



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE
GRAN ALTURA DE ACERO ESTRUCTURAL UTILIZANDO LA NEC-SE, 2015, Y
LA PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA NEC-SE, 2024**

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

AUTORES: Dennise Gabriela Briceño Alvarez
Anderson German Vargas Vásquez

TUTOR: José Paúl Olmedo Cueva

Quito - Ecuador
2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Dennise Gabriela Briceño Alvarez con documento de identificación N°1727344465 y Anderson German Vargas Vásquez con documento de identificación N°1726333931; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos 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.

Quito, 04 de agosto del 2025

Atentamente,



Dennise Gabriela Briceño Alvarez
1727344465



Anderson German Vargas Vásquez
1726333931

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

Nosotros, Dennise Gabriela Briceño Alvarez con documento de identificación N°1727344465 y Anderson German Vargas Vásquez con documento de identificación N°1726333931; 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 de Investigación: “Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio de gran altura de acero estructural utilizando la NEC-SE, 2015, y la propuesta de actualización de la NEC-SE, 2024” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera e 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.

Quito, 04 de agosto del 2025

Atentamente,



Dennise Gabriela Briceño Alvarez
1727344465



Anderson German Vargas Vásquez
1726333931

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, José Paúl Olmedo Cueva con documento de identificación N° 1714108048, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA DE ACERO ESTRUCTURAL UTILIZANDO LA NEC-SE, 2015, Y LA PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA NEC-SE, 2024, realizado por Dennise Gabriela Briceño Alvarez con documento de identificación N° 1727344465 y Anderson German Vargas Vásquez con documento de identificación N° 1726333931, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto de Investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 04 de agosto del 2025

Atentamente,



Ing. José Paúl Olmedo Cueva, MSc.
1714108048

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA DE ACERO ESTRUCTURAL UTILIZANDO LA NEC-SE, 2015, Y LA PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA NEC-SE, 2024

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STRUCTURAL DESIGN OF A HIGH-RISE STRUCTURAL STEEL BUILDING USING THE NEC-SE,2014 AND THE PROPOSED UPDATE NEC-SE,2015

Dennise Briceño-Alvarez¹, Anderson Vargas-Vásquez², Paúl Olmedo-Cueva³

Resumen

El estudio realizado presenta un análisis comparativo de un edificio de acero estructural de gran altura, empleando como referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en el capítulo de Peligro Sísmico y Diseño Sismorresistente con base a la NEC-SE-DS, 2015 vigente y la propuesta de actualización NEC-SE-DS, 2024.

A partir de una revisión detallada de ambas normativas, la realización del análisis propuesto, se modelará en el software ETABS; donde se comparará entre ambas normativas los resultados de las simulaciones estructurales teniendo en cuenta los 3 tipos de perfiles de suelo (Costa, Sierra y Oriente). Asimismo, la comparación de los resultados numéricos y gráficos obtenidos de la estructura y debido a la demanda sísmica se puede contemplar en algunos casos el incremento de secciones estructurales basándonos en la propuesta de actualización NEC-SE-DS, 2024.

Palabras Clave: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), Elementos Estructurales, Perfiles de Suelo, Espectro de Respuesta, ETABS, Derivas de Piso.

Abstract

The study presents a comparative analysis of the structural design of a high-rise building constructed with structural steel, using the Ecuadorian Construction Standard, in the chapter on Seismic Hazard and Earthquake-Resistant Design, in its 2015 versions and the proposed 2024 update, as a regulatory reference.

Based on a detailed review of both regulations, the proposed analysis will be modeled using ETABS software. The results of the structural simulations will be compared between the two regulations, taking into account the three types of soil profiles (Coastal, Highlands, and Eastern). A comparison will also be made of the numerical and graphical results obtained from the structure under seismic conditions, as well as their economic and social impact on the proposed NEC- SE 2024 update.

Keywords: Ecuadorian Construction Standard (NEC), Structural Elements, Soil Profiles, Response Spectrum, ETABS, Floor Drifts.

¹ Estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil- Universidad Politécnica Salesiana Quito, Ecuador.

² Estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil- Universidad Politécnica Salesiana Quito, Ecuador.

³ Docente de la Carrera de Ingeniería Civil- Universidad Politécnica Salesiana Quito, Ecuador.

Autor para correspondencia ✉: dennisegabriela1998@hotmail.com anderson.vargasv.12@gmail.com jolmedoc@ups.edu.ec

1. Introducción

Ecuador está ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las zonas de mayor actividad sísmica a nivel mundial, caracterizada por la interacción entre placas tectónicas mediante procesos de subducción. Esta condición geotectónica impone elevados niveles de amenaza sísmica, lo que ha condicionado la necesidad de establecer normativas estructurales cada vez más rigurosas que garanticen la seguridad de las edificaciones. La Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente, en su capítulo de Peligro Sísmico, Diseño Sismorresistente (NEC-SE-DS, 2015), constituye el principal referente técnico para el diseño estructural en zonas de amenaza sísmica dentro del territorio nacional.

Motivado por la necesidad de incorporar lecciones aprendidas posterior al evento sísmico como el terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016, en Pedernales ha sido objeto de una propuesta de actualización de esta normativa en 2024, así como por la evolución en criterios internacionales de diseño sismorresistente y avances en la ingeniería estructural. Esta actualización introduce modificaciones sustanciales en parámetros de zonificación sísmica, espectros de diseño, coeficientes de comportamiento, criterios de ductilidad, y tipologías estructurales permitidas, lo que podría influir positiva y significativamente en el desempeño sísmico y por consiguiente puede variar las secciones utilizadas para cada perfil de suelo.

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis comparativo entre la NEC-SE-DS, 2015 y la propuesta de actualización NEC-SE-DS, 2024, evaluando su impacto en el diseño estructural de un edificio de gran altura conformado por un sistema dual conformado por pórticos resistentes a momento de acero estructural y diagonales rigidizadoras tipo V invertida. El análisis incluye la simulación del comportamiento sísmico del edificio en tres tipos de suelo representativos del Ecuador: tipo C, tipo D y tipo E, los cuales se

asocian a las regiones geográficas de la Costa, Sierra y Oriente, respectivamente.

La comparación se centra en aspectos claves como la demanda sísmica, los desplazamientos laterales, las derivas de piso, la cubierta, las sollicitaciones internas (cortantes y momentos), las cuantías de acero requeridas y el comportamiento estructural general.

1.1. Estado del Arte

La Norma Ecuatoriana de la Construcción [1], estableció un marco técnico basado en estándares internacionales como el [2], adaptando sus criterios al contexto tectónico nacional. Sin embargo, el devastador terremoto de Pedernales en 2016 (Mw 7.8) evidenció limitaciones en la aplicación y alcance de dicha normativa, lo que motivó un proceso de revisión profunda y reestructuración del capítulo referente al peligro sísmico y diseño sismorresistente [3]. La cual introduce cambios sustanciales como la incorporación de nuevos mapas de zonificación sísmica, espectros de diseño basados en metodologías probabilísticas, y una transición hacia un enfoque de diseño basado en desempeño [4].

Estas mejoras se alinean con prácticas internacionales promovidas por organismos, los cuales recomiendan actualizaciones normativas periódicas, integración de análisis no lineales y consideración de parámetros de ductilidad, disipación de energía y control de desplazamientos. Como lo indican [5]–[7].

El análisis comparativo entre normativas se ha convertido en una herramienta clave para evaluar el impacto técnico, económico y de seguridad de las reformas normativas. Estudios realizados por [8]–[9], han demostrado que las diferencias en espectros de diseño, factores de comportamiento y caracterización del suelo afectan significativamente la demanda sísmica de las edificaciones, alterando la distribución de esfuerzos, derivas y requerimientos de refuerzo estructural.

La modelación estructural mediante software como ETABS, SAP2000 y SAFE ha facilitado la

simulación detallada de la respuesta estructural bajo diferentes escenarios normativos. Estas herramientas permiten aplicar métodos como el Diseño Basado en Fuerzas (DBF) para verificar el comportamiento global y local de edificaciones, lo cual es esencial al evaluar normativas que introducen nuevas exigencias sísmicas según los perfiles de suelo (C, D y E), tal como propone la [3].

Además, el diseño de edificios de gran altura en acero estructural impone retos adicionales debido a su esbeltez, sensibilidad a derivas laterales y comportamiento dinámico complejo. En este sentido, las nuevas exigencias normativas influyen directamente en la cantidad de material requerido, en el tipo de sistema resistente lateral empleado, y en el costo final del proyecto como lo indica [10].

2. Materiales y Métodos

2.1. Softwares utilizados

2.1.1. ETABS

Este software está especializado en el análisis y diseño de edificaciones, debido a su capacidad para modelar marcos tridimensionales con precisión y eficiencia. Desarrollado por Computers and Structures, Inc., permite realizar análisis estáticos y dinámicos, y aplicar distintos tipos de cargas, incluyendo las sísmicas, de acuerdo con normativas locales e internacionales [11]. Para las estructuras, ETABS permite definir secciones transversales, conexiones rígidas o articuladas, imperfecciones geométricas y condiciones de carga complejas. En el contexto ecuatoriano, su compatibilidad con la [1], como con la [3] lo convierte en una herramienta efectiva para comparar el comportamiento sísmico de edificaciones en diferentes tipos de suelo.

Gracias a su capacidad para integrar diseño estructural, análisis sísmico y optimización de perfiles de acero, ETABS facilita el desarrollo de proyectos seguros y eficientes en términos estructurales y económicos.

En esta investigación, su aplicación fue clave para abordar con rigurosidad el diseño de una edificación de gran altura. Este proceso fue posible gracias al apoyo institucional y a la coordinación técnica promovida por la Universidad Politécnica Salesiana, lo que permitió consolidar una propuesta estructural coherente con las exigencias normativas y funcionales del proyecto.

2.2. Metodología

2.2.1. Ubicación del proyecto

El proyecto estructural no tiene una ubicación definida debido a que se realizará el análisis para distintas localidades para cada tipo de perfil de suelo es:

- Suelo D (Sierra): Ambato
- Suelo C (Sierra): Cumbayá
- Suelo E (Costa): Santa Elena

2.2.2. Planos Arquitectónicos

En la siguiente Tabla 1 se muestra la concepción arquitectónica que se va a definir para el proyecto estructural.

Tabla 1. Concepción arquitectónica del proyecto

Concepción Arquitectónica	Longitud	Unidad
Altura de entrepiso	3.50	m
Altura total	52.5	m
Nº de pisos	15	u
Nº de vanos en X-X	4	m
Nº de vanos Y-Y	5	m
Distancia entre ejes X-X	6.45	m
Distancias entre ejes Y-Y	5.23	m

A continuación, en la siguiente Figura 1 se muestra la planta arquitectónica.

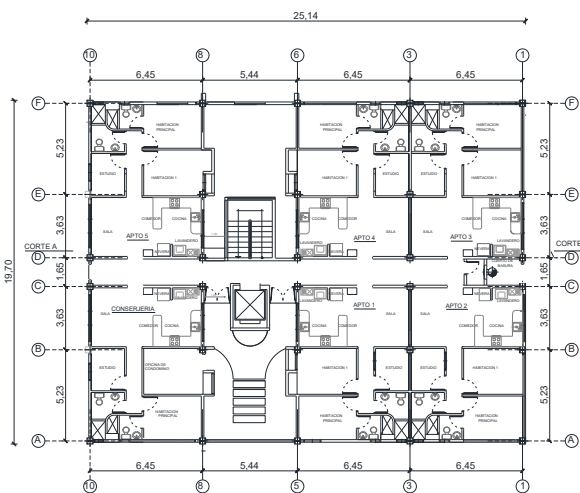


Figura 1. Vista en planta tipo departamento. [1]

En la siguiente Figura 2 se muestra la fachada principal del proyecto.

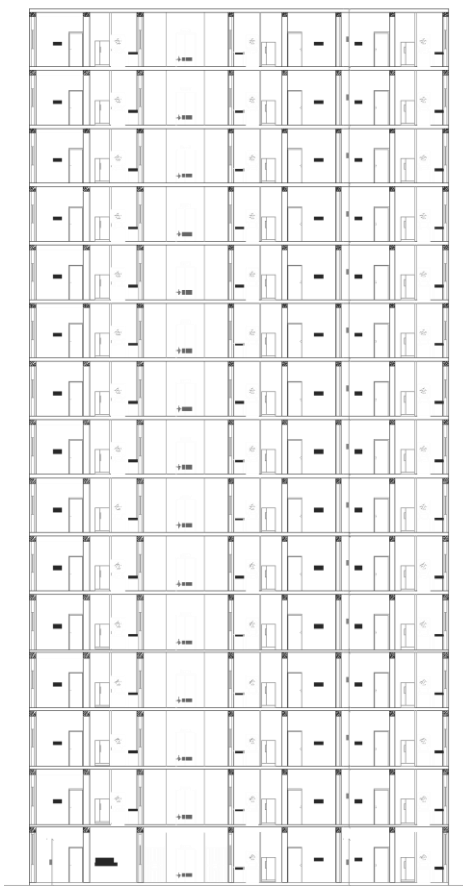


Figura 2. Vista fachada principal [2]

2.3. Características de los materiales

En el diseño estructural se implementó un sistema dual, conformado por marcos especiales resistentes a momento (SMF) y arriostramientos tipo V invertida (SBF), con el fin de mejorar el comportamiento sísmico del edificio a través de una adecuada combinación de rigidez y disipación de energía. La propuesta se desarrolló bajo los lineamientos de la [12], considerando que se trata de un edificio de gran altura de 15 pisos y 52.5 metros, lo cual exige un sistema con buen control de derivas y respuesta dinámica. Las vigas se diseñaron con perfiles IPE, y las columnas como secciones encajonadas con núcleo de hormigón, optimizadas para incrementar la resistencia axial y la rigidez lateral [13].

En el diseño estructural se utilizó hormigón de 240 kgf/cm² tanto en las columnas encajonadas con núcleo de hormigón como en la losa tipo deck, garantizando la capacidad portante, rigidez y durabilidad del sistema. Esta elección de materiales cumple con los criterios establecidos en la [12], y contribuye a un diseño eficiente y seguro frente a las solicitaciones gravitacionales y sísmicas.

2.3.1. Secciones de los elementos estructurales

Los materiales utilizados para el diseño del proyecto se detallan las secciones de las vigas principales y secundarias en las siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Vigas Principales y Secundarias

Vigas Principales				
Perfil	Altura		Ala (mm)	
	h(mm)	s(mm)	b(mm)	t(mm)
IPE 330	330.00	7.50	160.00	11.50
IPE 300	300.00	7.10	150.00	10.70
Vigas Secundarias				
IPE 180	180.00	5.30	91.00	8.00
IPE 220	220.00	5.60	110.00	9.20

Se emplearon columnas encajonadas y rellenas de hormigón con el objetivo de incrementar la

resistencia axial, la rigidez lateral y la estabilidad global del sistema estructural, mejorando además su desempeño ante cargas sísmicas.

En la siguiente Tabla 3 se detalla las secciones de las columnas centrales y de borde.

Tabla 3. Perfiles de acero utilizados

Columnas Centrales y Borde				
Perfil	Altura		Base	
	h(mm)	s(mm)	b(mm)	t(mm)
COL 300x200x10	300.00	10.00	200.00	10.00
COL 500x300x15	500.00	15.00	300.00	15.00

Se utilizó arriostramientos metálicos de sección cuadrada en configuración tipo V invertida, lo que permitió mejorar la resistencia lateral y el control de derivas. La sección cuadrada proporciona buen desempeño a tracción y compresión, además de facilitar una conexión eficiente y simétrica en los nodos estructurales, cumpliendo con los criterios de ductilidad sísmica establecidos por la [1].

En la siguiente Tabla 4 se detalla las secciones de las columnas centrales y de borde.

Tabla 4. Arriostramientos tipo V invertida

Arriostramientos				
Perfil	Altura		Base	
	h(mm)	s(mm)	b(mm)	t(mm)
TC 175x175x10	175.00	10.00	175.00	10.00

2.3.2. Idealización de losa tipo deck

En base a los requerimientos como indica la [1] y con la guía de los catálogos que se disponen en nuestro medio, se implementó una losa tipo deck, reforzada con malla electrosoldada, además se utilizaron conectores tipo stud garantizando una adecuada transferencia de esfuerzos y una óptima adherencia entre la losa y el sistema estructural.

En la siguiente Tabla 5 se detalla la configuración de la losa tipo deck.

Tabla 5. Detalle configuración de losa tipo deck

Detalle	Diámetro	Sección
	mm	mm
Panel metálico (deck)	0.76	-
Malla electrosoldada	6	150x150
Conector Stud	19	100

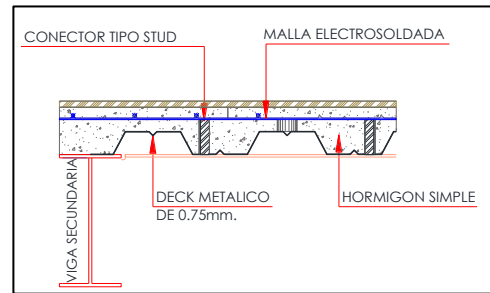


Figura 3. Losa Tipo Deck. [3]

En la Tabla 6 se muestra la sección diseñada para la losa tipo deck:

Tabla 6. Losa Deck

Partes	Longitud	Unidades
H placa	55.00	mm
H hormigón libre	65.00	mm

2.4. Análisis de Cargas

Para la modelación estructural de la edificación en el software se solicitó un análisis de carga. Se considera los diferentes tipos de cargas que incidirán en la estructura como: carga muerta, carga muerta adicional, carga viva, carga de granizo tal como lo indica la [14].

En la Tabla 7 se muestra los siguientes valores detallados.

Tabla 7. Cargas asignadas a la estructura

Tipo de carga	Carga uniforme	Valor
CV: Residencia	kN/m ²	2.00
MA: (Paredes, Vidrios, Porcelanato, Gypsum)	kN/m ²	1.36
Granizo	kN/m ²	0.98

2.4.1. Cargas de servicio

2.4.1.1. Carga Muerta

La carga muerta es considerada como el peso fijo de los componentes estructurales, por lo que con la ayuda del software los calcularemos.

2.4.1.2. Carga Viva

La carga viva representa una acción variable que depende del uso previsto y de la actividad funcional de la edificación según la [14]. En este proyecto, esta carga está compuesta por el peso de los usuarios, el mobiliario, los equipos instalados y otros elementos móviles o temporales, los cuales influyen de forma directa en las sollicitaciones de servicio durante la vida útil de la estructura.

2.4.1.3. Carga Muerta Adicional

La carga muerta adicional incluye aquellos pesos permanentes que no son parte de la estructura principal, tales como particiones no estructurales, paredes de gypsum, vidrios perimetrales, ductos y equipos empotrados en este análisis.

2.4.1.4. Carga de granizo

La normativa establece que en cubiertas susceptibles a acumulación de granizo debe considerarse una carga adicional uniforme. Esta carga accidental se incluye en el diseño estructural, como establece la [14].

2.4.2. Cargas Sísmicas

2.4.2.1. Características para el perfil de suelo tipo C “Cumbayá”, tipo D “Ambato” y tipo E “Santa Elena” en base a la norma vigente NEC-SE-DS,2015.

Desde las siguientes tablas de la 8 a la 10 se muestran las características geotécnicas del perfil

de suelo tipo C “Cumbayá”, D “Ambato” y E “Santa Elena” respecto a la [1].

Tabla 8. Características del suelo tipo C “Cumbayá”

Características del suelo	Datos
Zona sísmica	IV
Peligrosidad sísmica	Alta
Perfil de Suelo	C
Factor de zona	0.40
Fa	1.20
Fd	1.11
Fs	1.11

Tabla 9. Características del suelo tipo D “Ambato”

Características del suelo	Datos
Zona sísmica	V
Peligrosidad sísmica	Alta
Perfil de Suelo	D
Factor de zona	0.40
Fa	1.20
Fd	1.19
Fs	1.28

Tabla 10. Características del suelo tipo E “Santa Elena”

Características del suelo	Datos
Zona sísmica	VI
Peligrosidad sísmica	Muy alta
Perfil de Suelo	E
Factor de zona	0.50
Fa	0.85
Fd	1.50
Fs	2.00

2.4.2.2. Características para el perfil de suelo tipo C “Cumbayá”, tipo D “Ambato” y tipo E “Santa Elena” en base al borrador de la NEC-SE-DS,2024.

Así mismo en las siguientes tablas de la 11 a la 13, se muestran las características del perfil de suelo tipo C “Cumbayá”, D “Ambato” y E “Santa Elena”, en base [3].

Tabla 11. Características del suelo tipo C “Cumbayá”

Características del suelo	Datos
Zona sísmica	IV
Peligrosidad sísmica	Alta
Perfil de Suelo	C
Factor de zona	0.47
Fa	1.19
Fd	1.08
Fs	1.17

Tabla 12. Características del suelo tipo D “Ambato”

Características del suelo	Datos
Zona sísmica	III
Peligrosidad sísmica	Alta
Perfil de Suelo	D
Factor de zona	0.38
Fa	1.25
Fd	1.28
Fs	1.19

Tabla 13. Características del suelo tipo E “Santa Elena”

Características del suelo	Datos
Zona sísmica	V
Peligrosidad sísmica	Muy alta
Perfil de Suelo	E
Factor de zona	0.50
Fa	0.62
Fd	1.36
Fs	2.09

2.4.2.2. Cortante Basal de Diseño

El cortante basal representa la fuerza sísmica total que actúa en la base de una estructura y es clave en el diseño sismorresistente. Para los cálculos se realiza siguiendo los procedimientos establecidos en normas de diseño sísmico, como indica [1], donde se define la siguiente fórmula:

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_P \phi_E} * W \quad (1)$$

Sa (Ta): Espectro de diseño en aceleración
 I: Coeficiente de importancia
 R: Factor de reducción de resistencia sísmica
 V: Cortante basal total de diseño

W: Carga sísmica reactiva

Ta: Periodo de vibración

ϕ_P y ϕ_E : Coeficientes de configuración en planta y elevación.

Se adoptó un factor de reducción sísmica de 6 como indica en [1], y en [3], al considerar un sistema dual combinado SMF (Special Moment Frame) o marco resistente a momento ordinario y SBF (Special Braced Frame) o arriostramiento especial concéntrico. Esta elección se basa en el uso de columnas encajonadas rellenas de hormigón, que mejoran la rigidez.

En la siguiente Tabla 14 se muestra los resultados obtenidos del cortante basal para los perfiles de suelo tipo “C, D y E” basado en la [1].

Tabla 14. Cortante Basal basado en la NEC-SE-DS,2015

Parámetro	Suelo Tipo C “Cumbayá”	Suelo Tipo D “Ambato”	Suelo Tipo E “Santa Elena”
I	1	1	1
R	6	6	6
Sa (Ta)	0.4721	0.5837	0.7650
Z	0.4	0.4	0.5
ϕ_P	1	1	1
ϕ_E	1	1	1

Para la distribución del cortante basal, el valor fue ingresado en la dirección X-Y, considerando que $K= 1.462$, por $0.5 < T \leq 2.5s$.

Para el cálculo del cortante basal de diseño en base a la recomendación según [3] se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{I_e S_{aT}}{R} * W \quad (2)$$

V: Cortante basal de diseño en la dirección de análisis

I_e : Factor de importancia sísmica

S_{aT} : Aceleración espectral correspondiente al periodo T

T: Periodo de vibración de la estructura

R: Factor de reducción de respuesta sísmica

W: Carga sísmica reactiva

En la siguiente Tabla 15, se muestran las características para los perfiles de suelo tipo “C, D y E” para los perfiles de suelo tipo C, D y E basado en la [3].

Tabla 15. Cortante Basal basado en la NEC-SE-DS,2024

Parámetro	Suelo Tipo C “Cumbayá”	Suelo Tipo D “Ambato”	Suelo Tipo E “Santa Elena”
I	1.25	1.25	1.25
R	6	6	6
Sa(Ta)	0.3726	0.3632	0.7440
Z	0.47	0.38	0.5

Para la distribución del cortante basal, el valor fue ingresado en la dirección X-Y, considerando que $K= 1.611$, por $0.5 < T \leq 2.5s$.

2.4.2.3. Espectro de Respuesta

El espectro de respuesta elástica se basa en valores de aceleración espectral que varían con el periodo de la estructura y con las condiciones geotécnicas del sitio, siendo la base para el cálculo del cortante sísmico de diseño según [1].

En la siguiente Tabla 16 se muestran los valores de espectro de respuesta para los perfiles de suelo tipo “C, D y E” en base a [1].

Tabla 16. Espectro Elástico de Respuesta basado en la NEC-SE-DS,2015

Parámetro	Suelo Tipo C “Cumbayá”	Suelo Tipo D “Ambato”	Suelo Tipo E “Santa Elena”
η	2.48	2.48	1.8
Sa(T)	0.4721	0.5837	0.7650
T	1.424	1.424	1.424
To	0.103	0.127	0.353
Tc	0.565	0.698	1.941

Asimismo, se determinó en la tabla 17 el espectro de respuesta elástica con base a los coeficientes según [3].

Tabla 17. Espectro Elástico de Respuesta basado en la NEC-SE-DS,2024

Parámetro	Suelo Tipo C “Cumbayá”	Suelo Tipo D “Ambato”	Suelo Tipo E “Santa Elena”
Sa(T)	0.3726	0.3632	0.7440
T	1.721	1.721	1.721
To	0.106	0.122	0.458
Tc	0.478	0.548	2.063
Tl	2.592	3.072	3.264

A continuación, se muestra desde la Figura 4 a la 6 la comparativa de los espectros elásticos de diseño para los perfiles de suelo tipo “C, D y E”.

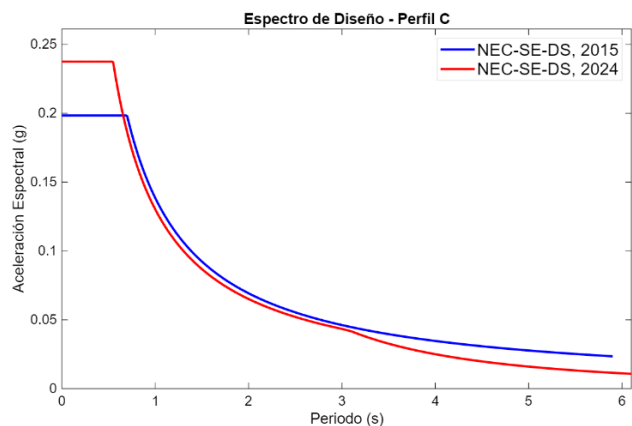


Figura 4. Espectro Elástico de Diseño para suelo tipo C “Cumbayá”. [4]

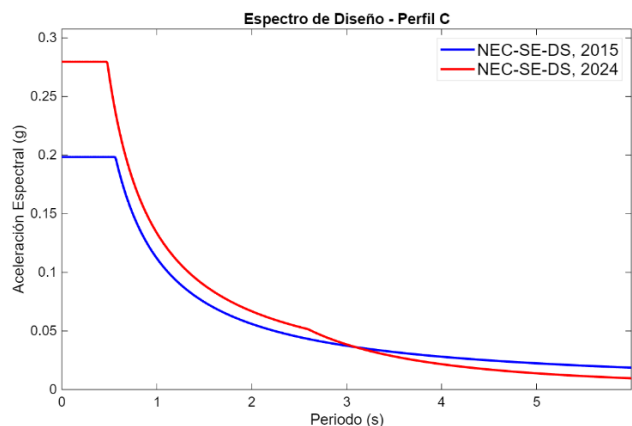


Figura 5. Espectro Elástico de Diseño para suelo tipo D “Ambato”. [5]

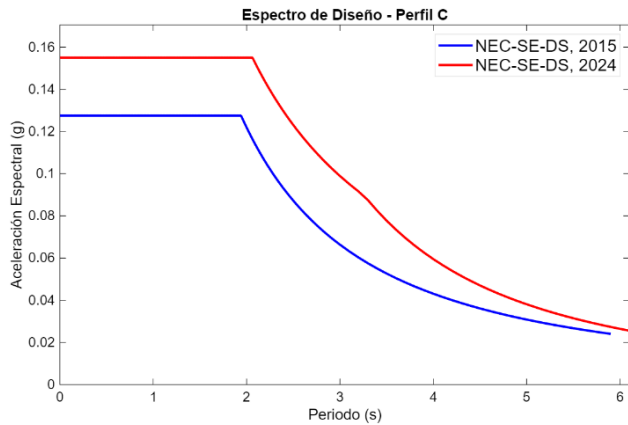


Figura 6. Espectro Elástico de Diseño para suelo tipo E “Santa Elena”. [6]

2.4.3 Combinaciones de Carga

Para el análisis de la estructura debemos estimar todas las combinaciones posibles en base [1] y [3], a continuación, se presenta las siguientes combinaciones en la Tabla 18.

Tabla 18. Combinaciones de Carga

Combinación	Ecuación	
1	$1.4D$	(3)
2	$1.2D + 1.6L + 0.5\max(Lr; S; R)$	(4)
3	$1.2D + 1.6\max(Lr; S; R) + \max(L; 0.5W)$	(5)
4	$1.2D + 1W + L + 0.5\max(Lr; S; R)$	(6)
5	$1.2D + 1E + L + 0.2S$	(7)
6	$0.9D + 1W$	(8)
7	$0.9D + 1E$	(9)

- D: Carga Muerta
- L: Sobrecarga (Carga Viva)
- Lr: Sobrecarga Cubierta
- S: Carga de Granizo
- W: Carga de Viento
- R: Factor de Carga por Lluvia
- E: Carga por Sismo

2.5 Análisis y Modelamiento Estructural

Se modelaron seis estructuras considerando perfiles de suelo tipo “C, D y E”, evaluadas bajo

en [1] y [3]. El análisis, realizado en el software ETABS, incluyó condiciones estáticas y dinámicas para comparar el comportamiento estructural ante cargas sísmicas. Se evaluaron parámetros como cortante basal, derivas y desplazamientos, con el fin de identificar el impacto normativo en el diseño sísmico.

Se implementaron dos sistemas resistentes: pórticos de momento especial (SMF) y arriostramiento especial concéntrico (SBF), con el fin de comparar su comportamiento ante acciones sísmicas. El modelo incorporó un diafragma semirrígido para representar con mayor precisión la interacción entre losas y elementos verticales.

La Figura 7 presenta el diseño estructural de la edificación propuesta:

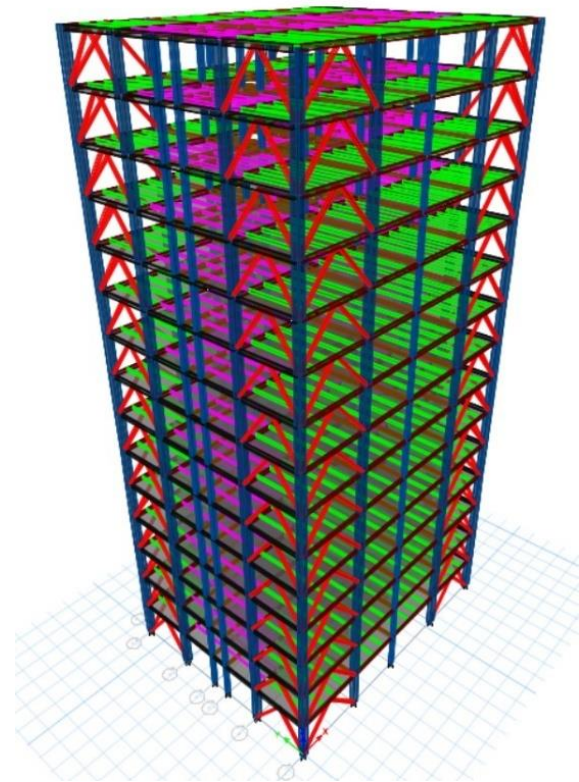


Figura 7. Modelo ETABS [7]

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis Estructural y consideraciones sismorresistente.

Para el análisis se desarrolló un diseño por fuerzas conforme a [1] y [3], incorporando las consideraciones sismorresistentes que se detallan a continuación.

3.1.1. Parámetro de rigidez según el periodo de vibración teórico “método 1”

Se determinó el periodo natural de vibración teórico y se consideró el incremento del 30% al periodo fundamental teórico calculado conforme a [1] tiene como finalidad establecer un límite superior para el “método 2” de determinación del periodo estructural, considerándolo como una estimación razonable del periodo real de vibración de la edificación. Este mismo criterio se conserva en el borrador de la [3].

A continuación, se indican los valores obtenidos en la tabla 19 y 20 mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$T_a = C_t * h_n^\alpha \quad (10)$$

C_t: coeficiente que depende del tipo de edificio.

h_n: altura máxima de la edificación de n pisos medida en metros desde la base de la estructura.

α: coeficiente del tipo de estructura.

T_a: período de vibración.

Tabla 19. Tipo de estructura

Estructura de acero	C _t	α
Pórticos resistentes a momento de acero	0.073	0.75

Tabla 20. Periodo calculado establecido en la NEC-SE-DS,2015

Tipo de Suelo	T _a	T _a *1.30
C “Cumbayá”	1.424	1.851
D “Ambato”	1.424	1.851
E “Santa Elena”	1.424	1.851

A continuación, se muestra en la Tabla 21 el periodo de vibración con la misma ecuación, pero diferentes abreviaturas:

$$T_a = C_t * h_n^x \quad (11)$$

C_t: coeficiente que depende del tipo de edificio.

h_n: altura máxima de la edificación de n pisos medida en metros desde la base de la estructura.

x: coeficiente del tipo de estructura.

T_a: período de vibración.

Tabla 21. Tipo de estructura

Estructura de acero	C _t	x
Pórticos resistentes a momento de acero	0.0724	0.80

Tabla 22. Periodo calculado establecido en la NEC-SE-DS,2024

Tipo de Suelo	T _a	T _a *1.30
C “Cumbayá”	1.721	2.238
D “Ambato”	1.721	2.238
E “Santa Elena”	1.721	2.238

3.1.2. Periodo de vibración de la estructura “método 2”

Los siguientes resultados obtenidos por el software ETABS para el perfil de suelo tipo “C, D y E” se muestran en la siguiente Tabla 23.

Tabla 23. Periodo fundamental de vibración de la NEC-SE-DS,2015 y NEC-SE-DS,2024

Modo	Tipo de Suelo		
	Suelo Tipo C “Cumbayá”	Suelo Tipo D “Ambato”	Suelo Tipo E “Santa Elena”
1	1.689	1.689	1.689
2	1.576	1.576	1.576

3.1.3. Derivas de piso

Para la evaluación de las derivas inelásticas de entrepiso, se consideraron tanto las combinaciones

de carga estáticas como dinámicas en las direcciones principales X e Y. Los resultados obtenidos de los modelos estructurales, analizados conforme a [1] y [3] evidencian que la deriva máxima permitida por la [1], es del 2%, mientras que en [3] se reduce a un límite del 1.5%. Las derivas obtenidas para cada perfil de suelo tipo “C, D y E” se detallan a continuación desde la Figura 8 a la Figura 19.

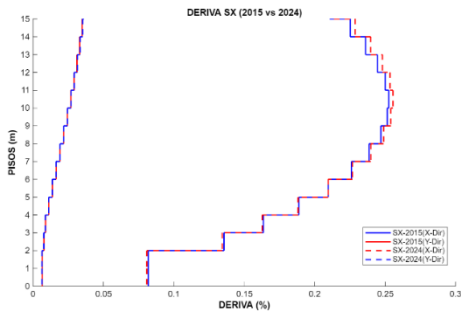


Figura 8. Comparativa de Derivas Estado Estático “X” para suelo tipo C “Cumbayá”. [8]

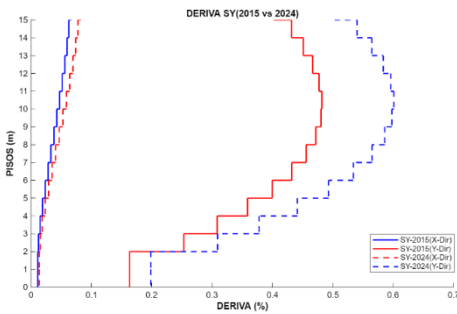


Figura 9. Comparativa de Derivas Estado Estático “Y” para suelo tipo C “Cumbayá”. [9]

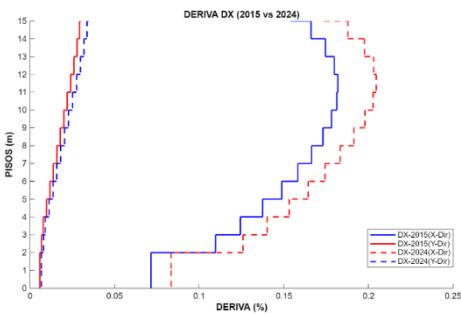


Figura 10. Comparativa de Derivas Estado Dinámico “X” para suelo tipo C “Cumbayá”. [10]

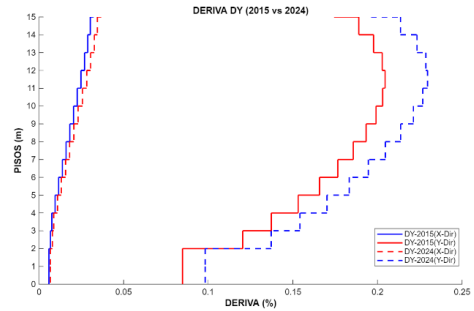


Figura 11. Comparativa de Derivas Estado Dinámico “Y” para suelo tipo C “Cumbayá”. [11]

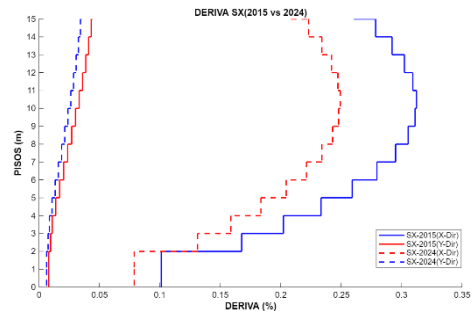


Figura 12. Comparativa de Derivas Estado Estático “X” para suelo tipo D “Ambato”. [12]

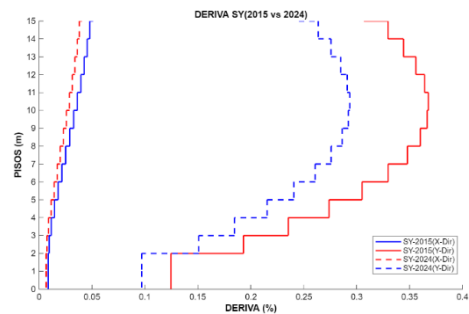


Figura 13. Comparativa de Derivas Estado Estático “Y” para suelo tipo D “Ambato”. [13]

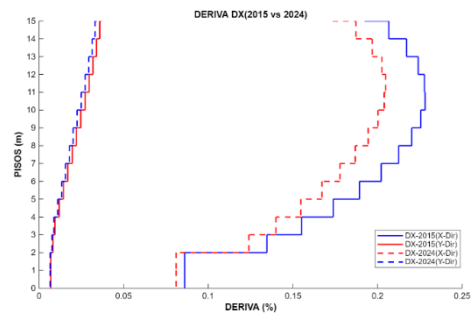


Figura 14. Comparativa de Derivas Estado Dinámico “X” para suelo tipo D “Ambato”. [14]

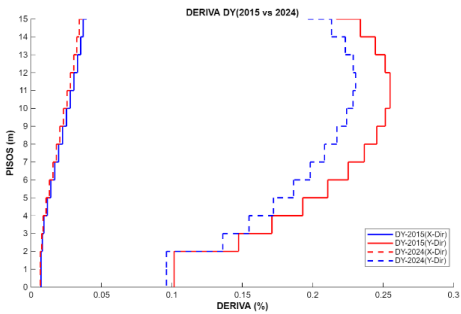


Figura 15. Comparativa de Derivas Estado Dinámico “Y” para suelo tipo D “Ambato”. [15]

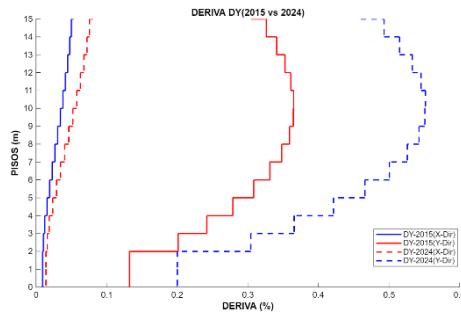


Figura 19. Comparativa de Derivas Estado Dinámico “Y” para suelo tipo E “Santa Elena”. [19]

3.1.3. Participación Modal

En el contexto del análisis modal, establece en [1] para que una edificación sea definida regular establece que sus dos primeros modos de vibración sean traslacionales y el tercero sea rotacional y que los últimos modos estén en un 90% de la masa total de la estructura. Asimismo, se consideran los mismos parámetros para [3].

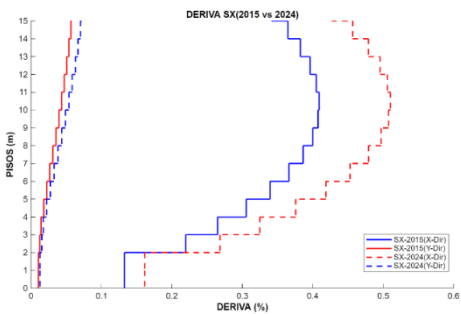


Figura 16. Comparativa de Derivas Estado Estático “X” para suelo tipo E “Santa Elena”. [16]

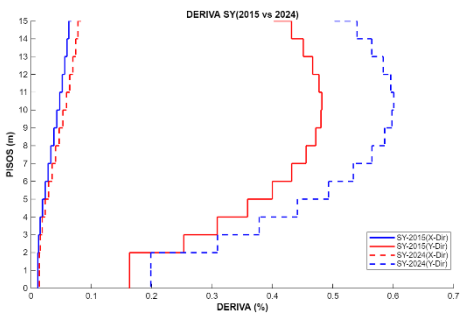


Figura 17. Comparativa de Derivas Estado Estático “Y” para suelo tipo E “Santa Elena”. [17]

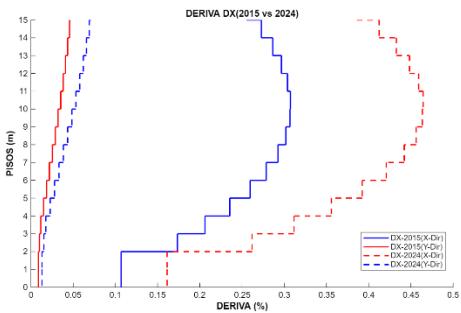


Figura 18. Comparativa de Derivas Estado Dinámico “X” para suelo tipo E “Santa Elena”. [18]

Los resultados obtenidos para el perfil de suelo tipo E “Santa Elena” en [1] y [3] se indican de la Tabla 24.

Tabla 24. Análisis modal estructura ETABS. Perfil Suelo Tipo “E”

M	T	UX	UY	SUMX	SUMY	RZ	SUMRZ
NEC-SE-DS,2015							
1	1.69	0.00	0.72	0.00	0.72	0.00	0.00
2	1.58	0.71	0.00	0.71	0.72	0.00	0.00
3	0.95	0.00	0.00	0.71	0.72	0.73	0.73
...							
45	0.04	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
NEC-SE-DS,2024							
1.00	1.00	1.69	0.00	0.72	0.00	0.72	0.00
2.00	2.00	1.58	0.71	0.00	0.71	0.72	0.00
3.00	3.00	0.95	0.00	0.00	0.71	0.72	0.73
...							
45.00	0.04	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

3.1.4. Chequeo de Torsión

Según la [1], la relación entre el desplazamiento torsional máximo y el promedio del entrepiso debe ser menor a 1.2. En este estudio, el chequeo se realizó en ETABS, aplicando tanto el análisis estático equivalente como el dinámico modal espectral, con el fin de evaluar el control de la torsión y garantizar un comportamiento estructural regular frente a la acción sísmica.

Los resultados obtenidos para los perfiles de suelo “C, D y E” en [1] y [3] se indican de la Tabla 25.

Tabla 25. Chequeo Torsional perfil de suelo Tipo “C, D y E”

PERFILES DE SUELO “C, D y E”				
RATIO				
Nº PISO	SX	SY	DX	DY
15	1.033	1.053	1.018	1.03
14	1.034	1.054	1.018	1.029
13	1.034	1.054	1.018	1.029
12	1.034	1.054	1.018	1.029
11	1.034	1.054	1.018	1.029
10	1.035	1.054	1.018	1.029
9	1.035	1.054	1.018	1.029
8	1.035	1.055	1.018	1.029
7	1.036	1.055	1.019	1.028
6	1.036	1.056	1.019	1.028
5	1.037	1.056	1.019	1.028
4	1.038	1.057	1.02	1.028
3	1.04	1.059	1.022	1.028
2	1.045	1.061	1.026	1.029
1	1.072	1.064	1.052	1.037

3.2. Diseño de elementos estructurales

Se empleó el software IDEA StatiCa para el diseño y análisis de uniones entre columnas encajonadas rellenas de hormigón y vigas IPE, evaluando su comportamiento bajo cargas combinadas [15]. El uso de una licencia académica como estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana permitió acceder a herramientas avanzadas de modelado y verificación normativa, facilitando un diseño eficiente y seguro de las conexiones estructurales.

3.2.1. Diseño de columna esquinera

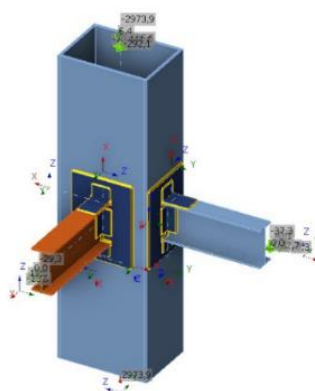


Figura 20. Conexión viga-columna esquinera. [20]

Para este diseño se consideró la columna del eje A6, para lo cual se utilizó los siguientes elementos.

En la siguiente tabla 26 se muestran los elementos utilizados.

Tabla 26. Elementos utilizados en la unión.

Elemento	Sección
Columna encajonada	500x300x15
Viga IPE300	300x150x7x11
Viga IPE330	330x160x8x12

Para la conexión se planteó los siguientes componentes. En la siguiente tabla 27 se muestran los siguientes elementos utilizados para la conexión.

Tabla 27. Elementos utilizados en la conexión.

Detalle	Elemento	Sección
Placa de respaldo	Unión viga-columna	500x300x12
Ángulo	Unión patín superior-placa de respaldo	L100x200x8
Ángulo	Unión patín inferior-placa de respaldo	L100x400x10
Ángulo	Unión alma de viga-placa de respaldo	L76x76x8

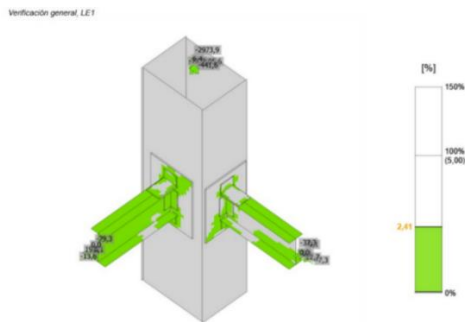


Figura 21. Resultado de placas obtenido para conexión viga-columna por IDEA StatiCa [22]

3.2.2. Diseño de conexión central

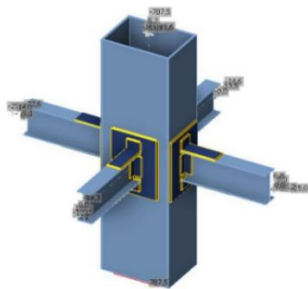


Figura 22. Conexión viga-columna central. [22]

Para este diseño se consideró la columna en el piso 7 del eje D4, para lo cual se utilizó los siguientes elementos.

En la siguiente Tabla 28 se muestran los elementos utilizados.

Tabla 28. Elementos utilizados en la unión.

Elemento	Sección
Columna encajonada	300x200x10
Viga IPE300	300x150x7x11
Viga IPE330	330x160x8x12

Para la conexión se planteó los siguientes componentes. En la siguiente Tabla 29 se muestran los siguientes elementos utilizados para la conexión.

Tabla 29. Elementos utilizados en la conexión.

Detalle	Elemento	Sección
Placa de respaldo	Unión viga-columna	400x300x10
Ángulo	Unión patín superior-placa de respaldo	L100x350x12
Ángulo	Unión patín inferior-placa de respaldo	L100x500x12
Ángulo	Unión alma de viga-placa de respaldo	L76x76x8

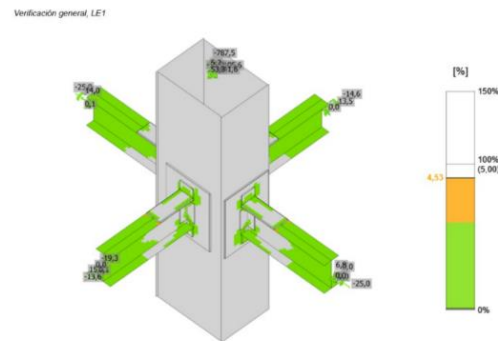


Figura 23. Resultado de placas obtenido para conexión viga-columna por IDEA StatiCa [23]

3.3. Análisis Comparativo

3.3.1. Análisis de Espectros de Diseño

Realizando el análisis de los espectros de diseño para los perfiles de suelo “C, D y E”, se comparó los valores establecidos en basa a [1] y [3]. En cada caso se ha considerado el período fundamental calculado mediante el “Método 1”, permitiendo evaluar las diferencias en aceleración

espectral y su impacto en el diseño estructural según el tipo de suelo.

A continuación, se presentan la comparativa de los espectros elásticos de diseño para el perfil de suelo “C, D y E” desde las figuras 24 a la 26 y los valores obtenidos desde la Tabla 30 a la 32.

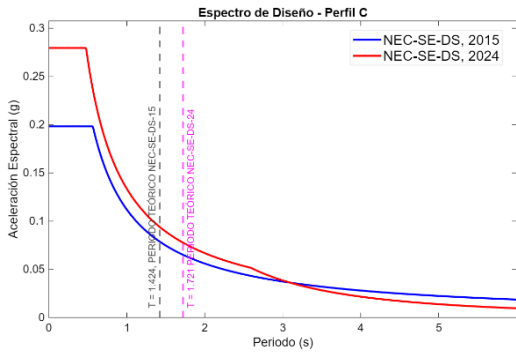


Figura 24. Comparativa Espectros Elásticos de Diseño para perfil de suelo tipo C “Cumbayá” [24]

Tabla 30. Comparativa de Espectros de Diseño para perfil de suelo tipo C “Cumbayá”

Criterio	NEC-SE-DS 2015	NEC-SE-DS 2024 (Borrador)
Periodo “Método 1”	1.424 s	1.721 s
Periodo “Método 2”	1.688 s	1.688 s
Aceleración espectral (Sa)	≈ 0.0789 g en T=1.424 s	≈ 0.0777 g en T=1.721 s
Fuerza sísmica esperada	Moderada aceleración en la meseta	Mayor aceleración espectral en la meseta. Más exigente por flexibilidad aumentada
Deriva estructural	Moderada	
Tamaño de secciones requeridas	Reducción posible si derivas cumplen	Puede requerir aumento de sección
Demanda en estructuras flexibles	Baja	Moderada
Rigurosidad normativa	Moderada. Basada en mapas de 2014	Más precisa. Considera espectros y geotecnia actual

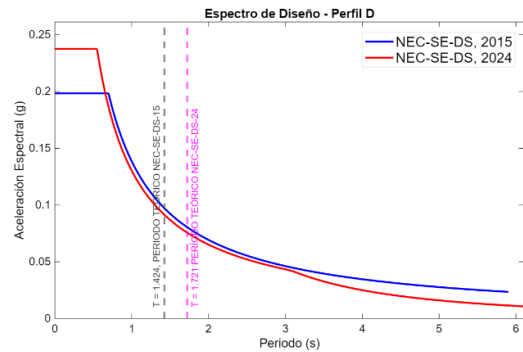


Figura 25. Comparativa Espectros Elásticos de Diseño para perfil de suelo tipo D “Ambato” [25]

Tabla 31. Comparativa de Espectros de Diseño para perfil de suelo tipo D “Ambato”

Criterio	NEC-SE-DS 2015	NEC-SE-DS 2024 (Borrador)
Periodo “Método 1”	1.424 s	1.721 s
Periodo “Método 2”	1.688 s	1.688 s
Aceleración espectral (Sa)	≈ 0.0975 g en T=1.424 s	≈ 0.0757 g en T=1.721 s
Fuerza sísmica esperada	Moderada, desciende tras la meseta	Levemente superior en rangos cortos
Deriva estructural	Moderada	Ligeramente más exigente
Tamaño de secciones requeridas	Reducción posible si derivas cumplen	Posible ajuste de acero o sección
Demanda en estructuras flexibles	Moderada	Moderada
Rigurosidad normativa	Basada en mapas actualizados al 2014	Mejora geotécnica y espectral

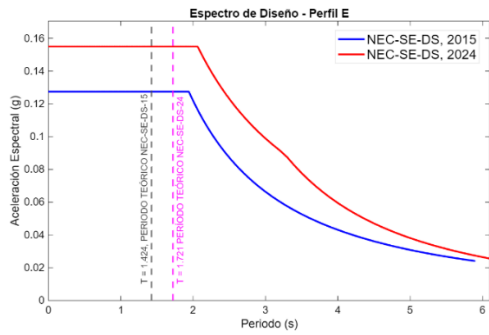


Figura 26. Comparativa Espectros Elásticos de Diseño para perfil de suelo tipo E “Santa Elena” [26]

Tabla 32. Comparativa de Espectros de Diseño para perfil de suelo tipo E “Santa Elena”

Criterio	NEC-SE-DS 2015	NEC-SE-DS 2024 (Borrador)
Periodo estimado “Método 1”	1.424 s	1.721 s
Periodo estimado “Método 2”	1.688 s	1.688 s
Aceleración espectral (Sa)	≈ 0.1275 g en T=1.424 s	≈ 0.1515 g en T=1.721 s
Fuerza sísmica esperada	Moderada, por menor aceleración espectral Sa	Alta, por mayor aceleración espectral
Deriva estructural	Menor, por baja aceleración	Mayor, por incremento en flexibilidad
Tamaño de secciones requeridas	Posible reducción por baja demanda	Más robustas por Sa y derivas mayores
Demanda en estructuras flexibles	Baja	Alta
Rigurosidad normativa	1.424 s	1.721 s

3.3.2. Análisis de las reacciones en la base

Al analizar las reacciones en la base obtenidas para los perfiles de suelo tipo “C, D y E”, se verifica que los resultados cumplen con los criterios establecidos por la normativa. En el caso [1], la relación entre el cortante basal estático (fuerza lateral equivalente) y el dinámico (modal espectral) supera el 80 %, conforme a lo exigido para estructuras regulares. Por otro lado, en [3], esta relación

supera el 100 %, cumpliendo así con el nuevo requisito normativo que exige igualar o superar el valor del análisis estático. Como establece [1] y [3] se tuvo que ajustar la aceleración de la gravedad para el perfil de suelo tipo E “Santa Elena”, con ello se confirma la coherencia del modelo estructural y valida la representatividad del análisis modal, particularmente en contextos de suelos blandos donde la demanda sísmica es más significativa.

En las siguientes Tablas de la 33 a la 35 se indica los resultados del análisis de comparativa del cortante dinámico para el perfil de suelo tipo “C” Cumbayá

Tabla 33: Comparativa Cortante Dinámico para Perfil de Suelo Tipo “C” Cumbayá

	FX (T)	FY (T)
NEC-SE-DS, 2024		
Sx	-262.359	0
Sy	0	-262.359
Dx	276.9905	0.0743
Dy	0.0743	262.3651
NEC-SE-DS, 2015		
Sx	-266.078	0
Sy	0	-266.078
Dx	236.3702	0.0577
Dy	0.0577	226.1306

Tabla 34: Comparativa Cortante Dinámico para Perfil de Suelo Tipo “D” Ambato

	FX (T)	FY (T)
NEC-SE-DS, 2024		
Sx	-255.9352	0
Sy	0	-255.9352
Dx	268.0628	0.0666
Dy	0.0666	256.6124
NEC-SE-DS, 2015		
Sx	-328.963	0
Sy	0	-328.963
Dx	283.5759	0.0601
Dy	0.0601	270.1458

Tabla 35: Comparativa Cortante Dinámico para Perfil de Suelo Tipo “E “Santa Elena”

	FX (T)	FY (T)
NEC-SE-DS, 2024		
Sx	-524.0417	0
Sy	0	-524.0417
Dx	525.7046	0.0591
Dy	0.0591	528.8356
NEC-SE-DS, 2015		
Sx	-431.0666	0
Sy	0	-431.0666
Dx	347.8983	0.0391
Dy	0.0391	349.9704

4. Conclusiones

El proceso de modelado estructural se llevó a cabo mediante el uso del software “ETABS”, lo que permitió obtener parámetros fundamentales como el periodo natural, la participación modal, las derivas inelásticas. La eficiencia en la obtención de estos resultados se vio favorecida por la interfaz amigable del programa, la cual facilitó el manejo de la información y redujo significativamente los tiempos de procesamiento, optimizando así el análisis comparativo posterior.

El período fundamental calculado por el “Método 1” aumenta de 1.424 s conforme a la NEC-SE-DS, 2015 vigente y 1.721 s conforme a la propuesta de actualización NEC-SE-DS, 2024, lo que representa un incremento del 20.8%. Este cambio refleja la actualización de parámetros normativos y tiene un impacto directo en el diseño estructural, al modificar la aceleración espectral y, por tanto, el cortante basal y las derivas esperadas. Las estructuras más flexibles podrían requerir ajustes para cumplir con los nuevos criterios de desempeño.

Para el perfil de suelo tipo C “Cumbayá”, el cortante basal aumenta de 267.49 tonf (NEC-SE-DS 2015) a 280.44 tonf (propuesta NEC-SE-DS 2024), lo que representa un incremento aproximado

del 4.8%. Este aumento refleja una mayor exigencia espectral en la zona intermedia del período estructural, producto del cambio en el valor de aceleración espectral y del desplazamiento hacia una zona más activa del espectro debido al mayor período estimado por la nueva normativa.

Para el perfil de suelo tipo D “Ambato”, el cortante basal disminuye de 330.69 tonf (NEC-SE-DS 2015) a 273.32 tonf (propuesta de actualización NEC-SE-DS 2024), lo que representa una reducción del 17.4%. Esta disminución se debe a ajustes en los coeficientes espectrales propuestos para suelos medianamente blandos, los cuales suavizan la respuesta sísmica en esta categoría, especialmente en rangos intermedios de período estructural.

Para el perfil de suelo tipo E “Santa Elena”, el cortante basal se incrementa de forma considerable, pasando de 433.40 tonf (NEC-SE-DS 2015) a 559.94 tonf (propuesta NEC-SE-DS 2024), lo que representa un aumento del 29.2%. Este incremento evidencia una mayor rigurosidad en la normativa propuesta para suelos muy blandos, donde se incrementan significativamente las aceleraciones espectrales y, en consecuencia, la demanda sísmica sobre la estructura.

Para el perfil de suelo tipo C “Cumbayá”, el período calculado con el “Método 1” aumenta de 1.424 s según la NEC-SE-DS,2015 vigente, a 1.721 s al borrador de la NEC-SE-DS, 2024, pero la aceleración espectral correspondiente disminuye levemente, de 0.0789 g a 0.0777 g, es decir, una reducción del 1.5%. Esto indica que, en este caso, no hay un incremento significativo en el cortante basal. Sin embargo, el aumento del período implica mayor flexibilidad estructural, lo que podría requerir mayor control de derivas y ajustes en secciones, en línea con la rigurosidad más precisa que plantea la NEC-SE-DS,2024.

En el perfil tipo D, el período aumenta de 1.424 s (NEC-SE-DS,2015) a 1.721 s (NEC-SE-DS, 2024), lo que desplaza el análisis a una zona con menor aceleración espectral, reduciéndose de 0.0975 g a

0.0757 g, lo cual representa el -22.3% . Esto sugiere una menor demanda sísmica global, aunque podrían presentarse ligeros aumentos locales en tramos cortos del espectro. La deriva estructural se vuelve un poco más exigente debido al aumento del período, lo que podría requerir ajustes menores en el diseño. En general, la NEC 24 afina los parámetros geotécnicos y espectrales, sin imponer cambios drásticos para estructuras en suelos tipo D.

En el perfil tipo E, el período aumenta de 1.424 s a 1.721 s, y la aceleración espectral se incrementa de 0.1273 g a 0.1556 g, representando un aumento del 22.3% , lo que genera una mayor demanda sísmica y aumento del cortante basal. Esto afecta especialmente a estructuras flexibles, que podrían requerir mayores secciones o refuerzo. La NEC-SE-DS, 2024 aplica criterios más rigurosos y geotécnicamente precisos, reforzando un diseño más conservador para suelos blandos.

Del análisis comparativo entre la NEC-SE-DS, 2015 vigente y el borrador de la NEC-SE-DS, 2024 aplicado a los perfiles de suelo tipo C “Cumbayá”, D “Ambato” y E “Santa Elena”, se verifica que las variaciones en los resultados estructurales son moderadas para los suelos tipo C y D, manteniéndose dentro de un rango de ajuste aceptable en cuanto a aceleraciones espectrales, cortante basal y derivas. Sin embargo, en el caso del suelo tipo E, el borrador de la NEC-SE-DS, 2024 muestra una mayor rigurosidad, con un incremento significativo en la aceleración espectral y en la demanda sísmica, lo que obliga a un diseño más conservador. Esto refleja un enfoque más estricto en la nueva normativa para suelos muy blandos, donde las condiciones geotécnicas adversas requieren un mayor nivel de seguridad estructural.

Referencias

- [1] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Peligro sísmico y Diseño Sismorresistente. Quito, Ecuador, 2015.
- [2] American Society of Civil Engineers, “*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*”, ASCE/SEI 7-10, Reston, VA: ASCE, 2010.
- [3] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Peligro sísmico y Diseño Sismorresistente. (Borrador). Quito, Ecuador, 2024.
- [4] C. Yepes, V. Silva, A. Acevedo, and P. Rosset, “Seismic hazard and risk assessment in Ecuador using updated ground motion models,” *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 15, no. 5, pp. 1969–1992, 2017.
- [5] American Institute of Steel “*Construction, Steel Construction Manual*”, 16th ed., Chicago, IL: AISC, 2022.
- [6] Federal Emergency Management Agency, *FEMA P-58: “Seismic Performance Assessment of Buildings”*, Washington, D.C., USA: FEMA, 2012.
- [7] American Concrete Institute, “*Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary*”, ACI 318M-19, Farmington Hills, MI: ACI, 2019.
- [8] J. Zambrano and M. Rosero, “Análisis comparativo del diseño estructural con normativas sísmicas actualizadas,” *Ing. Sísmica Latinoam.*, vol. 10, no. 2, pp. 31–42, 2020.
- [9] M. González and D. Ruiz, “Evaluación de la demanda sísmica en edificios altos con distintos espectros de diseño,” *Rev. Ing. Estruct.*, vol. 28, no. 3, pp. 45–58, 2021.
- [10] M. J. N. Priestley, G. Calvi, and M. Kowalsky, “*Displacement-Based Seismic Design of Structures*”. Pavia, Italy: IUSS Press, 2007.

- [11] Computers and Structures, Inc. (CSI), ETABS 20 – Integrated Software for Structural Analysis and Design of Buildings, Version 20 [Software Manual]. Walnut Creek, CA, USA: CSI, 2023.

- [12] NEC-SE-AC-15, “Norma Ecuatoriana de la Construcción – Diseño Sismo Resistente – Estructuras de Acero,” 1ra ed., Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Quito, Ecuador, 2015.

- [13] AISC 341-10, “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings,” American Institute of Steel Construction, Chicago, IL, 2010.

- [14] *NEC-SE-CG Cargas (no sísmicas)*, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Ecuador, 2014.

- [15] IDEA StatiCa, "Steel connection design software," IDEA StatiCa, Brno, Czech Republic. [Online]. Available: <https://www.ideastatica.com>.