UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA ESTRUCTURA ACTUAL Y OTRA SIMILAR REFORZADA CON MUROS DE CORTANTE DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL CAMPUS MARÍA AUXILIADORA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

AUTORES:

KARLA BELÉN ZAMBRANO MERA

VÍCTOR ANDRÉS BRIONES ROHA

TUTOR:

ING. HÉCTOR ABEL CAMPOVERDE PÉREZ, MSc.

Guayaquil – Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Karla Belén Zambrano Mera con documento de identificación N° 0956009666 y Víctor Andrés Briones Roha con documento de identificación N° 0925832768; manifestamos que:

Somos los tutores y responsables del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 28 de Enero del año 2025

Atentamente,

Karla Belén Zambrano Mera
C.I. 0956009666

Víctor Andrés Briones Roha
C.I. 0925832768

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Karla Belén Zambrano Mera con documento de identificación N° 0956009666 y Víctor Andrés Briones Roha con documento de identificación N° 0925832768, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: ¨Análisis comparativo entre la estructura actual y otra similar reforzada con muros de cortante del edificio principal del Campus María Auxiliadora¨, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de Enero del año 2025

Atentamente,

Karla Belén Zambrano Mera
C.I. 0956009666

Víctor Andrés Briones Roha
C.I. 0925832768

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Héctor Abel Campoverde Pérez con documento de identificación N° 0930702444, docente de la Universidad, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA ESTRUCTURA ACTUAL Y OTRA SIMILAR REFORZADA CON MUROS DE CORTANTE DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL CAMPUS MARÍA AUXILIADORA, realizado por Karla Belén Zambrano Mera con documento de identificación N° 0956009666 y por Víctor Andrés Briones Roha con documento de identificación N° 0925832768, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de Enero del año 2025

Atentamente,

Ing. Héctor Abel Campoverde Pérez
C.I. 0930702444

DEDICATORIA

A mis padres Bella Mera y Carlos Zambrano, quienes han sido mi principal fuente de inspiración, amor y apoyo total a lo largo de mi vida, gracias por enseñarme valores que me han permitido crecer, y por estar siempre a mi lado en cada etapa de este recorrido. Su esfuerzo constante para asegurarme una educación es algo que valoro profundamente, este logro es el reflejo de su dedicación y su fe en mí.

A mi hermano Carlos Zambrano Mera, que aunque ya no está físicamente, sigue iluminando mi camino con su presencia en mi corazón, gracias por todo el amor y apoyo que siempre me brindaste, por siempre haber creído en mí. Tu amor me ha dado la fuerza para alcanzar este logro, y serás siempre mi mayor motivación para salir adelante.

Karla Belén Zambrano Mera

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a Dios por todas sus bendiciones, por haber sido mi guía a lo largo de mi formación académica, por darme la fortaleza necesaria en los momentos difíciles, con tu amor y tu gracia has iluminado mi camino, permitiéndome alcanzar este logro con mucha fé y perseverancia. Vivo con mucho amor y gratitud infinita.

A mis padres, por haberme formado como la persona que soy, por su dedicación, esfuerzo y apoyo constante, que me han permitido alcanzar este logro. Gracias por orientarme siempre por el camino correcto y por ayudarme a alcanzar mis metas.

A mi hermano Carlos Zambrano Mera, por haber creído en mí, por su motivación, respaldo y apoyo incondicional que siempre me brindó, que han sido necesarios para que yo pudiera culminar mi carrera.

A mi tutor de tesis, Ing. Héctor Campoverde, por su invaluable apoyo y orientación los cuales fueron importantes para el logro de este proyecto.

Al Ing. Echeverria, su pasión por la educación y su capacidad para inspirar han sido una fuente constante de impulso y determinación.

A todos mis profesores, por su dedicación, enseñanza y constante motivación. Gracias por compartir sus conocimientos e inspirarnos a seguir adelante.

A mi compañero de tesis, gracias por su apoyo en este proceso, juntos superamos desafíos, compartimos ideas, lo que nos permitió alcanzar este importante logro.

Karla Belén Zambrano Mera

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a mi familia, quienes siempre me han apoyado en los mejores y peores momentos, y a mis padres **MARGARITA y VICENTE**, quienes me dieron un ejemplo de trabajo y perseverancia.

Con la esperanza de que este trabajo pueda ayudar a desarrollar estructuras más seguras y eficaces, me dirijo a mis futuros colegas de ingeniería civil.

Y en particular, a mi esposa **BELÉN TARANTO VERA**, quien ha iluminado mi camino y me ha dado el valor para seguir adelante.

Víctor Andrés Briones Roha

AGRADECIMIENTOS

Estoy increíblemente agradecido con Dios por brindarme la resistencia, la salud y la fuerza de voluntad que necesitaba para realizar este sueño.

A mis padres, quienes siempre me alentaron a perseguir mis sueños y me brindaron apoyo, sacrificios y lecciones inquebrantables. A mi familia, quienes siempre han sido mi principal fuente de apoyo y motivación.

A mis instructores y mentores, por impartirme su sabiduría y ofrecerme dirección a lo largo de mi carrera académica. Específicamente a **KARLA ZAMBRANO**, colega, y al Ingeniero **HÉCTOR CAMPOVERDE**, por su perseverancia, compromiso e invaluable asistencia en el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos y compañeros de trabajo, cuyo compañerismo y aliento hicieron que este viaje valiera la pena.

Para terminar, me gustaría expresar mi gratitud a todas las personas y organizaciones que ayudaron a hacer posible este trabajo

Víctor Andrés Briones Roha

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I..... 23

1. Título 23

1.1 Problemas del estudio 23

1.2 Justificación 24

1.3 Objetivos 26

1.3.1 Objetivo general 26

1.3.2 Objetivos específicos 26

CAPITULO II 27

Marco hipotético 27

2 Marco teórico referencial 27

2.1 Ubicación 27

2.2 Principios de sismología 27

2.2.1 Sismo 28

2.2.2 Vulnerabilidad sísmica 28

2.3 Bases teóricas 28

2.3.1 Solicitaciones sísmicas 29

2.3.2 Edificaciones esenciales 30

2.3.2.1 Clasificación 30

2.3.3 Partes constitutivas de un edificio 32

2.3.4 Sistemas estructurales 32

2.3.5 Elementos de protección sísmica 34
2.3.6 Muros de cortante 35
2.3.6.1 Definición 35
2.3.6.2 Importancia 35
2.3.6.3 Clasificación de muros de cortante 36
2.3.6.4 Diseño de muros 41
2.4 Carga sísmica y condición del suelo 41
2.4.1 Zonificación sísmica y factor de zona z 41
2.4.2 Curva de peligro sísmico 43
2.5 Geología local 44
2.5.1 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico 44
2.5.2 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs 45
2.6 Componentes horizontales de la carga sísmica 46
2.6.1 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones 46
2.6.2 Espectro elástico de diseño en desplazamientos 47
2.7 Categoría de edificio y coeficiente de importancia 47
2.8 Filosofía de diseño sismo resistente 48
2.8.1 Límites permisibles de las derivas de los pisos 49
2.8.2 Síntesis 49
2.8.3 Niveles de amenaza sísmica 49
2.8.4 Estructuras de ocupación especial y esencial 50

2.8.5 Regularidad/configuraciones estructurales 50

2.8.6 Coeficiente de reducción de respuesta estructural 53

2.9 Normas y requisitos de diseño sísmico 53

2.9.1 Normas internacionales 53

2.9.2 Consideraciones de diseño en zonas sísmicas 53

2.9.3 Requisitos de diseño sismo resistente 54

2.10 Métodos de análisis 54

2.10.1 Principales métodos de análisis 54

2.10.2 Sistema elástico equivalente 54

2.11 Método 1: diseño basado en fuerzas (DBF) 55

2.11.1 Objetivos generales y requisitos 55

2.11.2 Límites del DBF 55

2.11.3 Requisito RDBF: Fuerzas internas 55

2.11.4 Requisito DDBF: derivas de piso 56

2.11.5 Carga sísmica reactiva w 56

2.12 Modelos de análisis de las fuerzas sísmicas usados con el DBF 56

2.12.1 Procedimiento estático 57

2.12.2 Procedimientos no lineales de cálculo de las fuerzas sísmicas 57

2.13 Procedimiento de cálculo del DBF 61

2.13.1 Pasos del método 61

2.13.2 Cortante basal de diseño V 62

2.13.3 Determinación del periodo de vibración Ta 62

2.14 Cargas de diseño 63

2.14.1 Combinaciones de carga 63

2.14.2 Cargas muertas y cargas vivas 63

2.15 Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R 64

2.16 Método 2: diseño basado en desplazamientos (DBD) 66

2.16.1 Principios y objetivos del DBD 66

2.16.2 Condiciones de aplicación 66

2.16.3 Representación del sismo de diseño DBD 66

2.16.4 Sistema elástico equivalente en DBD de un grado de libertad 66

2.16.5 Requisitos generales para la aplicación de DBD 67

2.16.6 Nivel de desempeño estructural 67

2.16.7 Criterio de desempeño: deformación unitaria máxima 67

2.16.8 Perfil de desplazamiento de diseño 68

CAPÍTULO III 69

3 Metodología 69

3.1 Diseño metodológico de la investigación 69

3.1.1 Población y muestra 69

3.1.2 Variables 69

3.1.3 Método y alcance de la investigación 69

3.1.3.1 Método de la investigación 69

3.1.3.2 Alcances de la investigación 70

3.1.4 Diseño de la investigación 71

3.2 Predimensionamiento 71

3.2.1 Predimensionamiento de losa reticular 71

3.2.2 Predimensionamiento de vigas 74

3.2.3 Predimensionamiento de columnas 74

3.2.4 Calculo de pesos para análisis estático 76

3.2.5 Configuración de planta y elevación 78

3.2.6 Cálculo de cortante basal 80

3.2.7 Cortante basal de diseño 82

3.3 Modelado estructural 83

3.3.1 Definición del material 83

3.3.2 Definición de columnas y vigas 85

3.3.3 Losa 86

3.3.4 Definición de los patrones de carga 87

3.3.5 Asignación de carga viva y carga muerta 88

3.3.6 Combinaciones de carga 89

3.3.7 Diafragmas 89

3.3.8 Modelo 3D 90

3.4 Resultado del primer modelo, sin muros de cortante 91

3.5 Modelación muros estructurales 91

3.6 Resultado del segundo modelo, con muros de cortante 93

CAPITULO IV 94

4 Resultados 94

4.1 Comparación de los resultados obtenidos 94

Conclusiones 104

Recomendaciones 105

Referencias bibliográficas 106

Anexos 109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .-Universidad Politécnica Salesiana....27
Figura 2.-Sistema estructural con muros de corte....33
Figura 3.-Sistema estructural aporticado....33
Figura 4.-Sistema tipo Dual....34
Figura 5.-Muros de corte exteriores....36
Figura 6.- Muros de corte interiores....37
Figura 7.- Muros de corte en ascensores y escaleras....37
Figura 8.- Secciones comunes de Muros de corte....38
Figura 9.-Localización del refuerzo longitudinal....41
Figura 10.-Zonificación Sísmica del Ecuador....42
Figura 11: Curva de peligro sísmico....43
Figura 12.- Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones....46
Figura 13.-Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño....47
Figura 14: Configuraciones estructurales recomendadas....51
Figura 15: Configuraciones estructurales no recomendadas....51
Figura 16.-Coeficientes de irregularidad en planta....52
Figura 17.-Coeficientes de irregularidad en elevación....52
Figura 18: Linearización equivalente....54
Figura 19.- Combinaciones de carga....63
Figura 20.- Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y concentradas....64
Figura 21.- Dimensiones del bloque....73
Figura 22.- Caracterítica del elemento....74
Figura 23.- Espectro elástico de diseño....82

Figura 24.- Definición de las propiedades del material 84

Figura 25.- Propiedades de la sección de las columnas 85

Figura 26.- Propiedades de la sección de las vigas 86

Figura 27.- Definición de propiedades de la losa 87

Figura 28.- Definición de los patrones de cargas sísmicas 88

Figura 29.- Asignación de carga 88

Figura 30.- Combinaciones de carga 89

Figura 31.- Diafragmas 89

Figura 32.- Vista en planta del edificio 90

Figura 33.- Edificio en 3D 90

Figura 34.- Análisis del edificio sin muros de corte 91

Figura 35.- Vista en planta del edificio con la ubicación de los muros de corte 91

Figura 36.- Edificio con muros de corte en 3D 92

Figura 37.- Análisis del edificio con muros de corte 93

Figura 38.- Derivas sismo dinámico 95

Figura 39.- Derivas sismo estático 95

Figura 40.- Derivas sismo estático en edificio reforzado con muros de corte 96

Figura 41.- Derivas sismo dinámico en edificio reforzado con muros de corte 97

Figura 42.- Resultados obtenido de los modelos 98

Figura 43.- Acero del edificio sin muros de corte 99

Figura 44.- Información de diseño de las columas esquineras 99

Figura 45.- Información de diseño del edificio 100

Figura 46.- Información de diseño de las vigas transversales 100

Figura 47.- Información de diseño del edificio 101

Figura 48.- Acero del edificio con muros de corte 101

Figura 49.- Información de diseño de las columnas esquineras en el edificio 102

Figura 50.- Información de diseño del edificio con muros de corte 102

Figura 51.- Información de diseño de las vigas transversales en el edificio 103

Figura 52.- Información de diseño del edificio con muros de corte 103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada 42

Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo 44

Tabla 3: Tipo de suelo y factores de sitio Fa 45

Tabla 4: Tipo de suelo y factores de sitio Fd 45

Tabla 5:Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico subsuelo Fs 46

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura 47

Tabla 7: Valores máximos, expresados como fracción de la altura de piso 49

Tabla 8: Síntesis de la filosofía de diseño 49

Tabla 9: Niveles de amenaza sísmica 49

Tabla 10: Nivel de desempeño de estructuras esenciales y de uso especial 50

Tabla 11: Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles 53

Tabla 12: Predimensionamiento de losa reticular 71

Tabla 13: Cálculo de control de deflexión 72

Tabla 14: Cálculo de control de altura mínima 72

Tabla 15: Cálculo del peso de los bloques 73

Tabla 16: Determinación de carga muerta en losa 73

Tabla 17: Medidas de vigas transversales y longitudinales 74

Tabla 18: Cálculo de área tributaria de columnas 74

Tabla 19: Revisión de inercia de columnas respecto a vigas, dirección x-x 75

Tabla 20: Revisión de inercia de columnas respecto a vigas, dirección y-y 75

Tabla 21: Cálculo de pesos para análisis estático, piso 7 76

Tabla 22: Cálculo de pesos para análisis estático, piso 1 – piso 6 77

Tabla 23: Resultados del Cálculo de pesos para análisis estático 78

Tabla 24: Verificación en Øp de planta 78

Tabla 25: Verificación en ØE de elevación 79

Tabla 26: Distribución de masas 79

Tabla 27: Diseño de los muros de corte 92

Tabla 28: Comparación de los periodos de vibración 94

Tabla 29: Comparación de torsión en el edificio 94

Tabla 30: Resultados obtenidos de las derivas máximas 96

Tabla 31: Resultados de las derivas máximas del edificio con muros de corte 97

Tabla 32: Comparación de las derivas máximas de los modelos 98

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1.- Fachada frontal 109

Plano 2.- Vista en planta 109

Plano 3.- Fachadas laterales 110

Plano 4.- Fachada posterior 110

Plano 5.- Corte A-A´ 110

Plano 6.- Corte B-B´ 110

RESUMEN

El análisis comparativo entre la estructura actual y otra similar reforzada con muros de cortante del edificio principal del Campus María Auxiliadora tiene como objetivo evaluar las diferencias en el comportamiento estructural y la respuesta sísmica de ambos sistemas constructivos. Ecuador, debido a su ubicación en una zona de alta actividad sísmica, enfrenta un desafío considerable en cuanto a la construcción de edificaciones seguras y capaces de resistir sismos. A lo largo de los años, los sismos han causado grandes pérdidas humanas, materiales y económicas, lo que ha impulsado la necesidad de mejorar los sistemas de diseño estructural para garantizar la seguridad de las edificaciones.

Uno de los enfoques más efectivos para abordar este desafío es la el reforzamiento estructural con muros de corte. Estos muros proporcionan mayor rigidez y resistencia lateral a las estructuras, ya que permiten una distribución eficiente de las cargas sísmicas hacia los cimientos, minimizando las deformaciones y mejorando el comportamiento global del edificio durante un sismo.

El objetivo es modelar la estructura utilizando software especializado ETABS, simulando los comportamientos de la estructura actual, e implementar el refuerzo con muros de corte con el fin de resolver los problemas existentes, asegurando así una mayor seguridad y estabilidad de la estructura, de acuerdo con los requisitos establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Palabras clave: Deformaciones, estabilidad, reforzamiento, rigidez, resistencia, sismos.

ABSTRACT

The comparative analysis between the current structure and a similar one reinforced with shear walls of the main building of the Maria Auxiliadora Campus aims to evaluate the differences in the structural behavior and seismic response of both construction systems. Ecuador, due to its location in a zone of high seismic activity, faces a considerable challenge in the construction of safe buildings capable of resisting earthquakes. Over the years, earthquakes have caused great human, material and economic losses, which has driven the need to improve structural design systems to ensure the safety of buildings.

One of the most effective approaches to address this challenge is structural reinforcement with shear walls. These walls provide greater stiffness and lateral resistance to structures, as they allow an efficient distribution of seismic loads to the foundations, minimizing deformations and improving the overall behavior of the building during an earthquake.

The objective is to model the structure using specialized ETABS software, simulating the behaviors of the actual structure, and to implement shear wall reinforcement in order to solve the existing problems, thus ensuring greater safety and stability of the structure, in accordance with the requirements established by the Ecuadorian Construction Standard.

Keywords: Deformations, stability, reinforcement, stiffness, resistance, earthquakes.

CAPÍTULO I

1. Título

¨ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA ESTRUCTURA ACTUAL Y OTRA SIMILAR REFORZADA CON MUROS DE CORTANTE DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL CAMPUS MARÍA AUXILIADORA¨

1.1 Problemas del estudio

Siendo Ecuador un país con alta actividad sísmica, lo que plantea un desafío significativo en la construcción de edificaciones seguras y resilientes. (Medina & Placencia, 2017) afirman que la realidad evidencia que incluso en ciudades modernas, existen diferentes grados de vulnerabilidad sísmica. La historia ha demostrado que los terremotos pueden tener consecuencias devastadoras en la infraestructura, (Muñoz, 2018) y (Fraume, 2013) menciona que las significativas pérdidas humanas, económicas causadas por los sismos hacen necesario llevar a cabo una investigación sísmica constante. En este aspecto, el diseño y la construcción de edificios que puedan resistir estas fuerzas sísmicas se vuelve primordial. Una de las soluciones más efectivas es la incorporación de muros de cortante, (Ayoví, 2019) y (Ordoñez, 2015) han elaborado investigaciones empleando muros de corte en las edificaciones, que poniéndose en práctica genera mejor comportamiento estructural que lo de estructuras que solo tienen un sistema de construcción aporticado, ya que proporcionan rigidez y resistencia lateral, mejorando así el comportamiento estructural durante eventos sísmicos. Sin embargo, muchas edificaciones en Ecuador aún carecen de estos elementos, lo que podría comprometer su seguridad y estabilidad frente a sismos.

Este análisis comparativo busca evaluar las diferencias en el comportamiento estructural y la respuesta sísmica entre edificios que incorporan muros de cortante y aquellos son con pórticos. La falta de muros de cortante puede resultar en mayores desplazamientos y

deformaciones durante un sismo, lo que incrementa la probabilidad de sufrir daños en la estrucrura. Por otro lado, las edificaciones con muros de cortante tienden a mostrar una mayor capacidad para resistir cargas laterales, lo que puede traducirse en una menor probabilidad de colapso.

El problema central radica en determinar si la incorporación de muros de cortante es una estrategia necesaria y eficaz para fortalecer la seguridad y reforzar la resistencia de los edificios para resistir situaciones adversas en Ecuador, considerando no solo el desempeño estructural, sino también los costos asociados a su implementación. La comprensión de estas dinámicas permitirá a los ingenieros y diseñadores tomen decisiones informadas que favorezcan la construcción de edificaciones más seguras y sostenibles, adecuadas para enfrentar la amenaza sísmica del país.

1.2 Justificación

El proyecto de tesis se justifica académicamente al permitir un análisis comparativo entre un sistema estructural con muros de cortante y otro con pórticos. Este análisis demostrará que los sistemas con muros de cortante son más eficaces, ya que aumentan significativamente la resistencia a cargas laterales, especialmente frente a eventos sísmicos. En varios países situados en áreas de alta sismicidad, personas como (Fernández, 2015) y (Cueva & González, 2013) han realizado investigaciones empleando muros de corte en las estructuras, que poniéndose en práctica genera mejora el comportamiento estructural en comparación con edificaciones que cuentan únicamente con un sistema de construcción aporticado. En un país como Ecuador, que está situado en una región de alta actividad sísmica, la necesidad de adoptar métodos constructivos eficientes es fundamental. Eventos sísmicos recientes han revelado la vulnerabilidad de muchas edificaciones, donde sismos de

baja magnitud han causado fisuras e incluso colapsos, en gran parte debido a diseños deficientes que no emplean sistemas estructurales más eficientes, como los muros de cortante.

El estudio del comportamiento estructural es importante para entender cómo la presencia o ausencia de estos elementos influye en la respuesta de un edificio frente a cargas sísmicas. Los muros de cortante son elementos rígidos que proporcionan rigidez y resistencia, distribuyendo de manera eficiente las fuerzas horizontales generadas por el viento o sismos. Esto permite que la estructura responda adecuadamente ante estos eventos, evitando daños graves o colapsos. Con base en (López, 2016), el análisis de este sistema estructural ha sido útil para ofrecer un diagnóstico preciso, lo que favorece su implementación en el ámbito de la construcción.

En edificios que cuentan con muros de cortante, actúan como barreras que absorben y transfieren las fuerzas laterales hacia los cimientos, reduciendo la carga en otros elementos estructurales como columnas y vigas. Esto no solo mejora la seguridad, sino que optimiza el diseño al posibilitar la reducción del tamaño de otros elementos, disminuyendo costos y mejorando el aprovechamiento del espacio. En cambio, las estructuras con pórticos, tienden a ser menos efectivos en la absorción de fuerzas laterales. Esto implica que, en situaciones de alta demanda sísmica, las estructuras con pórticos podrían requerir refuerzos adicionales o un diseño más robusto, lo que podría aumentar tanto el costo como el peso de la edificación.

El modelamiento de estos sistemas a través de software especializado proporcionará directrices valiosas para promover su correcta implementación y destacar sus ventajas en el proceso de construcción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo entre la estructura actual y otra similar reforzada con muros de cortante del Edificio principal del Campus María Auxiliadora.

1.3.2 Objetivos específicos

- Modelar el edificio en el software especializado ETABS.
- Analizar las fuerzas símicas propuestas por la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC – 15).
- Comparar los resultados de los diferentes sistemas estructurales en estudio.

CAPITULO II

Marco hipotético

La incorporación de muros de cortante en el edificio de 6 pisos, mejorará significativamente el comportamiento de la estructura ante eventos sísmicos, reduciendo las derivas de piso, desplazamientos laterales, y distribuyendo las fuerzas de manera más uniforme en comparación con un sistema estructural de pórticos.

2 Marco teórico referencial

2.1 Ubicación

Este estudio se realizará en el edificio principal de seis pisos de la Universidad Politécnica Salesiana, campus Guayaquil – Vía a la Costa, está ubicado en el kilómetro 19.5 de la Vía a la Costa, que conecta Guayaquil con la región costera del Ecuador.

Figura 1 .-Universidad Politécnica Salesiana
Fuente: Google Earth

2.2 Principios de sismología

Los principios básicoss de la sismología, que incluyen conceptos, filosofías y otros materiales pertinentes, deben tenerse en cuenta para comprender el análisis y la construcción de estructuras sismorresistentes.

2.2.1 Sismo

Muchos factores, como las actividades mineras, las erupciones volcánicas, las explosiones y otras fuerzas internas o externas a la corteza terrestre, pueden provocar sismos, también conocidos como temblores o terremotos. Sin embargo, es importante señalar que la actividad tectónica es la causa más significativa, ya que grandes placas rocosas se mueven, chocan, friccionan o subducen unas a otras, como es el caso de las placas del Pacífico y de Nazca. Este proceso da lugar a una gran liberación de energía que viaja desde el hipocentro, el punto focal del terremoto, hasta el epicentro, la superficie terrestre, en forma de ondas de vibración.(BAZÁN & MELI, 1985)

2.2.2 Vulnerabilidad sísmica

Se refiere al grado de daño que una estructura podría experimentar en caso de un sismo con características determinadas.

Es una característica propia de cada estructura y no está influenciada por el nivel de riesgo del lugar en el que se ubica. (Oller & Vielma, 2005)

2.3 Bases teóricas

- **Peligrosidad sísmica:** Es la posibilidad de que, en un sitio específico, durante un periodo de tiempo establecido, la intensidad del movimiento sísmico del suelo supere un valor establecido. (UNDRO, 1980)
- **Cortante basal:** Es la fuerza horizontal producida por factores como el viento o los terremotos que actúa sobre la base de una estructura.
- **Ductilidad:** Es la propiedad de un material que le permite sufrir deformaciones plásticamente sin llegar a romperse bajo cargas o tensiones, esto permite que las estructuras absorban energía y se deformen antes de fallar.

- **Perfil del suelo:** Es la descripción vertical de las distintas capas o estratos que componen el terreno en un sitio específico.
- **Período de vibración, T**: Se refiere a los diferentes niveles bajo los cimientos de un edificio. La norma (NCSE - 02, 2009) clasifica los suelos en cuatro tipos: suelo granular denso, roca compacta, suelo cohesivo blando y suelo cohesivo de consistencia firme
- **Espectro de diseño elástico:** Relación entre el período principal de vibración de la edificación y la aceleración de reacción; representa una serie o colección de movimientos de superficie que se han registrado en el lugar durante terremotos anteriores y que deben satisfacer requisitos específicos. (Chopra, 2014)

2.3.1 Solicitaciones sísmicas

Para lograr un diseño sismo resistente adecuado, es necesario cumplir con las demandas sísmicas, tales como resistencia, rigidez y ductilidad, con el fin de proporcionar seguridad y estabilidad a la estructura.

- **Resistencia**

Capacidad de una estructura para resistir las fuerzas sísmicas sin experimentar daños graves. Esta propiedad permite que los componentes estructurales absorban y distribuyan las cargas generadas por un sismo, evitando colapsos o daños graves. Una adecuada resistencia asegura la estabilidad del edificio frente a movimientos sísmicos intensos.

- **Rigidez**

Es la característica de nuestra estructura que le permite resistir deformaciones excesivas cuando está expuesta a cargas laterales, como las causadas por un sismo. Esta propiedad ayuda a limitar los desplazamientos horizontales, manteniendo la estabilidad y

funcionalidad del edificio. Un nivel adecuado de rigidez es necesario para prevenir daños estructurales y proteger a los ocupantes.

- **Ductilidad**

Representa la capacidad de una edificación para soportar en el rango post – elástico las tensiones laterales. Según el tipo de construcción y sistema estructural, esto permite que la energía sísmica se disipe y cause daños de manera controlada, ya sea dispersa o concentrada localmente. (Musson, Schwarz, & Stucchi, 2008)

2.3.2 Edificaciones esenciales

Infraestructuras que deben funcionar durante los fenómenos sísmicos para responder a las emergencias, asegurar el bienestar y la calidad de vida de las personas en situaciones de catástrofe (Melone, 2002).

2.3.2.1 Clasificación

(Melone, 2002), afirma que las edificaciones esenciales se dividen en:

- **Hospitales, clínicas, ambulatorios y centros de salud**

Debido a su función durante un sismo de gran magnitud, particularmente en la atención de personas lesionadas, dichas instalaciones requieren consideraciones especiales en la construcción sismorresistente. Estos edificios suelen albergar a un gran número de personas, especialmente durante las catástrofes naturales, cuando deben seguir cumpliendo con su deber de proteger la vida de los más afectados. Los edificios deben contar con un diseño estructural adecuado para garantizar que, al ocurrir un sismo, las estructuras mantenga su funcionalidad (Melone, 2002).

- **Escuelas, colegios, universidades y otros institutos educacionales**

Estas instituciones educativas cumplen una función importante en los eventos sísmicos, ya que sirve de alojamiento para las personas damnificadas. Como consecuencia, se consideran de alto riesgo debido al gran número de personas que aglomera durante los desastres. Por esta razón, estas estructuras requieren un diseño estructural que pueda resistir sismos fuertes y proteger la vida de las personas alojadas. (Melone, 2002).

- **Edificaciones Gubernamentales o Municipales de importancia**

Estas edificaciones son importantes porque proporcionan apoyo logístico para el desarrollo de planes de emergencia sísmica y puntos de convergencia, necesarios para poder afrontar las consecuencias de una catástrofe sísmica. (Melone, 2002).

- **Estaciones de bomberos, policía y cuarteles**

Los servicios de estas instituciones son la base principal de los planes de emergencia. En cuanto a la atención que ofrecen a los afectados por una crisis sísmica, es importante que estas instalaciones tengan un buen diseño sismorresistente, ya que deben ser capaces de prestar servicios de alojamiento a las personas afectadas. Por esta razón, estos edificios se consideran esenciales porque son necesarios para operar en situaciones de emergencia o crisis sísmicas.(Melone, 2002).

- **Centros de asistencia primaria en caso de emergencia como defensa civil, protección civil y primeros auxilios**

Como proporcionan alojamiento temporal y primera atención a los heridos, estas instalaciones también son importantes en las emergencias sísmicas. Su función social durante las catástrofes los hace indispensables.(Melone, 2002).

- **Otras edificaciones esenciales**

Hay muchas construcciones cuyo propósito es acoger a las personas afectadas en caso de un sismo. Entre las más importantes se encuentran las centrales eléctricas, las estaciones de telefonía, radio y televisión, las plantas de agua potable, y los centros de control del tráfico aéreo y marítimo, entre otras. Estas edificaciones ofrecen servicios complementarios a las líneas vitales, y su operación durante un terremoto es crucial para llevar a cabo un plan de emergencia eficaz.(Melone, 2002).

2.3.3 Partes constitutivas de un edificio

Según (Ortiz, 2012), un edificio está formado por dos partes:

- Infraestructura: Las Columnas y cimentaciones tienen la función de transferir las cargas de la superestructura a la infraestructura hasta el suelo.
- Superestructura: Es el conjunto de componentes como vigas y losas que soportan directamente las cargas.

2.3.4 Sistemas estructurales

Una estructura se forma a partir del arreglo o ensamblaje de elementos individuales. La forma de los elementos estructurales viene determinada por sus superficies lineales, planas y curvas. Los elementos lineales, como tirantes, columnas, puntales, vigas, tienen dos dimensiones menores que la otra dimensión. Los elementos planos tienen una superficie media plana y una dimensión menor que las otras dos. Los elementos de superficie curva, por su parte, están formados por placas que utilizan la tracción o la compresión para transferir cargas transversales (Alvarado, 2004).

- **Sistema de muros**

En este sistema estructural los muros soportan las fuerzas verticales y laterales, proporcionando estabilidad y resistencia ante eventos sísmicos. Estos muros que pueden ser de concreto armado, mampostería o materiales, ayudan a disipar la energía generada durante un sismo al distribuir las cargas de manera eficiente.

Figura 2.-Sistema estructural con muros de corte
Fuente: (Awad, 2012)

- **Sistema de pórticos**

Este sistema es uno de los más empleados en el Ecuador y se basa en la combinación de vigas y columnas que trabajan conjuntamente para soportar las cargas aplicadas en una estructura.

Figura 3.-Sistema estructural aporticado
Fuente: (Awad, 2012)

- **Sistema dual**

En este sistema los elementos de arriostramiento proporcionan rigidez, lo que permite a la estructura soportar de manera más efectiva las cargas sísmicas y de viento. También facilitan una distribución más equilibrada de los esfuerzos en la edificación, evitando concentraciones de carga que podrían debilitar puntos críticos y aumentar el riesgo de falla.

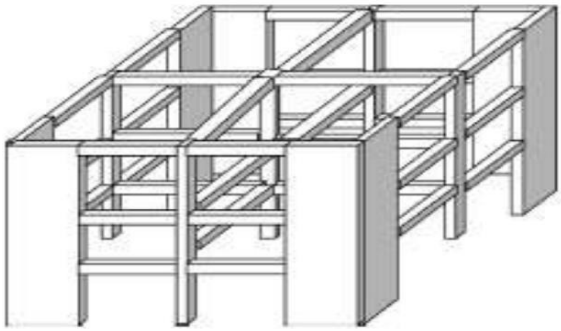


Figura 4.-Sistema tipo Dual
Fuente: (Awad, 2012)

2.3.5 Elementos de protección sísmica

Se refiere a sistemas diseñados para mitigar el efecto de las fuerzas sísmicas en estructuras durante un terremoto, tiene como objetivo aumentar la seguridad y la estabilidad de edificios, minimizando daños y el riesgo de colapsos.

- **Aisladores sísmicos**

Se pueden incorporar en la base de la estructura para permitir que el edificio se desplace lateralmente durante un sismo sin transferir esas fuerzas al muro de cortante.

- **Amortiguadores**

Estos dispositivos, que pueden ser de varios tipos viscosos, elásticos o de fricción, se instalan en la estructura para disipar la energía sísmica. Se pueden colocar entre el muro de cortante y otros elementos estructurales para reducir las vibraciones.

2.3.6 Muros de cortante

2.3.6.1 Definición

El muro de corte es un elemento estructural de concreto armado, funcionando como una viga en voladizo de gran peralte cuya función es proporcionar estabilidad a momentos flexionantes y dar resistencia a los esfuerzos cortantes causados por las fuerzas laterales. (Estay, 2008).

Según (Bongilwar, 2018), estos muros de corte proporcionan una elevada rigidez y resistencia a las edificaciones, lo cual disminuye considerablemente la deformación lateral de la estructura y, como resultado, minimiza los daños en la misma. Su función principal es transferir las cargas sísmicas y de viento al sistema de fundación, ayudando a prevenir y seguridad en edificaciones, especialmente en zonas sísmicamente activas.

2.3.6.2 Importancia

La incorporación de los muros de cortante en edificaciones es significativa, especialmente en áreas propensas a sismos, ya que proporcionan resistencia contra fuerzas laterales, lo que es importante para la estabilidad y durabilidad de la estructura. (Alcalá, 2014) argumenta que las estructuras de gran altura deben ser más rígidas para soportar las tensiones creadas por el viento y los terremotos. Al aumentar la rigidez de la edificación, reducen las deformaciones y desplazamientos de los pisos, lo que es vital para la seguridad de los ocupantes. Además facilitan la distribución de cargas en toda la estructura, evitando concentraciones de tensión que podrían llevar a fallos estructurales. Su versatilidad permite su uso en diferentes tipos de edificaciones, desde residencias hasta rascacielos, mejorando así el valor de la propiedad y cumpliendo con los requisitos de diseño sísmico, siendo su implementación relativamente sencilla, lo que a su vez contribuye a la eficiencia en el proceso constructivo.

2.3.6.3 Clasificación de muros de cortante

Los muros de corte pueden ser clasificados de diversas formas, ya sea según sus materiales, su geometría, su función, los tipos de fallas que puedan experimentar, entre otros.

- **Según su ubicación**

(Patiño, 2018) enfatiza que la implementación de este tipo de muro proporciona rigidez y resistencia a la estructura cuando se coloca estratégicamente, siendo importante el control de las deflexiones laterales y los impactos torsionales que podrían causar movimientos excesivos.

Como expresa (Dávila, 2005), la efectividad de un muro en el rendimiento de la estructura depende en gran medida de su geometría, orientación y ubicación dentro del edificio.

- ✓ **Muros de corte exterior**

Estos muros se colocan en las áreas perimetrales de una edificación, donde tiene la función de soportar las cargas laterales que se distribuyen a través de la estructura, también puede ser ubicado en las esquinas del edificio o en el centro de cada uno de sus lados.

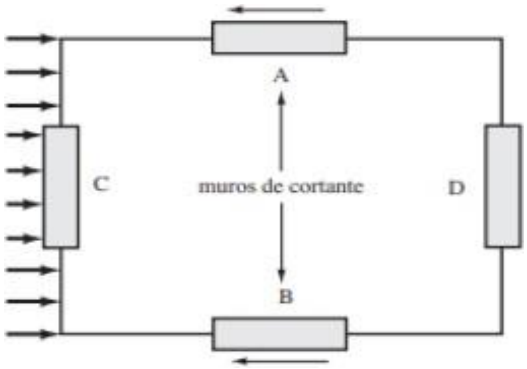


Figura 5.-Muros de corte exteriores
Fuente: (McCormac & Brown, 2018)

- ✓ **Muros de corte interior**

Se colocan dentro de la estructura, generalmente en zonas como escaleras, o alrededor de ascensores, ya que ayudan a distribuir de manera más eficiente las cargas a lo largo de la edificación.

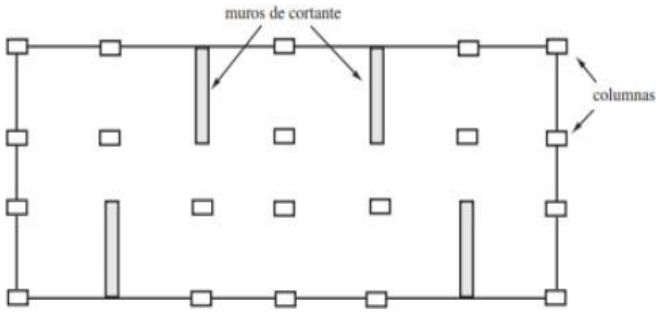


Figura 6.- Muros de corte interiores
Fuente: (McCormac & Brown, 2018)

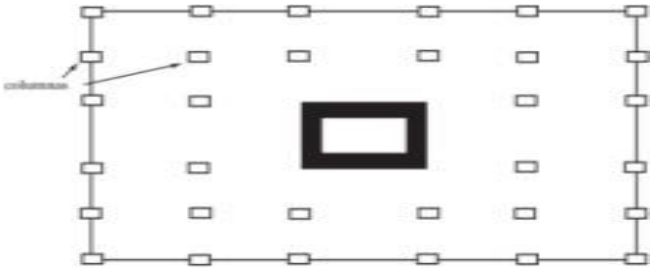


Figura 7.- Muros de corte en ascensores y escaleras
Fuente: (McCormac & Brown, 2018)

- **Según la sección transversal**

En el diseño estructural estas secciones mejoran la resistencia de los muros para resistir deformaciones y permiten una distribución más eficaz de las cargas en toda la estructura. Además, la variación en las formas (I, T, L, U, H) permite adaptarse a las necesidades específicas del diseño arquitectónico, optimizando el uso del espacio sin comprometer la seguridad.

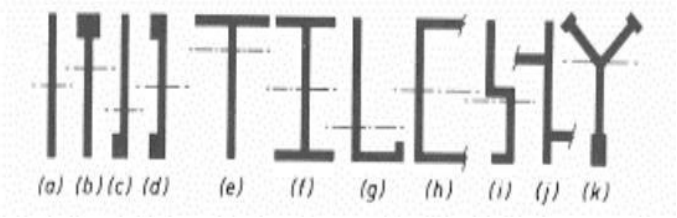


Figura 8.- Secciones comunes de Muros de corte

Fuente: (Paulay & Priestley, 1992)

- **Según sus materiales**

Cada material ofrece distintas propiedades de resistencia y rigidez, lo que permite su uso en diferentes tipos de edificaciones.

- ✓ **Hormigón armado:** Es ampliamente empleado debido a su alta resistencia a las fuerzas laterales y su capacidad para soportar grandes cargas.
- ✓ **Mampostería:** Son utilizados especialmente en edificaciones de altura baja y mediana, las barras de acero pueden utilizarse para reforzar la mampostería aumentando su capacidad para resistir tensiones laterales como las producidas por vientos y terremotos.
- ✓ **Acero:** Son utilizados en estructuras de gran altura o industriales, los muros de cortante de acero, consisten en placas de acero o marcos reforzados que resisten las fuerzas laterales, gracias a la alta ductilidad del acero, estos muros pueden deformarse sin perder su capacidad estructural, lo que permite disipar grandes cantidades de energía durante un evento sísmico.
- ✓ **Madera:** Se utilizan más en edificaciones de baja altura y en construcciones residenciales, son construidos con paneles de madera contrachapada o tableros OSB (Oriented Strand Board), estos proporcionan una solución liviana y flexible que puede adaptarse a eventos sísmicos.

- **Según su geometría**

Según (Fratelli, 1999), los muros se clasifican en cuanto a su relación de aspecto en tres tipos:

- ✓ **Muros bajos:** Este tipo de muro, que suele encontrarse en edificios de poca altura, tiene una condición de forma en la que su relación entre altura y longitud es inferior a 2.
- ✓ **Muros intermedios:** Tienen una relación de altura a longitud que se encuentra entre 2 y 5, este tipo de muro es utilizado en edificaciones de mediana altura, donde se requiere un equilibrio entre rigidez y flexibilidad para resistir las fuerzas laterales.
- ✓ **Muros altos:** Este tipo de muro tiene una relación de altura a longitud mayor o igual a 5, se utiliza principalmente en edificaciones de gran altura, donde es necesario contar con una resistencia significativa frente a fuerzas laterales.

- **Según su funcionamiento**

Los muros pueden clasificarse según la forma en que absorben las fuerzas sísmicas y como las transmiten a los demás componentes de la estructura, entre los más relevantes se incluyen:

- ✓ **Muros aislados:** Este tipo de muros funcionan de manera independiente en el sistema estructural. Su diseño permite que absorban las fuerzas sísmicas de manera individual y, a su vez, las transmitan a las fundaciones sin depender de otros elementos. Son utilizados en estructuras de poca altura y en zonas con bajo riesgo sísmico.
- ✓ **Muros acoplados:** Estos muros están diseñados para trabajar en conjunto, lo que les permite compartir y distribuir de manera eficiente las fuerzas laterales generadas por

acciones sísmicas y de viento, se caracterizan por su interconexión, la cual se logra mediante el uso de vigas de enlace o elementos estructurales que los unen.

- **Tipos de falla en muros de cortante**

✓ **Falla por Flexión:** Se presenta cuando un componente estructural, como una viga o un muro, no es capaz de resistir las fuerzas aplicadas y sufre una deformación excesiva, resultando en la ruptura o el agrietamiento del material.

✓ **Falla por Corte:** Cuando el muro de cortante cumple su función, se produce el fallo por cortante. Esto ocurre porque las juntas horizontales provocan esfuerzos tangenciales. (Morales, Sánchez, & Yamashiro, 1993)

✓ **Falla por Deslizamiento:** Se manifiesta cuando un elemento estructural se mueve o se desplaza de su posición original debido a fuerzas externas, como las cargas laterales o las condiciones del terreno. Este tipo de falla se presenta en estructuras con muros de contención o en zonas sísmicas, donde el movimiento puede comprometer la estabilidad.

✓ **Falla por Compresión Diagonal:** Se produce cuando un elemento estructural, experimenta fuerzas compresivas que generan una deformación en forma de diagonal, provocando la formación de grietas y la pérdida de capacidad portante.

✓ **Falla por Confinamiento:** Esta falla se ocasiona cuando un elemento estructural pierde su capacidad de carga debido a la falta de apoyo o refuerzo adecuado en su entorno.

2.3.6.4 Diseño de muros

Con el fin de obtener un diseño confiable de un muro de corte, es necesario tener en cuenta las cargas, los materiales y los factores de seguridad, cumpliendo las indicaciones y directrices establecidas en el código ACI-318-19 y la NEC.

Los muros están diseñados principalmente para resistir cargas laterales y minimizar las derivas de piso. Además un muro puede o no tener cabezales, y estos deben ser capaces de resistir cargas de compresión en esas zonas.

A fin de crear la capacidad necesaria para resistir un sismo, el código estipula que el muro de corte debe tener un refuerzo longitudinal mínimo en sus extremos, asegurando que las fracturas estén suficientemente repartidas en las zonas de las juntas plásticas.

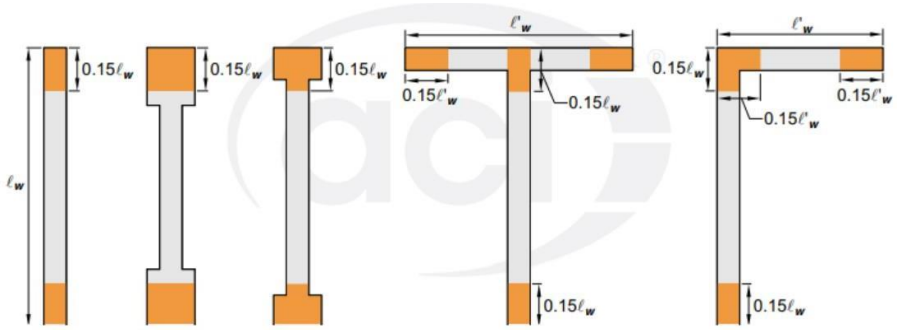


Figura 9.-Localización del refuerzo longitudinal
Fuente: (ACI - 318 - 19)

2.4 Carga sísmica y condición del suelo

2.4.1 Zonificación sísmica y factor de zona z

El territorio ecuatoriano se ha dividido en seis zonas sísmicas por razones de diseño, basándose en un análisis exhaustivo que incluye los resultados de la investigación sobre el peligro sísmico en la zona. Dado que permite identificar los lugares con mayor riesgo sísmico, este mapa es esencial para la planificación urbana y la construcción.

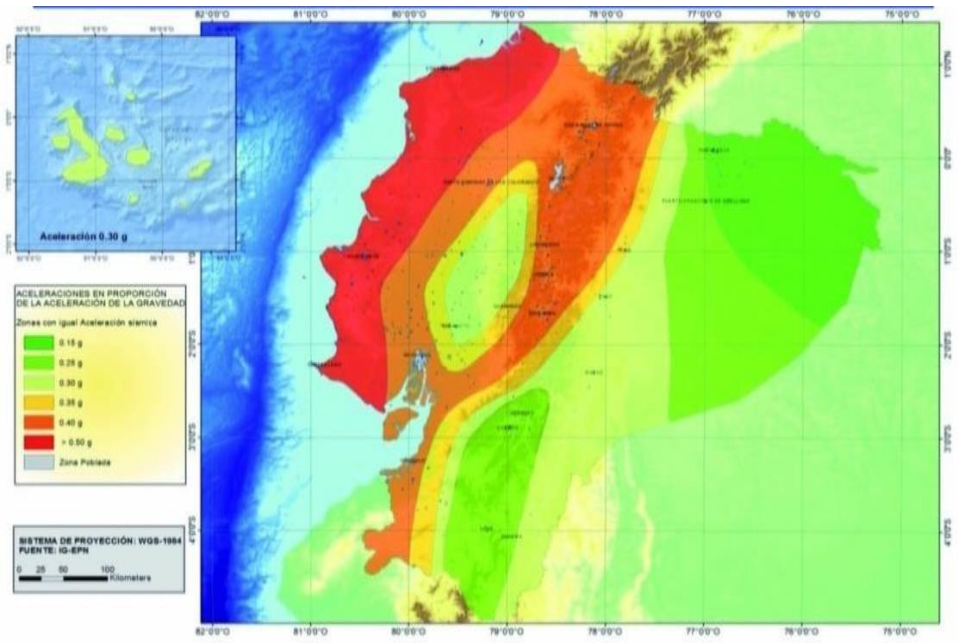


Figura 10.-Zonificación Sísmica del Ecuador
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

Basado en un estudio de peligrosidad sísmica, el mapa de zonificación sísmica del diseño tiene en cuenta un tiempo de retorno de 475 años con un exceso del 10% en 50 años. En los valores de aceleración sísmica se incluye una saturación de 0,50 g en la roca de la costa ecuatoriana, que corresponde a la zona VI.

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

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

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.4.2 Curva de peligro sísmico

Para garantizar el cumplimiento de las distintas normas de rendimiento, es importante tener en cuenta los diferentes niveles de riesgo sísmico a la hora de construir estructuras para fines especiales, infraestructuras vitales, puentes, instalaciones portuarias y otros proyectos que no son de edificación. (NEC - SE - DS, 2015)

Las curvas probabilísticas de peligrosidad sísmica de cada capital de provincia, que definen la relación entre la aceleración sísmica en el terreno (PGA) y el probabilidad anual de superar este valor, proporcionan los valores esperados de aceleración sísmica en roca.. (NEC - SE - DS, 2015)

El periodo de retorno equivalente se calcula invirtiendo la probabilidad de superación anual. Cada gráfico muestra las curvas de aceleración espectral máxima para periodos estructurales de 0,1, 0,2, 0,5 y 1,0 segundos. (NEC - SE - DS, 2015)

En estas curvas de peligrosidad sísmica se muestran las aceleraciones espectrales más altas y las aceleraciones del terreno máximas previstas (PGA) para las capitales, que corresponden a niveles variables de la probabilidad anual de superación.. (NEC - SE - DS, 2015)

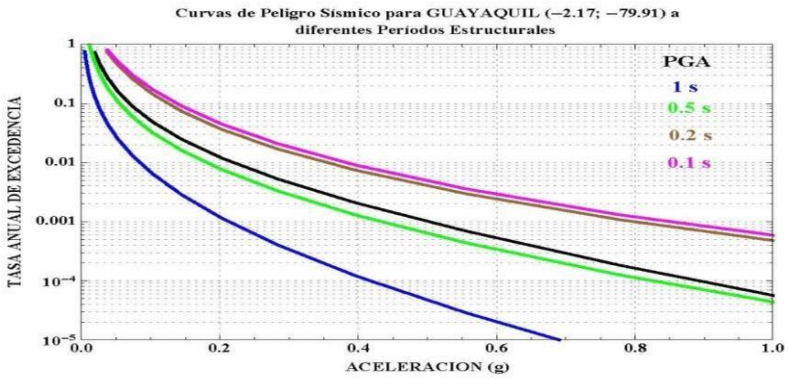


Figura 11: Curva de peligro sísmico
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.5 Geología local

2.5.1 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

Los perfiles de suelo se dividen en seis categorías. La clasificación se basa en parámetros en los 30 m superiores de los perfiles A, B, C, D y E. Cuando se identifiquen estratos claramente diferenciados, se deberá subdividir el tramo, asignándoles subíndices "i" a partir de 1 hasta "n" superficies en la base de los 30 m superiores del tramo. Para los perfiles tipo F se emplean criterios específicos que tienen en cuenta la respuesta dinámica del suelo, que no deben limitarse a los 30 m superiores, especialmente en perfiles con espesores de suelo considerables.

Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo

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

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.5.2 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

- Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en zona de periodo corto

Basándose en la aceleración de la roca, este factor se emplea para amplificar la reacción elástica del sismo.

Tabla 3: Tipo de suelo y factores de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

- Fd: Desplazamientos para diseño en roca

Mediante el coeficiente Fd, se amplifican las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamiento elástico para el diseño de rocas.

Tabla 4: Tipo de suelo y factores de sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
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: (NEC - SE - DS, 2015)

- Fs: Comportamiento no lineal de los suelos

Este factor tiene como objetivo considerar el comportamiento no lineal de los suelos.

Tabla 5:Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico subsuelo Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	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 - SE - DS, 2015)

2.6 Componentes horizontales de la carga sísmica

2.6.1 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

Para el nivel de sismo de diseño, el espectro de respuesta se expresa como una fracción de la aceleración gravitacional, dependiendo de:

- ✓ Tipo de suelo donde se encuentra ubicada la edificación
- ✓ Cada estructura debe tener sus respectivos factores de amplificación de suelo
- ✓ Factor de zona sísmica Z

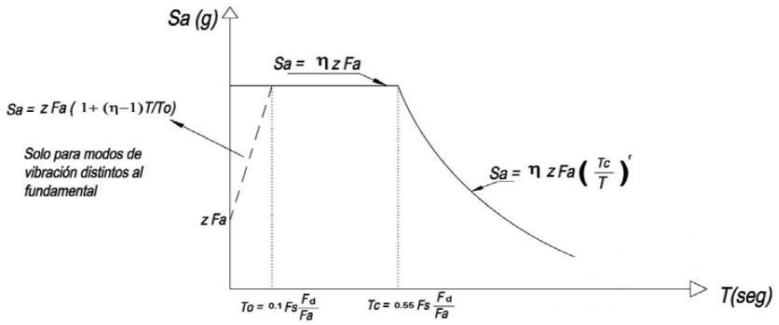


Figura 12.- Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.6.2 Espectro elástico de diseño en desplazamientos

El espectro de desplazamiento *S*d (en metros), que se obtiene a partir del espectro de aceleración, se utilizará para establecer el espectro de desplazamiento elástico de diseño que corresponde al nivel sísmico de diseño.

$S_d = S_a(g).(T/2\pi)^2$	para	$0 \leq T \leq T_L$
$S_d = S_a(g).(T_L/2\pi)^2$	para	$T > T_L$

Dónde:

g	Aceleración de la gravedad
S_d	Es el espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%). Depende del período o modo de vibración de la estructura

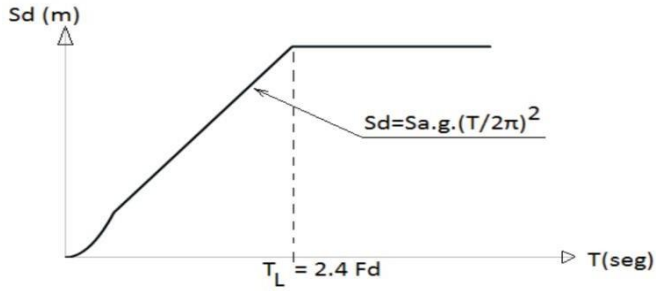


Figura 13.-Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.7 Categoría de edificio y coeficiente de importancia

Se asignará una de las categorías definidas en la tabla a la estructura que debe construirse. Aumentar la demanda sísmica en el diseño es el objetivo del factor I.

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

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 substancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras substancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.8 Filosofía de diseño sismo resistente

El diseño sismo resistente es fundamental en Ecuador debido a su localización en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las regiones más activas sísmicamente. La implementación de estructuras adecuadas que puedan soportar terremotos ayuda a salvaguardar vidas humanas y a reducir significativamente los daños materiales en edificaciones y la infraestructura. La capacitación de profesionales en ingeniería y arquitectura sobre prácticas de construcción sismo resistente es vital para desarrollar ciudades más seguras. En este contexto, el cumplimiento de normativas como el Código Ecuatoriano de la Construcción se vuelve esencial para garantizar la resiliencia frente a sismos.

Diversos investigadores y profesionales en el campo de la construcción coinciden en los siguientes criterios de diseño:

- Dentro del rango elástico lineal las estructuras deben ser capaces de soportar los sismos de baja intensidad que puedan ocurrir durante su vida útil. (Awad, 2012)
- Las edificaciones deben tener la capacidad de resistir sismos moderados a lo largo de su vida útil sin que se produzcan daños importantes en los elementos estructurales, permitiéndose pequeñas fisuras por flexión del hormigón. Se pueden aceptar fallas en los elementos no estructurales, siempre que las reparaciones necesarias no sean de alto costo. (Awad, 2012)
- Las estructuras deben ser capaces de soportar un sismo severo, que ocurra solo una vez durante su vida útil, dentro del rango no lineal. Se pueden permitir daños considerables, incluso en los elementos estructurales, pero nunca el colapso total del edificio. El nivel de daño aceptable en estos casos depende de la relevancia de la estructura, ya que edificaciones, como las relacionadas con la salud, la seguridad y

otras infraestructuras importantes, deben seguir operando después de tales eventos. (Awad, 2012)

2.8.1 Límites permisibles de las derivas de los pisos

La deriva máxima permitida de cualquier piso no puede ser superior a los límites de deriva inelástica designados.

Tabla 7: Valores máximos, expresados como fracción de la altura de piso

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

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.8.2 Síntesis

La filosofía de diseño sismo resistente se sintetiza:

Tabla 8: Síntesis de la filosofía de diseño

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Elementos estructurales	Elementos no estructurales	Tasa anual de excedencia
Servicio	Ningún daño	Ningún daño	0.023
Daño	Ningún daño	Daños	0.01389
Colapso	Cierto grado de daño	Daños considerables	0.00211

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.8.3 Niveles de amenaza sísmica

Los sismos se categorizan según su grado de peligrosidad y periodo medio de retorno.

Tabla 9: 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 - SE - DS, 2015)

2.8.4 Estructuras de ocupación especial y esencial

- **Estructura de ocupación especial**

En caso de sismo con un periodo de retorno de 2500 años, debe garantizarse que el edificio tenga un comportamiento sísmico adecuado en la región inelástica para evitar el colapso.

- **Estructuras esenciales**

En este caso, se debe garantizar un adecuado rendimiento sísmico en el rango inelástico para:

- ✓ Limitar el daño frente a un terremoto con un período de retorno de 475 años.
- ✓ Prevenir el colapso ante un terremoto con un período de retorno de 2500 años.

- **Síntesis**

Tabla 10: Nivel de desempeño de estructuras esenciales y de uso especial

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	Véase 4.2.3	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.8.5 Regularidad/configuraciones estructurales

- **Configuraciones a privilegiar**

Los diseñadores estructurales y arquitectónicos se esforzarán por lograr configuraciones estructurales simples y regulares con el fin de asegurar un buen desempeño sísmico.

- **Configuraciones más complejas**

Es necesario evitar variaciones bruscas en la rigidez cambios y resistencia para prevenir la acumulación de daños en ciertos componentes, lo que podría afectar negativamente a la ductilidad general del sistema.

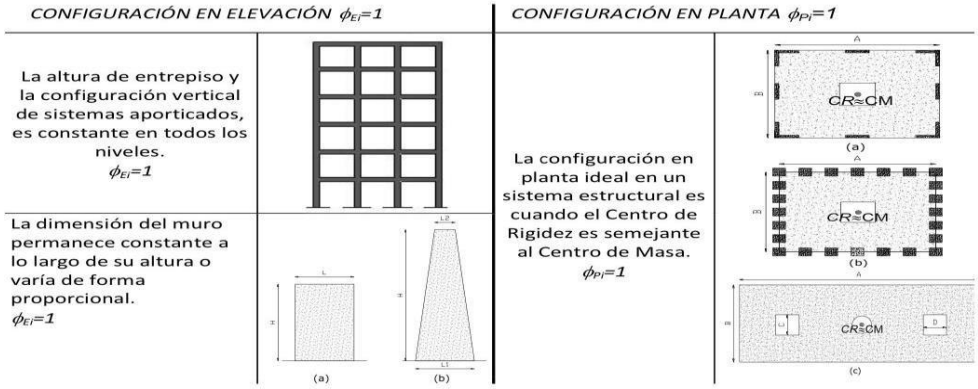


Figura 14: Configuraciones estructurales recomendadas
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

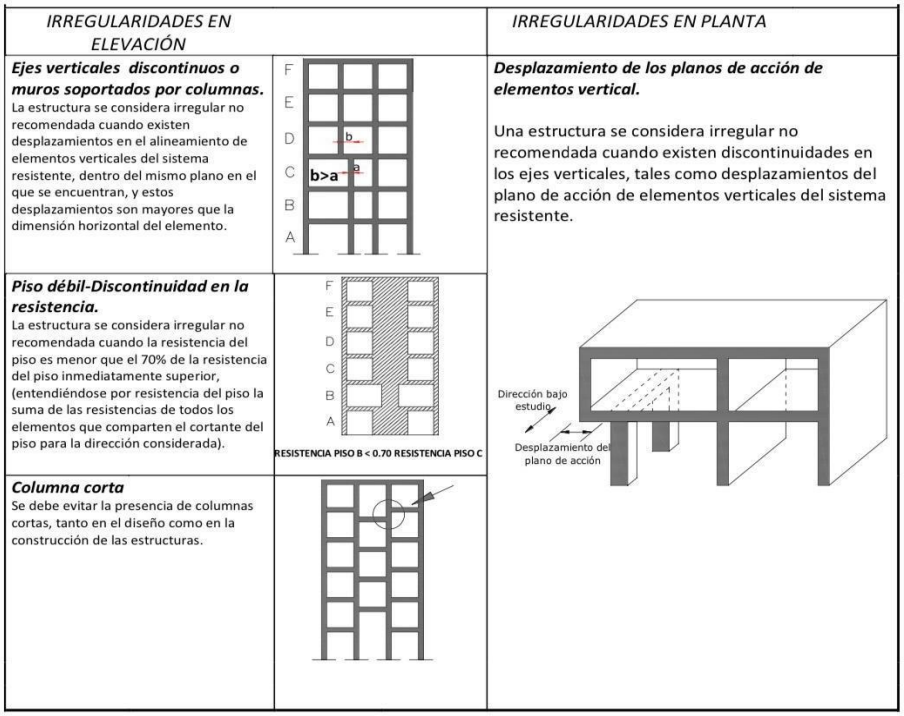


Figura 15: Configuraciones estructurales no recomendadas
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

- **Irregularidades y coeficientes de configuración estructural**

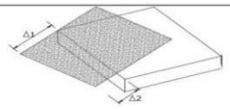
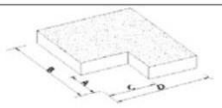
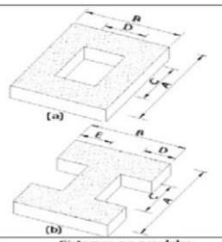
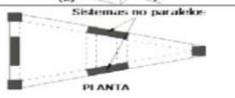
Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{Pi}=0.9$ $\Delta > 1.2\frac{(\Delta 1+\Delta 2)}{2}$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces 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.	
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.	
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.	
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.	
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.	

Figura 16.-Coeficientes de irregularidad en planta
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

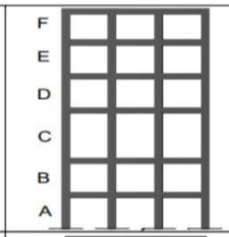
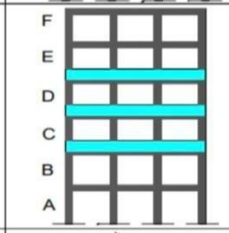
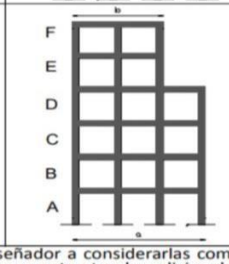
Tipo 1 - Piso flexible $\phi_{Ei}=0.9$ Rigidez K_c < 0.70 Rigidez K_D $Rigidez < 0.80\frac{(K_D+K_E+K_F)}{3}$ La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	
Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_{Ei}=0.9$ $m_D > 1.50\ m_E$ ó $m_D > 1.50\ m_C$ 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.	
Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_{Ei}=0.9$ a > 1.3 b 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.	
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.	

Figura 17.-Coeficientes de irregularidad en elevación
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.8.6 Coeficiente de reducción de respuesta estructural

Tabla 11: Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	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 - SE - DS, 2015)

2.9 Normas y requisitos de diseño sísmico

2.9.1 Normas internacionales

Normas como el ACI 318 y el Eurocódigo 8 proporcionan guías detalladas sobre el diseño de estructuras resistentes a sismos, haciendo hincapié en la importancia de incorporar muros de cortante en zonas de alta sismicidad. Estas normativas establecen factores de importancia, rigidez, y ductilidad que den contener los muros de cortante para cumplir con los requisitos sísmicos.

2.9.2 Consideraciones de diseño en zonas sísmicas

En zonas de alta actividad sísmica, el uso de muros de cortante es altamente recomendado para mejorar la capacidad de la edificación de disipar energía y limitar el daño estructural. Se enfatiza la ductilidad en estos elementos para evitar que la estructura colapse ante eventos extremos.

2.9.3 Requisitos de diseño sismo resistente

Según (NEC - SE - DS, 2015) esta filosofía debe cumplir tres requisitos:

- ✓ Debe ser capaz de soportar las fuerzas establecidas por esta norma
- ✓ Debe mostrar los desplazamientos de los pisos bajo dichas cargas, siendo estos menores a los valores permitidos.
- ✓ Debe ser capaz de absorber energía generada por deformaciones inelásticas, ya sea a través de técnicas de diseño basadas en la capacidad o utilizando dispositivos de control sísmico. (pág. 40)

2.10 Métodos de análisis

2.10.1 Principales métodos de análisis

- ✓ Diseño basado en fuerzas
- ✓ Diseño directo basado en desplazamientos
- ✓ Un método de cálculo estático utilizado para determinar fuerzas sísmicas en estructuras que incluyen sistemas especializados, como control sísmico y sistemas de aislamiento de bases

2.10.2 Sistema elástico equivalente

La reacción real, no lineal e inelástica de los edificios se transforma en una representación linealizada en el diseño basado en desplazamientos, al igual que el basado en fuerzas.

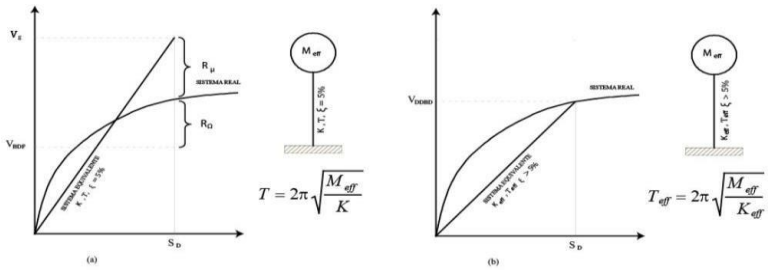


Figura 18: Linearización equivalente

Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.11 Método 1: diseño basado en fuerzas (DBF)

2.11.1 Objetivos generales y requisitos

Para evaluar los impactos asociados, el edificio debe construirse para resistir las fuerzas sísmicas resultantes de la combinación de fuerzas horizontales.

Los objetivos principales del DBF

- ✓ Tener en cuenta los niveles de peligro sísmico y de desempeño correspondientes.
- ✓ Determinar las fuerzas sísmicas de diseño, incluidas las fuerzas laterales equivalentes.
- ✓ RDBF: comprobar si los efectos sísmicos se calcularán de manera lineal, conforme a las normativas NEC-SE-HM, NEC-SE-AC, NEC-SE-MP y NEC-SE-MD aplicables al material, utilizando modelos elásticos lineales.
- ✓ DDBF: Comprobar deformaciones, especialmente deriva máxima de la estructura.

2.11.2 Límites del DBF

DBF tiene algunas limitaciones, que incluyen:

- ✓ Utilizan un factor de reducción sísmica fijo para cada tipo de edificio. Suponiendo que R permanezca constante a lo largo del tiempo y del tipo de suelo, esto indica que los requisitos de ductilidad y sobrerresistencia son idénticos para todas las edificaciones de la misma categoría.
- ✓ Antes de determinar el espesor último de la placa de los elementos de acero o el refuerzo en las secciones de hormigón armado, se pueden calcular la rigidez y el período. Se considera que la rigidez es independiente de la resistencia.

2.11.3 Requisito RDBF: Fuerzas internas

El requisito requiere el cálculo de las fuerzas internas que se ejercen sobre cada componente estructural.

Para cumplir este requisito, los resultados del análisis deben contener lo siguiente:

- ✓ Derivas
- ✓ Deflexiones
- ✓ Momentos
- ✓ Cortante en la base
- ✓ Fuerzas en los pisos y en los elementos
- ✓ Cortantes de piso

2.11.4 Requisito DDBF: derivas de piso

Según NEC-SE-HM, NEC-SE-AC, NEC-SE-MP y NEC-SE-MD, las deformaciones provocadas por fuerzas sísmicas se evaluarán en función del tipo de material y estructura.

2.11.5 Carga sísmica reactiva w

Corresponde a la carga reactiva generada por el sismo. Independientemente del método empleado para el análisis se debe usar la carga sísmica W.

Caso general

W = D

Donde:

D = Carga muerta total de la estructura

2.12 Modelos de análisis de las fuerzas sísmicas usados con el DBF

Este método de diseño que se basa en fuerzas utiliza el mismo enfoque para los tres métodos de análisis:

- ✓ Estático
- ✓ No lineales: Análisis dinámico espectral y análisis paso a paso en el tiempo

2.12.1 Procedimiento estático

Requisitos de aplicación: Las estructuras con ocupación estándar pueden utilizar la técnica estática.

El PGA y, por tanto, el espectro de aceleración Sa(T) se determinarán utilizando el factor Z especificado.

2.12.2 Procedimientos no lineales de cálculo de las fuerzas sísmicas

- **Procedimientos y condiciones de aplicación**

✓ **Análisis espectral:** Este método se utilizará para puentes, obras portuarias y otras infraestructuras no edificatorias, así como para estructuras de ocupaciones especiales y críticas. En estas situaciones se aplicará la curva de riesgo establecida.

✓ **Análisis paso a paso en el tiempo:** este método se aplicará a estructuras situadas en suelos de tipo F.

- **Ajuste del corte basal de los resultados obtenidos por el análisis dinámico**

El valor del cortante dinámico total en la base de cualquier método de análisis dinámico, no debe ser:

✓ En estructuras regulares el porcentaje del método estático debe ser inferior al 80% del cortante basal V

✓ En estructuras irregulares el porcentaje método estático debe ser inferior al 90% del cortante basal V

- **Determinación y representación de la carga sísmica horizontal**

La actividad sísmica debe representar al menos un terremoto de diseño con un período de retorno de 475 años.

- **Modelo matemático**

Caso general

El modelo estructural abarcará:

- ✓ Cada elemento que constituye el sistema de resistencia estructural
- ✓ La disposición espacial de las masas y rigideces de la estructura, utilizando una aproximación que capta los elementos clave del comportamiento dinámico.

Casos particulares

- ✓ Dependiendo de la complejidad de la reacción estructural, se utilizará un modelo tridimensional para realizar el análisis dinámico de edificios irregulares.
- ✓ Para las construcciones de hormigón armado y mampostería, la rigidez y las derivas máximas deben determinarse utilizando los valores de las inercias fisuradas de los componentes estructurales. El proceso general para calcular las fuerzas sísmicas sigue un procedimiento similar a este método.

- **Procedimiento 1: análisis espectral**

Para llevar a cabo un procedimiento de análisis espectral, es necesario seguir los siguientes pasos:

- ✓ Se utilizará el espectro de respuesta
- ✓ Se deben considerar número de modos
- ✓ Combinación de modos
- ✓ Disminución de las fuerzas dinámicas de respuesta elástica para el proceso diseño
- ✓ Combinación de las 3 componentes de la fuerza sísmica
- ✓ Se deberá considerar efectos torsionales

- **Procedimiento no lineal 2: análisis paso a paso en el tiempo**

Consiste en evaluar la respuesta dinámica de la edificación en cada paso de tiempo, cuando su base está expuesta a un acelerograma determinado.

Revisión de diseño por un profesional

La revisión del diseño de la estructura deberá abarcar:

- ✓ Verificación de los criterios utilizados para obtener el espectro para el sitio o para la generación de acelerogramas
- ✓ Revisión del diseño definitivo de la estructura y de los criterios de análisis aplicados
- ✓ Revisión inicial de la estructura antes de realizar el análisis no lineal
- ✓ En el informe de diseño deben incluirse cálculos, planos detallados y un documento que acredite la realización de todas las revisiones especificadas. El profesional independiente que lleve a cabo la revisión también deberá firmar el documento.

Registros de aceleración

- ✓ **Acelerogramas gravados**

Los dos componentes horizontales de los acelerogramas, cuidadosamente elegidos y calibrados iniciando desde los registros de al menos tres incidencias sísmicas, se utilizarán para el análisis paso a paso en el tiempo.

- ✓ **Acelerogramas artificiales**

El número necesario de registros y componentes se generará utilizando los acelerogramas artificiales adecuadamente simulados si no se dispone de al menos tres eventos sísmicos.

- ✓ **Componentes de los acelerogramas**

Debe utilizarse un factor de amortiguación del 5,00% en relación con la amortiguación crítica para calcular la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los espectros característicos del emplazamiento para cada par de elementos horizontales de los acelerogramas.

Principios del análisis elásticos paso a paso en el tiempo

Los análisis elásticos realizados paso a paso en el tiempo deben:

- ✓ Desarrollar modelos matemáticos de las estructuras
- ✓ Determinar el número de modos
- ✓ Cumplir con los requisitos estipulados para realizar el análisis dinámico
- ✓ Definir los efectos direccionales de torsión y los registros de aceleración

- ✓ Establecer la acción sísmica
- ✓ Establecer la reducción de los parámetros elásticos de respuesta para los efectos de diseño

Principios de análisis no lineales paso a paso en el tiempo

Los análisis realizados paso a paso en el tiempo deben seguir las directrices marcadas por la dinámica estructural. Las propiedades y comportamientos de los elementos estructurales no lineales deben corresponder a datos experimentales o modelarse mediante análisis debidamente fundamentados. No se debe minimizar la respuesta inelástica máxima, tanto en términos de desplazamiento como de estimación de fuerza.

2.13 Procedimiento de cálculo del DBF

2.13.1 Pasos del método

Se considera que el primer modo de vibración es el principal determinante de la reacción estructural en el caso de la DBF.

- ✓ El espectro de diseño Sa(T) se calcula en función de las características geotectónicas del emplazamiento de la estructura
- ✓ Cálculo estimado del periodo fundamental de vibración Ta
- ✓ El cortante de base V se calcula a partir de los resultados obtenidos de los procesos anteriores
- ✓ Se calculan las distribuciones vertical y horizontal de V
- ✓ Orientación de la aplicación de la fuerza sísmica y comprobación de que los índices de deriva no superen la cantidad permitida.

2.13.2 Cortante basal de diseño V

La fuerza total de diseño resultante de las cargas laterales aplicadas en la base de una estructura está representada por el cortante basal V. Dependiendo de las reglas y normas pertinentes, esta fuerza -que es un resultado directo de la acción sísmica de diseño- puede o no implicar una reducción.

- **Espectro de diseño**

  Se establece que:

- ✓ Para estructuras de uso común, la curva Sa(T) se diseñará utilizando el factor Z
- ✓ Las curvas correspondientes a los distintos modos de vibración se utilizarán para determinar los valores de aceleración de las estructuras esenciales o de uso especial; estos valores sustituirán al factor Z en el diseño de la curva Sa(T)
- ✓ Deben crearse determinados acelerogramas y espectros para las estructuras situadas en suelos de tipo F en función de las características del emplazamiento.

2.13.3 Determinación del periodo de vibración Ta

Para estimar el periodo de vibración de la estructura Ta para cada dirección primaria, se utilizará uno de los siguientes métodos:

- ✓ **Método 1:** Puede estimarse de manera aproximada el valor de Ta para las estructuras de edificación.
- ✓ **Método 2:** El periodo fundamental Ta puede estimarse con un buen estudio utilizando las características estructurales de los elementos resistentes y las características de deformación.

2.14 Cargas de diseño

2.14.1 Combinaciones de carga

La Norma Ecuatoriana de Construcción, Cargas No Sísmicas, establece que para dar cuenta del escenario más crítico que puede encontrar la estructura al entrar en operación, el diseño estructural debe realizar las combinaciones de carga más adversas, tomando en cuenta las cargas vivas, muertas y sísmicas.

De acuerdo con la (NEC - SE - CG, 2014), las combinaciones de cargas deben ser las siguientes:

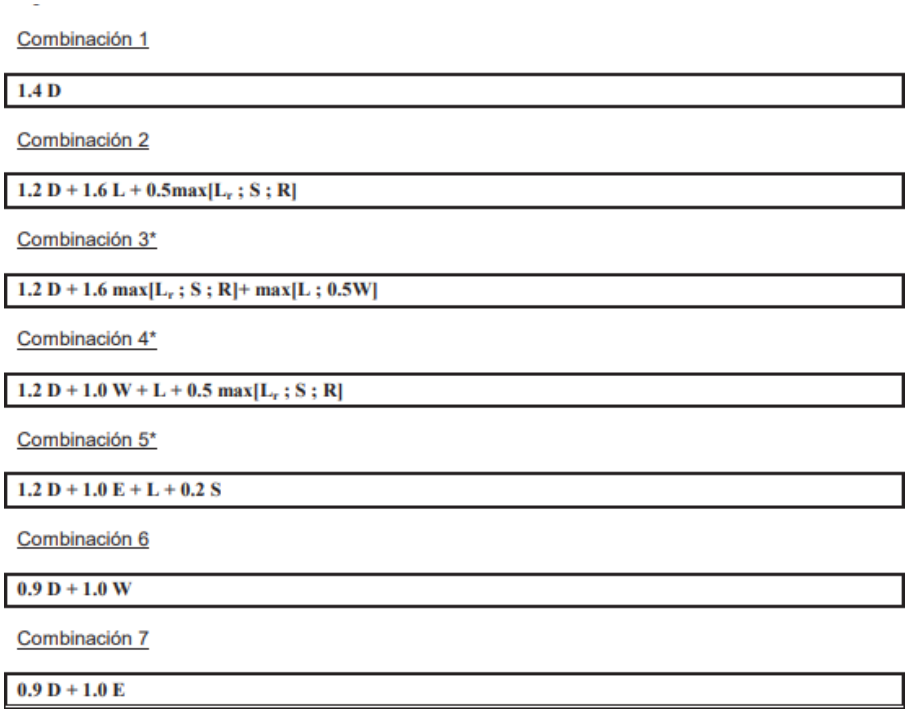


Figura 19.- Combinaciones de carga
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.14.2 Cargas muertas y cargas vivas

La norma específica valores concretos que el proyectista puede utilizar para el diseño en la situación de cargas muertas y vivas. En función de la finalidad prevista de la estructura, también se tiene en cuenta la sobrecarga. La carga muerta incluye los pesos permanentes

sobre la estructura, como los acabados y el peso de los componentes estructurales, mientras que mientras que las cargas que fluctúan sobre la estructura se denominan cargas vivas.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m^2)	Carga concentrada (kN)
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60[e]
[e] La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100 mm x 100 mm		

Figura 20.- Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y concentradas
Fuente: (NEC - SE - DS, 2015)

2.15 Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R

- **Recomendaciones y pertinencia**

La determinación del factor de reducción de resistencia R puede fundamentarse en las recomendaciones establecidas de los códigos ASCE-7-10 y NSR-10

También se considera:

- ✓ Criterios relacionados al agrupación estructural, así como las variaciones en las realidades constructivas, calidad de los materiales y calidad de ejecución de la construcciones
- ✓ Penalizaciones aplicadas a ciertos tipos de estructuras que no cuentan con la ductilidad global necesaria para resistir las deformaciones inelásticas exigidas por el sismo de diseño.

- **Definición del factor R en el marco de las NECS**

Cuando las estructuras y sus uniones están diseñadas para producir un mecanismo de fallo predecible con la ductilidad adecuada, el factor R permite fuerzas sísmicas de diseño más bajas.

Criterios de definición de R

Los factores de reducción de resistencia R están determinados por las siguientes variables:

- ✓ Tipo de suelo
- ✓ Tipo de estructura
- ✓ Periodo de vibración
- ✓ Factores relacionados con la resistencia, ductilidad, amortiguamiento y redundancia de una estructura en condiciones límite

- **Grupos estructurales de acuerdo con R**

- ✓ Sistemas estructurales dúctiles
- ✓ Sistemas estructurales de ductilidad limitada

- **Sistemas estructurales dúctiles**

Siempre que la estructura se desarrolle de acuerdo con todas las normas de diseño sísmico que se ajusten a la filosofía de diseño, se utilizará el valor de R para calcular el esfuerzo cortante basal.

- **Ductilidad limitada**

✓ Caso particular: El valor de R puede utilizarse para calcular el cortante basal en viviendas de poca altura y edificios con sistemas estructurales de ductilidad restringida, siempre que la estructura cumpla las normas NEC – DR – VIVIENDA.

✓ No se deben emplear sistemas estructurales de ductilidad limitada.

✓ Un número de pisos que exceda los límites establecidos.

✓ o si I>1 (factor de importancia)

2.16 Método 2: diseño basado en desplazamientos (DBD)

2.16.1 Principios y objetivos del DBD

El diseño basado en el desplazamiento establece la resistencia lateral necesaria para alcanzar un desplazamiento objetivo, que está relacionado con el grado previsto de rendimiento o daño estructural.

2.16.2 Condiciones de aplicación

El DBD puede aplicarse en el diseño sismoresistente de edificios:

✓ Aporticados de hormigón armado o de acero

✓ Con muros estructurales

2.16.3 Representación del sismo de diseño DBD

La indicación del espectro de desplazamiento de la peligrosidad sísmica debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar las estructuras de los edificios.

2.16.4 Sistema elástico equivalente en DBD de un grado de libertad

El DBD emplea una estructura de un grado de libertad como equivalente para el sistema elástico.

Se basa en que las mayores demandas son inducidas por la fase inicial del modo vibración y ocasiona la formación de rótulas plásticas. Al diseñar las secciones y los elementos blindados, se utilizan factores de amplificación dinámica para tener en cuenta la demanda creada por los demás modos de vibración.

2.16.5 Requisitos generales para la aplicación de DBD

Las deformaciones inelásticas se comprobarán de la siguiente forma:

- ✓ Rótulas plásticas en lugares preestablecidos: las rótulas plásticas se generarán únicamente en los lugares preestablecidos, siguiendo los principios del diseño por capacidad.
- ✓ Mediante efectos de los modos de vibración: para tener en cuenta los efectos de los modos de vibración elevados, es necesario reforzar las fuerzas de diseño de las partes que deben permanecer elásticas.
- ✓ Efectos de segundo orden e inestabilidad: debe comprobarse que los efectos de segundo orden no provocan problemas de inestabilidad, además de cumplir las restricciones de rendimiento.

2.16.6 Nivel de desempeño estructural

Se aplicará el grado de seguridad vital. En el DBD, los desplazamientos que se producen durante los sismos severos tienen más que ver con los daños en la estructura que con la resistencia lateral que se forma.

2.16.7 Criterio de desempeño: deformación unitaria máxima

El desplazamiento estará determinado por:

- ✓ El límite establecido para las derivas de piso en sistemas de pórticos resistentes a momentos.

- ✓ Es probable que los límites de la deformación unitaria en los edificios con muros estructurales estén establecidos por el diseño
- ✓ Compresión
- ✓ Flexión o flexo-compresión

2.16.8 Perfil de desplazamiento de diseño

- **Edificaciones aporticadas**

Para una estructura de n niveles, el perfil de desplazamiento de diseño se determinará:

- ✓ Para cada nivel de altura
- ✓ En base a la deriva de diseño
- ✓ Al nivel total del edificio
- ✓ Al factor de amplificación dinámica de derivas

- **Edificaciones con muros estructurales**

Se determinará a través de un análisis racional o el valor mínimo calculado el perfil de desplazamiento del diseño.

CAPÍTULO III

3 Metodología

Este estudio busca determinar las diferencias en el desempeño del edificio actual y reforzado con muros de cortante, identificando ventajas y desventajas de ambos sistemas. Se evaluarán desplazamientos, rigidez, periodos de vibración, esfuerzos en los elementos estructurales. Para el análisis del comportamiento estructural del edificio con muros de cortante se debe seguir una serie de pasos que abarcan desde el planteamiento del modelo estructural hasta la interpretación de los resultados obtenidos.

3.1 Diseño metodológico de la investigación

3.1.1 Población y muestra

Para la obtención de los resultados comparativos, se considerará la totalidad del edificio y se llevará a cabo un análisis en ETABS, donde se evaluarán las respuestas estructurales ante diferentes condiciones de carga, incluyendo las fuerzas sísmicas y de viento.

3.1.2 Variables

Variable dependiente: Obtención del modelo sísmico más eficiente.

Variable independiente: Implementación de un análisis sísmico comparativo.

3.1.3 Método y alcance de la investigación

3.1.3.1 Método de la investigación

- **Método general de la investigación**

Método descriptivo: Es descriptivo ya que se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las patologías observadas en los muros de cortante, considerando la evaluación de los requisitos estructurales mínimos y las cargas dinámicas a las que están sometidos.

- **Método específico de la investigación**

Modelado estructural estático y dinámico elaborado en el programa ETABS, considerando una serie de factores y parámetros tales como factor de zona sísmica, factor de suelo, factor de amplificación sísmica, para garantizar que la simulación refleje adecuadamente la comportamiento real de la estructura, al finalizar se compara los resultados obtenidos para determinar las ventajas y desventajas de cada tipo de diseño en términos de estabilidad y seguridad.

3.1.3.2 Alcances de la investigación

- **Tipo de investigación**

Cuantitativo: En el estudio presentado, se utilizarán cuadros, parámetros y resultados, cada uno de los cuales representa una característica específica del análisis.

Explicativo: Este tipo de investigación proporciona un entendimiento más profundo de la incorporación de muros de cortante y de los mecanismos que afectan la estabilidad y resistencia de las estructuras, también explicaremos el resultado obtenido del análisis dinámico sismo resistente.

- **Nivel de investigación**

Descriptivo, en el proceso de análisis de muros de cortante, se detallarán las características, comportamientos y condiciones de ambos tipos de sistemas estructurales, los cuáles influyen en la obtención de resultados.

3.1.4 Diseño de la investigación

Es experimental porque se manipula la variable independiente, que es la presencia o ausencia de muros de cortante, para analizar su impacto en el comportamiento estructural del edificio.

También por medio de simulaciones, se comparan ambos modelos bajo idénticas condiciones sísmicas, manteniendo constantes factores como el material y la carga. Esto permite establecer una clara relación de causa-efecto entre la inclusión de muros de cortante y la respuesta sísmica del edificio. Además, se realiza una evaluación cuantitativa de los resultados para validar las hipótesis propuestas, asegurando resultados precisos y replicables.

3.2 Predimensionamiento

3.2.1 Predimensionamiento de losa reticular

Primeramente es necesario definir las condiciones de losa, luego se procede a aplicar criterios normativos.

Tabla 12: Predimensionamiento de losa reticular

Cálculo de predimensionamiento espesor de losa reticular		
Cálculo de la direccion de la losa:		
L 1	9,3	m
l 2	7,7	m
2l2	>	L 1
15,4	>	9,3
Resultado: Losa armada en dos direcciones		
Pre dimensiones de la losa		
Se elegio una losa muy común en el los medios de pre-diseño de hormigon armada la cual presenta las siguiente dimensiones:		
Espesor tentativo:	35	cm
loseta de compresion:	5	cm
Nervios:	20	cm
Bloque aligerados:	40x40x20	cm

Fuente: Autores

- **Cálculo de control de deflexión**

Para este cálculo, se cuenta con la información sobre las dimensiones de las losas, las cuales se utilizan únicamente para determinar el peralte equivalente de la losa nervada propuesta.

Tabla 13: Cálculo de control de deflexión

Figura	Bi (m)	Hi (m)	Ai=Bi*Hi	Yi (m)	Yi*Ai	Yeg	di= Yeg-Yi	Ioi=(bh3)/12	Ai*di2
1	0,2	0,3	0,06	0,1	0,006	0,156818182	0,056818182	0,00045	0,000193698
2	1	0,05	0,05	0,225	0,01125		-0,068181818	1,042E-05	0,000232438
Sumatoria			0,11	0,325	0,01725			0,000460417	0,000426136

$$y_{eg} = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i} = \frac{0,01525}{0,09} = 0,169m$$

$$I = \sum (I_{oi} + A_i d_i^2) = 0,000144 + 0,000347 = 0,000491m^4$$

Esta inercia se iguala a la de una losa maciza también de 1 metro de ancho y así se obtendrá la altura equivalente h_{equiv}.

$$0,000491 = \frac{1,00h_{equiv}^3}{12}$$

De donde se obtiene el valor de

$$h_{equiv} = 0,1806m = 18,06cm$$

I= (Ioi+Ai*di)	0,000886553	m4	inercia

H.equiv	0,219938824	m
	21,9938824	cm

Fuente: Autores

- **Control de altura mínima**

Aplicaremos la fórmula 9-12 del ACI 318-05 para determinar la altura mínima. Sin embargo, previamente, en este caso, se dividen las dimensiones del paño con mayor influencia.

Tabla 14: Cálculo de control de altura mínima

$$h_min = \frac{Ln(800+0.0712Fy)}{36000+5000\beta(\alpha m-0.2)}$$

L_n: longitud del claro libre mayor en cm
α_m: valor promedio de α para todas las vigas en los bordes de un tablero
β: relación de claros libres, dirección larga a dirección corta
F_y: esfuerzo de fluencia del acero en kg/cm²

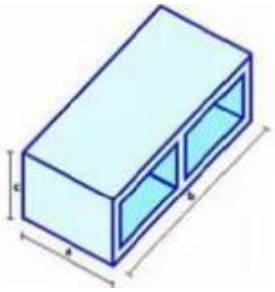
Caso Paño	1,207792208	cm
luz de mayor dimension:	9,3	930
Se desconoce las dimensiones de las vigas se asume αm que = 0.2		

H_min=	28,39186667	cm
En la norma el peralete minimo es h_min ≥ 12.50cm (Valor de Aci), en este caso el valor que nos dio fue de 28,39.		
21,9938824	>	12,5
Se comprueba que la altura equivalente de la losa nervada propuesta es superior a la altura mínima establecida por la ecuación de la norma.		

Fuente: Autores

- **Determinación de cargas muertas en losa**

Las dimensiones del bloque son las siguientes:



Dimensiones del bloque			Peso unitario
a	b	c	
20 cm	40 cm	10 cm	8 Kg
20 cm	40 cm	15 cm	10 Kg
20 cm	40 cm	20 cm	12 Kg
20 cm	40 cm	25 cm	14 Kg

Figura 21.- Dimensiones del bloque

En primer lugar, calculamos el peso de los bloques en la losa aligerada de hormigón

Tabla 15: Cálculo del peso de los bloques

a:	20	cm
b:	40	cm
c:	20	cm
Peso:	12	kg

Fuente: Autores

Se debe tener una area de 1m2, cuyo peso se calcula con las dimensiones que corresponde a esta area.

Tabla 16: Determinación de carga muerta en losa

Peso de loseta de compresion:	0,12	T/m3
Peso de nervios:	0,192	T/m2
Aliviamiento:	0,096	T/m2
Peso propio de Losa	0,408	T/m2
Enlucido y Maquillado:	0,088	T/m2
Recubrimiento de Piso:	0,044	T/m2
Mamposteria:	0,2	T/m2
Carga muerta:	0,74	T/m2

Fuente: Autores

3.2.2 Predimensionamiento de vigas

Las vigas se calculan usualmente tomando en cuenta una altura de aproximadamente 1/10 a 1/12 de la distancia libre. Es importante señalar que esta medida abarca el grosor de la losa del techo o del piso. El ancho minimo según la norma NEC-SE-HM es de 250mm.

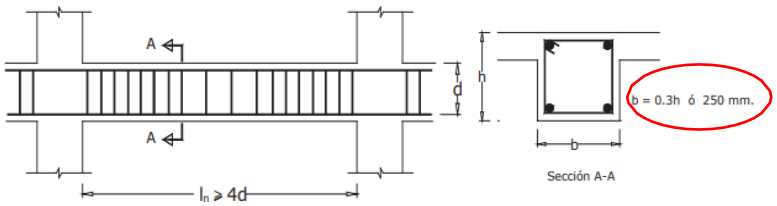


Figura 22.- Caracterítica del elemento

Tabla 17: Medidas de vigas transversales y longitudinales

Viga transversales :	Esta son las vigas que corresponde al eje vertical del plano		MEDIDA	
			CM	M
H: L/12	77,5	→	80	0,8
B: H/2	40	→	40	0,4
Viga transversales :	80x40cm			

Vigas Longitundinales:	Esta son las vigas que corresponde al eje Horizontal del plano		MEDIDA	
			CM	M
H: L/10	77	→	80	0,8
B: H/2	40	→	40	0,4
Vigas Longitundinales	80X40cm			

Fuente: Autores

3.2.3 Predimensionamiento de columnas

- **Calculo de área tributaria de columnas**

Tabla 18: Cálculo de área tributaria de columnas

Tipo	Area tributaria	Peso (Kg/m2)	#Pisos	P_Servicio (kg)	F'c (kg/cm2)	Coef.x tipo de columna	Area de Columna (cm2)	Area min de Columna (cm2)	a(cm)	Seccion (cm)
C3	12,5625	1500	7	131906,25	210	0,35	1794,642857	0	30	70X60
C2	26,565	1500	7	278932,5	210	0,35	3795	0	30	85X75
C1	53,96	1500	7	566580	210	0,45	5995,555556	0	30	90X80

Fuente: Autores

Revisión de Inercia de columnas respecto a la vigas

Para esta revisión vamos a tener en cuenta la altura de entrepiso típica y el ancho de la columnas.

- Columna centrada:

$$a = \frac{H}{8}$$

Tabla 19: Revisión de inercia de columnas respecto a vigas, dirección x-x

Direcion X-X							
Vigas			zona	Columnas			Verificación
B(cm)	H(cm)	I(cm4)			b(cm)	I_Columna (cm4)	I_Columna>I_Viga
40	80	1706666,667	C3	70	60	1715000	ok
Esquineras							
40	80	1706666,667	C2	85	75	3838281,25	ok
40	80	1706666,667					
Laterales		3413333,333					
40	80	1706666,667	C1	90	80	4860000	ok
40	80	1706666,667					
Centrales		3413333,333					

Fuente: Autores

Tabla 20: Revisión de inercia de columnas respecto a vigas, dirección y-y

Direcion Y-Y							
Vigas			zona	Columnas			Verificacion
B(cm)	H(cm)	I(cm4)		a(cm)	b(cm)	I_Columna (cm4)	I_Columna>I_Viga
25	80	1066666,667	C3	70	60	1715000	ok
Esquineras							
25	80	1066666,667	C2	85	75	3838281,25	ok
Laterales		1066666,667					
25	80	1066666,667	C1	90	80	4860000	ok
25	80	1066666,667					
centrales		2133333,333					

Fuente: Autores

Por lo tanto, en base a revisión de inercias las secciones de cada columna quedan de la siguiente forma:

- ✓ Columnas esquineras: C3
- ✓ Columnas laterales: C2

- ✓ Columnas centrales: C1

3.2.4 Calculo de pesos para análisis estático

Tabla 21: Cálculo de pesos para análisis estático, piso 7

PISO 7:		
Losa Aligerada:	2402,2472	T
Columnas (70x60cm):	170,7264	T
Columnas (85x75cm):	151,164	T
Columnas (90x80cm):	41,9328	T

PORTICOS				
	MEDIDAS (CM)			
Vigas transversales:	0,4	0,8	23,6544	T
	0,4	0,8	23,04	T
	0,4	0,8	16,896	T
	0,4	0,8	23,04	T
	0,4	0,8	20,8896	T
	0,4	0,8	19,968	T
	0,4	0,8	21,8112	T
	0	0,4	28,1088	T
	MEDIDAS (CM)			
Vigas Longitudinales:	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	17,7408	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	15,4368	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	15,552	T
	0,4	0,8	4,8384	T
	0,4	0,8	21,4272	T
	0,4	0,8	16,704	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	29,376	T

VOLADO				
	MEDIDAS (CM)			
Vigas Longitudinales:	0,4	0,3	2,7648	T
	0,4	0,3	2,0448	T
	0,4	0,3	1,9296	T
	MEDIDAS (CM)			
Vigas transversales:	0,4	0,3	4,4352	T
	0,4	0,3	4,32	T
	0,4	0,3	1,8432	T

ESCALERA				
	MEDIDAS (CM)			
Vigas Longitudinales:	0,4	0,3	2,0448	T
	0,4	0,3	2,0448	T
	0,4	0,3	2,0448	T
	MEDIDAS (CM)			
Vigas transversales:	0,4	0,8	8,448	T

Carga Muerta		
CM=	3215,5904	Ton

Carga Viva			
Techo:	0,1	T/m2	(NEC_SE_CG 4.2.1 TABLA 9) pg29/36
CV=	324,628	T	

Fuente: Autores

Tabla 22: Cálculo de pesos para análisis estático, piso 1 – piso 6

PISO 1- PISO6:		
Losa Aligerada:	14413,4832	T
Columnas (90X80cm):	1024,3584	T
Columnas (85X75cm):	906,984	T
Columnas (70X60cm):	251,5968	T

	PORTICOS			
	MEDIDAS (CM)			
Vigas transversales:	0,4	0,8	23,6544	T
	0,4	0,8	23,04	T
	0,4	0,8	16,896	T
	0,4	0,8	23,04	T
	0,4	0,8	20,8896	T
	0,4	0,8	19,968	T
	0,4	0,8	28,1088	T
	0,4	0,8	21,8112	T
	MEDIDAS (CM)			
Vigas Longitudinales:	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	17,7408	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	15,4368	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	15,552	T
	0,4	0,8	4,8384	T
	0,4	0,8	21,4272	T
	0,4	0,8	16,704	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	16,3584	T
	0,4	0,8	29,376	T

	VOLADO			
	MEDIDAS (CM)			
Vigas Longitudinales:	0,4	0,3	7,3728	T
	0,4	0,3	5,4528	T
	0,4	0,3	5,1456	T
	MEDIDAS (CM)			
Vigas transversales:	0,4	0,3	11,8272	T
	0,4	0,3	11,52	T
	0,4	0,3	4,9152	T

	ESCALERA			
	MEDIDAS (CM)			
Vigas Longitudinales:	0,4	0,3	5,4528	T
	0,4	0,3	5,4528	T
	0,4	0,3	5,4528	T
	MEDIDAS (CM)			
Vigas transversales:	0,4	0,3	8,448	T

	Carga Muerta	
CM=	20356,8704	Ton

	Carga viva		
Teacho:	0,48	T/m2	(NEC_SE_CG 4.2.1 TABLA 9)
CV:	1558,2144	T/m2	

Fuente: Autores

Tabla 23: Resultados del Cálculo de pesos para análisis estático

Pisos	D (Ton)	L (Ton)	W= D+0.25L (Ton)
7	3215,5904	324,628	3296,7474
6	20356,8704	1558,2144	3605,144
5	20356,8704	1558,2144	3605,144
4	20356,8704	1558,2144	3605,144
3	20356,8704	1558,2144	3605,144
2	20356,8704	1558,2144	3605,144
1	20356,8704	1558,2144	3605,144
		sumatoria	24927,6114

Fuente: Autores

3.2.5 Configuración de planta y elevación

- **Verificación en planta**

Tabla 24: Verificación en Øp de planta

Xcg=	24,25	m
Ycg=	61,475	m

Centro de Masas		
N. De Pisos	Xi(m)	Yi(m)
1	24,25	61,475
2	24,25	61,475
3	24,25	61,475
4	24,25	61,475
5	24,25	61,475
6	24,25	61,475
7	24,25	61,475

Fuente: Autores

Tipo 2.- Retrocesos Excesivos en las esquinas

En nuestra estructura existe esquinas entrantes, y se posee volados en diferentes zonas de la estructura.

Tipo 4.- Ejes estructurales no paralelos

Todos los ejes son paralelos tanto en el eje X como el eje Y

Calculo final para Øp de planta

Øp= 0,9

- **Verificación en elevación**

Tabla 25: Verificación en ØE de elevación

	Direccion Y-Y			Numero de Columnas	Molulo De Elasticidad Ton/m2	I_Columna -yy cm4	I_Columna -XX m4	Altura de entrepiso (m)	KYY (TON/m)
	Zona	A(cm)	B(cm)						
Nivel de Piso 1-7	C3	70	60	16	2043284,121	1260000	0,001250521	3,8	90084,43188
	C2	85	75	38	2043284,121	2988281,25	0,003417188	3,8	507416,1464
	C1	90	80	38	2043284,121	3840000	0,005208333	3,8	652039,6974
							KYY TOTAL=		1249540,276

	Direccion X-X			Numero de Columnas	Molulo De Elasticidad	I_Columna -XX cm4	I_Columna -XX m4	Altura de entrepiso (m)	KXX (TON/m)
	Zona	A(cm)	B(cm)						
Nivel de Piso 1-7	C1	90	80	16	2043284,121	3840000	0,001250521	3,8	274543,0305
	C2	85	75	38	2043284,121	2988281,25	0,003417188	3,8	507416,1464
	C3	70	60	38	2043284,121	1260000	0,005208333	3,8	213950,5257
							KXX TOTAL=		995909,7026

Kxx +Kyy=	2245449,978	Ton/m

N De Piso	Kxx+kyy
7	2245449,978
6	2245449,978
5	2245449,978
4	2245449,978
3	2245449,978
2	2245449,978
1	2245449,978

Tipo 1.- Pisos Flexible

K1<0.7K2			
2245449,978	<	1571814,985	Falso

K1<0.8(K2+K3)/3			
2245449,978	<	1197573,322	Falso

Fuente: Autores

En conclusión, No hay piso flexible.

Tipo2.- Distribucion De Masas

Tabla 26: Distribución de masas

Pisos	D(Ton)
7	3215,5904
6	20356,8704
5	20356,8704
4	20356,8704
3	20356,8704
2	20356,8704
1	20356,8704

20356,8704	>	30535,3056	Falso

Fuente: Autores

Tipo3.- Irregularidad Geométrica

No existe Irregularidad Geométrica

Calculo final para ØE en elevación

ØE = 1

3.2.6 Cálculo de cortante basal

Espectros de diseño para sismos

- **Factor de zona sísmica**

Ciudad	Guayaquil
Zona sísmica	VI
Valor factor Z	0,50
Caracterización de amenaza sísmica	Muy Alta

- **Clasificación del perfil del suelo**

Tipo de perfil	Descripción
B	Perfil de roca de rigidez media

- **Valor de relación de amplificación espectral, según la provincia**

n	**1.80**

- **Valor de coeficiente R según el tipo de suelo**

R	**1**

- **Factores de amplificación de espectro**

Fa	**1**
Fd	**1**
Fs	**0,75**

- **Ecuación empírica de periodo fundamental**

$$T = \frac{N_{pisos}}{10}$$

$$T = \frac{7}{10} = 0{,}70\ seg$$

$$T\ max = 1{,}4\ \cdot\ 0{,}70 = 1{,}04\ seg$$

- **Cálculo de periodo fundamental de la estructura**

$$T = C_t\ h_n^{\alpha}$$

$$T = 0{,}055 \cdot 26{,}6^{0{,}9}$$

$$T = 1{,}05\ \text{seg}$$

- **Calculo de periodo de espectro en zona de periodo corto**

$$To = 0.1 \cdot Fs \cdot \frac{Fd}{Fa}$$

$$To = 0.1 \cdot 0{,}75\ \cdot \frac{1}{1}$$

$$To = 0{,}075\ seg$$

- **Cálculo de periodo de espectro en zona de periodo largo**

$$Tc = 0{,}055 \cdot Fs \cdot \frac{Fd}{Fa}$$

$$Tc = 0{,}055 \cdot 0{,}75 \cdot \frac{1}{1}$$

$$Tc = 0{,}04125\ seg$$

- **Cálculo de las aceleraciones espectral en zona de periodo corto**

$Sa = \eta \mathrm{Z} Fa$

$Sa = 0{,}15\ seg\ \mathrm{g}$

- **Espectro elástico de diseño**

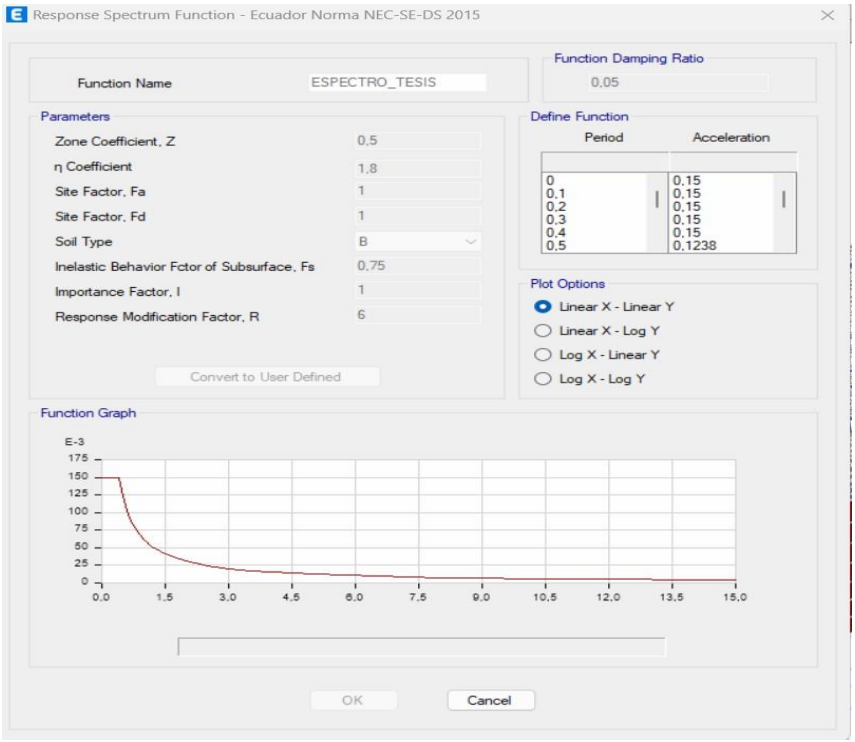


Figura 23.- Espectro elástico de diseño
Fuente: Etabs

3.2.7 Cortante basal de diseño

<u>Datos</u>

- **Factor de reducción de resistencia, R**

R	**6**

- **Factor de irregularidad en planta**

Φ*P*	**0,9**

- **Factor de irregularidad en elevación**

ΦE	**1**

- **Categoría de edificio y coeficiente de importancia**

I	**1,3**

Fórmula

$$V = \frac{\mathrm{I} \cdot Sa(ta)}{R \cdot \Phi_p \cdot \Phi_E} W$$

$V = 0{,}28$ W

3.3 Modelado estructural

Para la realización de los dos modelos estructurales del mismo edificio se utilizó el software especializado ETABS.

- **Modelo actual del edificio:** El modelo estará compuesto únicamente por pórticos resistentes a momentos que absorben las cargas laterales.

  La modelación del edificio fue realizado con ayuda de planos arquitectónicos.

3.3.1 Definición del material

Para la elaboración del presente proyecto, se han definido dos materiales fundamentales que serán empleados en los cálculos de prediseño estructural: el hormigón y el acero. El hormigón seleccionado posee una resistencia característica a la compresión de f'c=210 kg/cm2 mientras que el acero cuenta con una resistencia especificada de fy=4200 kg/cm2. Estas propiedades se consideran como parámetros clave en el diseño

estructural y serán empleadas como datos de entrada para los análisis realizados mediante el software ETABS.

La resistencia del hormigón de 210 kg/cm2 corresponde a un material adecuado para estructuras convencionales, garantizando un equilibrio entre durabilidad y costos. Este tipo de hormigón se utiliza ampliamente en edificaciones de mediana altura y soporta las exigencias propias de diseños sometidos a cargas gravitatorias y laterales. Por otro lado, el acero con límite de fluencia de 4200 kg/cm2 pertenece a las categorías de acero estructural de alta resistencia, empleado comúnmente en refuerzos longitudinales y transversales debido a su capacidad para resistir esfuerzos de tracción significativos.

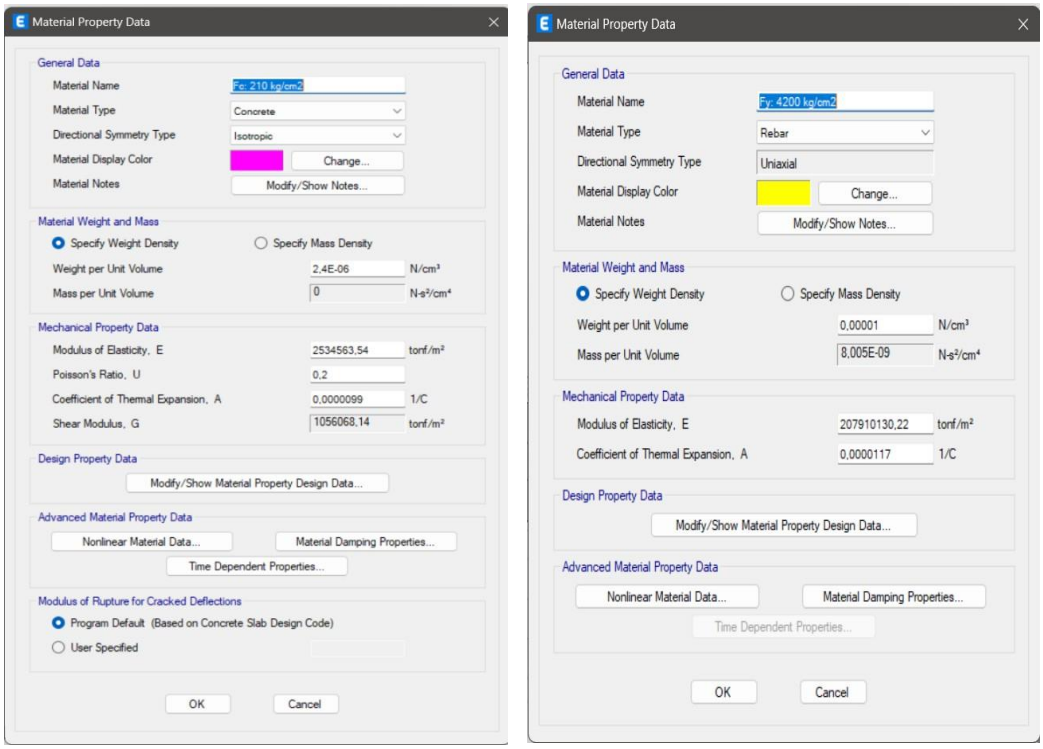


Figura 24.- Definición de las propiedades del material

Fuente: Etabs

3.3.2 Definición de columnas y vigas

Se determina las dimensiones iniciales de los principales elementos estructurales, tales como las columnas y vigas. En el caso de las columnas, se establecen secciones específicas según su ubicación en el edificio: columnas esquinadas, centrales. De manera similar, se predimensiona las vigas longitudinales y transversales, considerando las cargas gravitatorias y los momentos flectores esperados en cada elemento.

Una vez definidos los elementos, se procede a trasladar esta información al software especializado etabs.

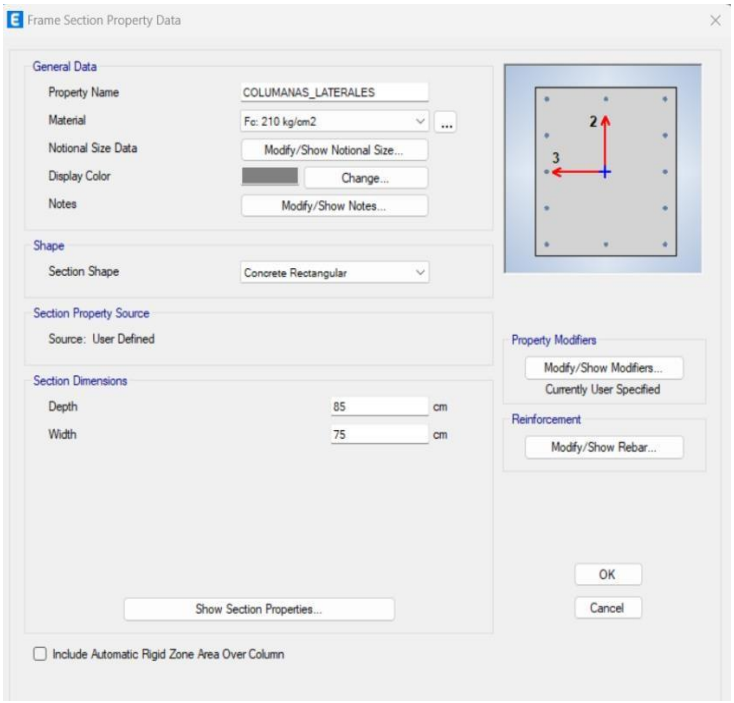


Figura 25.- Propiedades de la sección de las columnas
Fuente: Etabs

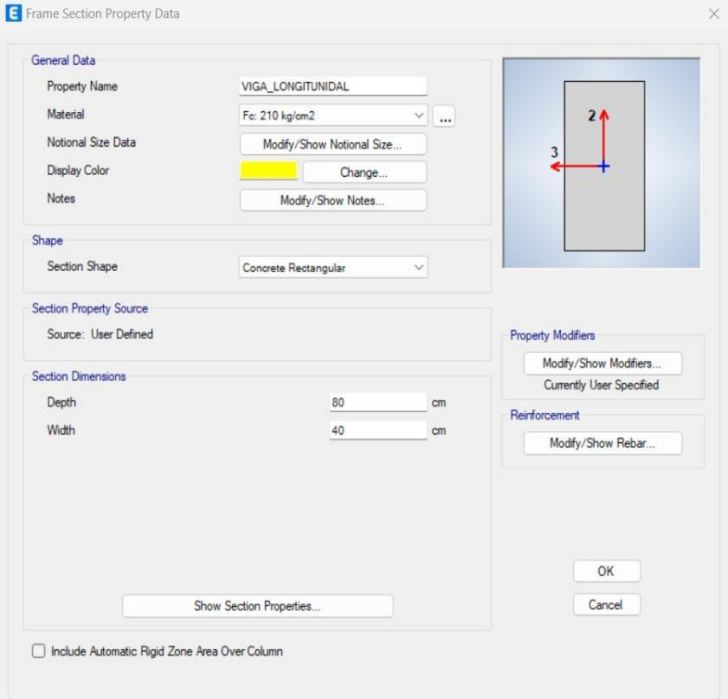


Figura 26.- Propiedades de la sección de las vigas

Fuente: Etabs

3.3.3 Losa

En el diseño de losas estructurales, es fundamental identificar el paño más crítico del edificio, es decir, aquel que está sometido a las condiciones de carga más severas, Una de las primeras decisiones en el diseño es determinar si la losa funcionará como un sistema unidireccional o bidireccional. Esta clasificación depende principalmente de la relación entre las dimensiones del panel de losa (largo y ancho) y las condiciones de apoyo. Si la relación entre las luces es inferior a 2, generalmente se considera una losa bidireccional, mientras que una relación superior a 2 indica un comportamiento unidireccional.

En lo que respecta a las losas aligeradas, estas se diseñan utilizando bloques de aligeramiento que reducen el peso propio del sistema, manteniendo una resistencia adecuada. El cálculo incluye la determinación de las dimensiones de la losa, considerando tanto su

espesor efectivo como las especificaciones de los bloques. Además, se evalúan los pesos propios y las cargas adicionales que actúan sobre la losa.

Una vez realizado el prediseño, se ingresan al programa las propiedades y características obtenidas en el prediseño, incluyendo dimensiones, materiales y cargas aplicadas.

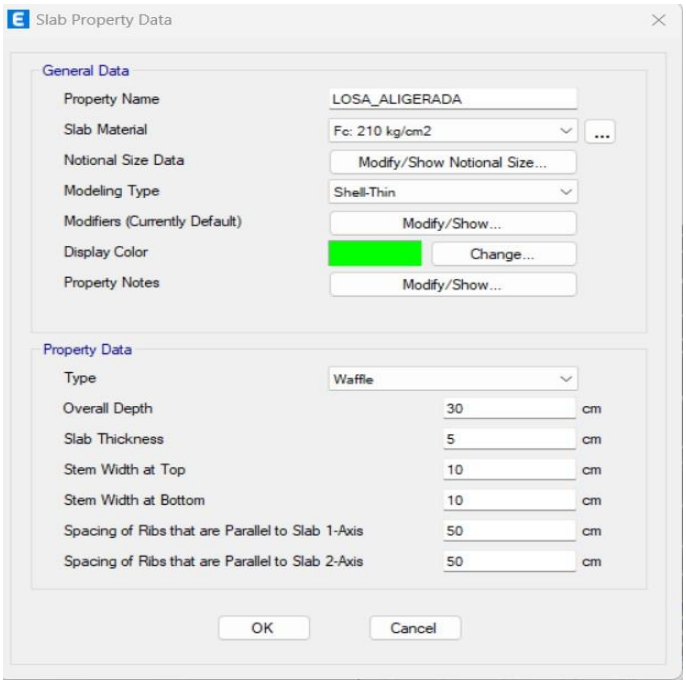


Figura 27.- Definición de propiedades de la losa
Fuente: Etabs

3.3.4 Definición de los patrones de carga

Ambos modelos estarán sujetos a las mismas condiciones de carga y restricción para hacer una comparación válida.

En el análisis se aplicarán:

- **Cargas gravitacionales:** Cargas muertas y vivas.
- **Cargas sísmicas:** Se usará el espectro sísmico determinado por la normativa local.

Estas cargas se aplican según normativas técnicas que garantizan la seguridad y funcionalidad de las edificaciones frente a diferentes escenarios de solicitaciones.

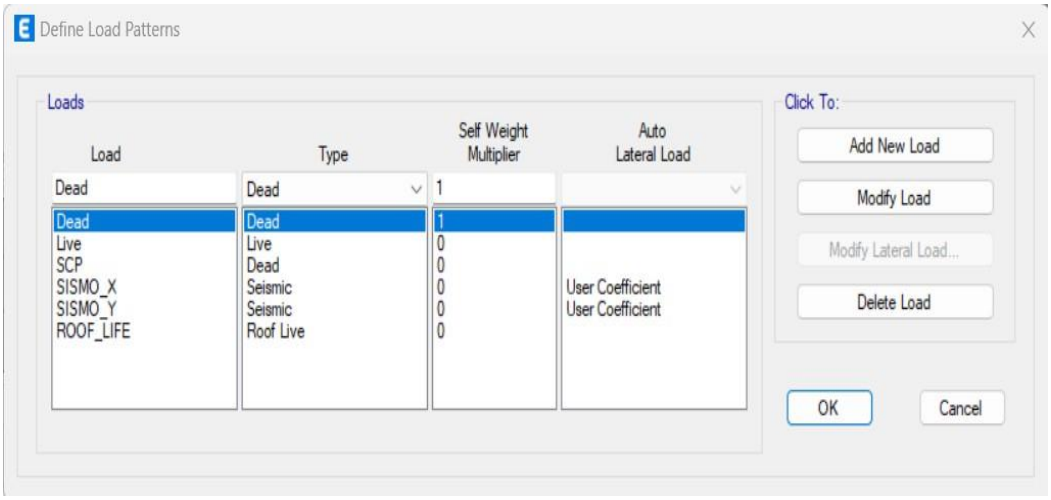


Figura 28.- Definición de los patrones de cargas sísmicas

Fuente: Etabs

3.3.5 Asignación de carga viva y carga muerta

Estas cargas, que son aquellas impuestas por el uso y ocupación del edificio, deben ser determinadas con precisión, ya que varían dependiendo del tipo de edificación y su función específica.

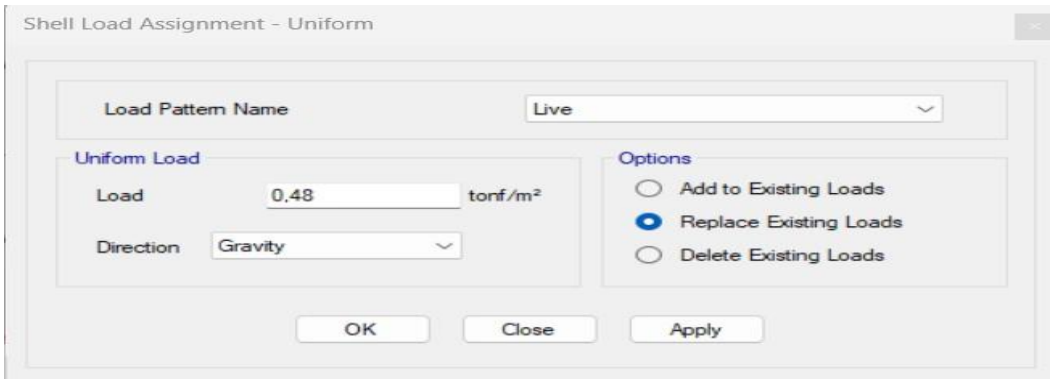


Figura 29.- Asignación de carga

Fuente: Etabs

3.3.6 Combinaciones de carga

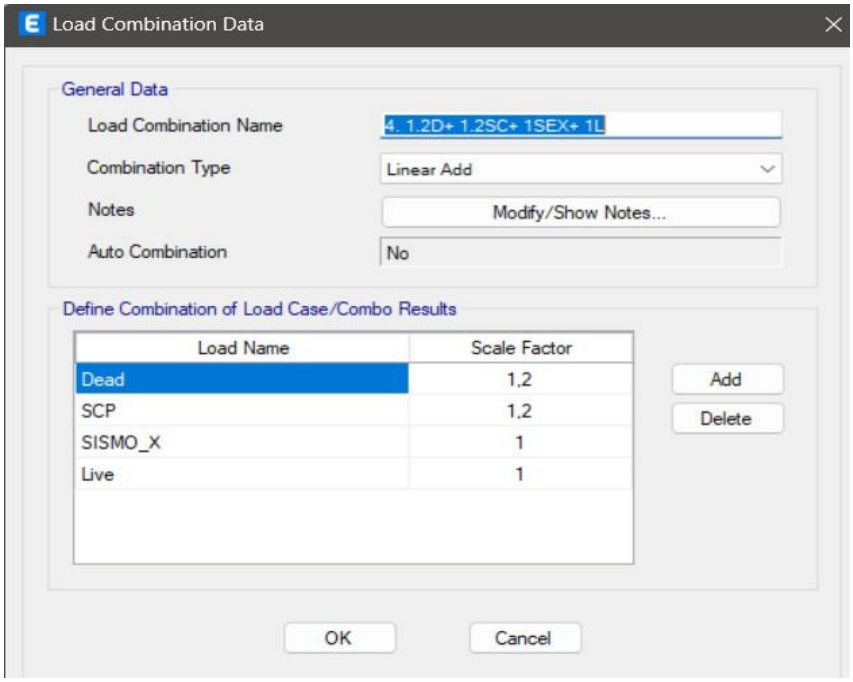


Figura 30.- Combinaciones de carga
Fuente: Etabs

3.3.7 Diafragmas

Los diafragmas tienen la función principal de resistir y transmitir las fuerzas horizontales, tales como las generadas por el viento o los sismos, hacia las estructuras verticales del edificio (columnas, muros de corte).

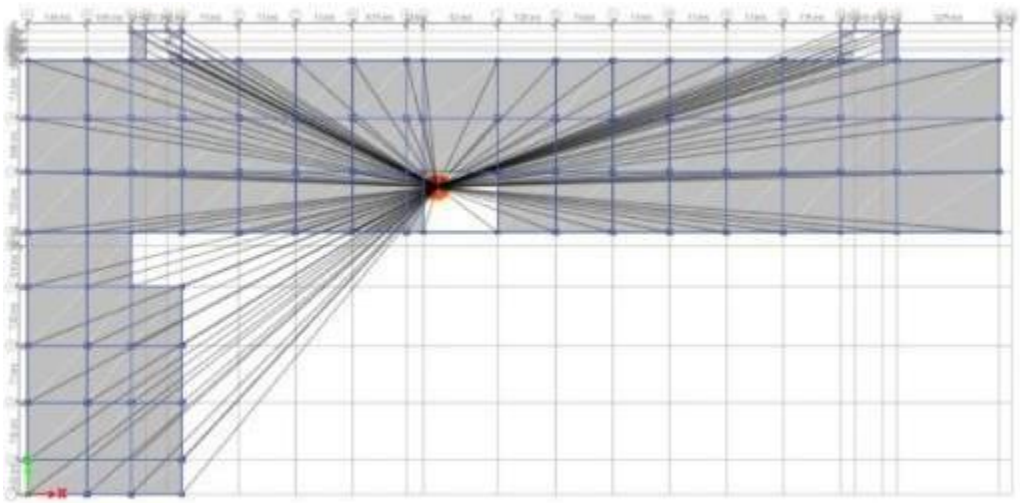


Figura 31.- Diafragmas

Fuente: Etabs

3.3.8 Modelo 3D

La geometría estructural se obtuvo a partir del archivo arquitectónico.

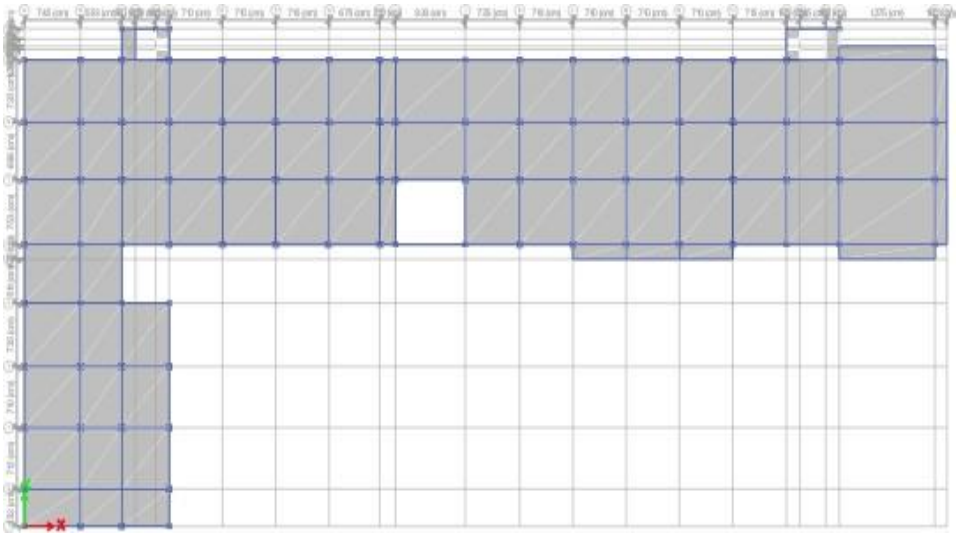


Figura 32.- Vista en planta del edificio
Fuente: Etabs

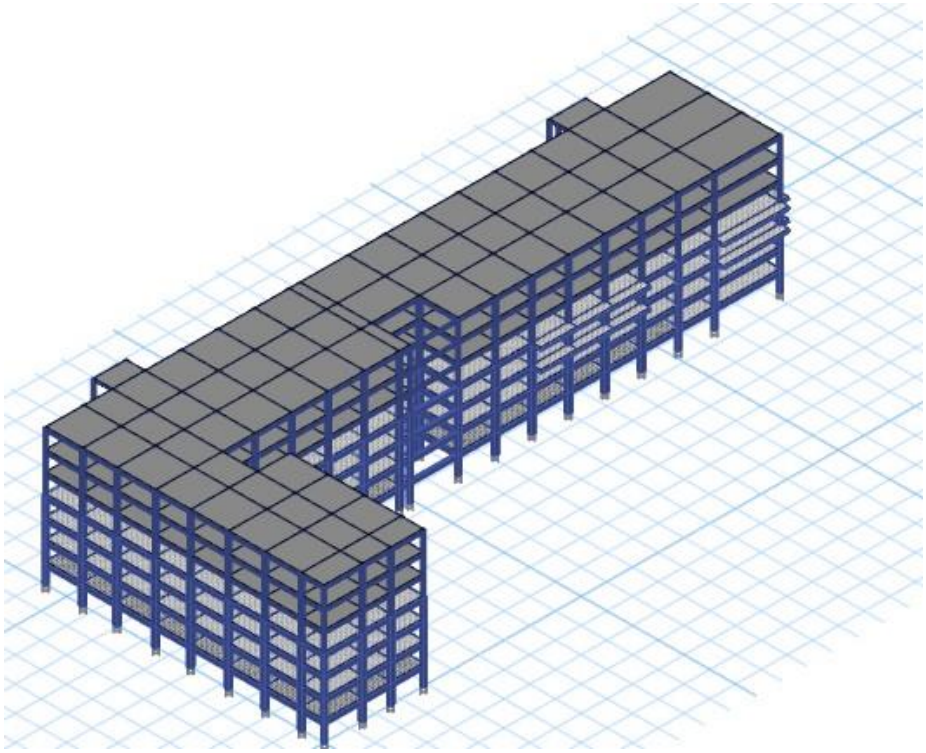


Figura 33.- Edificio en 3D
Fuente: Etabs

3.4 Resultado del primer modelo, sin muros de cortante

Se presenta torsión con el análisis de la combinación modal

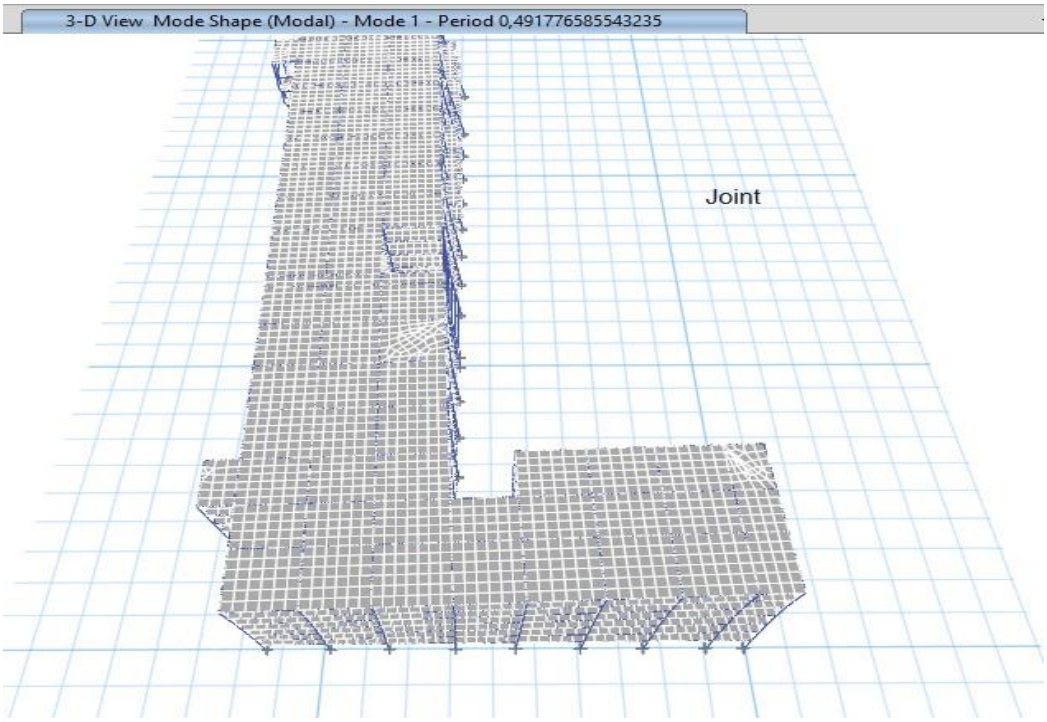


Figura 34.- Análisis del edificio sin muros de corte
Fuente: Etabs

3.5 Modelación muros estructurales

- **Modelo con muros de cortante:** El modelo incluirá la ubicación, tamaño y propiedades de los muros de cortante.

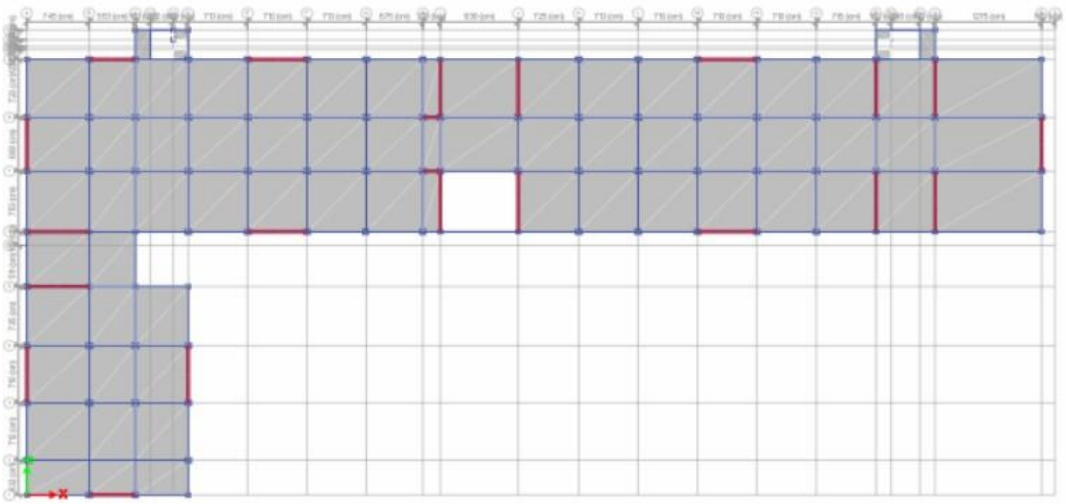


Figura 35.- Vista en planta del edificio con la ubicación de los muros de corte
Fuente: Etabs

✓ Modelo 3D

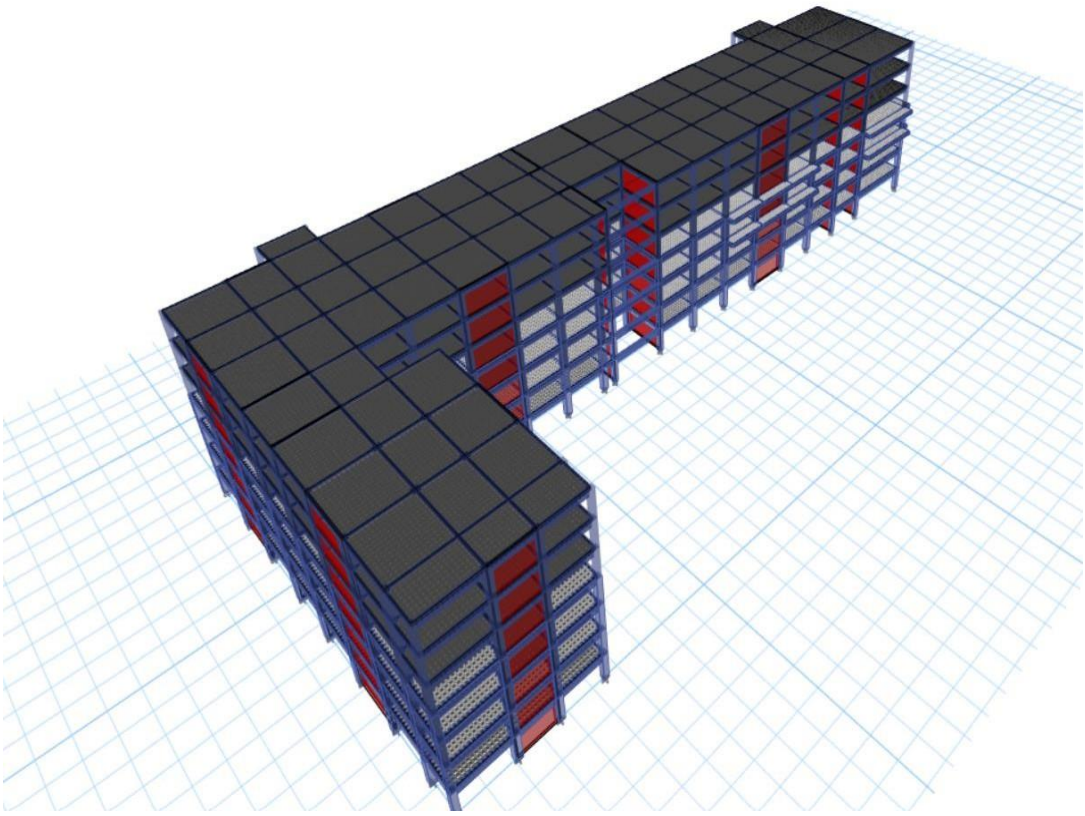


Figura 36.- Edificio con muros de corte en 3D

Fuente: Etabs

✓ Diseño

Tabla 27: Diseño de los muros de corte

ESPESOR APROX DE LA PLACA		
L	0,19	m
sin embrago el esperso por normtiva de un edificio de 6a 10 piso es de 0,25m		

L	0,25	m
	25	cm

METODO DE RE.				
Lx	36,01733794		40	m
ly	10,80520138		20	m

Fuente: Autores

3.6 Resultado del segundo modelo, con muros de cortante

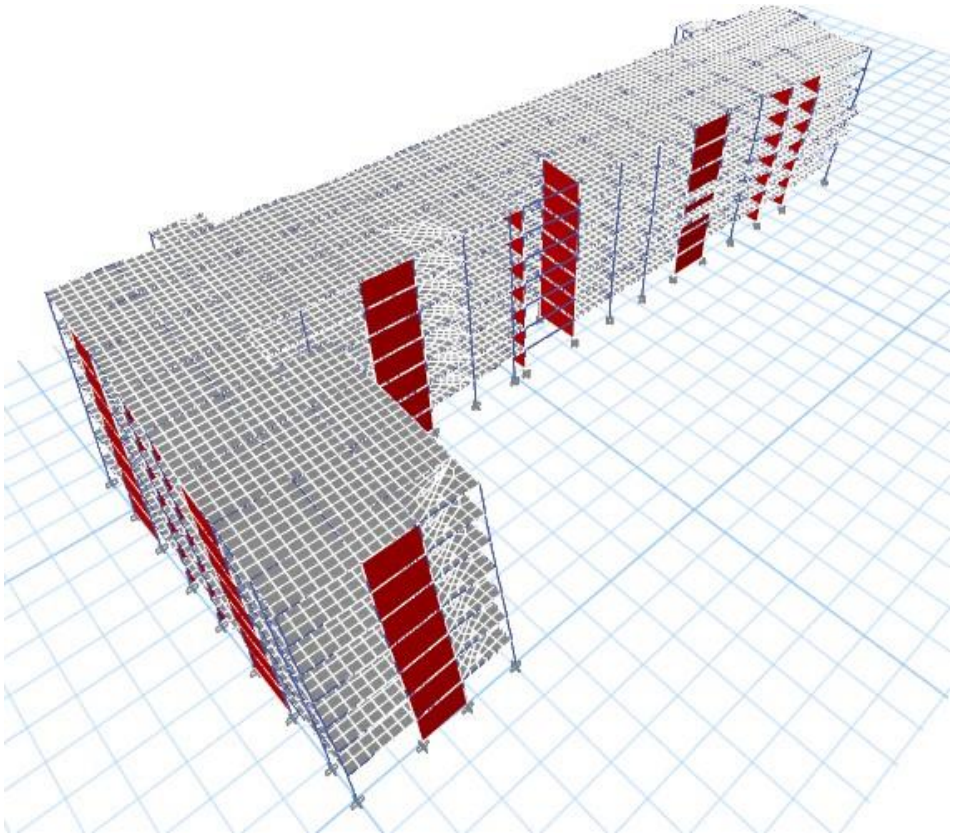


Figura 37.- Análisis del edificio con muros de corte

Fuente: Etabs

CAPITULO IV

4 Resultados

4.1 Comparación de los resultados obtenidos

- **Periodos de vibración**

Se puede observar que la rigidez del edificio ha aumentado

Tabla 28: Comparación de los periodos de vibración

	Periodo de vibración sin muros	Periodo de vibración con muros	DIFERENCIA
MODOS	S	S	%
1	0,49	0,28	56%
2	0,44	0,26	59%
3	0,38	0,21	54%
4	0,16	0,08	49%
5	0,15	0,08	53%
6	0,13	0,06	47%
7	0,10	0,04	45%
8	0,09	0,04	48%
9	0,08	0,03	42%
10	0,07	0,03	44%
11	0,06	0,03	47%
12	0,06	0,03	44%

Fuente: Autores

- **Torsión**

Tabla 29: Comparación de torsión en el edificio

casos	modo	RX	RY	RZ	sumatoria	diferencia
modal	1	0,0669	0,0144	0,392	0,4733	83%
modal	2	0,0954	0,0314	0,2208	0,3476	64%
modal	3	0,0031	0,1147	0,2221	0,3399	65%

casos	modo	RX	RY	RZ	sumatoria	diferencia
modal	1	0,0471	0,1443	0,1039	0,2953	35%
modal	2	0,1088	0,0709	0,1354	0,3151	43%
modal	3	0,0684	0,0008	0,5344	0,6036	89%

torsion de edificio sin muros	torsion del edificio con muros	
diferencia	diferencia	
83%	35%	42%
64%	43%	68%
65%	89%	135%

Fuente: Autores

Hay aspecto muy positivo con respecto a la comparación, primero se redujo drásticamente en los dos primeros casos, en un 68%, y 42% con los muros, en parte ha mejorado la torsión.

- **Máximas derivas – Edificio sin muros de corte**

Deriva sismo estático X = 0,000873	Deriva sismo estático Y = 0,001562

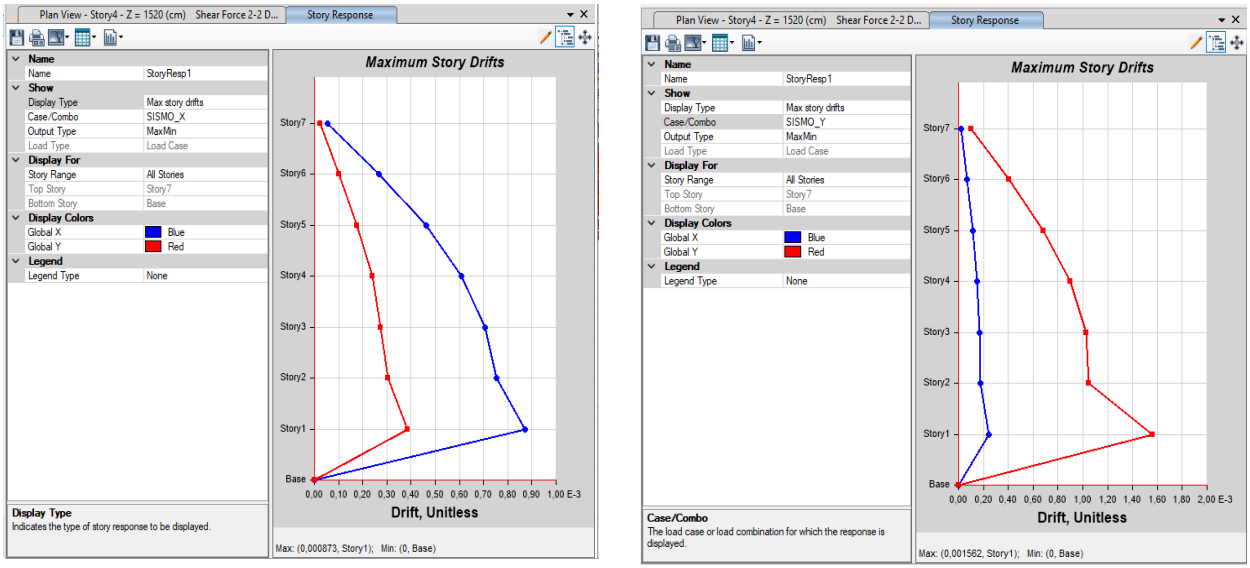


Figura 39.- Derivas sismo estático

Fuente: Etabs

Deriva sismo dinámico X = 0,000011	Deriva sismo dinámico Y = 0,000011

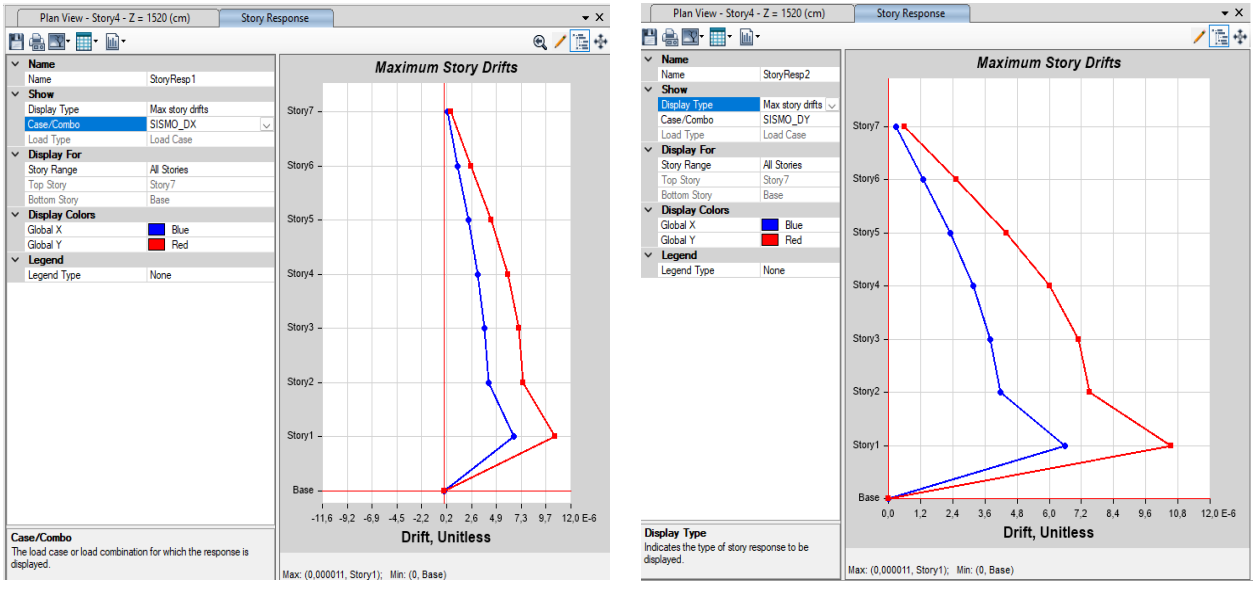


Figura 38.- Derivas sismo dinámico

Fuente: Etabs

Las derivas máximas obtenidas a partir de los análisis sísmicos estático y dinámico se emplean para verificar si la deriva se ajusta a los límites establecidos por la normativa, los cuales especifican un máximo del 2 %.

Tabla 30: Resultados obtenidos de las derivas máximas

Sismo Estatico X	Sismo Estatico Y	Sismo Dinamico X	Sismo Dinamico Y
0,000873	0,001562	0,000011	0,000011

Δ_X	0,39	< 2%
Δ_Y	0,70	

Fuente: Autores

- **Máximas derivas – Edificio con muros de corte**

Deriva sismo estático X = 0,000397	Deriva sismo estático Y = 0,000355

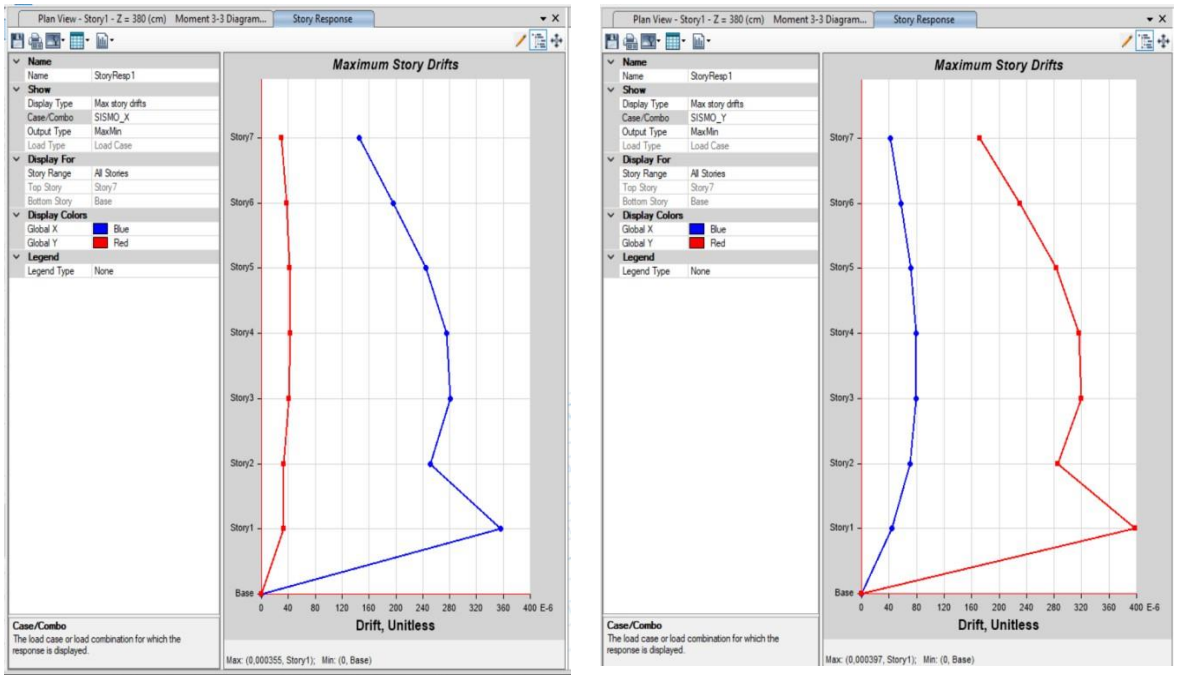


Figura 40.- Derivas sismo estático en edificio reforzado con muros de corte

Fuente: Etabs

Deriva sismo dinámico X = 0,000348	Deriva sismo dinámico Y = 0,000367

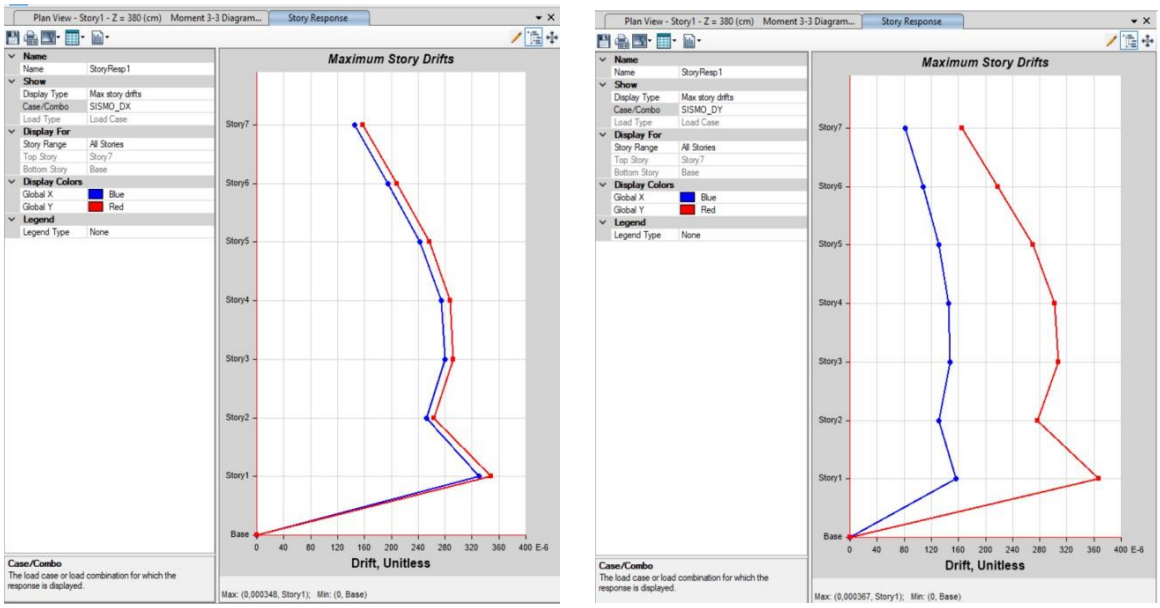


Figura 41.- Derivas sismo dinámico en edificio reforzado con muros de corte

Fuente: Etabs

Tabla 31: Resultados de las derivas máximas del edificio con muros de corte

Sismo Estatico X	Sismo Estatico Y	Sismo Dinamico X	Sismo Dinamico Y
0,000397	0,000355	0,000348	0,000367

Δ_X	0,18	< 2%
Δ_Y	0,16	

Fuente: Autores

- **Tabla modal**

El edificio se volvió más rígido. Con respecto a la tabla, la diferencia del uno a la otro, es significativa, ya que esta ha bajado críticamente en los modos 1,2,3,4, estos generalmente representan los movimientos más significativos de la estructura.

Tabla Modal del edificio sin muros

SumRX	SumRY	SumRZ
0,0669	0,0144	0,392
0,1623	0,0457	0,6128
0,1654	0,1605	0,8349
0,4648	0,2196	0,8827
0,7865	0,3364	0,911
0,7976	0,8045	0,9367
0,8328	0,8099	0,9518
0,8759	0,823	0,9639
0,877	0,8835	0,9721
0,9109	0,8883	0,9779
0,9575	0,9004	0,9853
0,9687	0,9058	0,9865

Tabla Modal del edificio con muros

SumRX	SumRY	SumRZ
0,0471	0,1443	0,1039
0,156	0,2152	0,2393
0,2244	0,2159	0,7738
0,2619	0,7205	0,7818
0,6151	0,7865	0,8207
0,7882	0,7873	0,9315
0,7898	0,902	0,932
0,8711	0,9043	0,9457
0,9096	0,9043	0,976
0,9102	0,9713	0,9761
0,9553	0,972	0,9818
0,9553	0,9933	0,9818

Figura 42.- Resultados obtenido de los modelos

Fuente: Etabs

- **Derivas del edificio**

Se puede observar que disminuyo significativamente debido a los muros más que todo en los casos de sismos dinámico, sin embargo, tanto el edificio de muros, como el que no tiene, cumple con las derivas de las normativas.

Tabla 32: Comparación de las derivas máximas de los modelos

	derivas maximas del edificio sin muros	derivas maximas del edificio con muros	
Sismo Estatico X	0,000846	0,000367	43%
Sismo Estatico Y	0,001325	0,000348	26%
Sismo Dinamico X	0,1235	0,0003555	0%
Sismo Dinamico Y	0,1377	0,000397	0%

Fuente: Autores

- **Acero del edificio**

El acero por parte del edificio sin muro falla en columnas y vigas. Los muros estructurales, debido a su alta rigidez, absorben una gran parte de las fuerzas laterales, esto reduce la demanda de momento flector, corte y axial en las vigas y columnas, permitiendo que el acero de estos elementos quede dentro de su rango admisible.

- **Edificio sin muros**

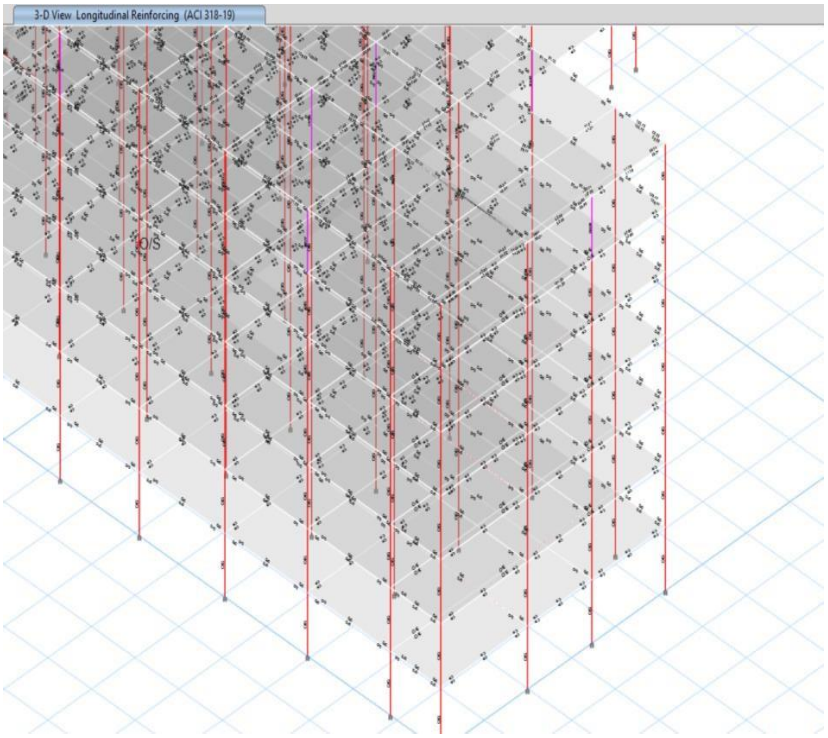


Figura 43.- Acero del edificio sin muros de corte

Fuente: Etabs

Concrete Column Design Information (ACI 318-19)

Story: Story1 | Section Name: COLUMNAS_ESQUINERAS
Column: C4

COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
7. 1.2D+ 1.2	0,000	42,00	0,0000	0,0000
7. 1.2D+ 1.2	150,000	42,00	0,0000	0,0000
7. 1.2D+ 1.2	300,000	42,00	0,0000	0,0000
8. 1.2D+ 1.2	0,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
8. 1.2D+ 1.2	150,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
8. 1.2D+ 1.2	300,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
10. 1.2D+ 1.	0,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
10. 1.2D+ 1.	150,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
10. 1.2D+ 1.	300,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
9. 1.2D+ 1.2	0,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
9. 1.2D+ 1.2	150,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
9. 1.2D+ 1.2	300,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
11. 1.2D+ 1.	0,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
11. 1.2D+ 1.	150,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3
11. 1.2D+ 1.	300,000	O/S #2	O/S #3	O/S #3

Overwrites | Interaction | Details

Strength
Deflection

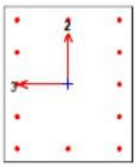
OK | Cancel

Figura 44.- Información de diseño de las columas esquineras

Fuente: Etabs

ETABS Concrete Frame Design

ACI 318-19 Column Section Design (Summary)



Column Element Details (Part 1 of 2)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)
Story1	C4	28	COLUMNAS	11. 1.2D+ 1.2SC- 1SDY+ 1L	300	380

Column Element Details (Part 2 of 2)

LLRF	Type
0,534	Sway Special

Section Properties

b (cm)	h (cm)	dc (cm)	Cover (Torsion) (cm)
60	70	6	2,73

Material Properties

E_c (N/cm²)	f'_c (N/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (N/cm²)	f_{ys} (N/cm²)
2485557,81	2757,9	1	41368,55	41368,55

Design Code Parameters

ϕ_T	ϕ_{CTied}	$\phi_{CSpiral}$	ϕ_{Vns}	ϕ_{Vs}	ϕ_{Vjoint}	Ω_0
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85	2

Axial Force and Biaxial Moment Design for P_u, M_{u2}, M_{u3}

Design P_u N	Design M_{u2} N-cm	Design M_{u3} N-cm	Minimum M2 N-cm	Minimum M3 N-cm	Rebar Area cm²	Rebar % %
-65329243,71	-575857041	715094540,61	217154406,08	236753179,19	700,1(O/S #2)	16,67(O/S #2)

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	C_m Factor Unitless	δ_{ns} Factor Unitless	δ_s Factor Unitless	K Factor Unitless	Length cm
Major Bend(M3)	0,431596	1	1	1	300
Minor Bend(M2)	0,426229	1	1	1	300

Figura 45.- Información de diseño del edificio

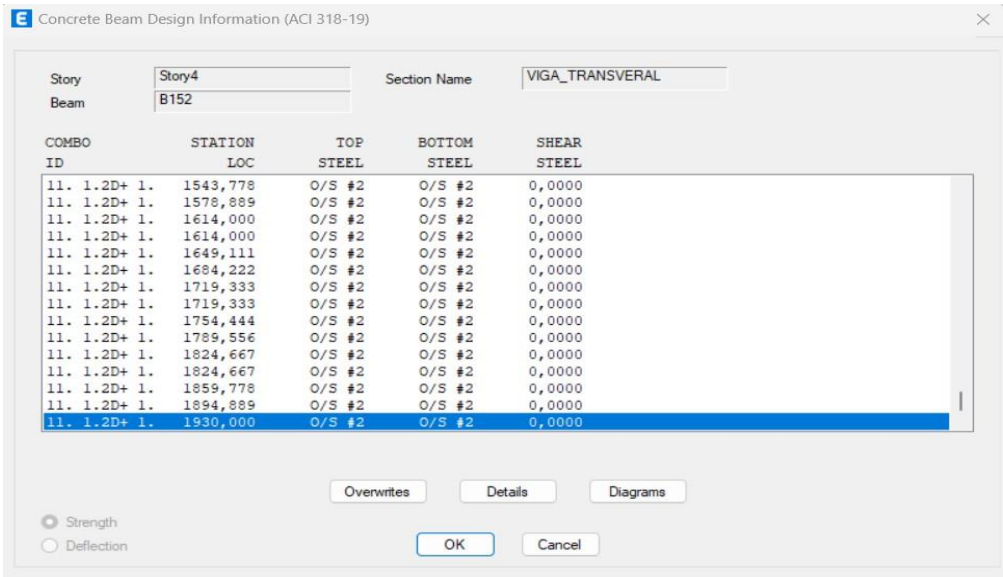
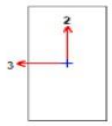


Figura 46.- Información de diseño de las vigas transversales

Fuente: Etabs

ETABS Concrete Frame Design

ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details (Part 1 of 2)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF
Story5	B127	1515	VIGA	11. 1.2D+ 1.2SC- 1SDY+ 1L	510,5	553	1

Beam Element Details (Part 2 of 2)

Type
Sway Special

Section Properties

b (cm)	h (cm)	b$_f$ (cm)	d$_s$ (cm)	d$_c$ (cm)	d$_{cb}$ (cm)
40	80	40	0	5	5

Material Properties

E$_c$ (N/cm²)	f'$_c$ (N/cm²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f$_y$ (N/cm²)	f$_{ys}$ (N/cm²)
2485557,81	2757,9	1	41368,55	41368,55

Design Code Parameters

Φ T	Φ CTied	Φ CSpiral	Φ Vns	Φ Vs	Φ Vjoint
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M$_{u3}$

	Design Moment N-cm	Design P$_u$ N	-Moment Rebar cm²	+Moment Rebar cm²	Minimum Rebar cm²	Required Rebar cm²
Top (+2 Axis)	-1298902750	0	503,64	O/S #2	O/S #2	O/S #2
Bottom (-2 Axis)	649451375,11	0	476,95	O/S #2	O/S #2	O/S #2

Shear Force and Reinforcement for Shear, V$_{u2}$

Shear V$_{u2}$ N	Shear ΦV$_c$ N	Shear ΦV$_s$ N	Shear V$_p$ N	Rebar A$_v$ /s cm²/cm
0	0	0	0	0

Figura 47.- Información de diseño del edificio

- **Edificio con muros**

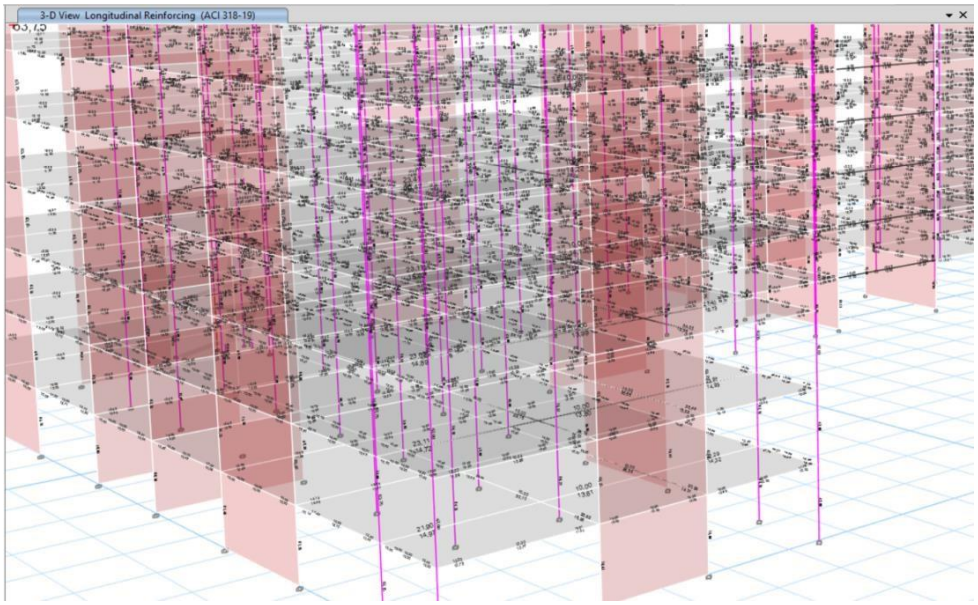


Figura 48.- Acero del edificio con muros de corte

Fuente: Etabs

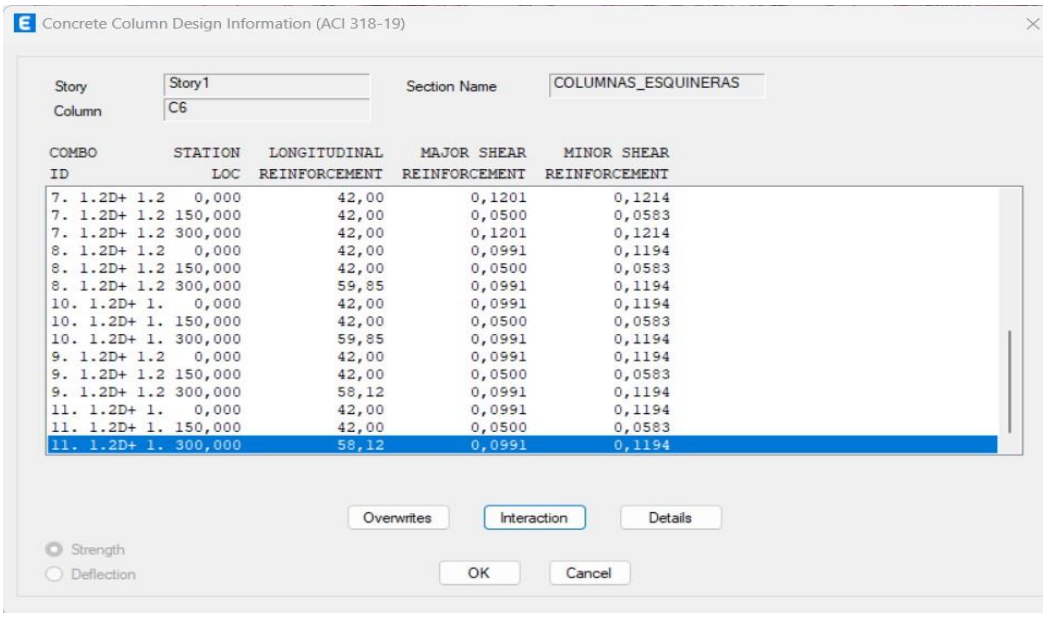
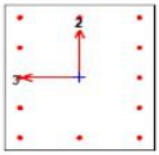


Figura 49.- Información de diseño de las columnas esquineras en el edificio

Fuente: Etabs

ETABS Concrete Frame Design

ACI 318-19 Column Section Design (Summary)



Column Element Details (Part 1 of 2)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)
Story1	C6	42	COLUMNAS ESQUINERAS	11. 1.2D+ 1.2SC- 1SDY+ 1L	300	380

Column Element Details (Part 2 of 2)

LLRF	Type
0,435	Sway Special

Section Properties

b (cm)	h (cm)	dc (cm)	Cover (Torsion) (cm)
60	70	6	2,73

Material Properties

E_c (tonf/m²)	f'_c (tonf/m²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (tonf/m²)	f_{ys} (tonf/m²)
2534563,54	2812,28	1	42184,18	42184,18

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_{CTied}	$\Phi_{CSpiral}$	Φ_{Vns}	Φ_{Vs}	Φ_{Vjoint}	Ω_0
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85	2

Axial Force and Biaxial Moment Design for P_u , M_{u2} , M_{u3}

Design P_u tonf	Design M_{u2} tonf-m	Design M_{u3} tonf-m	Minimum M2 tonf-m	Minimum M3 tonf-m	Rebar Area cm²	Rebar % %
-65,38	-33,16	-1,89	2,17	2,37	58,12	1,38

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	C_m Factor Unitless	δ_{ns} Factor Unitless	δ_s Factor Unitless	K Factor Unitless	Length cm
Major Bend(M3)	0,358201	1	1	1	300
Minor Bend(M2)	1	1	1	1	300

Figura 50.- Información de diseño del edificio con muros de corte

Fuente: Etabs

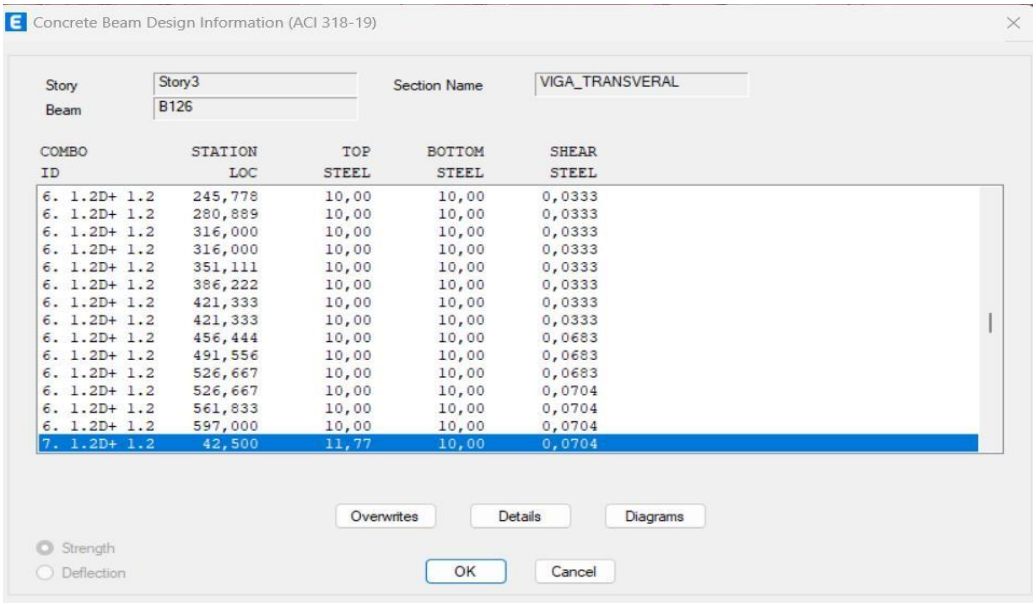
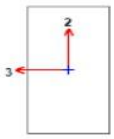


Figura 51.- Información de diseño de las vigas transversales en el edificio
Fuente: Etabs

ETABS Concrete Frame Design

ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Story3	B126	1510	VIGA TRANSVERAL	7. 1.2D+ 1.2SD- 1SEX +1L	42,5	632	1	Sway Special

Section Properties

b (cm)	h (cm)	b_f (cm)	d_s (cm)	d_c (cm)	d_cc (cm)
40	80	40	0	5	5

Material Properties

E_c (tonf/m²)	f'_c (tonf/m²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (tonf/m²)	f_ys (tonf/m²)
2534563,54	2812,28	1	42184,18	42184,18

Design Code Parameters

Φ_T	Φ_CTied	Φ_CSpiral	Φ_Vns	Φ_Vs	Φ_Vjoint
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_u3

	Design Moment tonf-m	Design P_u tonf	-Moment Rebar cm²	+Moment Rebar cm²	Minimum Rebar cm²	Required Rebar cm²
Top (+2 Axis)	-32,36	0	11,77	0	10	11,77
Bottom (-2 Axis)	16,18	0	0	5,78	10	10

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_u2

Shear V_u2 tonf	Shear ΦV_c tonf	Shear ΦV_s tonf	Shear V_p tonf	Rebar A_v /s cm²/cm
16,71	0	16,71	14,9	0,0704

Figura 52.- Información de diseño del edificio con muros de corte
Fuente: Etabs

Conclusiones

El uso del software ETABS para modelar la estructura del edificio permitió una representación precisa del comportamiento estructural bajo diferentes configuraciones. Tanto la estructura actual como la reforzada con muros de corte se analizaron permitiendo evaluar desplazamientos, derivas y esfuerzos internos.

El análisis realizado conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción demostró que la estructura reforzada con muros de corte presenta un comportamiento estructural superior en comparación con la estructura que se compone únicamente de pórticos. En el modelo con muros de corte, los desplazamientos laterales, las derivas de entrepiso, los esfuerzos en los elementos estructurales, fueron significativamente menores, lo que reflejó una mayor rigidez y resistencia a las cargas sísmicas, lo que disminuye el riesgo de fallos estructurales. Además se observó que estos elementos son efectivos en la distribución de las cargas, reduciendo la presión sobre otras partes de la estructura.

La comparación entre la estructura actual y la reforzada mostró las ventajas de integrar muros de corte en estructuras. Los resultados destacan cómo los refuerzos diseñados adecuadamente favorecen un comportamiento estructural más seguro y eficiente.

Ambos modelos estructurales analizados cumplen con los requisitos establecidos por la NEC – 15, la estructura actual asegura un nivel de seguridad aceptable. Sin embargo, la estructura reforzada ofrece un margen de seguridad superior, lo que resulta importante en zonas con alta actividad sísmica.

Recomendaciones

Se recomienda implementar muros de corte en el diseño de edificaciones ubicadas en zonas de alta actividad sísmica para fortalecer la capacidad de las estructuras de resistir los efectos de los sismos, garantizando así una mayor seguridad y estabilidad en situaciones sísmicas.

Cualquier intervención estructural debe realizarse en cumplimiento estricto de las normativas vigentes. Asimismo, es importante considerar posibles actualizaciones de la NEC u otras regulaciones para garantizar la vigencia y efectividad del diseño estructural a largo plazo.

Referencias bibliográficas

ACI - 318 - 19. (s.f.). *American Concrete institute, Requisitos de reglamento para concreto estructural.*

Alcalá, J. (2014). *Evaluación estructural edificio concreto acero 23 niveles columnas concreto reforzado acción compuesta diseñado construido 1989-1994 Paseo Reforma Ciudad México.* México.

Alvarado. (2004). *Sistemas estructurales.* Universidad de el Salvador.

Awad, R. R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios* (2da ed.). Medellín: Eafit.

Ayoví, J. (2019). *Análisis de las vulnerabilidades y capacidades psicosociales, económicas y de salud de los moradores afectados por eventos peligrosos de la parroquia Tonsupa del Cantón Atacames.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

BAZÁN, E., & MELI, R. (1985). *Diseño sísmico de edificios* (1era ed.). México: Limusa.

Bongilwar, R. *Significance of Shear Wall in Multi-Storey Structure With Seismic Analysis.* Facultad de Ingeniería y Gestión Ramdeobaba, Nagpur, India.

Chopra, A. (2014). *Dinámica de estructuras* (4ta ed.).

Cueva, R., & González, D. *Diseño por desempeño de edificaciones en homigón armado con muros de corte mediante los códigos FEMA, utilizando el programa ETABS.* Esuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.

Dávila. (2005). *Análisis y diseño sísmico por desempeño de edificios de muros estructurales.* Universidad de los Andes.

Estay, C. G. (2008). *Características de muros de hormigón armado diseñados en chile.* Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Fernández, J. O. Diseño sísmico basado en desplazamientos de estructuras de hormigón armado aporticadas y estructuras con muros de corte. *Tesis* . Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Fratelli, M. (1999). *Edificio de pantallas y estructuras aporticadas.* Caracas, Venezuela.

Fraume, M. M. Modelación probabilista de pérdidas económicas por sismo para la estimación de la vulnerabilidad fiscal del estado y la gestión financiera del riesgo soberano. *Tesis doctoral para optar el grado de doctor por la Universitat Politècnica de Catalunya.* Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.

López, Ó. *Diseño De Un Sistema Estructural Con Muros De Cortante Para Un Edificio De Cinco Pisos.* Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

McCormac, & Brown. (2018). *Diseño de concreto reforzado* (8a ed.). Alfaomega.

Medina, C., & Placencia, P. (2017). *Reducción de la Vulnerabilidad en Estructuras Esenciales de Hormigón Armado: Hospitales, Situadas en Zonas de Alto Peligro Sísmico en el Ecuador*.

Melone, S. S. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales.* Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Morales, R., Sánchez, A., & Yamashiro, R. (1993). *Diseño sísmico de construcciones.* Informe de investigación, Universidad Nacional de Ingeniería.

Muñoz, C. (2018). *Efectos económicos provocados por el terremoto al turismo en Manta provincia de Manabí - Ecuador años 2016 - 2017*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

Musson, R., Schwarz, J., & Stucchi, M. (2008). *Escala Macrosísmica Europea* (2da ed.). (G. Grünthal, Ed.) Hamburgo, Alemania.

NCSE - 02. (2009). *Norma de construcción sismo resistente.*

NEC - SE - CG. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción Cargas no Sísmicas.*

NEC - SE - DS. (2015). *Peligro sísmico diseño sismo resistente.* Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Oller, B., & Vielma. (2005). *Calculo y diseño sismo resitente de edificios.* (A. H. Barbat, Ed.) España.

Ordoñez, J. (2015). *Diseño sísmico basado en desplazamientos de estructuras de hormigón armado aporticadas y estructuras con muros de corte.* Escuela Politécnica Nacional, Quito.

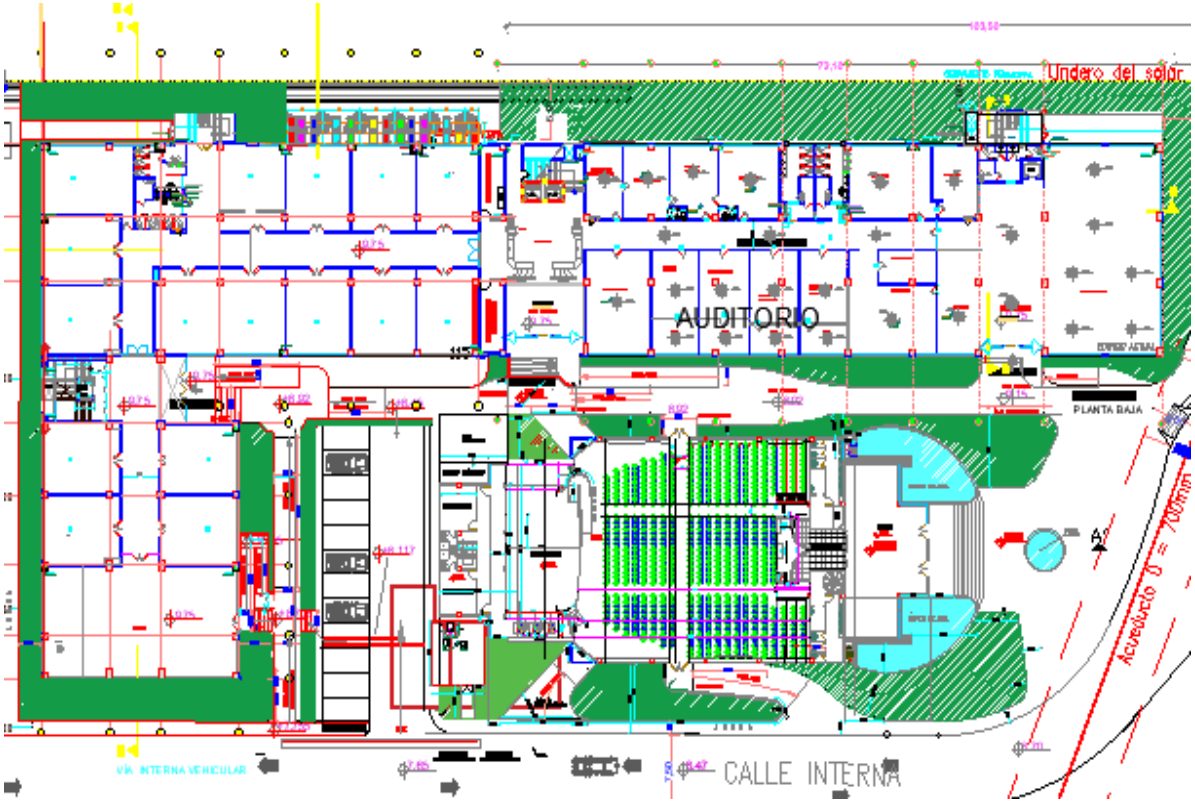
Ortiz, E. L. (2012). *Diseño estructural sismo - resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado.* Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Patiño, J. Análisis del comportamiento de muros de corte de hormigon armado. *Máster en Ingienería del Hormigón.* Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

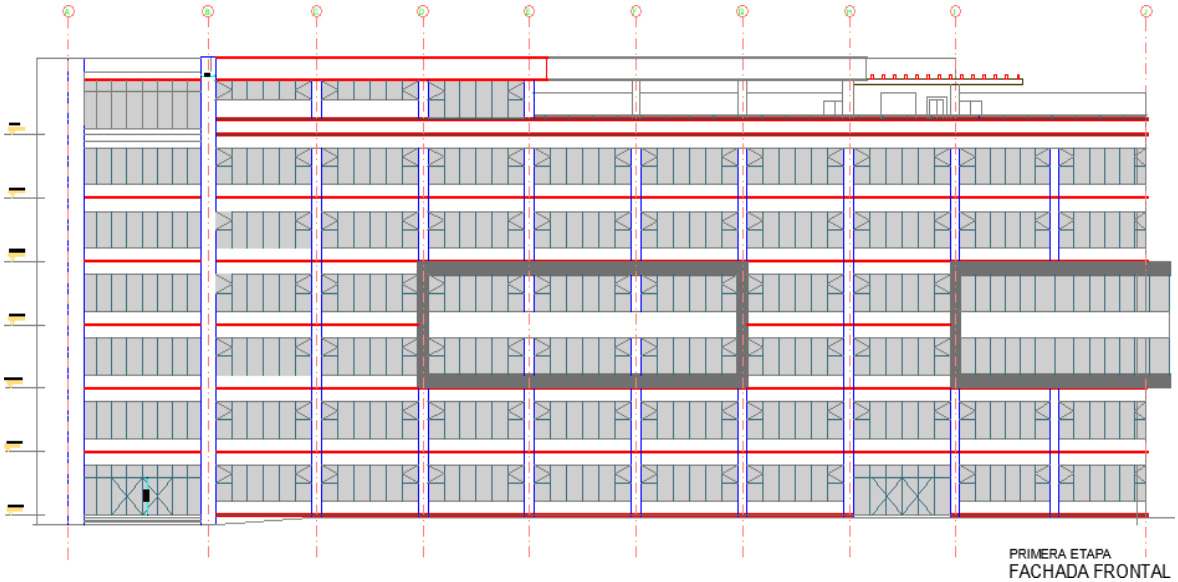
Paulay, & Priestley. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings.*

UNDRO. (1980). *Natural Disasters and Vulnerability Analysis: report of Expert Group Meeting, Geneva.* United Nations Disaster Relief Co - ordinator.

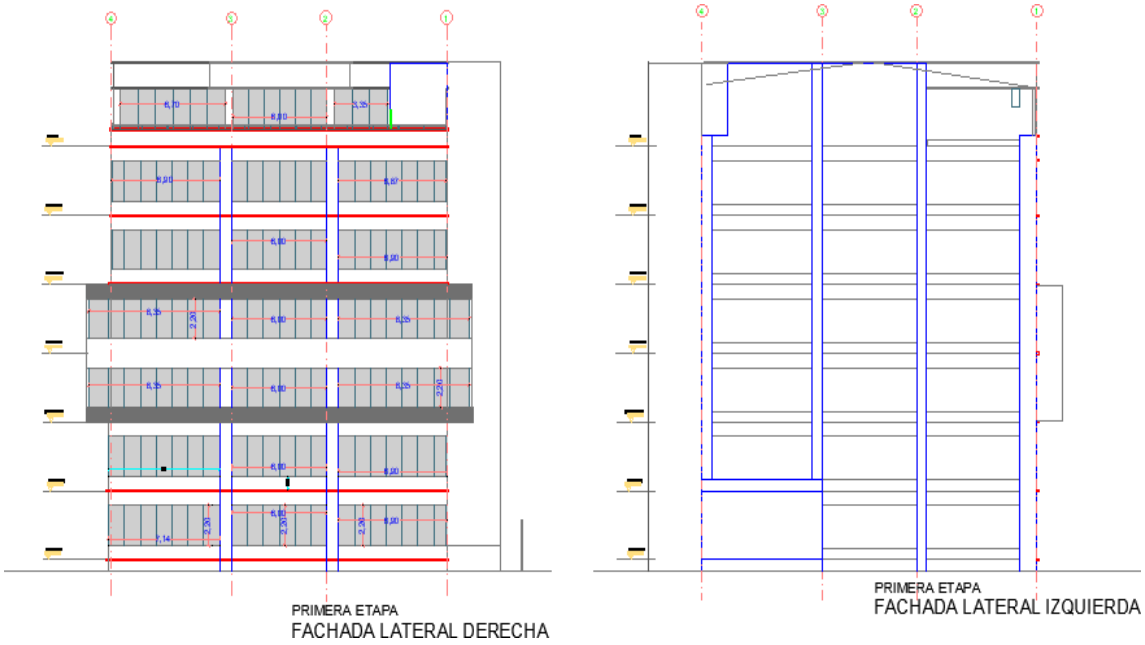
Anexos



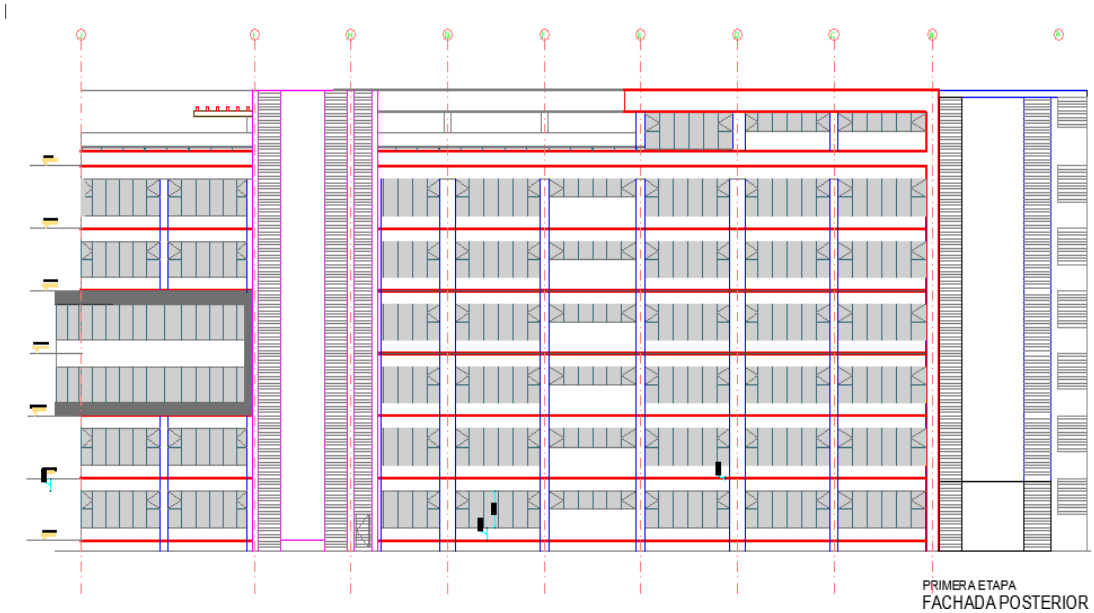
Plano 2.- Vista en planta



Plano 1.- Fachada frontal

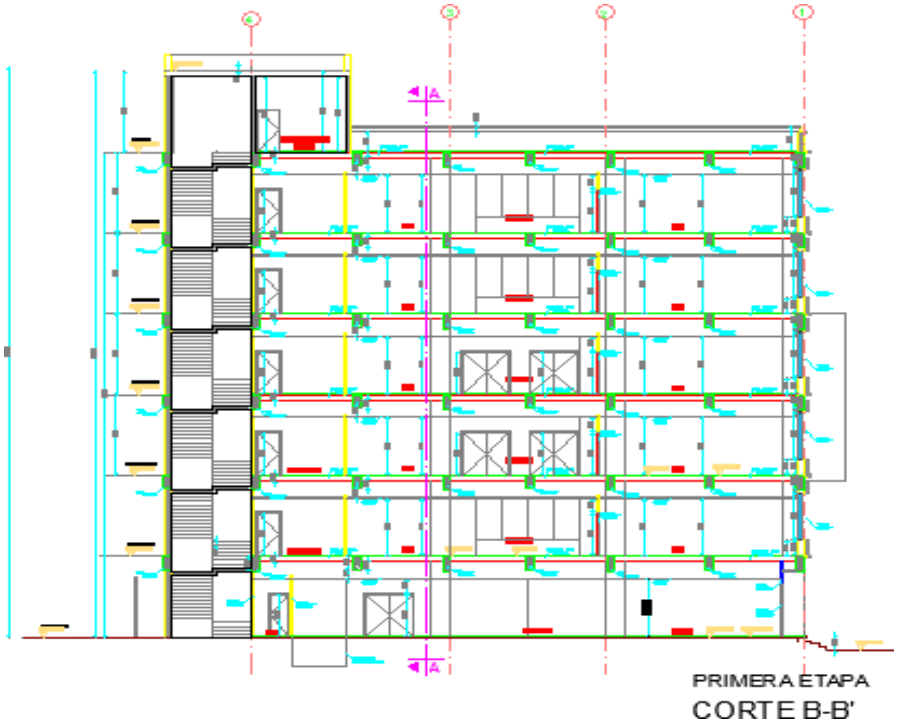


Plano 3.- Fachadas laterales



Plano 4.- Fachada posterior

Plano 5.- Corte A-A´



Plano 6.- Corte B-B´