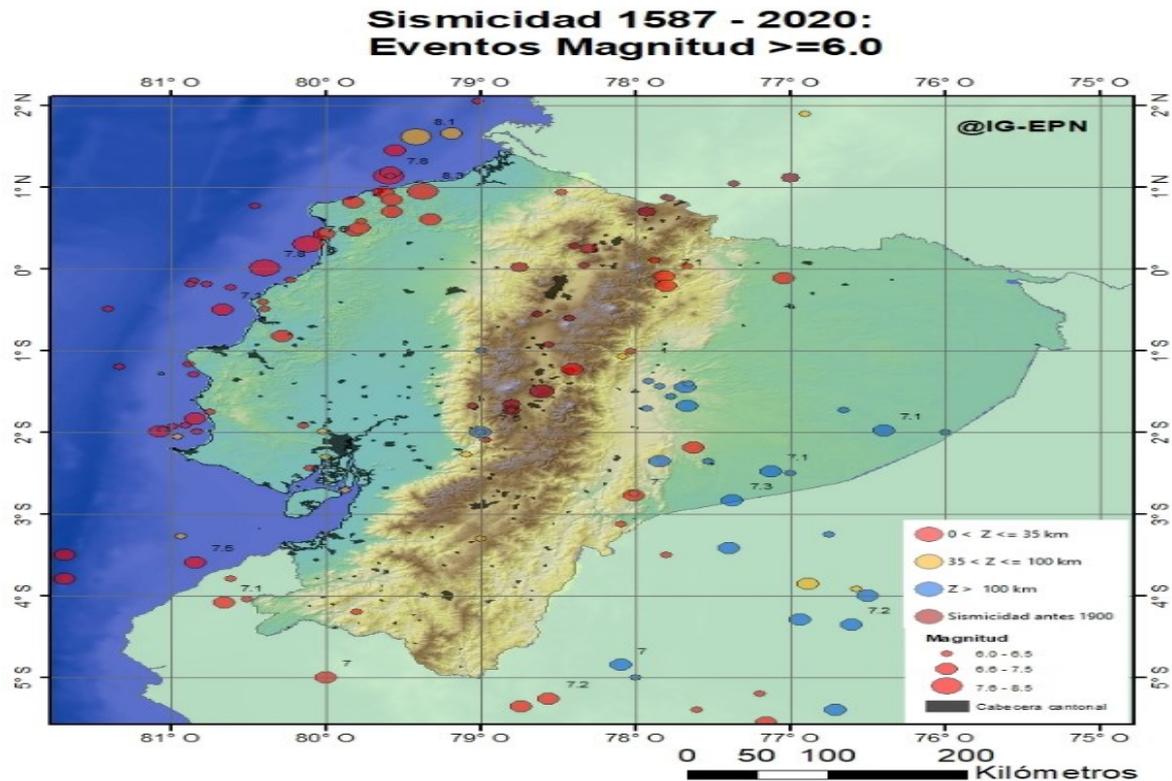
Ecuador es un país que desde hace muchos años presenta una actividad sísmica considerable, que se encuentra atravesado por un sinnúmero de fallas geológicas y volcanes, ello obedece a su ubicación geográfica en el Cinturón de Fuego, el País tiene registrado más de 97 sismos desde 1541 a la presente fecha, los cuales han sido de magnitud considerable, tal es el caso del ocurrido en la Ciudad de Esmeraldas en 1906, que registra una de las mayores magnitudes de eventos telúricos acontecidos en el País, presentó una magnitud de 8.9 en la escala de Richter (Radius, 2000).

Pese al historial de sismos que registra el Ecuador, la Ciudad de Guayaquil, no presenta sismos de magnitud considerable, se puede citar el sismo de 1918, o el ocurrido en la Provincia de Manabí en mayo de 1942, cuya magnitud fue de 7,9 en la escala de Richter, este sismo causó severos daños y con ello, ahora más que nunca se debe estar alertas y preparados en la posible y la ocurrencia de sismos que superen magnitud en la escala de Richter magnitud de 7 (Radius, 2000).

El país cuenta con muchas edificaciones que no poseen condiciones adecuadas para resistir a eventos naturales, debido en muchos casos a que tenemos una legislación bastante pobre que efectúe un correcto y adecuado control de las normativas vigentes para la construcción de edificaciones, dando lugar a innumerables construcciones informales, que, al no ser construidas técnicamente, conlleva el colapso de estas. (Cabascango, 2021).

Figura 1

Sismicidad magnitud >6 desde 1587 al 2020

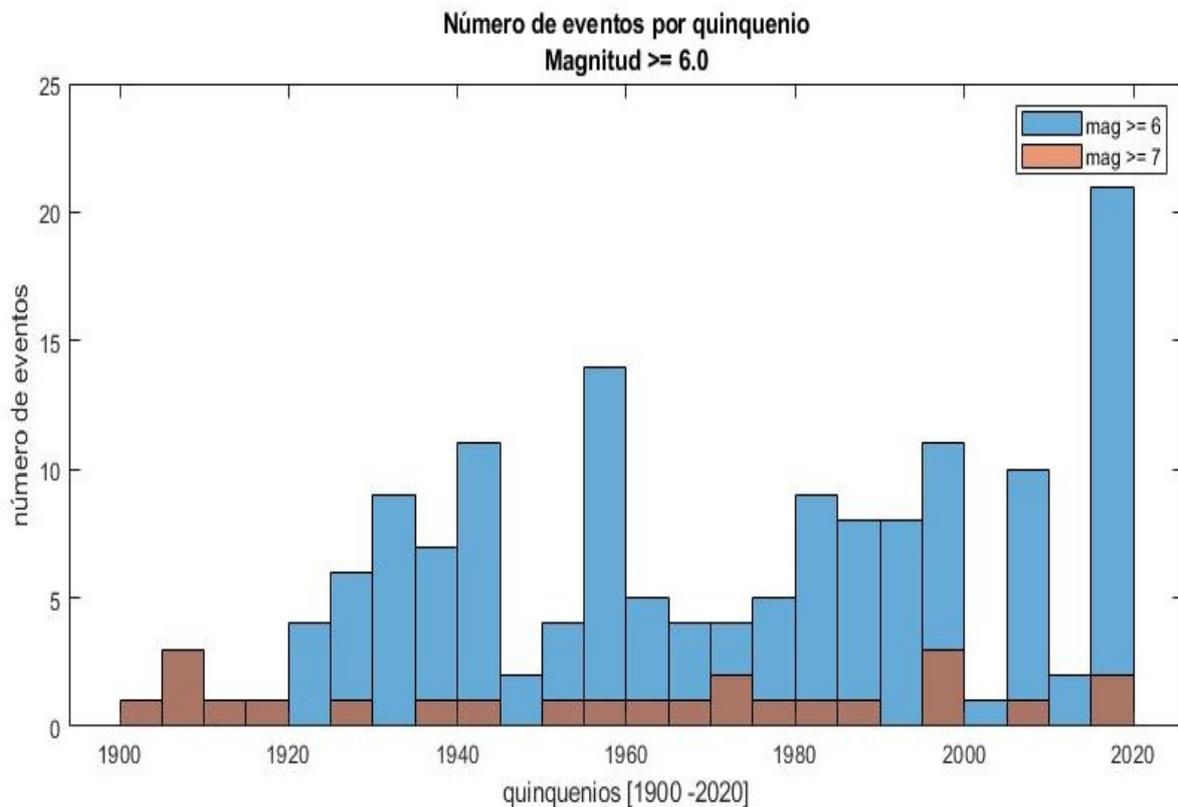


Fuente: Instituto Geográfico Militar (s.f)

Para Ecuador según el registro del Instituto geográfico militar, cuenta con datos desde 1901 y señala a 14 dentro de los sismos más importantes, que han sido localizados con métodos indirectos y ocurrieron entre 1587 y 1868. Para tener una idea de la frecuencia de sismos (mayores a 6), se coloca el gráfico a continuación, el mismo que detalla, un sismo de 7 o más y alrededor de 5 o más de magnitud 6 o superior.

Figura 2

Número de eventos por quinquenio de magnitud >6



Fuente: Instituto Geográfico Militar (s.f)

Obsérvese en el gráfico que dentro de los años 2015-2020, se tiene 22 eventos mayores o iguales a 6, varias réplicas del sismo de 7.78 de abril del 2016

Figura 3

Período de recurrencia de sismos

TERREMOTOS MAYORES A 7 GRADOS DESDE 1900 HASTA EL 2017 QUE MUESTRAN INDICIOS DE RECURRENCIA						
FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Km)	MAGNITUD	EPICENTRO
14/5/1942	02:13:27.000Z	-0.025	-79.955	20	7.8	TERREMOTO DE PERDENALES DE 1942
16/4/2016	23:58:36.980Z	0.3819	-79.9218	20.59	7.8	TERREMOTO DE PEDERNALES DEL 2016
16/1/1956	23:37:45.000Z	-0.727	-80.213	20	7	TERREMOTO DE BAHÍA DE CARAQUEZ EN 1956
4/8/1998	18:59:20.100Z	-0.593	-80.393	33	7.2	TERREMOTO DE BAHÍA DE CARAQUEZ EN 1998
31/1/1906	15:36:10.000Z	0.955	-79.369	20	8.8	GRAN TERREMOTO DE ESMERALDAS EN 1906
19/1/1958	14:07:28.000Z	1.011	-79.489	27.5	7.6	TERREMOTO DE ESMERALDAS DE 1958
12/12/1953	17:31:29.000Z	-3.552	-80.636	25	7.3	TERREMOTO DE TUMBES DE 1953
10/12/1970	04:34:41.000Z	-4.026	-80.542	25	7.2	TERREMOTO DE TUMBES DE 1970
27/7/1971	02:02:49.000Z	-2.839	-77.322	120	7.4	SISMO DE MORONA SANTIAGO 1971
3/10/1995	01:51:23.900Z	-2.75	-77.881	24.4	7	SISMO DE MORONA SANTIAGO 1995

Fuente: Revistas académicas (2017)

Para abordar la vulnerabilidad sísmica en Ecuador, se promulgó el Código Ecuatoriano de la Construcción (NEC), que establece las pautas y estándares para el diseño y la construcción de estructuras resistentes a los sismos. La edición de 2015 de la NEC representa un hito importante en la evolución de la normativa sísmica en el país. (NEC, 2015)

Cabe recalcar que no todo evento natural o antrópico es necesariamente considerado un desastre o catástrofe. Y para catalogar a los eventos sísmicos, se lo realiza en base a la magnitud y reporte de daños que generen los mismos, lo que da a lugar basándonos en los datos históricos de la Ciudad de Guayaquil de los sismos pasados registrados de la urbe y que causaron daños significativos fue el que ocurrió el 13 de mayo de 1942 y el 18 de agosto de 1980, en base a los reportes generados mediante evaluaciones de daños leves o moderados en la Ciudad de Guayaquil (Radius, 2000).

El principal objetivo de la presente investigación es revisar el comportamiento estructural del Edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, esta edificación es de hormigón armado y fue construida empleando la normativa CEC 77 (Código Ecuatoriano de la Construcción del año 77), dadas las condiciones y construcciones edificadas bajo esta normativa, luego del sismo del 16 de abril de 2016, de magnitud de 7,8 en escala Richter y cuyo epicentro fue en la ciudad de Pedernales, provincia de Manabí, ameritan de una revisión del comportamiento estructural de las edificaciones, y si las fuerzas sísmicas son las adecuadas, especialmente si tomamos en consideración Ciudades como el caso de Guayaquil que sufrieron daños de mayor consideración, que incluyen daños estructurales en algunas edificaciones. (CEC, 1977)

Esto nos lleva a una mejor comprensión de la vulnerabilidad sísmica en Ecuador y proporcionar valiosas recomendaciones para fortalecer la implementación y el cumplimiento de la normativa NEC 2015, a fin de reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia de las edificaciones en el país.

CAPÍTULO I - DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Título

Evaluación Estructural del Edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas y su respuesta ante la norma vigente NEC 2015.

Planteamiento del problema

El Ecuador es uno de los países que se encuentra situado sobre una región de convergencia denominada cinturón de fuego, por ende, esta zona es considerada de alto peligro sísmico, debido al continuo movimiento de las placas tectónicas que están ubicadas bajo el océano Pacífico. Esta ubicación geográfica es fundamental tener en consideración al momento de planificar cualquier obra de ingeniería en el País, cabe recalcar que bajo este enfoque unas Ciudades se tornan más vulnerables que otras el capítulo de peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente, así como el de riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras, incluidos en el código ecuatoriano de la construcción NEC-15, que es la normativa de la construcción vigente en el Ecuador a la fecha.

Este trabajo de investigación está enfocado en el análisis estructural de una infraestructura existente, partiendo del análisis de riesgo sísmico, que no es otra cosa que la evaluación del riesgo en lo referente a daños por movimiento del suelo, inestabilidad, rupturas de la falla y deslizamientos. (NEC, 2015)

El capítulo de peligro sísmico que contempla el código ecuatoriano de la construcción NEC-15 es con relación al análisis de los:

- Tipos de perfiles de Suelos,
- Zonificación sísmica y factor de zona Z.
- Espectro de respuesta elástica de aceleraciones.
- Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s .
- Periodo de vibración.

- Espectro elástico de diseño en desplazamientos.
- Deriva máxima.
- Límites de derivas de piso.

Formulación del Problema

¿Cuál es la respuesta estructural mediante las normas vigentes NEC 2015, del edificio del Colegio de Ingenieros civiles del Guayas?

Sistematización del Problema

1. ¿Como la normativa del Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) del año 1977, se compara con la NEC 2015 (Capitulo Hormigón armado y peligro sísmico)?
2. ¿Cuál es la situación actual de la edificación en base a la inspección visual y pruebas analíticas?
3. ¿Cuál es el software recomendable para efectuar un modelo matemático de edificios?
4. ¿Afecta con relación al riesgo sísmico y vulnerabilidad en base a las normas vigentes de construcción, al edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas?
5. ¿Cuáles serían las recomendaciones para mejorar el comportamiento estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas en base a la NEC 2015?

Delimitación del Problema de investigación

- Campo: Construcción Sostenible
- Área: Materiales de Construcción

- Aspecto: Investigación Exploratoria de Proyecto.
- Tema: Evaluación Estructural del Edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas y su respuesta ante la norma vigente NEC 2015.
- Delimitación Espacial: Edificio del Colegio Civiles del Guayas – Ecuador.
- Delimitación Temporal: El proyecto se realizará en 12 meses.

Línea de Investigación Institucional / Facultad

- Línea Institucional: Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.
- Línea de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción: Territorio.
- Sublíneas de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción: Ordenamiento territorial, uso del suelo y urbanismo.

Objetivo General

Evaluar estructuralmente a la edificación del Colegio de Ingenieros civiles del Guayas aplicando el software ETABS V21.1.0, para la verificación de las semejanzas y diferencias, en base a la comparación de códigos y normas de construcción de hace más de 35 años con las actuales, CEC 1977 con la NEC 2015.

Objetivos específicos

1. Describir la normativa del Código Ecuatoriano de la Construcción (NEC) del año 1977, en comparación a la NEC 2015 (Capitulo Hormigón armado y peligro sísmico).
2. Determinar la situación actual de la edificación en base a inspección visual y pruebas analíticas.

3. Realizar un análisis mediante modelo matemático empleando el Software ETABS V21.1.0.

4. Evaluar el riesgo sísmico y vulnerabilidad del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas.

5. Establecer recomendaciones para mejorar el comportamiento estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas en base a la NEC 2015.

Justificación de la investigación

Este trabajo de titulación se justifica en los años de construcción que tiene el edificio del Colegio de Ingenieros del Guayas, el cual fue diseñado bajo la norma del código ecuatoriano de la construcción del año 1977 y que bajo la norma actual NEC 2015, es necesario hacerle una revisión del cumplimiento estructural del mismo. De esta manera se puede determinar el estado en cuanto a la parte de la superestructura se refiere y si continúa siendo una edificación que cumple con los requerimientos mínimos de diseño que rige actualmente, y con ello asegurar y preservar la vida de las personas que ocupan esta edificación.

El edificio del CICG fue construido hace más de 35 años, esta edificación consta de 4 plantas y juega un rol importante para sus agremiados y público en general. Fue un proyecto ambicioso que, con mucho esfuerzo y gestión de los ingenieros civiles de ese entonces, iba ganando forma con el pasar del tiempo, esta sede administrativa ha sido motivo de orgullo para su gremio hasta la actualidad.

La sede administrativa consta de varias oficinas y salas de uso múltiple, así como un auditorio, un salón de eventos con terraza en el último piso, todas estas salas están equipadas y prestas para ofrecer charlas, conferencias, cursos, reuniones de trabajo y sociales, educación continua, ceremonias, juegos de mesa entre otros muchos eventos que se dan en las instalaciones del CICG, por ende, se vuelve vital se encuentre en buen estado y óptimas condiciones en la parte estructural.

Figura 4

Edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas



Tomada por: Subía (2024)

En definitiva, el principal objetivo de la edificación, pese al paso del tiempo y los avances tecnológicos en cuanto a métodos constructivos y normas se refiere, es brindar seguridad, funcionalidad y que sus instalaciones permanezcan operativas, en beneficio de sus socios y la comunidad, y ese es el punto que se desea investigar.

Este trabajo de investigación es viable por cuanto es posible ejecutar el proyecto de manera técnica y en los tiempos establecidos, contando con los recursos tanto físicos como tecnológicos, disponibles para la ejecución de este. (Clough, 2003)

Es factible porque con el empleo de las herramientas adecuadas, se puede llevar a cabo, obteniendo los resultados esperados, en base a la observación en primera instancia que no posee la estructura daños visibles, que representen un riesgo para los que utilizan las instalaciones de la edificación. (Chopra, 2020)

Se pueden mencionar algunos trabajos, en que se lleve a cabo comparación entre Normativas, tal es el caso de Chile en el que se realiza el estudio: Análisis comparativo de la aplicación de la norma sísmica chilena Nch2369 en estudio vs. la

versión oficial publicada en el año 2003 aplicado a un edificio de Chancado de Pebbles (Sironvalle, 2022).

Otro trabajo en el cual se aplican 2 normas sísmicas en un estudio y su respuesta estructural, que son la Norma Peruana y la Norma Chilena, el mismo que se denomina: Incidencia de la respuesta estructural aplicando la norma sísmica peruana y chilena para muros delgados de 15 niveles, Lima – 2020 (Alvarez Davis y Luchini Teresa, 2020).

Al continuar con otro trabajo de los muchos que se pueden nombrar, al realizar un análisis comparativo de normas de varios Países como es el siguiente estudio: Análisis sísmico comparativo de las normas sísmicas de Perú y Bolivia en edificaciones aporticadas de la ciudad de Moquegua, 2021 (Toledo, 2021).

Idea a defender

Al aplicar la Normativa vigente en el País, las edificaciones tienen una mejor respuesta ante los eventos sísmicos, más aún si tomamos en consideración el hecho de las características sísmicas que posee la Ciudad de Guayaquil, que se ha venido estudiando a lo largo de los años, teniendo en cuenta que no es lo mismo construir en cualquier otro punto de la región Litoral, en la que las amenazas sísmicas son menores, como es en la Ciudad de Guayaquil, en donde la peligrosidad sísmica, debido a que se encuentra ubicada en las costas del Golfo de Guayaquil, lugar donde la actividad sísmica originada por una serie de fallas geológicas que atraviesan la zona, como lo es la placa de Nazca y la sudamericana, al aplicar las normas vigentes, una edificación puede soportar un sismo del nivel de la escala de Richter con un nivel de ocurrencia de cada 100 años. Con ello se tiene mayor certeza que en el momento del sismo, se pueda tener mayor posibilidad de no ocasionar el colapso de la estructura (Armas, 2012).

Razones por demás que las edificaciones en la Ciudad de Guayaquil, cuyo año de construcción ha sido en la década de los 80 o 90, requieren de una evaluación del estado de la estructura existente, la misma se compara con la normativa vigente (NEC, 2015).

Variables

Código Ecuatoriano de la Construcción, CEC 1977.

Normas del código ecuatoriano de la construcción NEC 2015.

Evaluación estructural del edificio del CICG

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

Marco Teórico

La evaluación de una edificación implica la medición del estado que se encuentra estructuralmente hablando un edificio o como este puede llegar a desempeñarse, tomando en consideración un sinnúmero de criterios declarados para cumplir dicho objetivo (Armas, 2012). Esta evaluación surge como una contestación a muchas interrogantes que llegan a partir de las necesidades que siempre han tenido los diseñadores y ocupantes de edificios en lo referente a la estructura, luego de muchos años de tener de construida la misma (Razo y García, 2020).

La ciudad de Guayaquil, desde sus inicios ha sido objeto de un sinnúmero de eventos, afectaciones y sucesos tanto naturales como antrópicos, que la han marcado a lo largo de la historia, muchos de estos eventos en especial al hablar de sismos de tipo superficiales, ocurren por la ubicación geográfica del Ecuador, en el cinturón circunpacífico o cinturón de fuego, que causa un continuo proceso de movimiento de las placas (tectónica de placas), generando una alta sismicidad en su recorrido. Cabe mencionar que los sismos superficiales son los que causan mayor daño. Por este motivo, se puede indicar que la Costa Ecuatoriana es la de mayor peligrosidad sísmica, seguida por la Sierra y el Oriente. Por lo tanto, desde el punto de vista sísmico no es lo mismo construir en la ciudad de Guayaquil, donde la peligrosidad sísmica es mayor que en la sierra que tiene un menor riesgo de amenaza sísmica (Radius, 2000).

En Colombia, por ejemplo, la normativa vigente es la norma NSR-10, consta de una serie de normativas que buscan garantizar la estabilidad y calidad de las construcciones en Colombia, proteger la vida de los habitantes y/ o visitantes en los edificios; así como las estructuras en sí. Cada ítem de esta norma establece un carácter técnico-científico, para lo cual el diseño y estructura de cada edificio sea resistente ante sismos. Mediante un análisis de la vulnerabilidad sísmica, cuyas pautas y requisitos para el diseño y la construcción de edificios y estructuras resistentes a sismos en Colombia. Incluye disposiciones relacionadas con la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios existentes y la implementación de

medidas de refuerzo o rehabilitación para mejorar su capacidad de resistir eventos sísmicos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las normativas y regulaciones pueden actualizarse con el tiempo, por lo que se debe verificar si han publicado cambios en la normativa, siendo el primer decreto en 1984 y su última actualización el 25 de noviembre de 2019 (Cámara Colombiana de la Construcción, 2018).

Desde que se estableció el primer decreto de esta norma, se constituyó que todos los proyectos en construcción deben de cumplir con cada artículo de la normativa técnica que allí se refleja, con el fin de mitigar los daños causados por los sismos. Sin embargo, desde la fecha se han presentado diversas modificaciones que se deben tener en cuenta.

De igual manera el Departamento de Normalización de Perú, tiene a su cargo la elaboración de las Normas Técnicas de Edificación del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la evaluación para la aprobación de los Sistemas Constructivos no convencionales.

Las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones se elaboran a través de Comités Técnicos, conformados por representantes de diversas instituciones involucradas en el tema materia de la norma en cuestión. Prioritariamente forman parte de estos comités, representantes de las universidades, institutos de investigación y consultores de reconocido prestigio en el país.

Aspectos a Revisar

Los aspectos por revisar en una estructura en relación con el comportamiento de la estructura, en base al Decenio internacional para la reducción de desastres naturales, según OPS, 1993, en caso de sismos pertenecen a cuatro categorías, a saber:

- Aspectos sísmicos (tipo de suelo, riesgos geotécnicos)
- Configuración arquitectónica (materiales, geometría del edificio, uso)
- Aspectos estructurales

- Aspectos no estructurales.

Aspectos Sísmicos (Peligro Sísmico del Sitio):

Guayaquil se encuentra en una zona catalogada por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, zona sísmica de V, en cuanto al mapa de diseño sísmico en el Ecuador, con una aceleración en roca mayor o igual al 50% de la aceleración de la gravedad.

Marco Conceptual

Estructura: Conjunto de elementos estructurales ensamblados para resistir cargas verticales, sísmicas y de cualquier otro tipo. Las estructuras pueden clasificarse en estructuras de edificación y otras estructuras distintas a las de edificación (puentes, tanques, etc.), (NEC, 2015).

Estructuras Esenciales: Son las estructuras que deben permanecer operativas luego de un terremoto para atender emergencias y preservar la salud, seguridad y atención a la población después de un evento sísmico (NEC-2015), según FEMA, 1999, son aquellas vitales para la respuesta ante la emergencia y posterior recuperación del desastre.

Respuesta Elástica: Parámetros relacionados con fuerzas y deformaciones determinadas a partir de un análisis elástico, utilizando la representación del sismo de diseño sin reducción, de acuerdo con las especificaciones (NEC, 2015).

Sismo de Diseño: Evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años (período de retorno de 475 años), determinado a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico (NEC, 2015).

Factor de Redundancia: El factor de redundancia mide la capacidad de incursionar la estructura en el rango no lineal. La capacidad de una estructura consiste en redistribuir las cargas de los elementos con mayor sollicitación a los elementos con

menor sollicitación. Se evalúa la relación entre el cortante basal máximo con respecto al cortante basal cuando se forma la primera articulación plástica (NEC, 2015).

Amenaza o Peligro Sísmico: Probabilidad de excedencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de una determinada región, donde se dan movimientos del suelo cuyos parámetros aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados (NEC, 2015).

Riesgo Sísmico: Se entiende por riesgo sísmico el grado de pérdida, destrucción o daño esperado debido a la ocurrencia de un determinado sismo. Está relacionado con la probabilidad que se presenten o manifiesten ciertas consecuencias, lo cual está íntimamente vinculado al grado de exposición, su predisposición a ser afectado por el elemento sísmico y el valor intrínseco del elemento (NEC, 2015).

Zonas Sísmicas: El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor de zona Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta (NEC, 2015).

Factor Z: El valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad (NEC, 2015).

Vulnerabilidad Sísmica: Es una propiedad intrínseca de la estructura, según (Safina, 2003) es la predisposición de un elemento o grupo de elementos a ser susceptibles a sufrir un daño, originados por la presencia de un sismo, descrita a través de la ley causa-efecto, la causa es el sismo y por consiguiente el efecto es el daño. Una medida adoptada, que expresa en una escala que inicia desde 0 - sin daño, hasta 1 – pérdida total, estas medidas se toman debido al nivel de deterioro que pueden sufrir los diversos elementos de la estructura, a lo que se conoce como grado de daño (Yépez, et al., 1995).

Marco Legal

Código Ecuatoriano de la Construcción CEC 1977

Este Código contiene la parte reglamentaria en donde establece los requisitos generales de diseño y también los requisitos de diseño del hormigón armado, haciendo énfasis en la naturaleza dinámica de la respuesta, siendo en primera instancia las definiciones que son de carga muerta, carga viva y la duración de la carga tanto, que no es otra cosa que el período de aplicación continúa de una carga dada, pueden ser paredes, pisos, techos y equipo fijo de servicio. Teniendo en cuenta que en el País en esos años no se tenían estudios detallados para conocer los efectos a causa de los sismos establecidos por zonas.

Dentro de lo que corresponde a las generalidades en el capítulo 1 encierra:

- En el código de 1977 no se contempla el factor Z, basándose en la zona sísmica del Ecuador.
- No se toma en consideración los factores de irregularidades en planta y elevación P y E respectivamente. Estos valores señalan la forma y características de la edificación.
- No toma en consideración el factor S, tiene que ver con el tipo de suelo, y la resonancia que debe existir entre la estructura y el sitio respectivamente.
- El valor por el tipo de suelo blando $S=1,50$, que predomina en la Ciudad de Guayaquil no varía.
- No tiene un factor de reducción de respuesta. (CEC, 1977).

El cortante basal del CEC-77, estuvo vigente hasta el Código Ecuatoriano de la construcción del 2000, como es de esperarse se tiene la inquietud en conocer las fuerzas sísmica que se obtuvieron del CEC-77, son las más idóneas y si la deriva máxima permitida también lo es.

Para obtener el cortante basal de diseño, que no es otra cosa la fuerza sísmica

total en la base de la estructura analizada, este código toma en cuenta algunas variables, quedando la expresión siguiente:

Ecuación 1: Cortante Basal (77)

$$V= I*K*C*S*W$$

Dónde:

I: Es el factor de importancia de la ocupación.

K: Es el factor de fuerza horizontal para edificios u otras estructuras.

C: Es el coeficiente numérico.

S: Es el coeficiente número de resonancia entre la estructura y el sitio.

W: Es la carga muerta total más el 25% de la carga viva del piso.

Así I es el factor que depende de la importancia de ocupación y varía de 1 a 1,5; K es un coeficiente numérico y depende de la fuerza horizontal dependiendo del tipo de estructura; C es un coeficiente que se encuentra en función del período; S es un coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio; W es la carga muerta total de la estructura.

Tabla 1
Coeficiente I-CEC-77

Tipo de Ocupación	I
Servicios esenciales (Edificaciones que deben ser seguras y utilizadas luego de un terremoto, tales como: hospitales, centros de comunicación, estaciones de bomberos, estaciones de policía).	1,5

Cualquier edificio donde la ocupación principal sea para reuniones de más de 300 personas (en una habitación).	1,25
Otras Edificaciones	1,00

Fuente: CEC (1977)

Tabla 2

Valores para Coeficiente K-CEC-77

Tipo o Disposición de los Elementos Resistentes		Valor de K
Todos los sistemas aporticados de edificios	Excepto aquellos que se clasifican a continuación.	1
Sistema de caja	Sistema estructural, sin un pórtico espacial completo, resistente a cargas verticales.	1,33
Edificios con doble sistema	Consiste en un pórtico espacial dúctil resistente a flexión y muros a corte o pórticos arriostrados, analizados para los tres criterios siguientes:	0,80
Edificios con un pórtico espacial	Pórtico espacial dúctil resistente a flexión dúctil, debe tener la capacidad para resistir la fuerza lateral total requerida.	0,67
Estructuras que no sean edificios	Puentes, viaductos, postes, chimeneas separadas y tanques elevados, más todo su contenido.	2,00

Fuente: CEC (1977)

El coeficiente numérico C, y T es el período de vibración de la estructura, y el Ts período de vibración del suelo, que depende de las características que posea el mismo.

Tabla 3

Períodos de vibración del suelo CEC-77

Tipo de Suelo	Descripción	Valor de TS
Lugares firmes	Roca firme y conglomeraciones totalmente cementadas, y cualquier sitio donde el lecho sea roca firme o conglomerado localizado a una profundidad igual o menor a 3m., o menor a 10 m. en combinación con suelos granulares, densos y muy densos.	0,50
Lugares medios	Arena y suelos granulares y tierras ligeramente arcillosas de 3 hasta 20 m de profundidad y con drenaje razonable.	1,50
Lugares flojos	Todos los terrenos arenosos y granulares con una profundidad mayor de 20m o mal drenaje, y terrenos arcillosos o pantanosos.	2,50

Fuente CEC (1977)

El valor de C, se lo obtiene de la fórmula:

Ecuación 2: El valor de C

$$C = (1/15) * \sqrt{T}$$

$$C \leq 0.12$$

Se considera para el valor de C el período de la estructura en segundos, considerado en dirección paralela a las fuerzas aplicadas. Debe ser el valor del período superior a 0.3 segundos.

El factor S se lo evalúa mediante las ecuaciones que se detallan a continuación:

$$\frac{T}{T_s} \leq 1, \text{ entonces: } S = 1 + \frac{T}{T_s} - 0.50 \left[\frac{T}{T_s} \right]^2$$

$$\frac{T}{T_s} \geq 1, \text{ entonces: } S = 1.2 + 0.6 \frac{T}{T_s} - 0.30 \left[\frac{T}{T_s} \right]^2$$

T_s : período característico del suelo, y si no se conoce este valor se asume el valor de $S:1.5$.

Espectro inelástico de Diseño:

En el CEC-77, permite obtener un espectro inelástico de diseño tomado directamente de los coeficientes del cortante basal, como son:

Ecuación 3: Coeficiente del Cortante Basal

$$\text{Coeficiente} = I * K * C * S$$

Dado que la curva del espectro se toma de la variación de C en función del periodo de vibración de la estructura.

La fórmula del cortante basal, aparece sin el factor de zona sísmica, pero debió aparecer insertando el factor Z.

Ecuación 4: Cortante Basal

$$V = Z * I * K * C * S * W$$

Tomando para zona de mayor peligrosidad sísmica es $z=1$; para zonas de alta peligrosidad $Z=0,75$ y $Z=0,5$ para mediana peligrosidad, si observamos la fórmula se considera a todo el País como zona de mayor peligrosidad sísmica.

Deriva máxima o desplazamiento relativo del piso máximo del CEC-77

Se obtiene a partir del espectro de diseño, los desplazamientos relativos llamados derivas elásticas de la edificación, tomando estos valores se calculan los desplazamientos inelásticos que se producen en la estructura por causa de la fuerza lateral.

La deriva de piso tomada como valor máximo γ del CEC-77 es 0.005 y esta se obtiene de los desplazamientos inelástico ΔM :

Ecuación 5: Deriva de piso del CEC-77

$$\Delta M = \frac{1}{K} \Delta E$$

De dónde:

ΔM : Deriva máxima inelástica de la estructura

ΔE : Deriva máxima elástica de la estructura.

Los valores de deriva deben tener según lo indica el CEC-77, un límite máximo permisible igual o menor a 0.005 veces la altura del piso en análisis.

Pero si se controla la deriva máxima con los desplazamientos elásticos. El valor de $\gamma=0.005/1.49=0.0034$. Cuando se controla el valor de γ con desplazamientos inelásticos, el valor máximo es de 0.5% y cuando se controla es valor elástico llega a ser alto aprox. 3.4 por mil. (Aguilar, 2020)

Código Ecuatoriano de la Construcción actualizado NEC 2015

Las estructuras al momento de un sismo no solo se ven influenciadas por las características propias de la edificación, el suelo sobre el que está asentada la edificación es de gran importancia, la norma NEC-15 garantiza un diseño de estructuras que sean capaces de incursionar al rango inelástico, además de prevenir daños estructurales graves al momento de un evento sísmico de magnitud considerable, para ello se debe establecer lo siguiente:

- Factor de zona sísmica Z
- Niveles de Sismo
- Clasificación de perfiles de suelos
- Coeficientes de Sitio, F_a , F_d y F_s .
- Espectro de Aceleraciones
- Cortante Basal (V)
- Factor de Importancia
- Coeficientes de Irregularidad en Planta y en Elevación
- Factor de Reducción de Resistencia Sísmica R

Además, el análisis dinámico modal espectral nos lleva a analizar:

- La masa participativa
- Períodos y Formas Modales
- Calibración del Cortante Dinámico con el Cortante Estático
- Control de Derivas

Factor de zona Z

Es la máxima aceleración en roca como porcentaje de la gravedad “g”, la norma ecuatoriana NEC-15 nos presenta estas aceleraciones en un mapa de zonificación para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años para un período de retorno de 475 años.

Figura 5

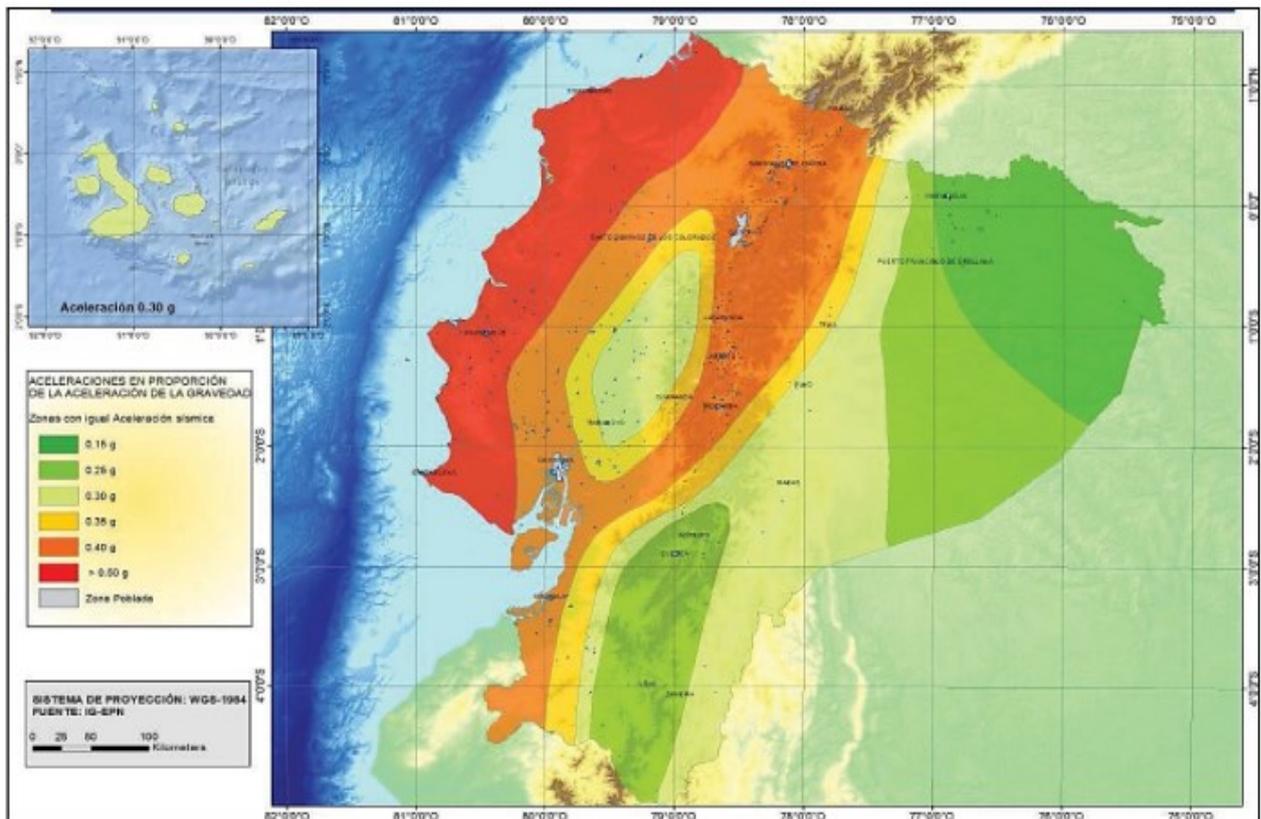
Valores de Z de la zona sísmica

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

Fuente: NEC (2015)

Figura 6

Propagación de la gravedad de sismos



Fuente: NEC (2015)

Niveles de Sismo

La verificación del desempeño de estructuras de ocupación especial y esencial debe verificarse para diferentes niveles de amenaza sísmica, estos niveles se clasifican según el período de retorno y el nivel el peligro sísmico.

Figura 7

Niveles de amenaza sísmica

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

Fuente: NEC (2015)

Clasificación de perfiles de suelos

La norma NEC-15 establece 6 perfiles de suelo, mismos que son descritos en la siguiente ilustración.

Figura 8

Clasificación de perfiles de suelo A-E

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

Fuente: NEC (2015)

Figura 9

Clasificación de perfiles de suelos F

F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:
	F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.
	F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).
	F3 —Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)
	F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)
	F5 —Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.
	F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.

Fuente: NEC (2015)

Coeficientes de Sitio, Fa, Fd y Fs.

Los coeficientes de sitio pueden depender del tipo de suelo y la aceleración máxima en roca (el factor z).

Figura 10

Factor de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥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	1.4	1.25	1.1	1	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: NEC (2015)

Figura 11

Factor del sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente: NEC (2015)

Figura 12

Factor del sitio Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥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	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente del NEC 2015

Espectro de Aceleraciones

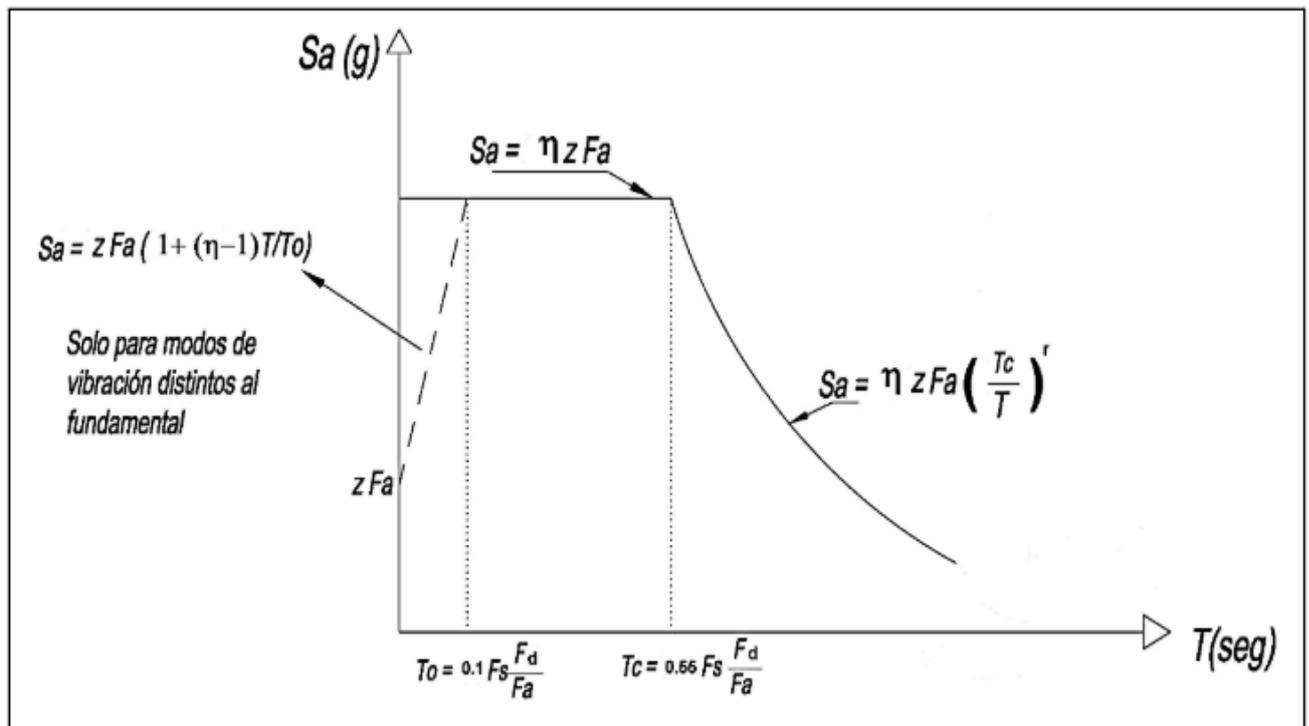
La normativa NEC-15 establece un espectro de aceleración, a partir de la máxima aceleración en roca (z), de los factores de sitio (F_a , F_s , F_d) y la razón entre

la aceleración espectral $S_a(T=0.1s)$, además el factor “r” que depende de la ubicación geográfica del proyecto y el PGA para el período de retorno seleccionado (η)

El factor niu (η) depende de la localización de la estructura y estos son los valores dados por la normativa NEC-15

- $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente
- $r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
- $r = 1.5$ para tipo de suelo E.

Figura 13
Modos de vibración y espectro de aceleración



Fuente: NEC (2015)

Cortante Basal (V)

Es la acumulación de las fuerzas cortantes que actúan en cada piso, este se presenta en la base de la estructura, permite medir la amenaza sísmica.

La siguiente ecuación permite calcular la cortante basal según NEC-15.

Ecuación SEQ Ecuación *

ARABIC 6: Cortante Basal (V)

$$V = \left(\frac{I \cdot S_a(T_a)}{\phi_P \cdot \phi_E \cdot R} \right) \cdot W$$

Factor de Importancia

Está relacionado con el uso de la estructura, el fin de este factor es aumentar la demanda sísmica para estructuras y garantizar la operatividad de la misma.

Figura 14
Coeficiente de importancia según su uso

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	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.	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

Fuente: NEC (2015)

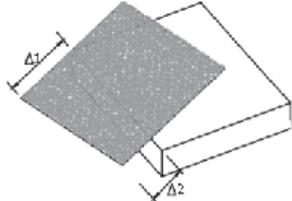
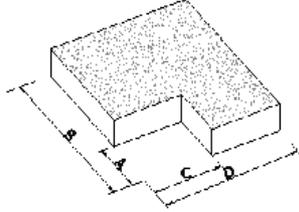
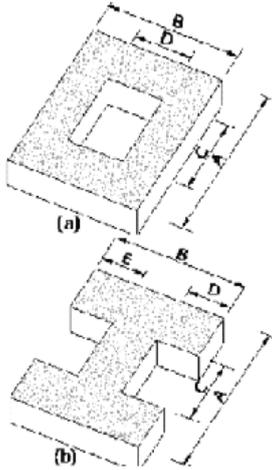
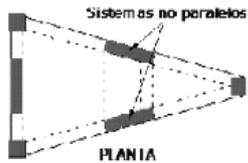
Coeficientes de Irregularidad en Planta y en Elevación

Son coeficientes que castigan el diseño cuando las edificaciones disponen de

estas irregularidades cuyo fin es aumentar la demanda sísmica. (NEC-SE-DS, 2015).

Figura 15

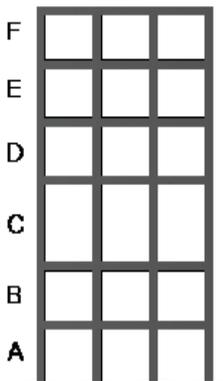
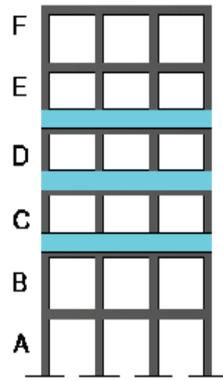
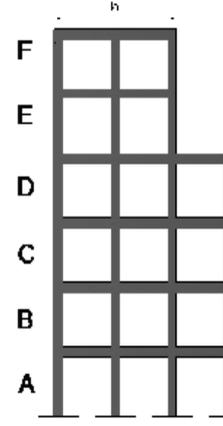
Coefficiente de irregularidades en planta

<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{pi}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{pi}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$ La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{pi}=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[CxD + CxE] > 0.5AxB$ La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{pi}=0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC (2015)

Figura 16

Coefficiente de irregularidades en elevación

<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_E=0.9$ $Rigidez K_C < 0.70 Rigidez K_D$</p> $Rigidez < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$ <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_E=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_E=0.9$</p> <p>$a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: NEC (2015)

Estimación Período Fundamental de la estructura (Ta) Método 1

Se puede estimar el período fundamental con la ecuación descrita a continuación (NEC-SE-DS, 2015).

Ecuación SEQ Ecuación * ARABIC 7: Período fundamental de la estructura

$$T = C_t \cdot h_n^\alpha$$

Dónde:

Ct: Coeficiente que depende del tipo de edificio.

hn: Altura total de la edificación, desde la base de la estructura (m).

T: Período de vibración estimado (s).

Figura 17

Coeficiente de estimulación del período fundamental

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadores y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Fuente: NEC (2015)

Factor de Reducción de Resistencia Sísmica

Factor que reduce las fuerzas sísmicas de diseño, esto permite diseñar para un sismo de menor magnitud que el sismo de diseño lo que provoca que la estructura incurriere al rango inelástico.

Figura 18

Sistemas estructurales dúctiles

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadores (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadores (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadores (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadores.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
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

Fuente: NEC (2015)

Análisis Dinámico Modal Espectral.

La normativa NEC-15 establece en el Art. 6.2 que el método pseudo-dinámico es obligatorio para todo tipo de estructuras, siendo este un análisis que, a partir de la masa, rigidez y un espectro de aceleraciones permite obtener el efecto que tendría el sismo en una estructura.

Los chequeos que se deben realizar a través de un análisis dinámico modal espectral son:

- Masa Participativa, se debe considerar todos los modos que contribuyan al 90% de la masa estructural.
- Obtención de los períodos de la estructura.
- Calibración del cortante dinámico con el cortante estático,

V dinámico > 0.8 V estático (estructuras regulares)

V dinámico > 0.85 V estático (estructuras irregulares).

- Chequeo de derivas inelásticas, considerando las Inercias Agrietadas (0.8 I_g en columnas, 0.5 I_g en vigas, 0.6 I_g en muros).

Deriva inelástica = (0.75*R)*Deriva elástica.

Deriva máx = 0.02 (estructuras de hormigón armado, metálicas y madera).

Figura 19
Deriva máxima inelástica

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC (2015)

Normativa Nacional

Ecuador tiene el Reglamento Ecuatoriano de la Construcción (NEC), que regula el diseño y la construcción de estructuras resistentes a sismos. La evaluación estructural de las edificaciones es de suma importancia por diversas razones:

- Cumplimiento Normativo: La evaluación estructural garantiza que las edificaciones cumplan con las normativas y códigos de construcción vigentes, lo que es esencial para la obtención de permisos de construcción y la legalidad de las

estructuras a la hora de iniciar con la construcción.

- **Planificación de Mantenimiento y Reforzamiento:** La evaluación estructural proporciona información sobre la necesidad de mantenimiento y refuerzo de las edificaciones existentes, lo que puede ahorrar costos y prevenir daños mayores en el futuro.

- **Resiliencia ante desastres:** La evaluación estructural es clave para mejorar la resiliencia de una comunidad ante desastres naturales. Permite identificar edificaciones vulnerables y tomar medidas para reducir el riesgo de daños catastróficos.

Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Guayaquil.

Macrozonificación Sísmica

- Estudio de fuentes sismogénicas.
- Niveles de aceleración en roca de Guayaquil.
- Geología regional.
- Mecanismos focales de los sismos.
- Modelos probabilísticos de recurrencia y acelerogramas, entre otros.

Normativa Internacional

Se mencionan algunas referencias importantes relacionadas con la normativa sísmica en algunos países de América Latina:

En Chile, la normativa sísmica se rige por la NCh 433.Of 2012, que establece los requisitos para el diseño y construcción de edificios y estructuras resistentes a sismos.

En Perú, la normativa sísmica se basa en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) E.030 Sismo 2017, que establece los requisitos de diseño sísmico y evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

México cuenta con el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF), que incluye disposiciones específicas para el diseño sismorresistente de edificaciones.

En Colombia, se utiliza el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, que establece las pautas para el diseño y construcción de estructuras resistentes a sismos.

CAPÍTULO III - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque recopila, analiza e integra datos de forma numérica, se realiza elaboración de informes, cálculos, formas, utilización de software ETABS V21.1.0, ya que analiza de manera minuciosa todos los pasos y niveles del proceso de dimensionamiento de una obra. Además, tiene la capacidad de seguir un modelamiento general, permitiendo la creación y generación de la obra. Los resultados son expresados mediante imágenes en 3D, análisis lineales y no lineales, informes y diseños esquemáticos comprensibles.

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en el análisis estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas mediante cálculos, modelación y simulaciones basadas en la normativa vigente NEC 2015.

Figura 20

Máquina de ensayo de compresión



Tomado por: Subia (2024)

Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo descriptiva y explicativa (voy a describir el proceso y como van las variables). Este trabajo de titulación se realiza mediante investigación correlacional, en donde se llevará a cabo una comparación de datos entre lo teórico y lo práctico, luego de varias décadas como se ha venido comportando estructuralmente la estructura.

Método de investigación

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es no experimental y transversal, pues se analizarán datos en un único periodo de tiempo sin manipulación de variables. Se empleará mediante modelo matemático en base al software ETABS V21.1.0.

Técnicas utilizadas

Métodos y técnicas que se emplean mediante modelo matemático en base al software ETABS V21.1.0.

Métodos tradicionales para extracción de elementos estructurales y métodos mecánicos para la extracción de núcleos y equipos de laboratorio para los ensayos de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad para el hormigón. Se utilizarán las siguientes técnicas:

Levantamiento de información documental: Revisión de planos estructurales, memorias de cálculo y especificaciones técnicas.

Inspección in situ: Evaluación visual de los elementos estructurales para detectar fisuras, deterioro, asentamientos, entre otros.

Ensayos estructurales (si aplicable): En caso de ser necesario, se realizarán pruebas no destructivas (esclerometría, ultrasonido, etc.) y destructivas (extracción de núcleos de concreto).

Modelación estructural: Uso de software especializado como ETABS o SAP2000 para el análisis de cargas y respuesta estructural conforme a la NEC 2015.

Instrumentos

Equipos de laboratorio para ensayo de resistencia de la compresión simple y para ensayo de resistencia del módulo de elasticidad del hormigón.

Población y Muestra

Población

El objeto de estudio es el edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas.

Muestra

Se analizarán los elementos estructurales más representativos del edificio, tales como vigas, columnas, losas y cimentaciones.

Procedimiento Metodológico

Revisión bibliográfica y normativa: Se analizarán antecedentes de edificaciones similares y normativas nacionales e internacionales.

Inspección estructural: Se realizará un levantamiento de datos de campo para diagnosticar el estado del edificio.

Modelación y simulación estructural: Se generará un modelo tridimensional del edificio con cargas estáticas y dinámicas.

Comparación con la NEC 2015: Se evaluará si la edificación cumple con los requisitos de seguridad estructural establecidos.

Análisis de resultados: Se interpretarán los datos obtenidos y se propondrán recomendaciones.

Análisis de resultados: Se interpretarán los datos obtenidos y se propondrán recomendaciones.

Tabla 4

Detalle de núcleos calados en hormigón

MUESTRA	ELEMENTO	RESISTENCIA Kg/cm²	RESISTENCIA CORREGIDA kg/cm²
1	Viga 2do piso	324	391
2	Viga 1er piso	299	359
3	Columna	269	328
4	Columna	188	225
5	Columna	158	194
6	Columna	295	348

Elaborado por: Subía (2024)

Es necesario especificar que la resistencia a compresión utilizada para las columnas fue el promedio de las resistencias corregidas obtenidas de los ensayos realizados, siendo este el valor de 275 kgf/cm² aproximadamente, de igual manera se consideró para las vigas un promedio de 375 kgf/cm² para la resistencia a compresión simple.

Tabla de Elemento Estructurales

En la siguiente tabla se encuentran las columnas del CICG.

Tabla 5

Cuadro de columnas

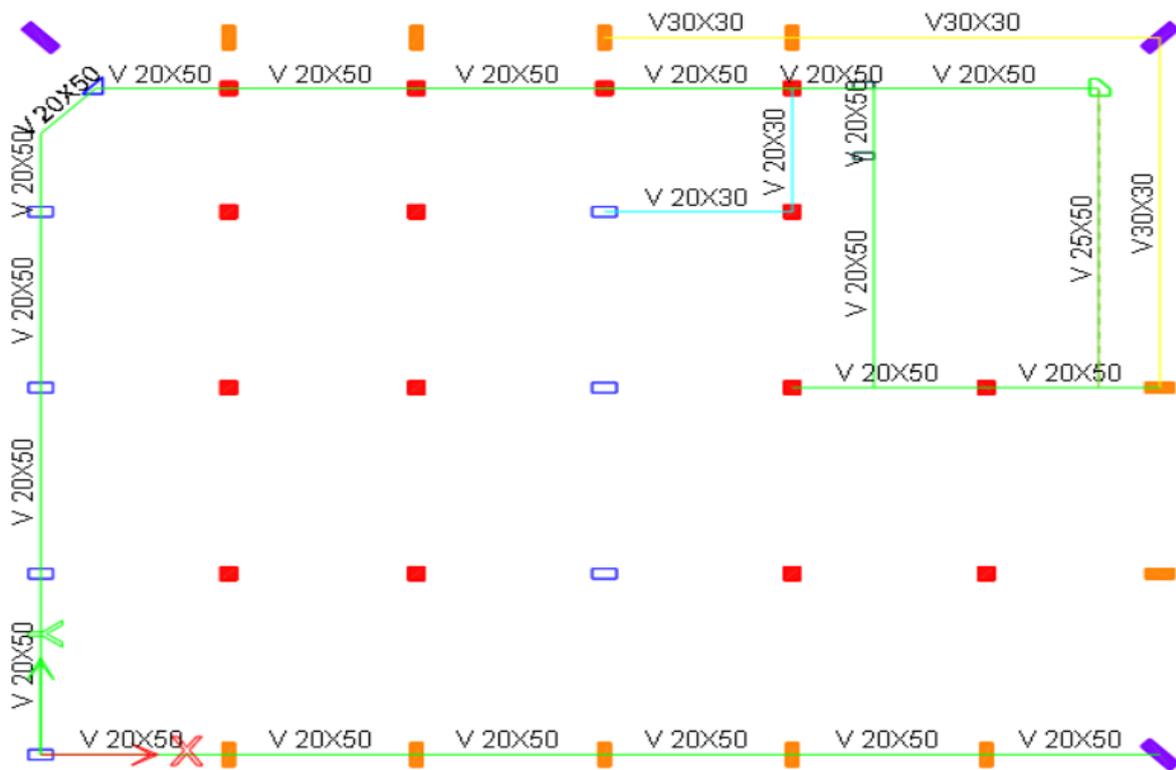
Planta	Dimensiones
PB	50x20
PB	60x30
PB	70x30
PB	100x30
PB	50x50 (rombo)
PB	50x50x70.7 (triangular)
P1	35x35
P3	30x30
P4	25x25

Elaborado por: Subía (2024)

A continuación, se presentan las vigas por planta del CICG:

Figura 21

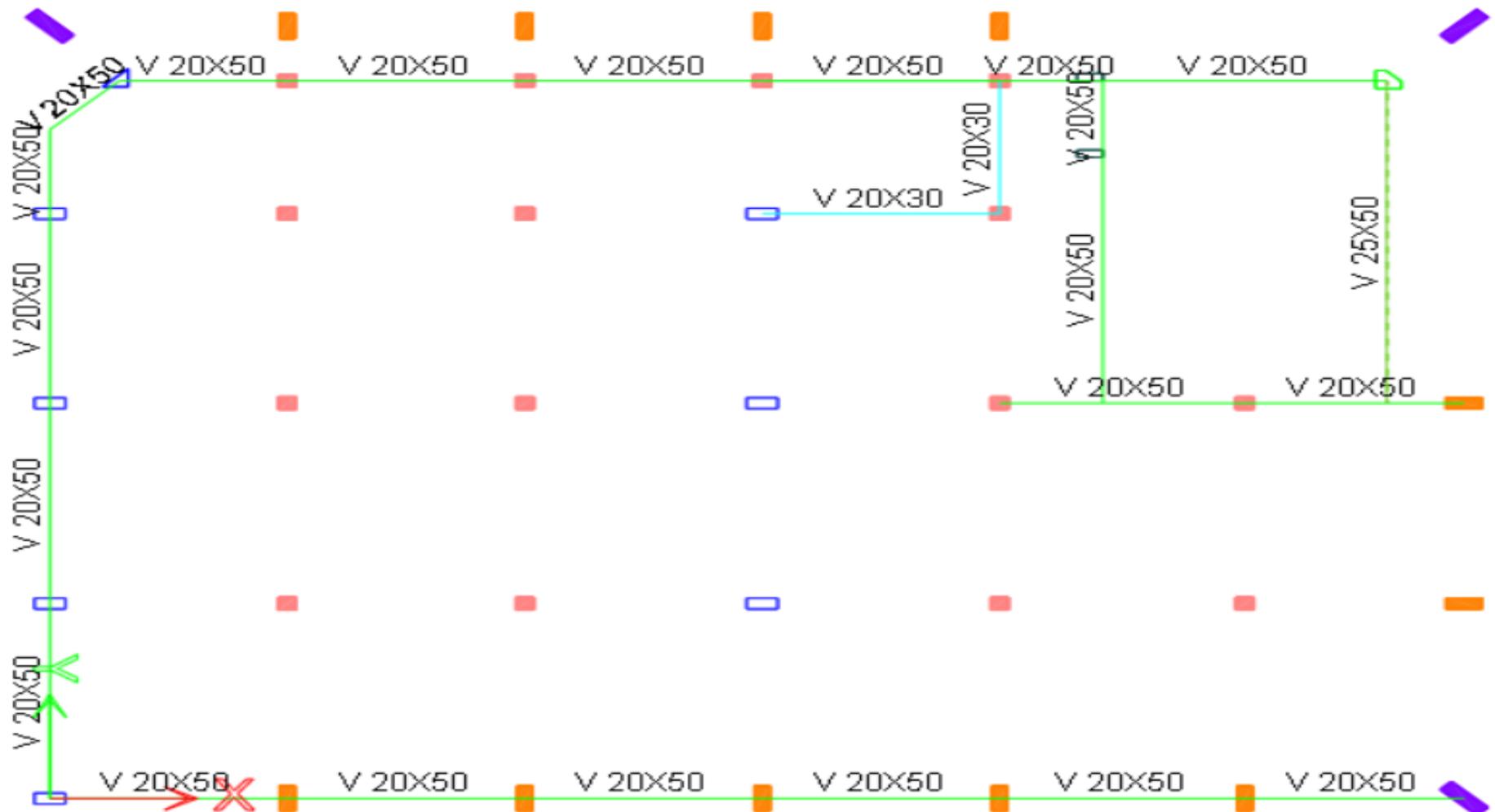
Vigas de planta 1



Elaborado por: Subía (2024)

Figura 22

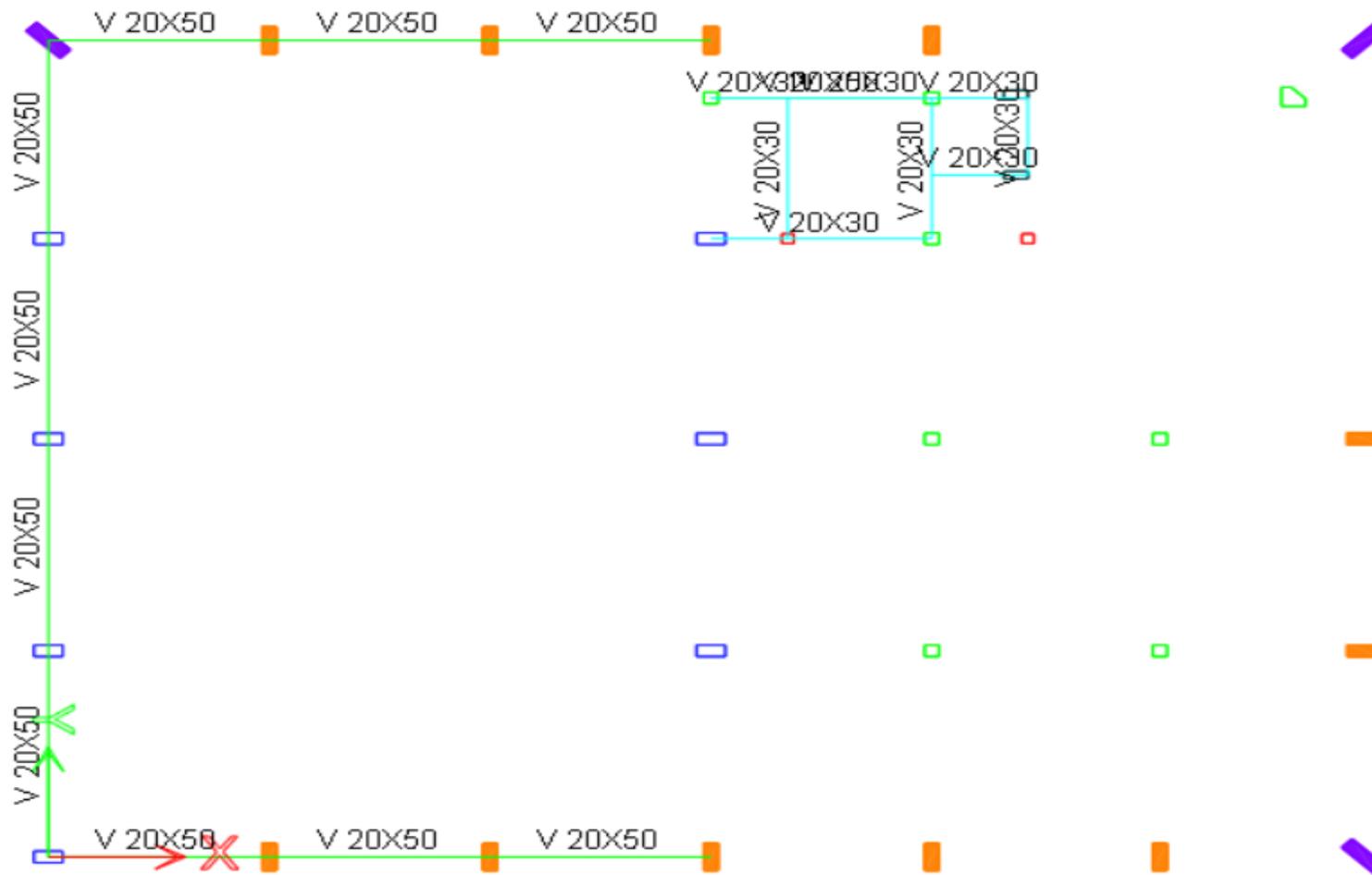
Vigas de planta 2



Elaborado por: Subia (2024)

Figura 23

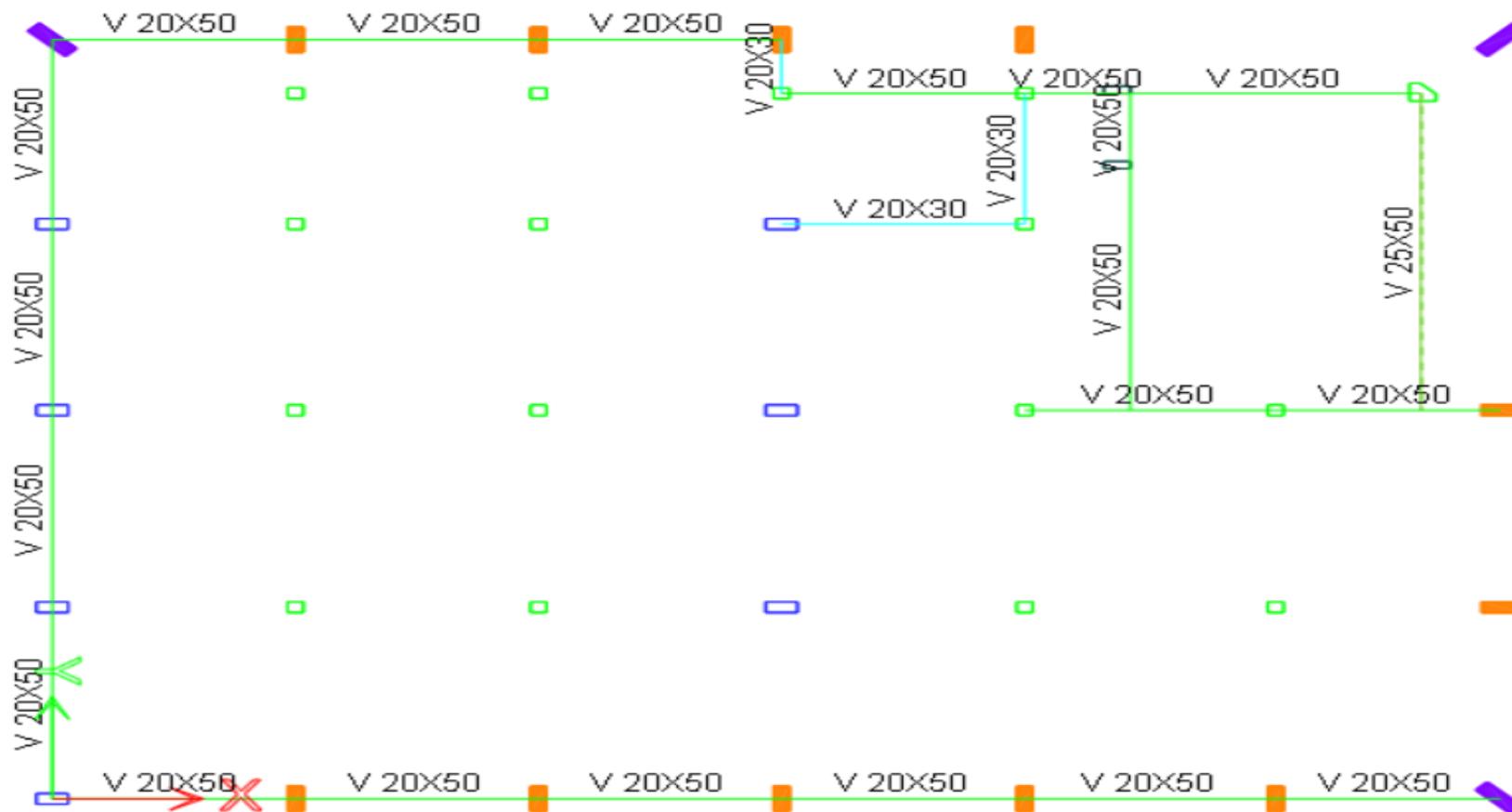
Vigas de planta 3



Elaborado por: Subia (2024)

Figura 24

Vigas de planta 4



Elaborado por: Subia (2024)

Análisis e interpretación de resultados

Masa Participativa, Períodos y Modos de la Estructura.

El programa Etabs considera mínimo 12 modos de vibración como configuración general, esta cantidad de modos es suficiente, en la siguiente tabla podemos notar que el 90% de masa participativa se cumple para el modo 6.

Tabla 6

Cuadro de modos de vibración

	Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Modal	1	0.73	0.0163	0.4897	0.2899	0.0163	0.4897	0.2899
Modal	2	0.596	0.6205	0.1194	0.0852	0.6367	0.6090	0.3751
Modal	3	0.535	0.1671	0.1993	0.4605	0.8038	0.8083	0.8357
Modal	4	0.28	0.0400	0.0614	0.0257	0.8438	0.8697	0.8614
Modal	5	0.264	0.0720	0.0414	0.0043	0.9158	0.9112	0.8657
Modal	6	0.25	0.0023	0.0091	0.0579	0.9181	0.9203	0.9236
Modal	7	0.228	0.0000	0.0053	0.0030	0.9181	0.9256	0.9265
Modal	8	0.225	0.0003	0.0008	0.0005	0.9185	0.9264	0.9270
Modal	9	0.191	0.0006	0.0003	0.0100	0.9191	0.9267	0.9370
Modal	10	0.169	0.0015	0.0121	0.0145	0.9205	0.9388	0.9514
Modal	11	0.165	0.0404	0.0041	0.0037	0.9609	0.9430	0.9551
Modal	12	0.156	0.0030	0.0186	0.0120	0.9639	0.9616	0.9671

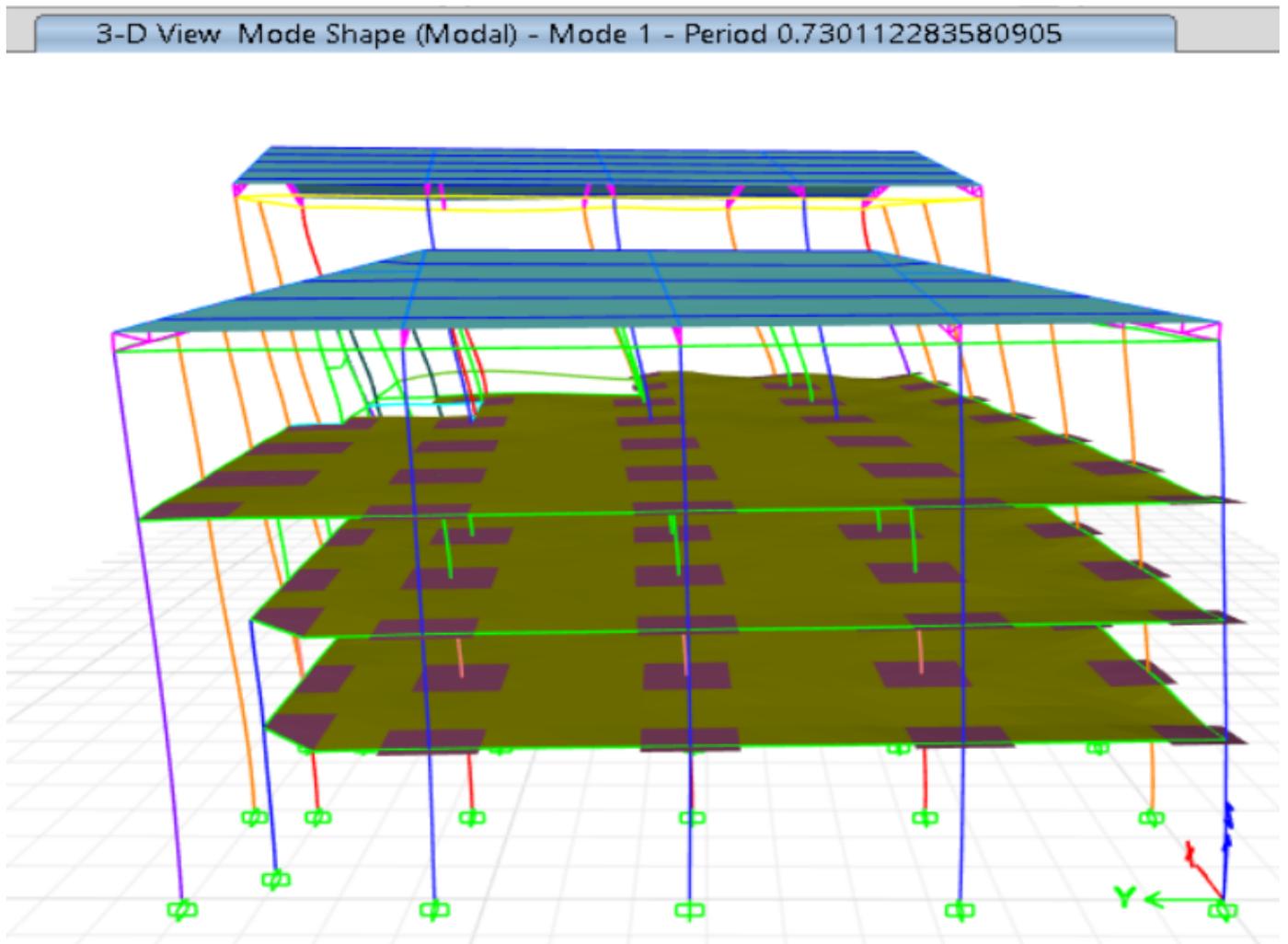
Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

En las siguientes figuras se muestran las formas modales del CICG, el cual presenta un adecuado comportamiento dinámico debido a que sus dos primeros modos son traslacionales y el tercero rotacional.

Figura 25

Modelo de vibración 1 - Translacional Y-Y

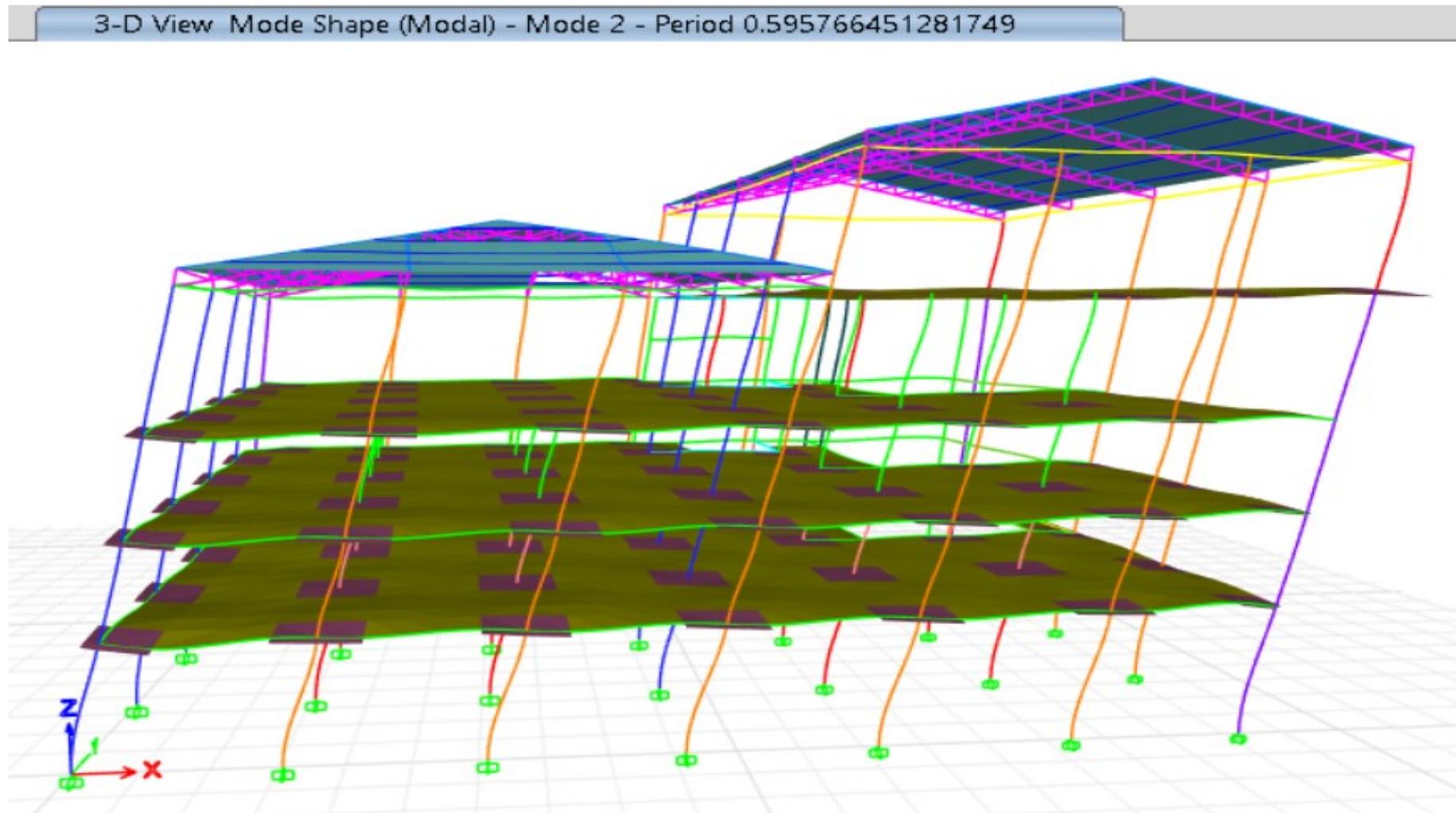


Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

Figura 26

Modelo de vibración 1 - Translacional X-X

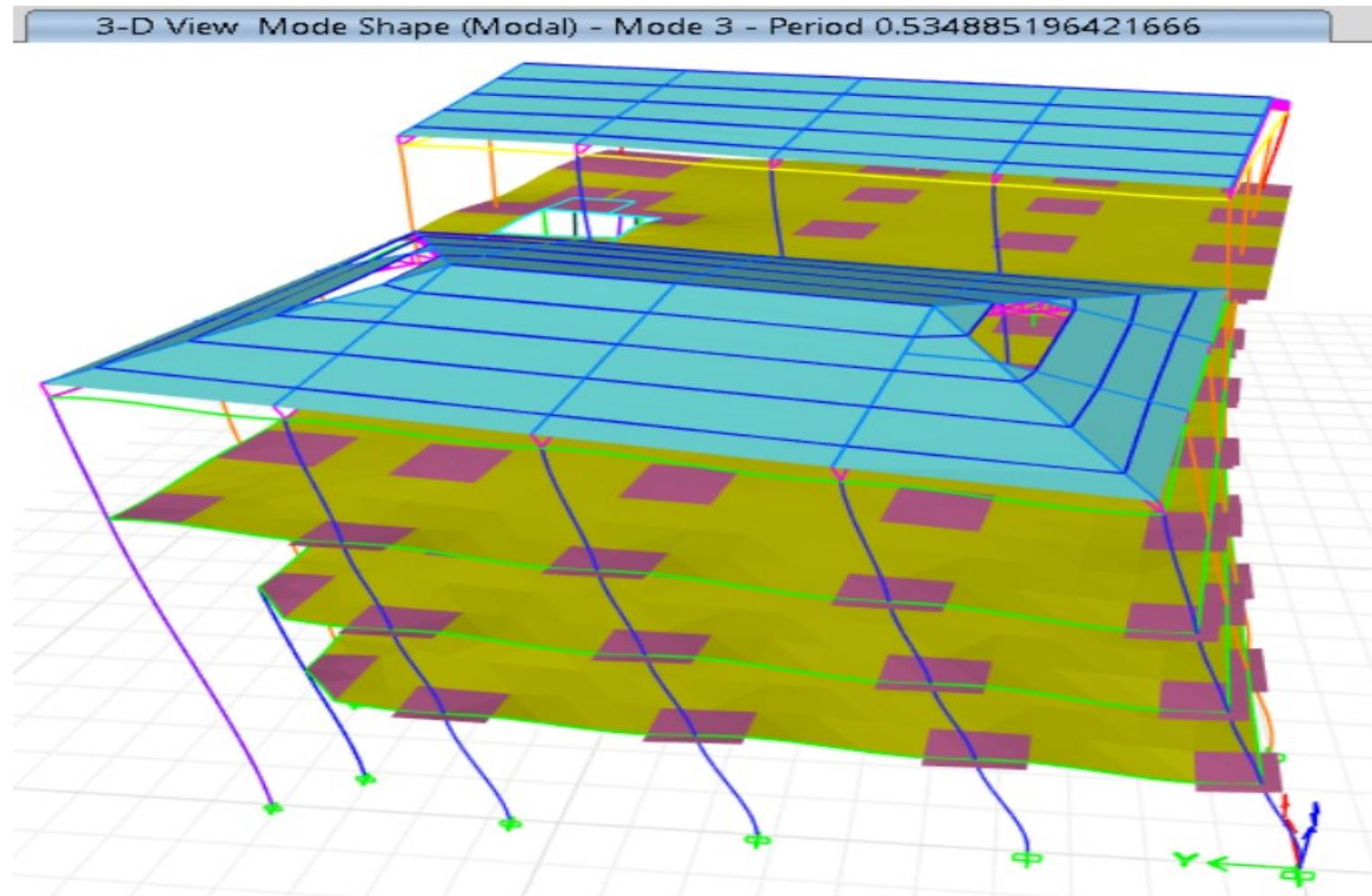


Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

Figura 27

Modelo de vibración 1 - Translacional Z-Z



Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

Amplificación del Cortante Basal Dinámico.

Una vez definidos la cantidad de modos suficientes para lograr el 90% de masa participativa se procedió a analizar la carga sísmica.

Como podemos notar el cortante dinámico no logra llegar a ser el 80% del cortante estático, para lo cual se obtuvo coeficientes de amplificación que fueron configurados en los load cases del modelo numérico.

Tabla 7

Valores de ampliación cortante basal

Sismo	V estático (ton)	V dinámico (ton)	SD / SE	F amp = 0.8*(V estático/V dinámico)
X-X	285.41	208.28	0.730	1.10
Y-Y	285.41	169.91	0.595	1.34

Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

Realizada esta amplificación se verificaron los nuevos cortante dinámicos.

Tabla 8

Valores de cortante dinámico

Sismo	V estático (ton)	V dinámico (ton)	SD / SE
X-X	285.41	231.84	0.812
Y-Y	285.41	235.28	0.824

Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

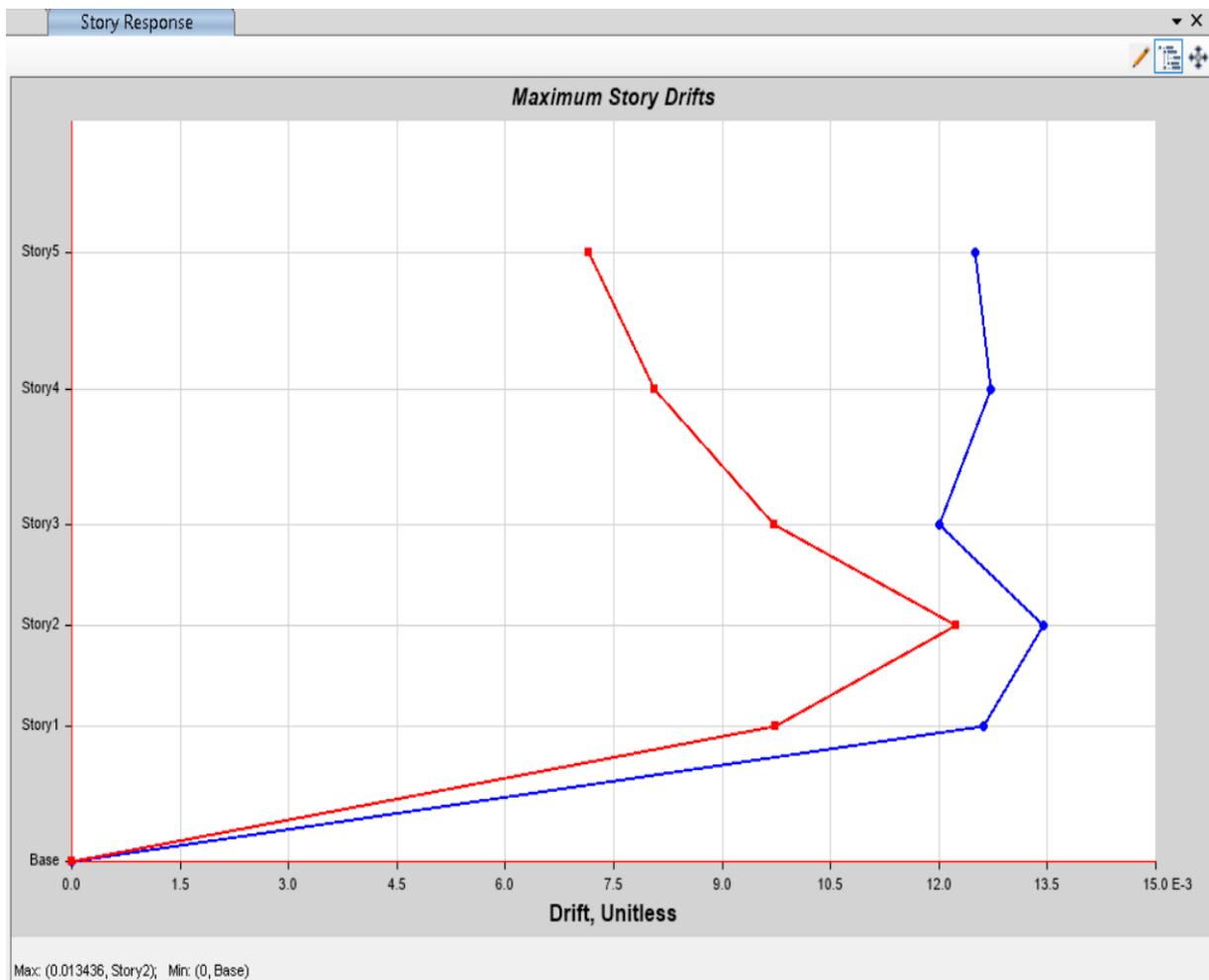
Deformaciones Relativas de Entrepiso (Control de Derivas Inelásticas)

Se configuró un nuevo load case en el modelo numérico para el cual se obtienen las derivas inelásticas directamente del software, considerado a estas derivas inelásticas como $\Delta_{inelástica} = 0.75 * R * \Delta_{elástica}$, de acuerdo con la norma

vigente NEC-15, este nuevo load case consideró la amplificación del cortante dinámico. En las siguientes ilustraciones se muestra las derivas para el sismo x además del sismo y, podemos notar como las derivas X-X cumplen y la derivas Y-Y no, siendo la deriva permisible 0.02 de acuerdo con la norma NEC-15.

Figura 28

Derivas inelásticas sismo X-X

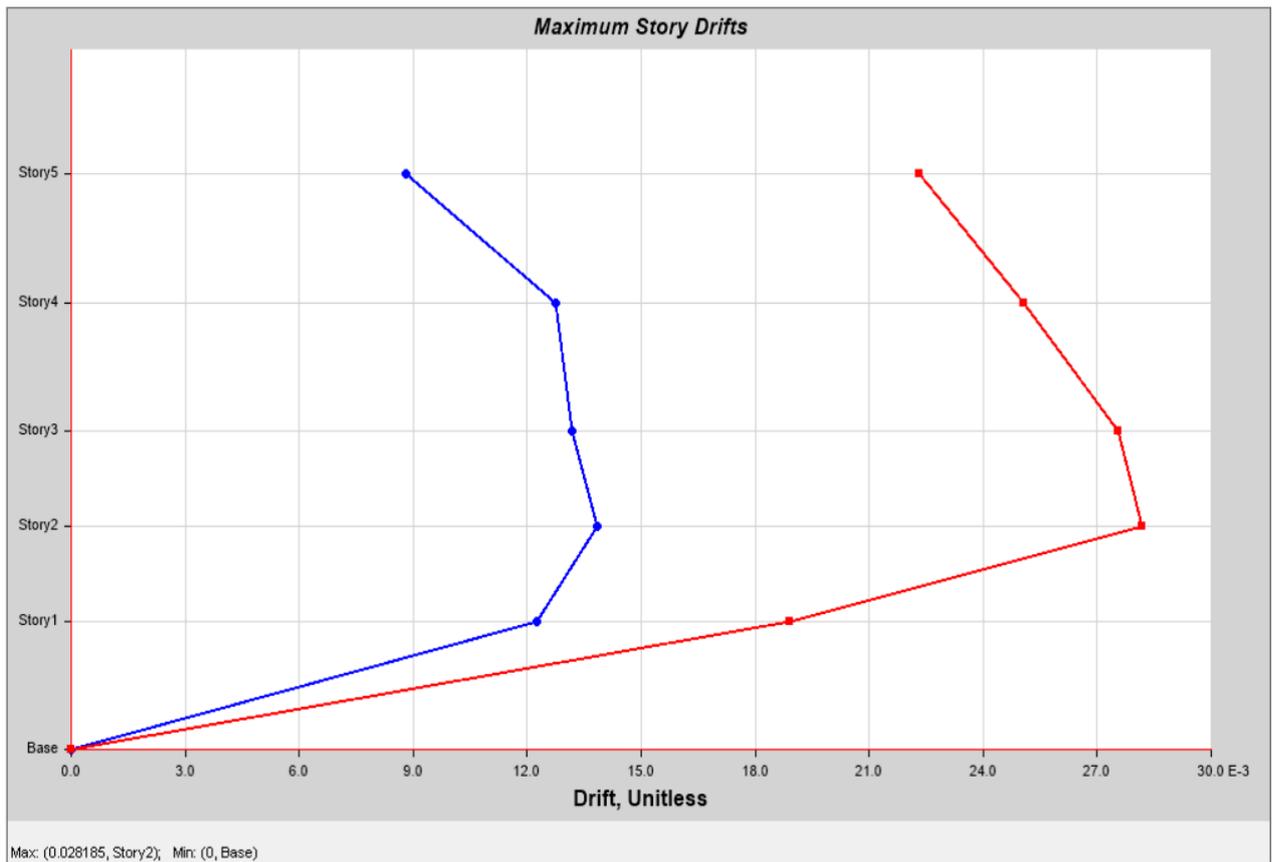


Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

Figura 29

Derivas inelásticas sismo Y-Y



Fuente: Programa ETABS V.21.1.0. (s.f)

Elaborado por: Subia (2024)

CAPÍTULO IV – PROPUESTA

Título de la propuesta

“Propuesta de implementación de evaluación estructural del edificio del colegio de ingenieros civiles del Guayas y su respuesta ante la norma vigente NEC 2015”.

Objetivo General

Evaluar estructuralmente la edificación del Colegio de Ingenieros civiles del Guayas aplicando el software ETABS V21.1.0.

Justificación

La normativa relacionada con el análisis de la vulnerabilidad sísmica puede variar de un país a otro en América Latina, ya que cada país tiene sus propias regulaciones y códigos de construcción. Sin embargo, en muchos países latinoamericanos, la normativa sísmica está influenciada por estándares internacionales y recomendaciones de organismos como la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la Organización de los Estados Americanos (OEA) y la Norma Técnica de Edificación Estructural (NTC-18) de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS).

Es importante destacar que estas son las normativas principales en cada uno de estos países, pero también puede haber regulaciones locales adicionales o normativas específicas para tipos de edificios o estructuras particulares. Además, las normativas sísmicas suelen actualizarse periódicamente, por lo que es fundamental verificar la versión más reciente de la normativa en cada país y consultar a expertos en ingeniería sísmica para proyectos específicos.

Levantamiento de Información

Se realiza una inspección visual y documental para recopilar información sobre los planos estructurales, memoria de cálculo, tipo de materiales empleados y

antecedentes de mantenimiento.

- **Análisis de Materiales:** Se efectúan ensayos destructivos y no destructivos para determinar la resistencia del hormigón y del acero de refuerzo, así como la calidad de las uniones estructurales.
- **Modelación y Análisis Sísmico:** Mediante software de ingeniería estructural, se modela el comportamiento del edificio ante sollicitaciones sísmicas, evaluando deformaciones, esfuerzos y posibles mecanismos de falla.
- **Comparación con la NEC 2015:** Se contrastan los resultados obtenidos con los requisitos de la NEC 2015, especialmente en lo referente a diseño sísmico, resistencia de materiales y desplazamientos permitidos.

Los resultados de la evaluación estructural evidencian los siguientes aspectos:

- **Deficiencias en conexiones estructurales:** Se identificaron fallas en uniones viga-columna, lo que podría comprometer la estabilidad ante sismos.
- **Resistencia de materiales:** En algunos elementos, la resistencia del hormigón y del acero no cumple con los valores requeridos por la NEC 2015.
- **Desplazamientos laterales:** Se observó que los desplazamientos en algunos niveles del edificio superan los límites permitidos, lo que podría generar inestabilidad.
- **Sistema de disipación de energía:** No se cuenta con dispositivos adecuados para la absorción de energía sísmica, lo que aumenta la vulnerabilidad ante movimientos telúricos.

A partir de los hallazgos, se proponen las siguientes acciones:

- **Refuerzo de Conexiones:** Se recomienda mejorar las uniones viga-columna mediante placas de acero y anclajes adicionales para incrementar la rigidez estructural.
- **Mejora de Materiales:** Se sugiere la aplicación de recubrimientos de refuerzo en elementos estructurales y la utilización de concreto de alta resistencia en zonas críticas.
- **Reducción de Desplazamientos Laterales:** La implementación de diagonales

de refuerzo y el uso de contravientos permitirá reducir los desplazamientos máximos admisibles.

- Implementación de Sistemas de Disipación de Energía: Se recomienda el uso de amortiguadores sísmicos o aisladores de base para mejorar la capacidad de absorción de energía del edificio.

Descripción de la propuesta de solución (incluye las acciones a desarrollarse).

- Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para garantizar la integridad de la edificación.
- Analizar la rentabilidad vs. costo del reforzamiento de la edificación con aumento de secciones en las columnas o reforzamiento con muros estructurales.
- Se han obtenido resultados positivos del edificio, una vez analizado mediante la normativa vigente, muy a pesar de su tiempo de construcción, que superan los 40 años, esperados de ese modo, por cuanto en el último sismo de abril 2016, no presenta daños considerables en la estructura a simple vista, por ello si amerita un estudio a mayor profundidad y saber que arroja el mismo.
- Modernizar la edificación en cuanto a eficiencia energética.

Factibilidad de aplicación (en tiempo, espacio y recursos)

El colegio de Ingenieros civiles del Guayas por ser una institución sin fines de lucro, tiene a bien trabajar sin paralizar sus actividades desde la inauguración de sus instalaciones, en donde funciona la sede administrativa del mismo, ello desde los años 80, labora prácticamente de lunes a viernes, las áreas principalmente la planta baja, 1ero y 2do. piso, en donde funcionan oficinas propias del Colegio, trabajan en alquiler, y los fines de semana de darse alguna capacitación y alquiler del auditorio del 3er piso o del área social en el 4to piso, en donde se tiene una terraza con bar, en el que los ingenieros pueden alquilar dicho piso para realizar cualquier tipo de evento.

Beneficios directos e indirectos

1. Los afiliados al gremio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, que cuentan con no solamente un edificio administrativo, al que acuden diariamente por diferentes motivos, sean estos académicos, laborales, gremiales o deportivos, saben reciben más de un beneficio otorgado por la representación del CICG.
2. Los profesionales en otras áreas inherentes con el tema de la construcción, que de una u otra forma son proveedores directos o indirectos de servicios y productos que tienen que ver con nuestro gremio y por lo tanto acuden hasta nuestras instalaciones en busca de soporte técnico de los mismos.
3. Instituciones públicas que solicitan el apoyo y colaboración para utilizar las instalaciones del CICG, así mismo al enviar oficios e invitaciones para contar con el respaldo y participación del gremio y por ende de todo lo que representa el CICG.
4. La empresa privada sea nacional o extranjera que contratan obras en la Ciudad de Guayaquil y requiere de personal técnico en las diferentes áreas que ofrece el campo de la Ingeniería civil y acuden a nuestra Institución para referencia, aval, opinión y emplear nuestras salas de capacitación.
5. En la Ciudad de Guayaquil se evalúen periódicamente las estructuras en diferentes zonas de la urbe, especialmente se coordine y promocióne proyectos sociales, cuyo principal objetivo sea contar con la certeza que se han venido desarrollando estudios que aporten al gremio, acerca del estado de las edificaciones y que estas pueden llamarse edificaciones seguras.

Beneficios que aporta la propuesta

A los afiliados del gremio, que son los primeros que se benefician al saber que acuden a las instalaciones de la sede administrativa del CICG y que estas se consideran seguras.

A los profesionales interesados en alquilar las oficinas o instalaciones para eventos, capacitaciones, charlas, cursos y demás.

A la empresa pública y privada, porque cuenta con una sede que, en definitiva, continúa teniendo un buen nivel y es ejemplo para los otros gremios de organización y servicio a la comunidad.

A la academia sirve de soporte, porque muy a pesar de su tiempo de construcción, da ejemplo que los ingenieros que diseñaron y construyeron la edificación, se tomaron en serio su trabajo y lo ejecutaron en base a la normativa vigente en esa época, con proyección para las generaciones de colegas futuros.

A la Ciudad porque aporta una edificación que se encuentra en estudio y mantenimiento constante, para dar un servicio de calidad, principalmente a los socios del gremio y público en general.

CONCLUSIONES

Tras la evaluación estructural del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, se han identificado aspectos clave relacionados con su diseño, materiales, y respuesta ante cargas sísmicas conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. A continuación, se presentan las principales conclusiones:

Cumplimiento Normativo: La estructura del edificio fue diseñada bajo normativas previas a la NEC 2015, lo que genera ciertas diferencias en los criterios de diseño, especialmente en cuanto a la resistencia sísmica. Se identificaron algunas deficiencias en la capacidad de disipación de energía y en los factores de seguridad considerados en el diseño original.

Análisis de Materiales y Estado de Conservación: Mediante inspecciones y ensayos no destructivos, se verificó que los materiales estructurales (hormigón y acero de refuerzo) presentan un estado de conservación aceptable, aunque se detectaron algunas fisuras y degradación superficial en elementos expuestos a humedad y agentes atmosféricos. Se recomienda la aplicación de tratamientos de protección y refuerzos en zonas específicas.

Desempeño Sísmico: El análisis modal espectral reveló que el periodo fundamental de vibración del edificio está dentro de rangos esperados, sin embargo, la distribución de rigidez en planta y altura presenta ciertas irregularidades que pueden amplificar desplazamientos durante un evento sísmico. Se sugiere mejorar la continuidad estructural y fortalecer los nudos críticos para garantizar un comportamiento más dúctil.

Recomendaciones de Refuerzo: Se identificó la necesidad de incorporar elementos de refuerzo en zonas de conexión entre columnas y vigas, así como mejorar los diafragmas de entrepiso para optimizar la transmisión de cargas horizontales. Además, se recomienda la implementación de sistemas de amortiguamiento o aislamiento sísmico en futuras remodelaciones.

Aunque el edificio muestra una respuesta estructural aceptable, existen

oportunidades de mejora para alinearse completamente con los requisitos de la NEC 2015. La implementación de estrategias de refuerzo estructural permitirá incrementar la seguridad del inmueble, prolongar su vida útil y reducir vulnerabilidades ante sismos de alta magnitud.

1. La evaluación estructural de las edificaciones es un proceso fundamental en el campo de la ingeniería civil y la arquitectura que implica la revisión y el análisis de la integridad, la seguridad y el rendimiento de una estructura construida. Este proceso se basa en principios teóricos sólidos y en el conocimiento de la respuesta de las estructuras ante diversas cargas y condiciones.
2. La elaboración del modelo numérico en ETABS V21.1.0 permitió obtener el comportamiento más realista de la estructura, empleando la NEC-2015.
3. Se analizó el riesgo sísmico y la vulnerabilidad del edificio del Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas mediante un análisis dinámico modal espectral, el cuál nos permitió establecer que la estructura si llega al 90% de masa participativa, además el edificio del CICG tiene un buen comportamiento dinámico debido a que sus primeras formas de vibración son traslacionales y la tercera relacional.
4. El cortante dinámico fue calibrado al cortante dinámico con factores de amplificación de 1.10 y 1.34 para el sismo x-x y sismo y-y respectivamente. Se realizó el control de derivas inelásticas, cumpliendo para el sismo X-X pero no para el sismo Y-Y, teniendo este último derivas del 3% que exceden la máxima permisible del 2% de acuerdo con la norma NEC-15.
5. Se estableció que el CICG en la dirección X no dispone de la rigidez necesaria para cumplir con la deriva del 2%, establecida en la NEC 2015. m

RECOMENDACIONES

1. Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la integridad continua de la edificación.
2. Analizar la rentabilidad del reforzamiento de la edificación con aumento de secciones en las columnas o reforzamiento con muros estructurales para garantizar una adecuada rigidez en la dirección Y-Y.
3. Se debe realizar una actualización del estado estructural de las edificaciones de la Ciudad de Guayaquil, que sobrepasan los 40 años de construcción, y con ello se podría realizar estudios más amplios que ayuden a las entidades de control a tomar mejores medidas de control y prevención, ante un evento sísmico de magnitud considerable.
4. Se recomienda un incremento de las secciones o una propuesta de muros estructurales que rigidizan la dirección X, debido a que el edificio del CICG en la dirección X no dispone de la rigidez necesaria para cumplir con la deriva del 2%, establecida en la NEC 2015.
5. Dar continuidad a este estudio, constituirá un aporte importante al medio, por cuanto al seguir analizando la estructura y continuar obteniendo resultados positivos del edificio, estos servirán de pauta para modelar otras edificaciones, basándose en la normativa vigente y así recolectar información importante del estado actual y peligrosidad sísmica que puedan presentar a futuro las edificaciones del medio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, R. (2020). *CEC-77, CEC-2000 Y PROPUESTA*. Quito: CEINCI CETRO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO.
- Alvarez, D. & Luchini, T. (2020). *Incidencia de la respuesta estructural aplicando la norma sísmica peruana y chilena para muros delgados de 15 niveles, Lima - 2020*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Armas, P. (2012). *Actualización de la evaluación de riesgo sísmico en edificios esenciales de la Ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Cámara Colombiana de la Construcción. (2018).
- CEC, C. E. (1977). *Código ecuatoriano de la construcción*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Chopra, A. K. (2020). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering (5th ed.)*. Pearson.
- Clough, R. W., & Penzien, J. (2003). *Dynamics of Structures (3rd ed.)*. Computers & Structures Inc.
- Cusme, C. y Yela, R. (2022). *Diseño elástico y análisis no lineal para terremoto esperado del edificio de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil*.
- E.030, N. (2020). *Reglamento Nacional de edificaciones diseño sismoresistente*. Lima - Perú: Publicación oficial.
- INEN, (12 de 2018). <https://www.normalizacion.gob.ec>. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/el-inen-analiza-norma-tecnica-para->

[implementar-en-el-ecuador-construcciones-sustentables/](#)

Jefferson, L. (2018). *ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE REHABILITACIÓN USADOS EN EDIFICIOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 EN EL ECUADOR.*

Moncayo Theurer, M; Vargas Jimenez, J; Moncayo Velasquez, G; Barzola & Zambrano, I. (Junio de 2017). *Portal de revistas academicas UTP (Universidad Tecnica de Panama).*

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (19 de 04 de 2022).
<https://www.argentina.gob.ar>. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar>

Naciones Unidas México. (2 de 2 de 2022). <https://mexico.un.org>. Obtenido de <https://mexico.un.org/es/170598-ifc>

NEC. (2015). *Normas Ecuatorianas de la Construcción.*

NEC-SE-DS. (2015). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente.* Guayaquil, Ecuador: NEC. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Organización de las Naciones Unidas, O. (28 de 3 de 2022). <https://ods.mma.gob/cl>. Obtenido de <https://ods.mma.gob.cl/que-son-los-ods/>

Pablo, A. E. (2012). *Actualizacion de la Evaluación de riesgo sísmico en edificios esenciales de la Ciudad de Guayaquil.* Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Radius. (2000). *Radius.*

Razo Daniela y García Octavio. (2020). *Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud.* México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.

Safina, S. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales*. Barcelona - España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Sironvalle, F. (2022). *Análisis comparativo de la Aplicación de la Norma sísmica Chilena Nch2369*.

Toledo, Z. (2021). *Análisis sísmico comparativo de las normas sísmicas de Perú y Bolivia en edificaciones aporticadas de la Ciudad de Moquegua, 2021*. Moquegua - Perú: Universidad José Carlos Mareátegui.

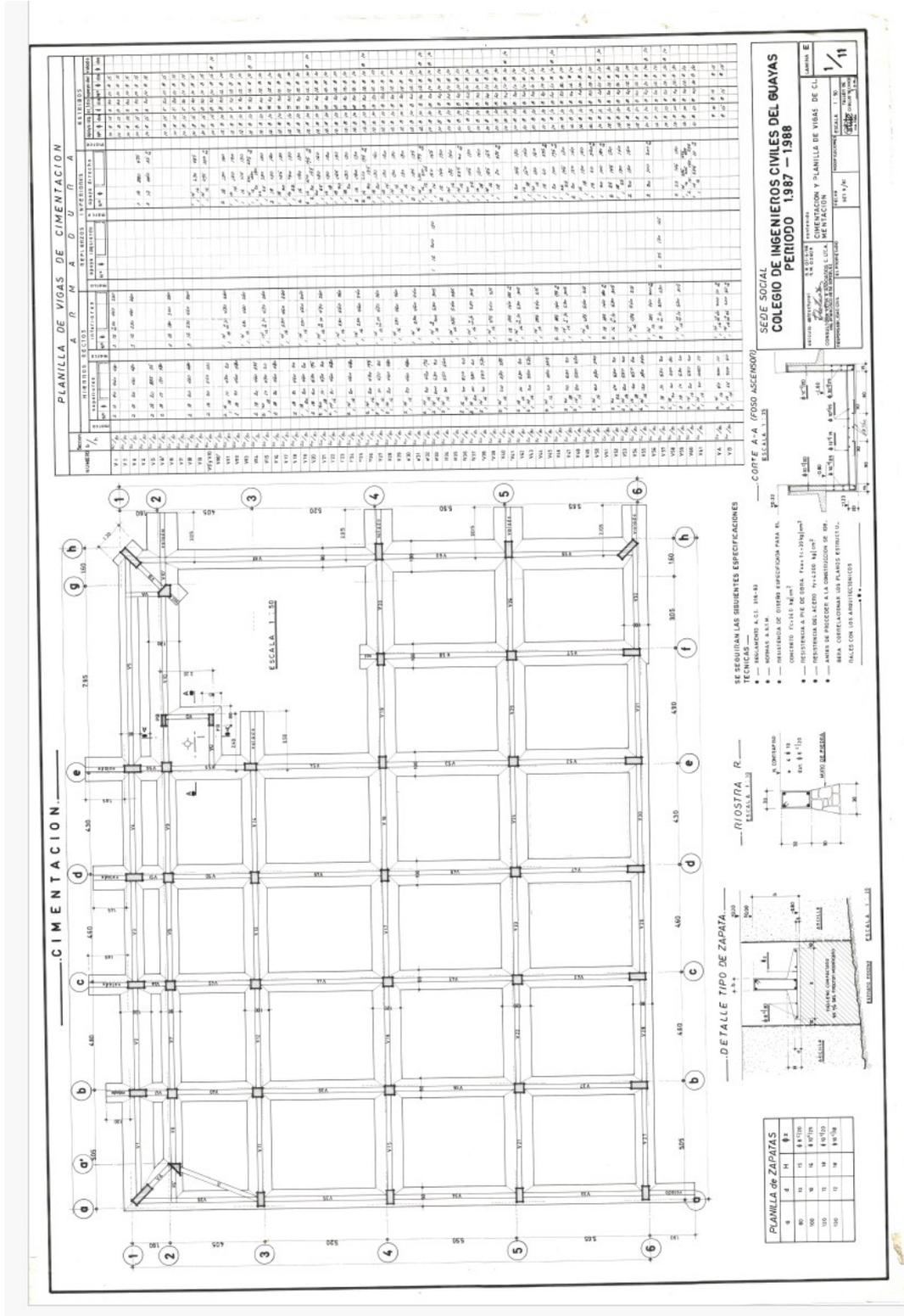
UNAM, U. N. (2021). <https://archivos.juridicas.unam.mx>. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6429/5.pdf>

Yépez, F.; Barbat, A. y Canas, J. (1995). *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería*. Barcelona - España: Centro Internacional de métodos numéricos en Ingeniería.

ANEXOS

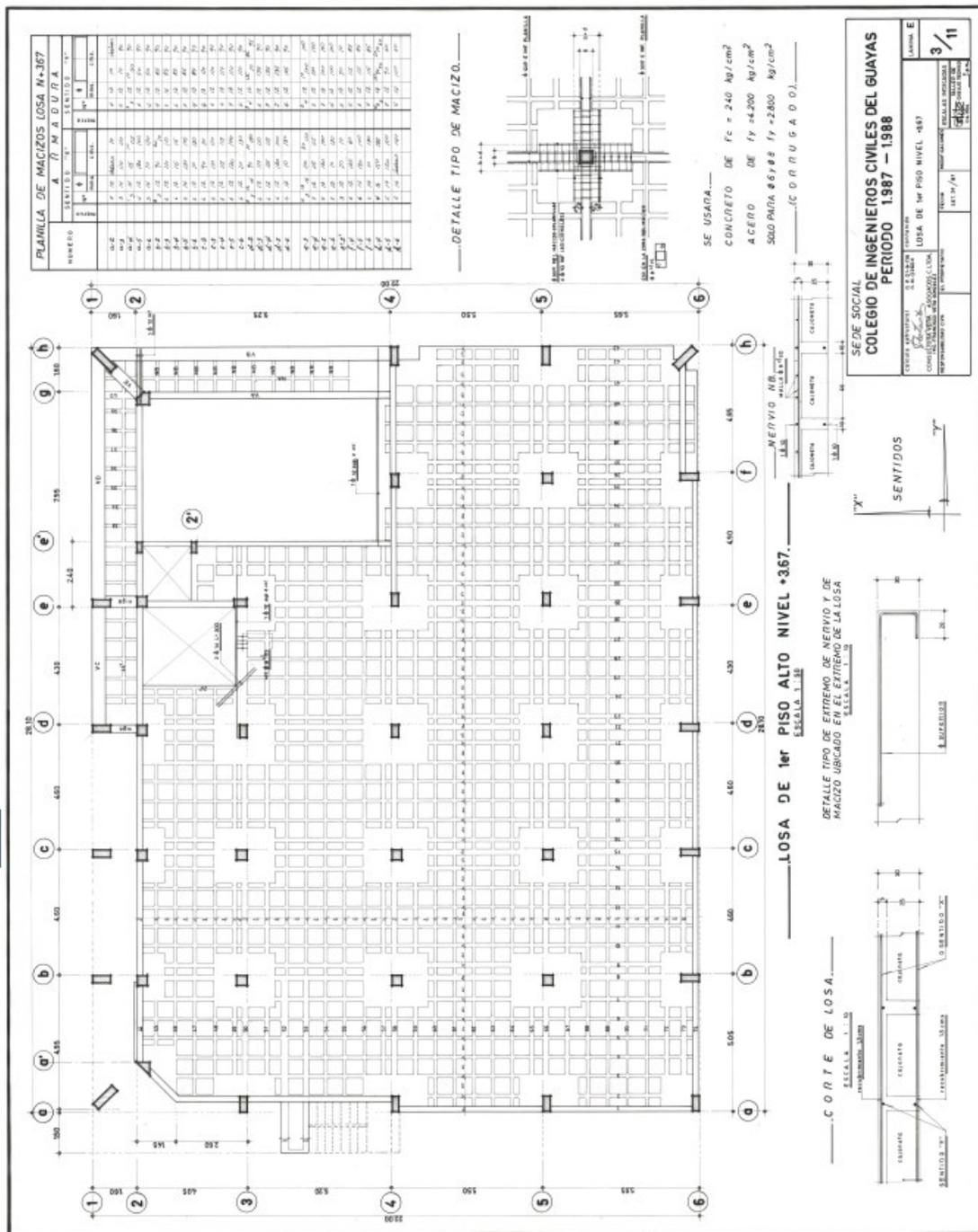
Anexo 1

Planos de cimentación del edificio del CIGG



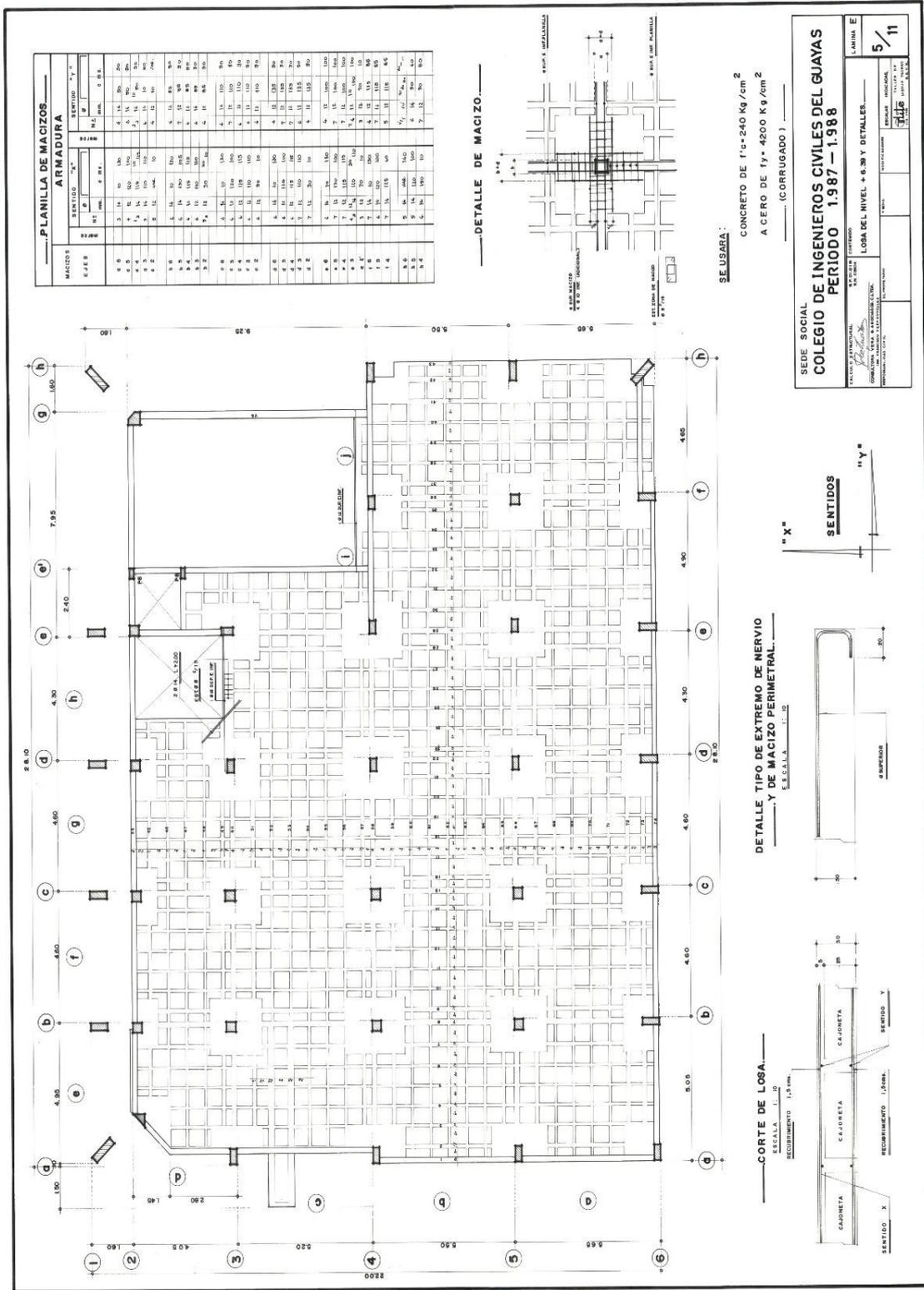
Anexo 2

Plano losa del primer piso nivel +3.67



Anexo 3

Losa del nivel +6.39 y detalles 5-11



Anexo 4

Planilla de nervios losa 1er. nivel +3.67

PLANILLA DE NERVIOS LOSA DE 1er PISO NIVEL +3.67									
NERVIO Nº	NERVIOS RECTOS		NERVIOS CURVADOS		NERVIOS SUPERIORES		NERVIOS INFERIORES		NOTAS
	Nº	M	Nº	M	Nº	M	Nº	M	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	
11	1	1	1	1	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	1	1	1	1	1	1	1	
14	1	1	1	1	1	1	1	1	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	1	1	1	1	1	1	1	1	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	
19	1	1	1	1	1	1	1	1	
20	1	1	1	1	1	1	1	1	
21	1	1	1	1	1	1	1	1	
22	1	1	1	1	1	1	1	1	
23	1	1	1	1	1	1	1	1	
24	1	1	1	1	1	1	1	1	
25	1	1	1	1	1	1	1	1	
26	1	1	1	1	1	1	1	1	
27	1	1	1	1	1	1	1	1	
28	1	1	1	1	1	1	1	1	
29	1	1	1	1	1	1	1	1	
30	1	1	1	1	1	1	1	1	
31	1	1	1	1	1	1	1	1	
32	1	1	1	1	1	1	1	1	
33	1	1	1	1	1	1	1	1	
34	1	1	1	1	1	1	1	1	
35	1	1	1	1	1	1	1	1	
36	1	1	1	1	1	1	1	1	
37	1	1	1	1	1	1	1	1	
38	1	1	1	1	1	1	1	1	
39	1	1	1	1	1	1	1	1	
40	1	1	1	1	1	1	1	1	
41	1	1	1	1	1	1	1	1	
42	1	1	1	1	1	1	1	1	
43	1	1	1	1	1	1	1	1	
44	1	1	1	1	1	1	1	1	
45	1	1	1	1	1	1	1	1	
46	1	1	1	1	1	1	1	1	
47	1	1	1	1	1	1	1	1	
48	1	1	1	1	1	1	1	1	
49	1	1	1	1	1	1	1	1	
50	1	1	1	1	1	1	1	1	
51	1	1	1	1	1	1	1	1	
52	1	1	1	1	1	1	1	1	
53	1	1	1	1	1	1	1	1	
54	1	1	1	1	1	1	1	1	
55	1	1	1	1	1	1	1	1	
56	1	1	1	1	1	1	1	1	
57	1	1	1	1	1	1	1	1	
58	1	1	1	1	1	1	1	1	
59	1	1	1	1	1	1	1	1	
60	1	1	1	1	1	1	1	1	
61	1	1	1	1	1	1	1	1	
62	1	1	1	1	1	1	1	1	
63	1	1	1	1	1	1	1	1	
64	1	1	1	1	1	1	1	1	
65	1	1	1	1	1	1	1	1	
66	1	1	1	1	1	1	1	1	
67	1	1	1	1	1	1	1	1	
68	1	1	1	1	1	1	1	1	
69	1	1	1	1	1	1	1	1	
70	1	1	1	1	1	1	1	1	
71	1	1	1	1	1	1	1	1	
72	1	1	1	1	1	1	1	1	
73	1	1	1	1	1	1	1	1	
74	1	1	1	1	1	1	1	1	
75	1	1	1	1	1	1	1	1	
76	1	1	1	1	1	1	1	1	
77	1	1	1	1	1	1	1	1	
78	1	1	1	1	1	1	1	1	
79	1	1	1	1	1	1	1	1	
80	1	1	1	1	1	1	1	1	
81	1	1	1	1	1	1	1	1	
82	1	1	1	1	1	1	1	1	
83	1	1	1	1	1	1	1	1	
84	1	1	1	1	1	1	1	1	
85	1	1	1	1	1	1	1	1	
86	1	1	1	1	1	1	1	1	
87	1	1	1	1	1	1	1	1	
88	1	1	1	1	1	1	1	1	
89	1	1	1	1	1	1	1	1	
90	1	1	1	1	1	1	1	1	
91	1	1	1	1	1	1	1	1	
92	1	1	1	1	1	1	1	1	
93	1	1	1	1	1	1	1	1	
94	1	1	1	1	1	1	1	1	
95	1	1	1	1	1	1	1	1	
96	1	1	1	1	1	1	1	1	
97	1	1	1	1	1	1	1	1	
98	1	1	1	1	1	1	1	1	
99	1	1	1	1	1	1	1	1	
100	1	1	1	1	1	1	1	1	

SE USARA...
 CONCRETO DE $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$
 ACEERO DE $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
 SOLO PARA 06 Y 08 $f_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$
 C O R R U G A D O

SE DE SOCIAL
 COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL GUAYAS
 PERIODO 1987 - 1988
 PLANILLAS DE NERVIOS LOSA DE 1er NIVEL +3.67
 4 / 11

Anexo 7

Planilla de nervios de losa nivel +11.83

PLANILLA DE NERVIOS LOSA NIVEL +11.83

Nº	SECCION	LARGOS		VOLUMEN		PESOS	
		M	M ³	M ³	Kg		
1	1	1.00	0.00	0.00	0.00		
2	2	1.00	0.00	0.00	0.00		
3	3	1.00	0.00	0.00	0.00		
4	4	1.00	0.00	0.00	0.00		
5	5	1.00	0.00	0.00	0.00		
6	6	1.00	0.00	0.00	0.00		
7	7	1.00	0.00	0.00	0.00		
8	8	1.00	0.00	0.00	0.00		
9	9	1.00	0.00	0.00	0.00		
10	10	1.00	0.00	0.00	0.00		
11	11	1.00	0.00	0.00	0.00		
12	12	1.00	0.00	0.00	0.00		
13	13	1.00	0.00	0.00	0.00		
14	14	1.00	0.00	0.00	0.00		
15	15	1.00	0.00	0.00	0.00		
16	16	1.00	0.00	0.00	0.00		
17	17	1.00	0.00	0.00	0.00		
18	18	1.00	0.00	0.00	0.00		
19	19	1.00	0.00	0.00	0.00		
20	20	1.00	0.00	0.00	0.00		
21	21	1.00	0.00	0.00	0.00		
22	22	1.00	0.00	0.00	0.00		
23	23	1.00	0.00	0.00	0.00		
24	24	1.00	0.00	0.00	0.00		
25	25	1.00	0.00	0.00	0.00		
26	26	1.00	0.00	0.00	0.00		
27	27	1.00	0.00	0.00	0.00		
28	28	1.00	0.00	0.00	0.00		
29	29	1.00	0.00	0.00	0.00		
30	30	1.00	0.00	0.00	0.00		
31	31	1.00	0.00	0.00	0.00		
32	32	1.00	0.00	0.00	0.00		
33	33	1.00	0.00	0.00	0.00		
34	34	1.00	0.00	0.00	0.00		
35	35	1.00	0.00	0.00	0.00		
36	36	1.00	0.00	0.00	0.00		
37	37	1.00	0.00	0.00	0.00		
38	38	1.00	0.00	0.00	0.00		
39	39	1.00	0.00	0.00	0.00		
40	40	1.00	0.00	0.00	0.00		
41	41	1.00	0.00	0.00	0.00		
42	42	1.00	0.00	0.00	0.00		
43	43	1.00	0.00	0.00	0.00		
44	44	1.00	0.00	0.00	0.00		
45	45	1.00	0.00	0.00	0.00		
46	46	1.00	0.00	0.00	0.00		
47	47	1.00	0.00	0.00	0.00		
48	48	1.00	0.00	0.00	0.00		
49	49	1.00	0.00	0.00	0.00		
50	50	1.00	0.00	0.00	0.00		
51	51	1.00	0.00	0.00	0.00		
52	52	1.00	0.00	0.00	0.00		
53	53	1.00	0.00	0.00	0.00		
54	54	1.00	0.00	0.00	0.00		
55	55	1.00	0.00	0.00	0.00		
56	56	1.00	0.00	0.00	0.00		
57	57	1.00	0.00	0.00	0.00		
58	58	1.00	0.00	0.00	0.00		
59	59	1.00	0.00	0.00	0.00		
60	60	1.00	0.00	0.00	0.00		
61	61	1.00	0.00	0.00	0.00		
62	62	1.00	0.00	0.00	0.00		
63	63	1.00	0.00	0.00	0.00		
64	64	1.00	0.00	0.00	0.00		
65	65	1.00	0.00	0.00	0.00		
66	66	1.00	0.00	0.00	0.00		
67	67	1.00	0.00	0.00	0.00		
68	68	1.00	0.00	0.00	0.00		
69	69	1.00	0.00	0.00	0.00		
70	70	1.00	0.00	0.00	0.00		
71	71	1.00	0.00	0.00	0.00		
72	72	1.00	0.00	0.00	0.00		
73	73	1.00	0.00	0.00	0.00		
74	74	1.00	0.00	0.00	0.00		
75	75	1.00	0.00	0.00	0.00		
76	76	1.00	0.00	0.00	0.00		
77	77	1.00	0.00	0.00	0.00		
78	78	1.00	0.00	0.00	0.00		
79	79	1.00	0.00	0.00	0.00		
80	80	1.00	0.00	0.00	0.00		
81	81	1.00	0.00	0.00	0.00		
82	82	1.00	0.00	0.00	0.00		
83	83	1.00	0.00	0.00	0.00		
84	84	1.00	0.00	0.00	0.00		
85	85	1.00	0.00	0.00	0.00		
86	86	1.00	0.00	0.00	0.00		
87	87	1.00	0.00	0.00	0.00		
88	88	1.00	0.00	0.00	0.00		
89	89	1.00	0.00	0.00	0.00		
90	90	1.00	0.00	0.00	0.00		
91	91	1.00	0.00	0.00	0.00		
92	92	1.00	0.00	0.00	0.00		
93	93	1.00	0.00	0.00	0.00		
94	94	1.00	0.00	0.00	0.00		
95	95	1.00	0.00	0.00	0.00		
96	96	1.00	0.00	0.00	0.00		
97	97	1.00	0.00	0.00	0.00		
98	98	1.00	0.00	0.00	0.00		
99	99	1.00	0.00	0.00	0.00		
100	100	1.00	0.00	0.00	0.00		

PLANILLA DE VIGAS DE CUBIERTA

Nº	SECCION	LARGOS		VOLUMEN		PESOS	
		M	M ³	M ³	Kg		
1	1	1.00	0.00	0.00	0.00		
2	2	1.00	0.00	0.00	0.00		
3	3	1.00	0.00	0.00	0.00		
4	4	1.00	0.00	0.00	0.00		
5	5	1.00	0.00	0.00	0.00		
6	6	1.00	0.00	0.00	0.00		
7	7	1.00	0.00	0.00	0.00		
8	8	1.00	0.00	0.00	0.00		
9	9	1.00	0.00	0.00	0.00		
10	10	1.00	0.00	0.00	0.00		
11	11	1.00	0.00	0.00	0.00		
12	12	1.00	0.00	0.00	0.00		
13	13	1.00	0.00	0.00	0.00		
14	14	1.00	0.00	0.00	0.00		
15	15	1.00	0.00	0.00	0.00		
16	16	1.00	0.00	0.00	0.00		
17	17	1.00	0.00	0.00	0.00		
18	18	1.00	0.00	0.00	0.00		
19	19	1.00	0.00	0.00	0.00		
20	20	1.00	0.00	0.00	0.00		
21	21	1.00	0.00	0.00	0.00		
22	22	1.00	0.00	0.00	0.00		
23	23	1.00	0.00	0.00	0.00		
24	24	1.00	0.00	0.00	0.00		
25	25	1.00	0.00	0.00	0.00		
26	26	1.00	0.00	0.00	0.00		
27	27	1.00	0.00	0.00	0.00		
28	28	1.00	0.00	0.00	0.00		
29	29	1.00	0.00	0.00	0.00		
30	30	1.00	0.00	0.00	0.00		
31	31	1.00	0.00	0.00	0.00		
32	32	1.00	0.00	0.00	0.00		
33	33	1.00	0.00	0.00	0.00		
34	34	1.00	0.00	0.00	0.00		
35	35	1.00	0.00	0.00	0.00		
36	36	1.00	0.00	0.00	0.00		
37	37	1.00	0.00	0.00	0.00		
38	38	1.00	0.00	0.00	0.00		
39	39	1.00	0.00	0.00	0.00		
40	40	1.00	0.00	0.00	0.00		
41	41	1.00	0.00	0.00	0.00		
42	42	1.00	0.00	0.00	0.00		
43	43	1.00	0.00	0.00	0.00		
44	44	1.00	0.00	0.00	0.00		
45	45	1.00	0.00	0.00	0.00		
46	46	1.00	0.00	0.00	0.00		
47	47	1.00	0.00	0.00	0.00		
48	48	1.00	0.00	0.00	0.00		
49	49	1.00	0.00	0.00	0.00		
50	50	1.00	0.00	0.00	0.00		
51	51	1.00	0.00	0.00	0.00		
52	52	1.00	0.00	0.00	0.00		
53	53	1.00	0.00	0.00	0.00		
54	54	1.00	0.00	0.00	0.00		
55	55	1.00	0.00	0.00	0.00		
56	56	1.00	0.00	0.00	0.00		
57	57	1.00	0.00	0.00	0.00		
58	58	1.00	0.00	0.00	0.00		
59	59	1.00	0.00	0.00	0.00		
60	60	1.00	0.00	0.00	0.00		
61	61	1.00	0.00	0.00	0.00		
62	62	1.00	0.00	0.00	0.00		
63	63	1.00	0.00	0.00	0.00		
64	64	1.00	0.00	0.00	0.00		
65	65	1.00	0.00	0.00	0.00		
66	66	1.00	0.00	0.00	0.00		
67	67	1.00	0.00	0.00	0.00		
68	68	1.00	0.00	0.00	0.00		
69	69	1.00	0.00	0.00	0.00		
70	70	1.00	0.00	0.00	0.00		
71	71	1.00	0.00	0.00	0.00		
72	72	1.00	0.00	0.00	0.00		
73	73	1.00	0.00	0.00	0.00		
74	74	1.00	0.00	0.00	0.00		
75	75	1.00	0.00	0.00	0.00		
76	76	1.00	0.00	0.00	0.00		
77	77	1.00	0.00	0.00	0.00		
78	78	1.00	0.00	0.00	0.00		
79	79	1.00	0.00	0.00	0.00		
80	80	1.00	0.00	0.00	0.00		
81	81	1.00	0.00	0.00	0.00		
82	82	1.00	0.00	0.00	0.00		
83	83	1.00	0.00	0.00	0.00		
84	84	1.00	0.00	0.00	0.00		
85	85	1.00	0.00	0.00	0.00		
86	86	1.00	0.00	0.00	0.00		
87	87	1.00	0.00	0.00	0.00		
88	88	1.00	0.00	0.00	0.00		
89	89	1.00	0.00	0.00	0.00		
90	90	1.00	0.00	0.00	0.00		
91	91	1.00	0.00	0.00	0.00		
92	92	1.00	0.00	0.00	0.00		
93	93	1.00	0.00	0.00	0.00		
94	94	1.00	0.00	0.00	0.00		
95	95	1.00	0.00	0.00	0.00		
96	96	1.00	0.00	0.00	0.00		
97	97	1.00	0.00	0.00	0.00		
98	98	1.00	0.00	0.00	0.00		
99	99	1.00	0.00	0.00	0.00		
100	100	1.00	0.00	0.00	0.00		

SE USARA
CONCRETO f'c= 240 kg/cm²
ACERO f'y= 4200 kg/cm²
SOLO PARA 80x80 mm fy= 2800 kg/cm²
(CORRUADO)

PLANTA
PLANTA
PERSPECTIVA
CORTE
CORTE TRANSVERSAL
CORTE TRANSVERSAL (V1)
CORTE TRANSVERSAL

SEDE SOCIAL DE INGENIERO PERIODO 1
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS S.A.
 AV. BOGOTÁ 100 - 100 - BOGOTÁ, D.C.
 TEL: (57) (1) 477 4000
 FAX: (57) (1) 477 4001
 WWW: www.cidi.gov.co

Anexo 8

Reporte de prueba de resistencia de núcleos calados



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE GUAYAQUIL

CEINIVES

RESISTENCIA A COMPRESION DE NUCLEOS CALADOS EN HORMIGON
ASTM C 42

FECHA: 19/05/2022
CONTRATISTA: Ing. Karina Subla
PROYECTO: Colegio de Ingenieros

Muestra	Elemento	Fecha Extracción	Fecha Ensayo	Dia. mm	Alt. s/r mm	Peso g	Dens. kg/m ³	Alt. c/r mm	H/D	Carga kN	Resistencia kg/cm ²	Factor Corr.			R. Corr. kg/cm ²
												(1)	(2)	(3)	
1	Viga 2do piso		19/05/22	68,0	115,4	922,0	2200	122,3	1,80	115,4	324	0,98	1,13	1,09	391
2	Viga 1er piso			68,0	137,3	1129,4	2265	143,1	2,10	105,6	299	1,00	1,10	1,09	359
3	Columna	14/02/22		68,0	124,8	928,5	2049	129,3	1,90	95,8	269	0,99	1,13	1,09	328
4	Columna			68,0	104,9	759,8	1994	111,6	1,64	67,0	188	0,87	1,13	1,09	225
5	Columna		19/05/22	68,0	135,4	979,1	1991	141,2	2,08	56,1	158	1,00	1,13	1,09	194
6	Columna			68,0	133,5	995,4	2053	139,9	2,06	105,2	295	1,00	1,08	1,09	348

Notas: s/r: Altura sin refrentado.
c/r: Altura con refrentado.
H/D: Relación altura / diámetro.

Factor: (1) El factor de corrección considera la altura de la muestra con el refrentado, en comparación con el diámetro, según ASTM C 42.
(2) El factor de corrección considera el diámetro de la muestra diferente a 97 mm, y la relación H/D, según ACI Mat. Journal Mayo-Junio 2007.
(3) El factor de corrección considera la dirección de la perforación respecto a la vertical, según A.M. Neville

Centro de Investigaciones en Estructuras y Sismos NCS - Ceinives

CEINIVES
 Ing. Luis Octavio Yebéz, M.Sc.
 DIRECTOR CEINIVES