

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Exploración de reforzamiento de una estructura con la técnica de
implementación de muros estructurales.**

Christopher Andres Guaman Loja

Ingeniería Civil.

Trabajo de fin de carrera presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Civil.

Quito 23 de mayo de 2024.

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Exploración de reforzamiento de una estructura con la
técnica de implementación de muros estructurales.**

Christopher Andrés Guamán Loja

Fabricio Yépez, Ph.D.

Quito, 23 de mayo de 2024.

© DERECHOS DEL AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre: Christopher Andres Guaman Loja

Código: 00128578

CI: 0302415047

Lugar: Quito 23 de mayo de 2024.

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

El presente trabajo inicia con la ubicación de una estructura de hormigón armado localizada en la provincia del Guayas, la cual consta de una combinación de elementos tipo columna, vigas y muros. Posteriormente se analizaron los requerimientos NEC en esta estructura para conocer el estado actual de la misma frente a cargas sísmicas. Con ayuda de los planos estructurales se replicó el modelo en el software ETABS, en el cual se analizó el comportamiento dinámico de la estructura para identificar errores de diseño en los elementos y comprobar si estos son vulnerables ante un sismo. Tras este análisis, se realizó un diagnóstico de la estructura que determinó que efectivamente, se necesitaba de reforzamiento.

Posteriormente, se buscó una alternativa de reforzamiento estructural para mejorar su desempeño dinámico, para ello, se propuso la implementación de muros estructurales, con el fin de incrementar la seguridad sísmica de la edificación. Finalmente, el análisis de la nueva configuración de elementos demostró ser una buena solución a los errores de diseño encontrados, demostrando que esta se encuentra dentro de los requerimientos que exige la NEC.

Palabras clave: Requerimientos NEC, Vulnerabilidad, Hormigón armado, Reforzamiento, Muros, Confinamiento, Cortante, Flexión, Compresión, Fallas.

ABSTRACT.

The present work begins with the location of a reinforced concrete structure situated in Guayas province, which consists in a combination of column, beam, and wall elements. Subsequently, the NEC requirements for this structure were analyzed to understand its current state against seismic loads. Using the structural plans, the model was replicated in ETABS software, in which the dynamic behavior of the structure was analyzed to identify design errors in the elements and verify if they are vulnerable during an earthquake. After this analysis, a diagnosis of the structure was conducted, determining that reinforcement was indeed needed.

Subsequently, a structural reinforcement alternative was sought to improve its dynamic performance. For this purpose, the implementation of structural walls was proposed to increase the seismic safety of the building. Finally, the analysis of the new configuration of elements proved to be a good solution to the identified design errors, demonstrating that it complies with the NEC requirements.

Keywords: NEC requirements, Vulnerability, Reinforced concrete, Reinforcement, Walls, Confinement, Shear, Flexion, Compression, Failures.

Tabla de contenidos

RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
Tabla de contenidos.....	7
Índice de tablas.	10
Índice de figuras.....	11
Capítulo 1: Introducción.	13
1.1 Introducción	13
1.2 Antecedentes.....	13
1.3 Problema.....	14
1.4 Justificación.....	14
1.5 Objetivos	15
1.5.1 Objetivo general	15
1.5.2 Objetivos específicos.....	15
1.6 Hipótesis.....	15
1.6.1 Variable dependiente.....	15
1.6.2 Variable independiente.....	16
Capítulo 2: Marco teórico.	17
2.1 Riesgo sísmico.....	17

2.2 Peligro sísmico.....	18
2.3 Vulnerabilidad sísmica.....	18
Zonificación Sísmica y Factor Z.....	18
Capítulo 3: Metodología.....	22
3.1 Sistema estructural.....	22
3.2 Materiales.....	23
3.2.1 Hormigón.....	23
3.2.2 Acero de refuerzo.....	23
3.3 Estados de carga.....	23
3.3.1 Carga muerta.....	23
3.3.2 Carga Viva.....	24
3.3.3 Carga por sismo.....	25
3.4 Espectro de respuesta sísmica.....	25
3.5 Análisis estático de la estructura.....	26
3.6 Análisis dinámico de la estructura.....	27
3.7 Control de derivas.....	27
3.8 Modelado para realizar la comprobación de diseño por capacidad.....	29
3.8.1 Colocación de acero de refuerzo en columnas.....	29
3.8.2 Vigas.....	30
3.8.3 Muros.....	32

Capítulo 4: Resultados y Solución.....	33
4.1 Verificación del diseño por capacidad.....	33
4.1.1 Verificación de acero longitudinal en columnas.....	33
4.1.2 Cortante en nudos.....	34
4.1.3 Cortante en estribos.....	34
4.2 Resumen de fallas encontradas.....	35
4.3 Análisis de muros.....	39
4.4 Propuesta de reforzamiento.....	41
4.4.1 Implementación de muros estructurales.....	41
4.4.2 Propuesta de localización de muros estructurales.....	41
4.4.3 Análisis estructural de estructura reforzada.....	43
4.4.4 Verificación de diseño.....	46
Capítulo 5: Conclusiones.....	48
6.1 Conclusiones.....	48
Referencias bibliográficas.....	49

Índice de tablas.

Tabla 1: Valores de factor z en función de la zona sísmica.....	19
Tabla 2: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto Fa	20
Tabla 3: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca Fd	21
Tabla 4: Comportamiento no lineal de los suelos Fs	21
Tabla 5: Carga muerta utilizada para el diseño.	24
Tabla 6: Peso de cubierta.	24
Tabla 7: Carga viva por ocupación o uso.	25
Tabla 8: Valor Z para zona de ubicación del proyecto.	26
Tabla 9: Factores de amplificación sísmica	26
Tabla 10: Coeficientes para el cálculo del periodo estructural.	26
Tabla 11: Derivas elásticas e inelásticas por piso.	29
Tabla 12: Fallas en análisis de acero longitudinal en columnas.	35
Tabla 13: Resumen de fallas por cortante en nudos, piso 1.	36
Tabla 14: Resumen de fallas por cortante en nudos, piso 2.	36
Tabla 15: Fallas por cortante en estribos.....	38
Tabla 16: Cortante actuante en muros.....	40
Tabla 17: porcentaje de cortante basal absorbido por muros.	40
Tabla 18: Periodos de vibración reforzados y no reforzados.	44
Tabla 19: Cortante basal reforzado y no reforzado.	44
Tabla 20: Cortante absorbido por muros, estructura reforzada.....	44

Índice de figuras

Gráfico 1: Mapa de zonificación sísmica para el diseño	19
Gráfico 2: Modelado del edificio en software ETABS.....	22
Gráfico 3: Desplazamientos máximos de la estructura.....	28
Gráfico 4: Derivas máximas por piso.	28
Gráfico 5: Secciones transversales de columnas.....	30
Gráfico 6: Configuración de columnas en software ETABS.....	30
Gráfico 7: Configuración de vigas en software ETABS.....	31
Gráfico 8: Cuantía de acero de refuerzo longitudinal en vigas de planta 1, sentido Y.	31
Gráfico 9: Configuración de muros en software ETABS.	32
Gráfico 10: Fallas encontradas en acero de refuerzo longitudinal.....	33
Gráfico 11: Fallas de tipo cortante en nudos.....	34
Gráfico 12: Fallas por cortante.	35
Gráfico 13: Fallas por acero longitudinal en columnas identificadas en planta, piso 2.	35
Gráfico 14: Fallas por cortante en nudos ubicadas en planta, piso 1.....	37
Gráfico 15: Fallas por cortante en nudos ubicadas en planta, piso 2.....	38
Gráfico 16: Fallas por cortante en estribos detalladas en plano.	39
Gráfico 17: Cortante absorbido por muros, eje B.....	40
Gráfico 18: Puntos en los que se proponen ubicar los muros estructurales.....	42
Gráfico 19: Muros colocados en el modelo en ETABS.....	43
Gráfico 20: Diseño a cortante de muros en sentido Y:.....	45
Gráfico 21: Diseño a cortante de muros en sentido X.....	45
Gráfico 22: Diseño a flexión de muros en sentido X.....	46

Gráfico 23: Diseño a flexión de muros en sentido Y.	46
Gráfico 24: Resultados de análisis de estructura reforzada.	47

Capítulo 1: Introducción.

1.1 Introducción

La importancia del presente trabajo se centra en el análisis sismorresistente de una edificación de tipo esencial con el fin de detectar errores de diseño en la misma y proponer una alternativa de reforzamiento como solución a las mismas. Cabe mencionar que esta será una especie de anteproyecto. La estructura de hormigón armado a analizarse corresponde a un establecimiento educativo de 3 plantas ubicado en la ciudad de Guayaquil. Para ello se examinaron detalladamente los planos estructurales de la edificación con el objeto de obtener información importante para replicar el modelo en el software ETABS.

Finalmente, con los resultados obtenidos del análisis sísmico se propone una alternativa de reforzamiento adecuada, esto con la finalidad de verificar que las fallas estructurales encontradas hayan desaparecido, garantizando así un diseño correcto que garantiza la integridad de dicha estructura y la seguridad de sus ocupantes.

1.2 Antecedentes

El Ecuador se encuentra geográficamente ubicado dentro del cinturón de fuego del pacífico, donde se libera el 90% de la energía sísmica total del planeta. Como consecuencia, existe un gran número de eventos sísmicos con magnitudes considerables que llegan a causar daños en la estructura de las edificaciones en el territorio. Esta alta amenaza sísmica revela que históricamente, el país ha atravesado por una gran cantidad de este tipo de eventos que lamentablemente han generado grandes pérdidas de tipo humana, económica y material.

Sumado a esto, la mayoría de las construcciones en el país presentan una alta vulnerabilidad sísmica debido a razones como antigüedad de la edificación, construcción informal, los sistemas constructivos, calidad de materiales o la falta de cumplimiento en el diseño estructural. Esta información revela la importancia de estudiar las construcciones a fin de determinar su vulnerabilidad, esto con el objetivo de proponer soluciones estructurales que ayuden a mejorar su desempeño ante eventos sísmicos futuros, y así garantizar la integridad estructural.

Como casos críticos, en donde las estructuras no pueden dejar de lado su funcionamiento tras un evento sísmico, son las estructuras esenciales o de ocupación especial. Estas son comprendidas por edificaciones como establecimientos educativos, hospitales, destacamentos policiales y de bomberos, entre otras.

1.3 Problema

Dadas las razones por las que la seguridad sísmica de una estructura se vea comprometida, se desea conocer si una estructura de hormigón armado tipo, cumple o no con la filosofía de diseño sismorresistente NEC-15, de no hacerlo se realizará un primer acercamiento en cuanto a reforzamiento estructural se refiere, en la que se aplicará la técnica de implementación de muros estructurales.

1.4 Justificación

Las estructuras de hormigón armado representan la mayor cantidad de construcciones que existen en el Ecuador. El comportamiento estructural ante cargas sísmicas debe cumplir con los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15. La propuesta de

reforzamiento estructural se basa los requerimientos detallados en el capítulo de evaluación y rehabilitación de estructuras. Esto representará un beneficio para los ocupantes del edificio que a diario se encuentran dentro de sus instalaciones, garantizando así su seguridad.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Evaluar el cumplimiento de las normas NEC en el diseño de una estructura de hormigón armado tipo, y en caso de requerirse, realizar un primer acercamiento a lo que reforzamiento estructural se refiere.

1.5.2 Objetivos específicos

- Revisar la seguridad sísmica de una estructura de hormigón armado tipo existente.
- Explorar su reforzamiento mediante la alternativa de adición de muros estructurales en caso de requerirlo.

1.6 Hipótesis

La incorporación de muros estructurales como parte de un reforzamiento estructural permitirán un desempeño superior garantizando la integridad estructural y la seguridad de sus ocupantes.

1.6.1 Variable dependiente

Seguridad sísmica ante eventos sísmicos.

1.6.2 Variable independiente

Implementación de una solución técnica basada en reforzamiento.

Capítulo 2: Marco teórico.

2.1 Riesgo sísmico.

El termino riesgo sísmico hace referencia a la probabilidad de ocurrencia de daños estructurales debido a movimientos súbitos del suelo dentro de un periodo de tiempo y región determinados. De acuerdo con la United Nations Disaster Relief Organization UNDR0, El riesgo sísmico se mide en base a ciertos aspectos tales como la peligrosidad sísmica, vulnerabilidad de las estructuras, exposición o densidad de estructuras y población y finalmente el coste de reparación de pérdidas (Carreño, Cardona, & Barbat, 2005). Es decir, hace referencia a las posibles consecuencias económicas, sociales y ambientales que podrían sufrir debido a este tipo de eventos.

El Ecuador es un país que geográficamente se encuentra ubicado dentro de una zona de subducción, a decenas de kilómetros del contacto entre las placas de nazca y Sudamericana, consideradas como una de las zonas con más actividad sísmica del planeta (Moncayo, 2016). Este hecho hace que el país haya atravesado por eventos sísmicos de gran magnitud, que de acuerdo con los datos históricos se pueden nombrar al terremoto ocurrido el 31 de enero de 1906 con un epicentro localizado a 100 km de la costa ecuatoriana, El sismo del 4 de agosto de 1998 que afecto a Bahía de Caráquez y al terremoto ocurrido en Pedernales el 16 de abril de 2016 a una profundidad de 20km (Cunalata & Caiza, 2022). Esta serie de eventos dan a conocer la alta amenaza sísmica existente en el país y la importancia de tomar acciones adecuadas para la mitigación de riesgos.

2.2 Peligro sísmico.

El peligro sísmico por su parte hace referencia a la probabilidad de que se den eventos sísmicos de carácter importante en un tiempo y región determinados. Estos eventos son el resultado de la interacción de las placas tectónicas que, en el caso del Ecuador, se encuentra en el cinturón de fuego del Pacífico, en donde se concentra alrededor del 90% de la energía sísmica del planeta. Dentro del país se encuentran fallas de tipo corticales y de subducción, esta última genera sismos cerca de la costa ecuatoriana, mientras que las corticales generalmente se encuentran distribuidas por los andes (Amaguaya, 2022). Este sistema de fallas han desencadenado una serie de eventos telúricos que una vez más, evidencian la alta peligrosidad sísmica existente a lo largo del país.

2.3 Vulnerabilidad sísmica.

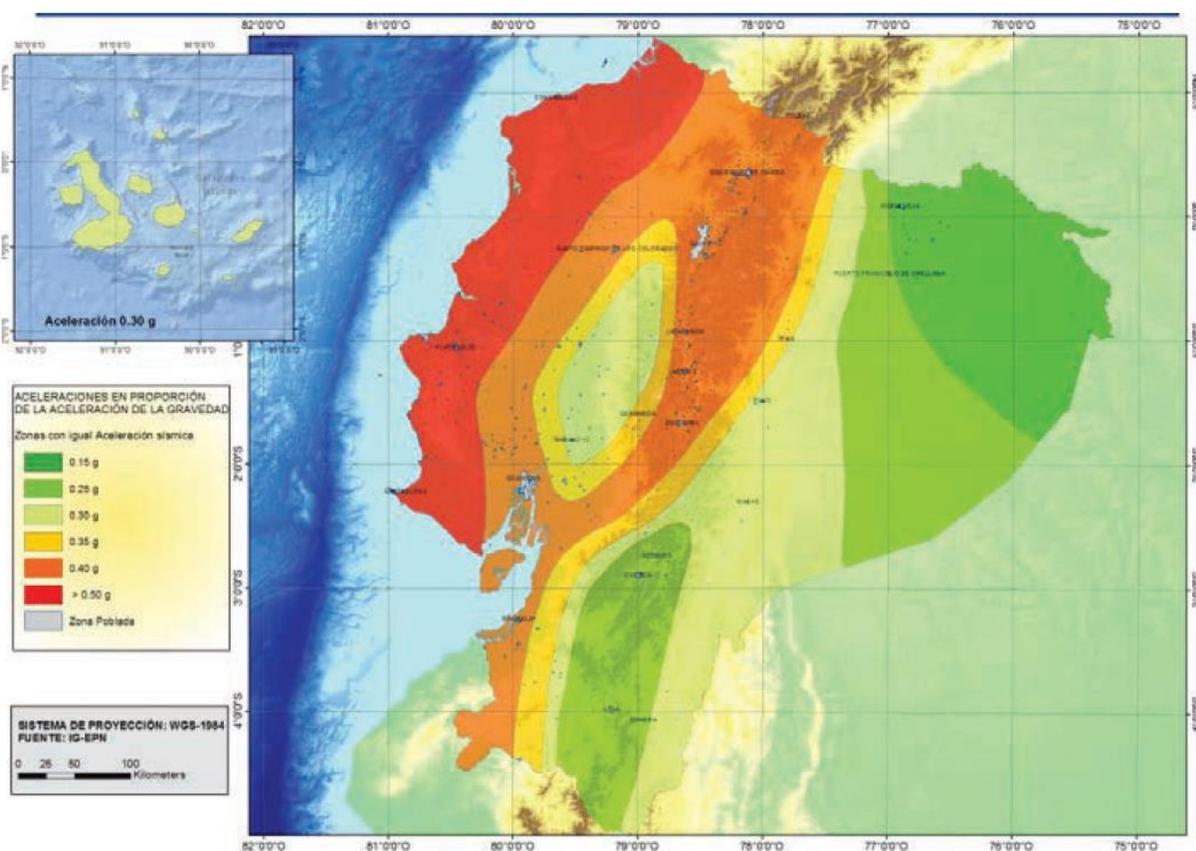
La vulnerabilidad sísmica se centra en el grado de daño que puede llegar a sufrir una estructura al estar sometida a un sismo de determinadas características. Gracias a esto se pueden clasificar edificaciones como más o menos vulnerables de acuerdo con el potencial daño al que se encontrarían expuestos (Yepez, Barbat, & Canas, 1995). Esta tiene mucho que ver con el peligro sísmico, pues a partir de ella se cuantifica el riesgo que una zona presenta para las edificaciones y población presentes.

Zonificación Sísmica y Factor Z.

En el Ecuador la norma ecuatoriana de la construcción NEC-15, específicamente en la NEC-SE-DS subsección 3.1.1, se presenta un mapa de zonificación sísmica para un sismo de

diseño con un periodo de retorno de 475 años. Este mapa muestra en términos generales, la aceleración máxima esperada en roca para el sismo de diseño, expresada como una fracción de la gravedad.

Gráfico 1: Mapa de zonificación sísmica para el diseño



fuentes: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 1: Valores de factor z en función de la zona sísmica

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

fuentes: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

A su vez, la norma proporciona los coeficientes de perfil de suelo, que en resumen hacen referencia a la amplificación que la señal sísmica tendría en el suelo, para ello se nombran tres coeficientes: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto F_a , Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca F_d , y Comportamiento no lineal de los suelos F_s .

Tabla 2: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto **F_a**.

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					

fuentes: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 3: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca **F_d**.

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					

fuentes: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 4: Comportamiento no lineal de los suelos **F_s**.

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					

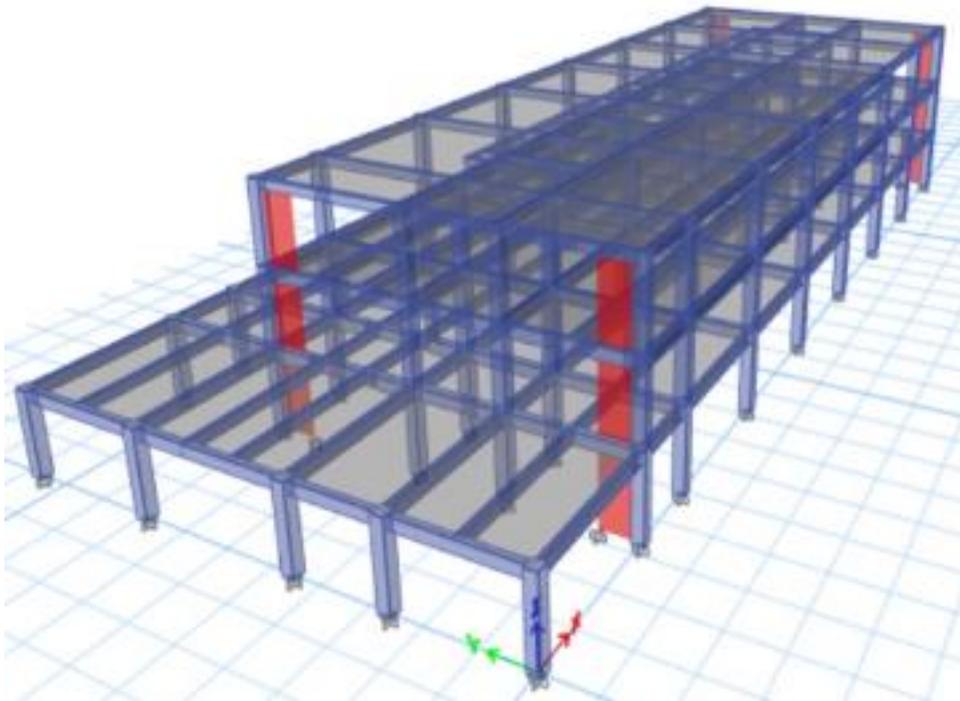
fuentes: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Capítulo 3: Metodología

3.1 Sistema estructural.

La estructura seleccionada es de hormigón armado en su totalidad, la cual posee 3 pisos y una cubierta, la estructura presenta una irregularidad en la primera planta dado que a partir de ella los siguientes pisos reducen su área. La estructura además presenta un total de 9 vanos en la dirección Y y 5 vanos en la dirección X. la altura entre pisos es de 4.55 metros en el primer piso y de 4.2 metros en los pisos restantes.

Gráfico 2: Modelado del edificio en software ETABS.



fuelle: Elaboración propia, ETABS.

3.2 Materiales.

3.2.1 Hormigón.

De acuerdo con los planos de diseño estructural la resistencia a la compresión del hormigón usado para este edificio fue de 210 kg/cm². De acuerdo con la American Concrete Institute ACI318-19 la expresión usada para el cálculo del módulo de elasticidad E_c fue la siguiente:

$$E_c = 15100\sqrt{f'c}$$

Donde $f'c$ es la resistencia a la compresion en kg/cm²

Con esto, al reemplazar los datos se obtiene que el módulo de elasticidad a usarse tiene un valor de 218819.8 kg/cm²

3.2.2 Acero de refuerzo.

El acero de refuerzo disponible en el país están de acorde con la norma ASTM A615-gr60 que tiene características como: esfuerzo fluencia f_y igual a 4200 kg/cm² y Modulo de elasticidad E_s igual a 2038901.9 kg/cm².

3.3 Estados de carga

3.3.1 Carga muerta

La carga muerta comprenden el peso propio de la estructura, el peso de paredes, enlucido de paredes, instalaciones, recubrimientos y misceláneos. De manera adicional, se toman en cuenta los pesos de los equipos de aire acondicionado que se ubican en el último piso y el peso de 3 paneles solares que se ubican en la losa de la primera planta, cada uno con un peso de 70 kg.

Tabla 5: Carga muerta utilizada para el diseño.

Elemento	Peso [kg/m ²]
Paredes	200
Enlucido	30
Recubrimientos	70
Instalaciones	60
Misceláneos	20
Total, carga muerta	380

fuelle: Elaboración propia.

El modelado de la cubierta tuvo en cuenta el peso propio de toda la estructura de cubierta aplicada en un área plana, para ello se obtuvo el peso total y se la distribuyo en el área que ocupaba.

Tabla 6: Peso de cubierta.

ESTRUCTURA DE CUBIERTA											
VIGAS + CORREAS							CANT.	1	UNIDAD(ES)	P. TOTAL (Kg)	10738,34
									PESO UNITARIO (Kg)	10738,34	
18	VIGA VM - TUBO RECTANGULAR	200	x	200	x	3	8650		13,67	118,25	2128,42
8	VIGA VM - TUBO RECTANGULAR	200	x	200	x	3	3940		13,67	53,86	430,88
4	VIGA VM - TUBO RECTANGULAR	200	x	100	x	3	12390		13,67	169,37	677,49
2	VIGA VM - TUBO RECTANGULAR	200	x	100	x	3	14600		13,67	199,58	399,16
4	VIGA VM - TUBO RECTANGULAR	200	x	100	x	3	8040		13,67	109,91	439,63
2	VIGA VM - TUBO RECTANGULAR	200	x	200	x	3	39390		13,67	538,46	1076,92
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3	154840		6,60	1021,94	1021,94
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3	157250		6,60	905,85	905,85
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3	128445		6,60	847,74	847,74
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3	119655		6,60	789,72	789,72
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3	110830		6,60	731,61	731,61
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3	102045		6,60	673,50	673,50
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3	99255		6,60	615,48	615,48
1	CORREAS - TUBO RECTANGULAR	100	x	50	x	3			6,60	0,00	0,00
CANT.	DIMENSIONES (mm)						LONGITUD (mm)	PESO LINEAL (Kg/m)	P. UNIT. (Kg)	P. TOTAL (Kg)	

fuelle: Elaboración propia.

3.3.2 Carga Viva.

Para cargas vivas se hizo uso de la NEC-SE-CG, sección 4.2 subsección 4.2.1, tabla 9 (Sobrecargas mínimas uniformes distribuidas y concentradas) como nuestra estructura es de uso educativo usamos la carga uniforme destinada para este tipo de edificaciones, la cual es de 2 kN/m² para aulas, 4 kN/m² para corredores de segundo piso y superiores y 4.8 kN/m² para corredores de primer piso.

Tabla 7: Carga viva por ocupación o uso.

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 ^a
^a La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100 mm x 100 mm		

fuentes: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

3.3.3 Carga por sismo.

De acuerdo con la NEC la carga por sismo se determina mediante el método del cortante basal, en la cual se obtiene la carga reactiva, que es el peso muerto de la estructura multiplicada por un coeficiente sísmico derivado del análisis estático y dinámico.

3.4 Espectro de respuesta sísmica.

La NEC en el capítulo de riesgo sísmico detalla los pasos a seguir para el cálculo de la respuesta sísmica, siguiendo el mapa de zonificación sísmica. Para ello se toma en cuenta la ubicación del proyecto y el tipo de suelo sobre el cual se sitúa. La tabla a continuación muestra el valor z y los coeficientes de amplificación sísmica para un suelo tipo C en donde se encuentra la cimentación más profunda de la estructura.

Tabla 8: Valor Z para zona de ubicación del proyecto.

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
LA PUNTILLA	SAMBORONDON	SAMBORONDON	GUAYAS	0.40

fuelle: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 9: Factores de amplificación sísmica

Factor	Valor
Fa	1.2
Fd	1.11
Fs	1.11

fuelle: NEC-15, Elaboración propia.

3.5 Análisis estático de la estructura.

Mediante este análisis se busca encontrar el coeficiente sísmico aplicable para la estructura, para ello se sigue el procedimiento detallado en la NEC, partiendo con el periodo fundamental de la estructura, a partir de la siguiente expresión:

$$T_e = C_t * h_n^a$$

Para ello se parte de la siguiente información detallada en la NEC.

Tabla 10: Coeficientes para el cálculo del periodo estructural.

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

fuelle: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

De esta manera se tiene que el periodo de la estructura es de 0.38 segundos. Seguidamente se calcula el espectro y el coeficiente sísmico correspondiente a este periodo estructural

$$T_c := 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a} \cdot s = 0.565 \text{ s}$$

Dado que $T_e < T_c$:

$$S_{ae} := \eta \cdot z \cdot F_a = 0.864$$

$$V_e := \frac{I \cdot S_{ad}}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} = 0.156$$

3.6 Análisis dinámico de la estructura.

El análisis dinámico se obtiene del software ETABS de cual se obtiene un Periodo estructural de 0.542 segundos. Seguidamente se calcula el espectro y el coeficiente sísmico correspondientes.

$$T_c := 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a} \cdot s = 0.565 \text{ s}$$

Dado que $T_e < T_c$:

$$S_{ad} := \eta \cdot z \cdot F_a = 0.864$$

$$V_d := \frac{I \cdot S_{ad}}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} = 0.156$$

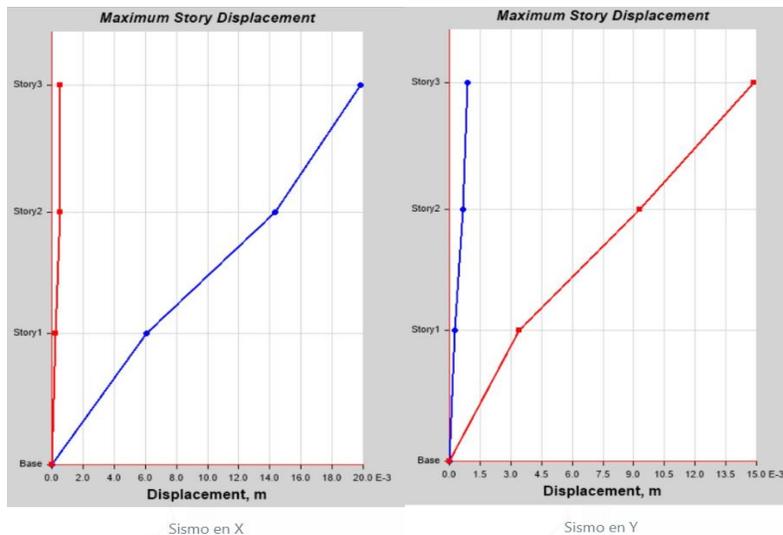
En respuesta, se puede comprobar que el cortante basal obtenido del análisis dinámico es mayor al 80% del cortante basal obtenido del análisis estático. Esto debido a que los coeficientes sísmicos son los mismos en ambos casos.

3.7 Control de derivas.

El control de derivas se realiza de acuerdo con los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, para ello, se parte de los desplazamientos máximos y de la altura de piso correspondiente. Del modelo de la estructura en ETABS se obtienen directamente

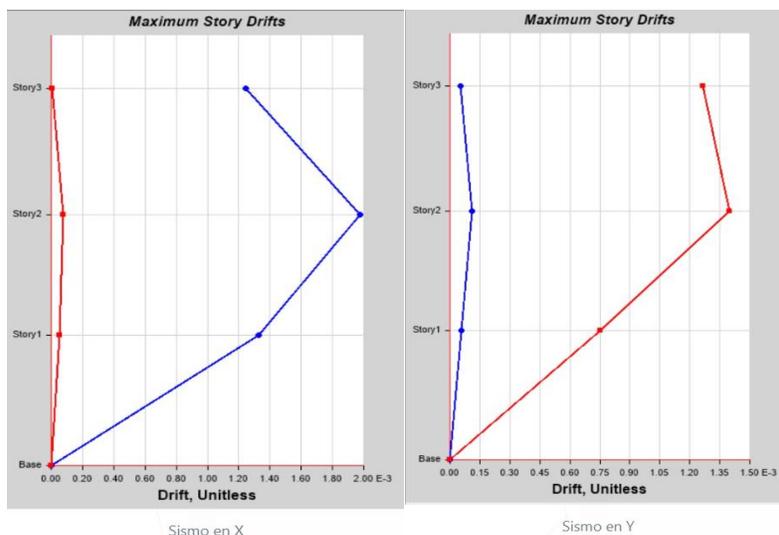
los valores y gráficas de las derivas inelásticas y desplazamientos máximos por piso como se muestra en las figuras a continuación.

Gráfico 3: Desplazamientos máximos de la estructura.



fuelle: Elaboración propia, ETABS.

Gráfico 4: Derivas máximas por piso.



fuelle: Elaboración propia, ETABS.

De acuerdo con la NEC, las derivas inelásticas deben ser controladas y estas deben encontrarse por debajo del límite establecido del 2%, para ello, la norma establece a las derivas inelásticas de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\Delta_I = 0.75 * R * \Delta_E$$

A continuación, se muestran las derivas por piso elásticas e inelásticas de la estructura:

Tabla 11: Derivas elásticas e inelásticas por piso.

Piso	Derivas en X		Derivas en Y	
	Elásticas	Inelásticas	Elásticas	Inelásticas
1	0,133%	0,797%	0,075%	0,451%
2	0,197%	1,184%	0,140%	0,839%
3	0,125%	0,748%	0,127%	0,760%

fuentes: Elaboración propia, ETABS.

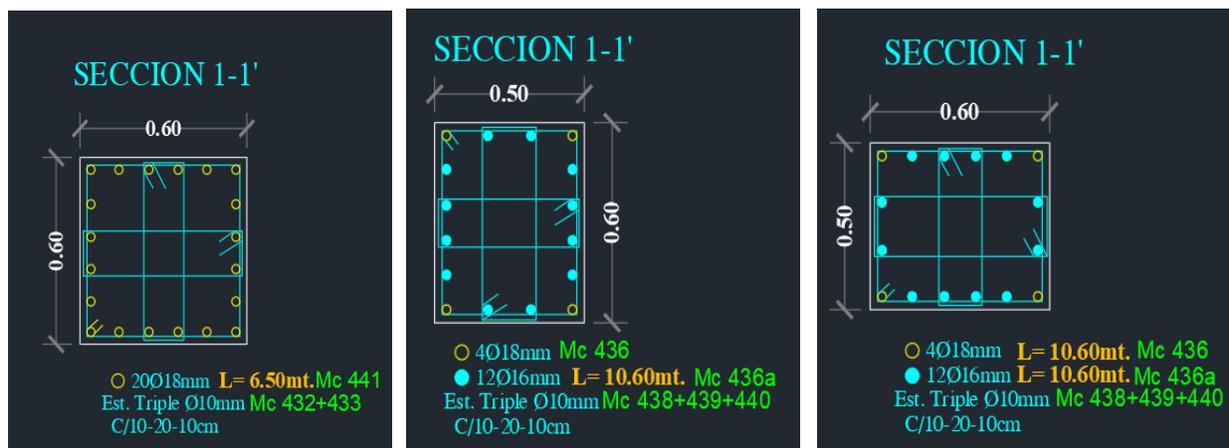
Se observa que los valores obtenidos están por debajo del límite establecido por la NEC.

3.8 Modelado para realizar la comprobación de diseño por capacidad.

3.8.1 Colocación de acero de refuerzo en columnas.

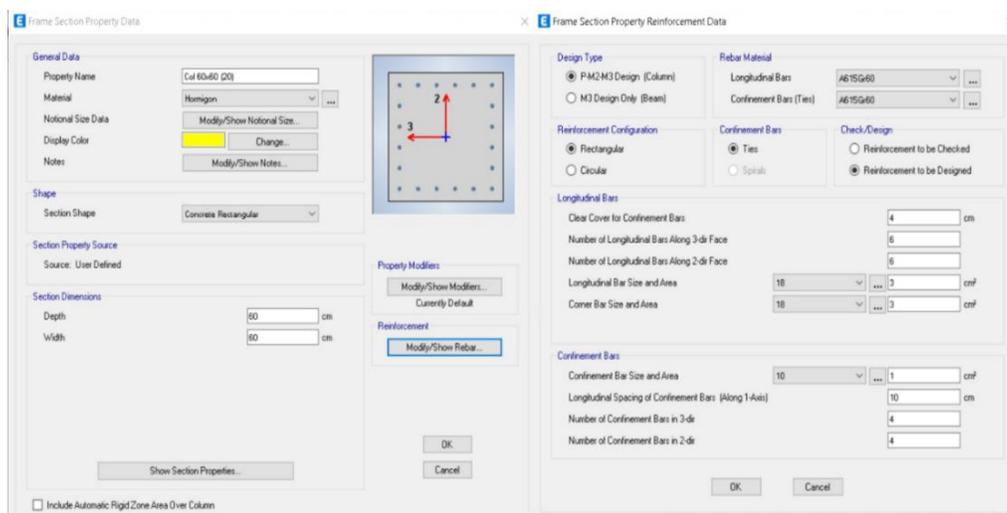
Para la colocación del acero de refuerzo en las columnas, a partir de los planos se ingresan los datos del número de varillas, tanto horizontales como verticales con su respectivo confinamiento. Este mismo procedimiento se realiza con todas las columnas de la estructura.

Gráfico 5: Secciones transversales de columnas.



fuelle: Planos Estructurales.

Gráfico 6: Configuración de columnas en software ETABS.

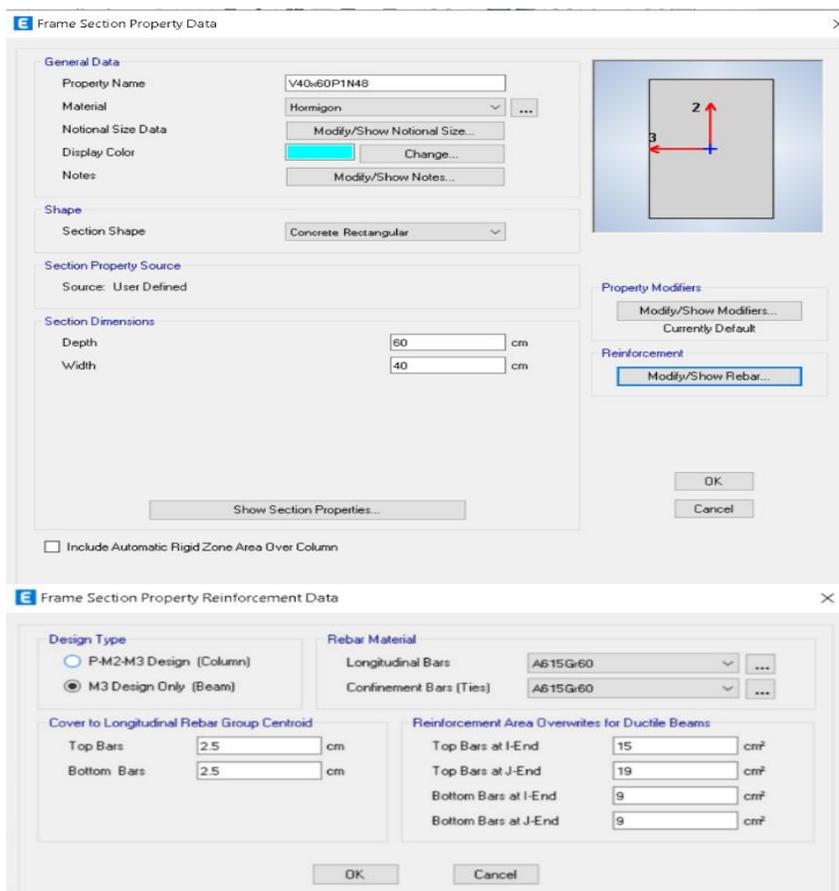


fuelle: Elaboración propia, ETABS.

3.8.2 Vigas

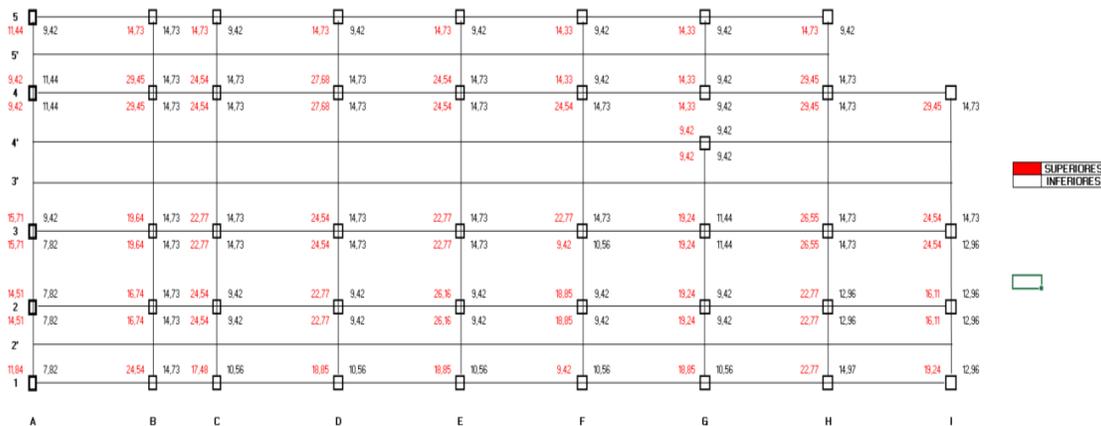
Se colocan las dimensiones de la viga y las áreas de acero de refuerzo longitudinales en los extremos superiores e inferiores de las vigas. Para esto se obtuvieron los datos de cada configuración de acero de refuerzo en cada eje de la estructura, es decir se crearon múltiples secciones cada una con su respectiva cuantía.

Gráfico 7: Configuración de vigas en software ETABS.



fuelle: Elaboración propia, ETABS.

Gráfico 8: Cuantía de acero de refuerzo longitudinal en vigas de planta 1, sentido Y.

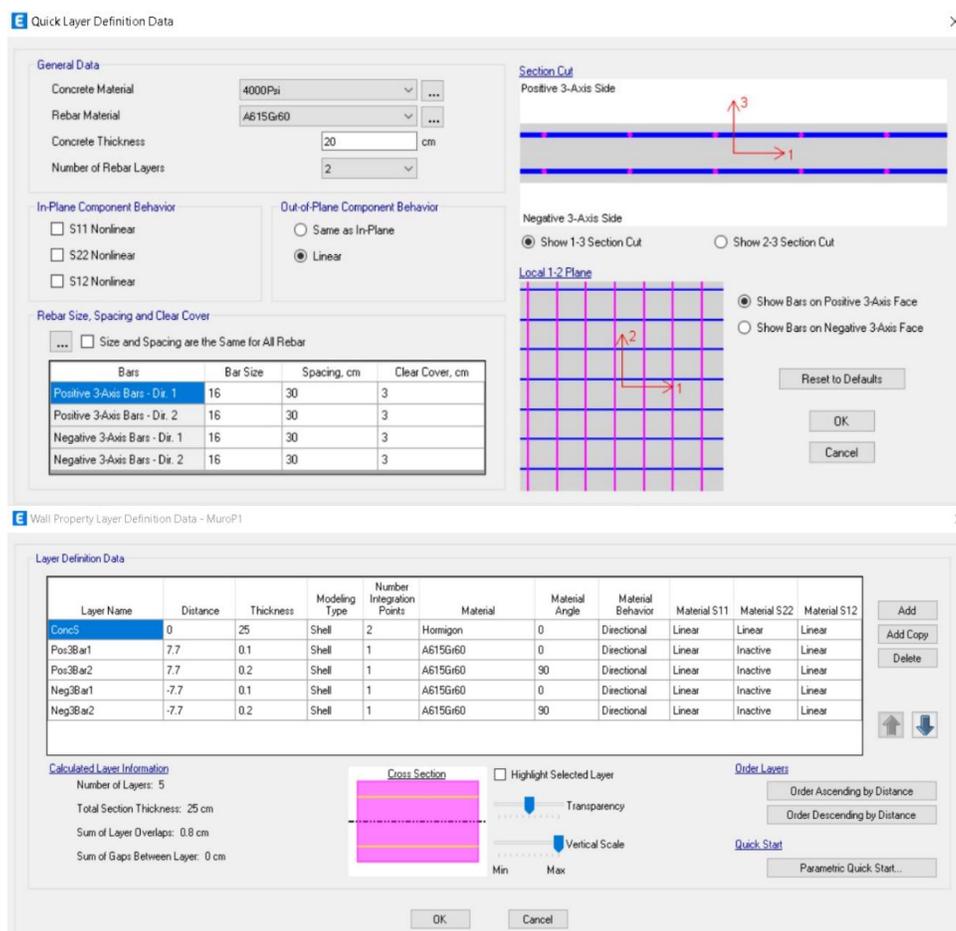


fuelle: Elaboración propia.

3.8.3 Muros.

Para la colocación del acero de refuerzo en muros se definen las capas de acero en cada sección transversal. La sección correspondiente al primer piso contiene espaciamientos entre varillas longitudinales de 10 cm y el refuerzo transversal a 20 cm. A diferencia del segundo piso, en la cual los espaciamientos son de 20cm en ambas direcciones.

Gráfico 9: Configuración de muros en software ETABS.



fuentes: Elaboración propia, ETABS.

Capítulo 4: Resultados y Solución.

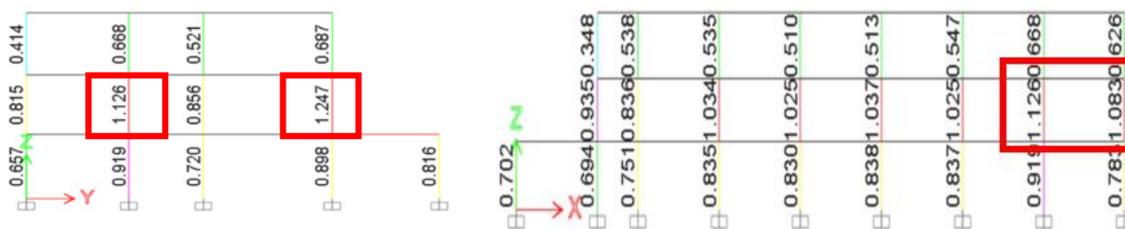
4.1 Verificación del diseño por capacidad.

En esta etapa se verifica si la estructura cumple o no con los requerimientos en columnas, vigas, nudos que son parte de la filosofía de diseño por capacidad. Esto determinará la integridad de la estructura. Esto ayuda a identificar problemas o deficiencias en el diseño para posteriormente plantear una propuesta de reforzamiento de la estructura.

4.1.1 Verificación de acero longitudinal en columnas.

En esta sección el análisis de refuerzo longitudinal P-M-M hace referencia a las combinaciones de carga axial, momento flector y momento torsor, mismas que son importantes dado que representan los estados de carga a los que puede estar sometida la estructura y que pueden afectar simultáneamente. El análisis realizado verifica que las columnas cumplan con las demandas de resistencia a la compresión, tracción, flexión y torsión bajo las condiciones de carga anteriormente mencionadas. Es decir, se evalúa la relación entre las cargas aplicadas y la capacidad resistente de la columna, donde un valor superior a 1 indica que la combinación de cargas supera la capacidad crítica del elemento. A continuación, se muestran en diferentes vistas los elementos que superan dicho valor, mismos que se tomarán en cuenta para la futura propuesta de reforzamiento.

Gráfico 10: Fallas encontradas en acero de refuerzo longitudinal.



fuelle: Elaboración propia, ETABS.

4.1.2 Cortante en nudos.

Como parte de una verificación de diseño en los nudos, dentro del marco del diseño por capacidad, una de las premisas importantes es que en una estructura se debe controlar que la columna sea más fuerte que la viga. Este análisis toma en cuenta las capacidades nominales máximas de vigas y columnas que tienen como propósito, evitar la fluencia en los elementos que son parte del sistema resistente a cargas laterales debido a posibles acciones inelásticas que conducen a una flexión en ambos extremos de una columna y posteriormente al colapso de esta.

Gráfico 11: Fallas de tipo cortante en nudos.



fuente: Elaboración propia, ETABS.

4.1.3 Cortante en estribos.

Con el objetivo de verificar la capacidad de un elemento estructural para resistir las fuerzas cortantes se realiza este respectivo análisis en ETABS. En este análisis se considera tanto el comportamiento del hormigón como el acero de refuerzo colocado. Este análisis se realiza en unidades de área sobre longitud, las cuales están relacionadas directamente con el cortante.

Gráfico 12: Fallas por cortante.



fuentes: Elaboración propia. ETABS.

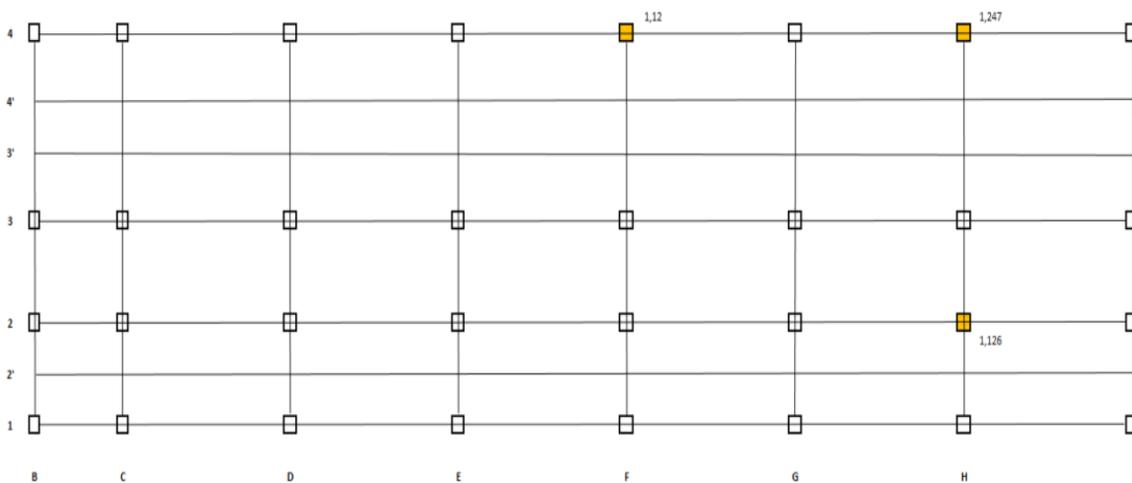
4.2 Resumen de fallas encontradas.

Tabla 12: Fallas en análisis de acero longitudinal en columnas.

SEGUNDO PISO				
Ejes	Elemento	# Elemento	Falla	
4-F	Columna	194	PMM	1,120
2-H	Columna	187	PMM	1,126
4-H	Columna	189	PMM	1,247

fuentes: Elaboración propia.

Gráfico 13: Fallas por acero longitudinal en columnas identificadas en planta, piso 2.



fuentes: Elaboración propia.

Tabla 13: Resumen de fallas por cortante en nudos, piso 1.

PRIMER PISO			
Ejes	Elemento	# Elemento	Falla
2-A	columna	56	6/5-B/C
3-A	columna	57	6/5-B/C
4-A	columna	58	6/5-B/C
3-B	columna	71	6/5-B/C
1-C	columna	69	6/5-B/C
4-C	columna	67	6/5-B/C
1-D	columna	88	6/5-B/C
2-D	columna	89	6/5-B/C
4-D	columna	91	6/5-B/C
1-E	columna	93	6/5-B/C
2-E	columna	94	6/5-B/C
3-E	columna	95	6/5-B/C
4-E	columna	92	6/5-B/C
1-F	columna	104	6/5-B/C
3-F	columna	106	6/5-B/C
4-F	columna	107	6/5-B/C
1-G	columna	108	6/5-B/C
3-G	columna	110	6/5-B/C
1-H	columna	101	6/5-B/C
2-H	columna	100	6/5-B/C
4-H	columna	102	6/5-B/C
2-I	columna	114	6/5-B/C
3-I	columna	115	6/5-B/C

fuentes: Elaboración propia.

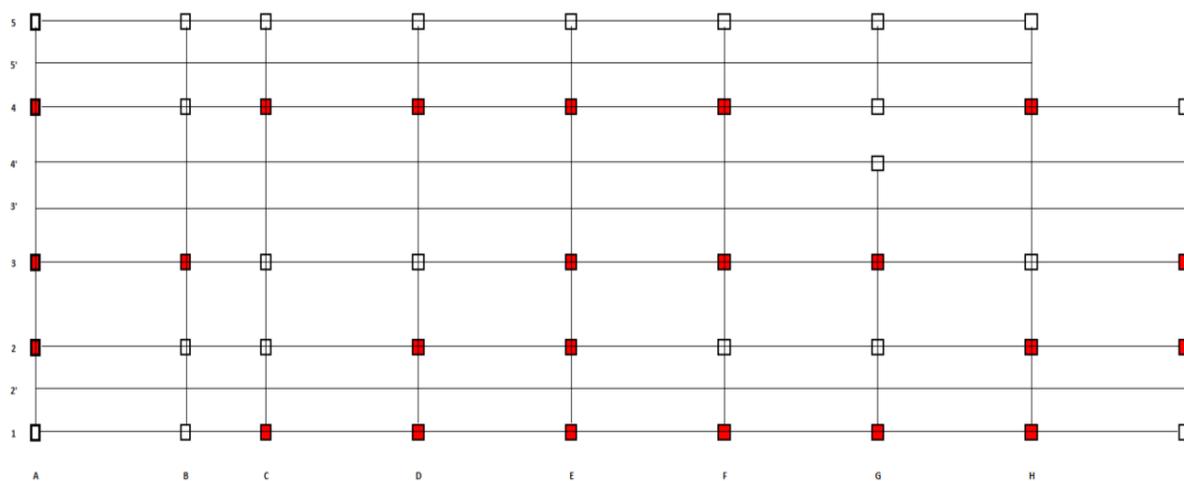
Tabla 14: Resumen de fallas por cortante en nudos, piso 2.

SEGUNDO PISO			
Ejes	Elemento	# Elemento	Falla
2-B	columna	173	6/5-B/C
3-B	columna	172	6/5-B/C
2-C	columna	167	6/5-B/C
3-C	columna	168	6/5-B/C
2-D	columna	180	6/5-B/C
3-D	columna	181	6/5-B/C
2-E	columna	185	6/5-B/C

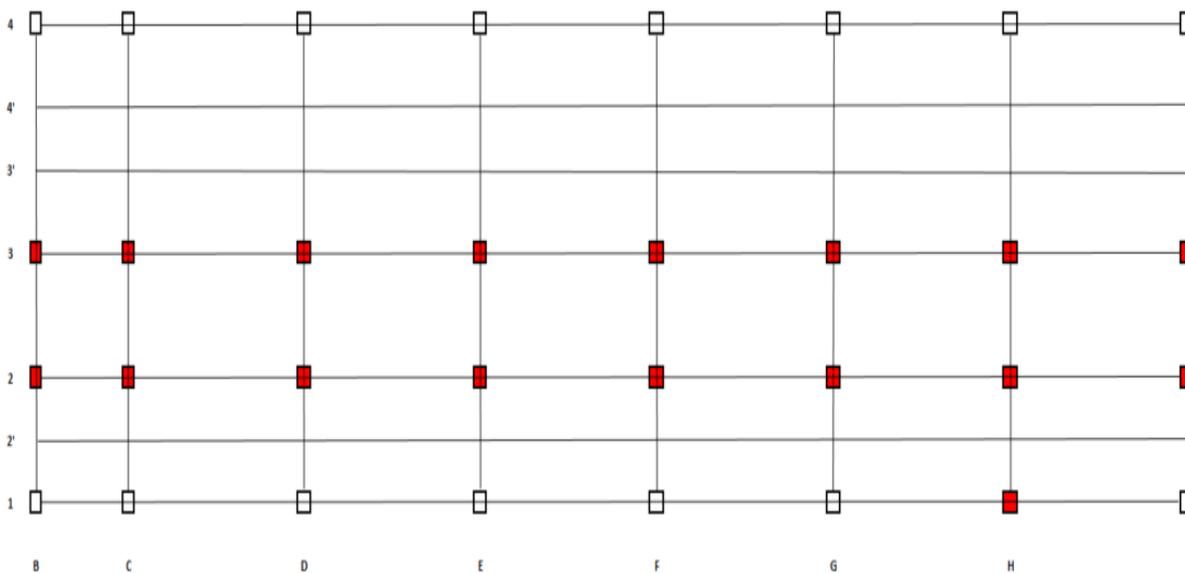
3-E	columna	186	6/5-B/C
2-F	columna	192	6/5-B/C
3-F	columna	193	6/5-B/C
2-G	columna	196	6/5-B/C
3-G	columna	197	6/5-B/C
1-H	columna	188	6/5-B/C
2-H	columna	187	6/5-B/C
3-H	columna	190	6/5-B/C
2-I	columna	201	6/5-B/C
3-I	columna	202	6/5-B/C

fuentes: Elaboración propia.

Gráfico 14: Fallas por cortante en nudos ubicadas en planta, piso 1.



fuentes: Elaboración propia.

Gráfico 15: Fallas por cortante en nudos ubicadas en planta, piso 2.

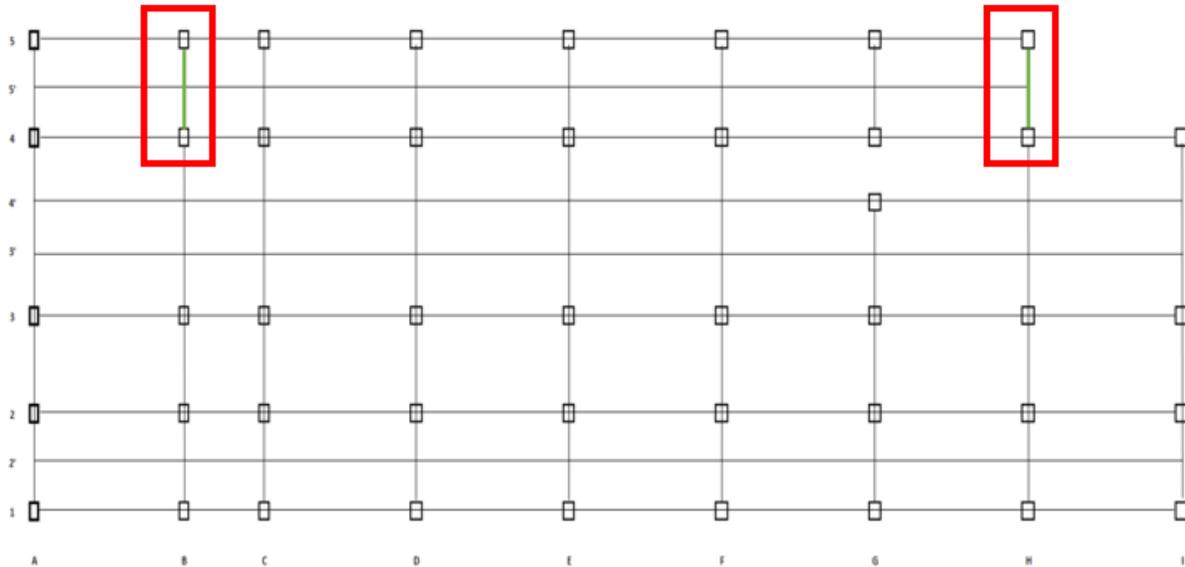
fuelle: Elaboración propia.

Tabla 15: Fallas por cortante en estribos.

PRIMER PISO			
Ejes	Elemento	# Elemento	Falla
B4-B5	Viga	79	Shear Reinf
H4-H5	Viga	35	Shear Reinf

fuelle: Elaboración propia.

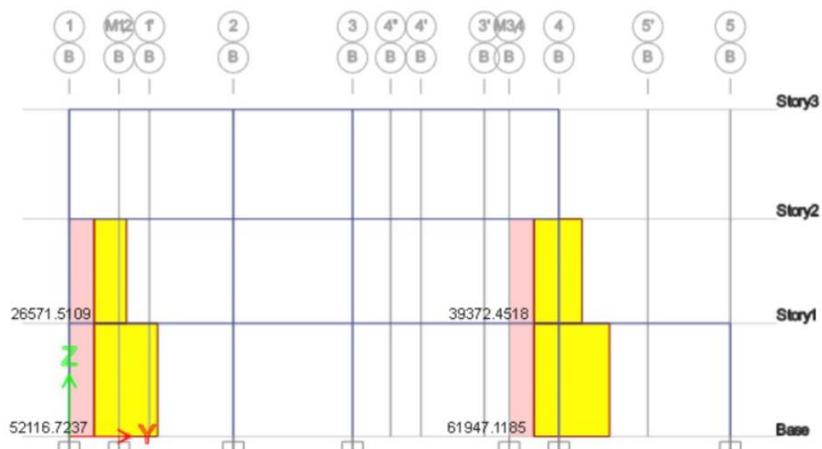
Gráfico 16: Fallas por cortante en estribos detalladas en plano.



fuentes: Elaboración propia.

4.3 Análisis de muros.

Con el objetivo de comprobar si la estructura cumple con la premisa establecida en la NEC acerca de los pórticos especiales sismorresistentes con muros estructurales, se analizan si los muros absorben al menos el 75% del cortante basal total que actúa en la estructura. Como primera observación se tiene que los muros llegan a la tercera planta

Gráfico 17: Cortante absorbido por muros, eje B.

fuentes: Elaboración propia, ETABS.

Como segunda observación se tiene que los muros no cumplen absorben al menos el 75% del cortante basal, por el contrario, este valor solo llega a un 41%.

Tabla 16: Cortante actuante en muros.

Cortante de Muros [kgf]	
Muro1	52116,72
Muro2	61947,12
Muro3	64075,31
Muro4	71445,53
Total	249584,69

fuentes: Elaboración propia.

Tabla 17: porcentaje de cortante basal absorbido por muros.

Cortante	kgf
Basal	422712,40
Total Muros	249584,69
% resistido	41,0%

fuentes: Elaboración propia.

4.4 Propuesta de reforzamiento.

4.4.1 Implementación de muros estructurales.

Con el objetivo de alargar la vida útil de una edificación, garantizando el cumplimiento de la norma ecuatoriana de la construcción en cuanto a los objetivos básicos de desempeño estructural se toma la alternativa de implementación de muros estructurales. En la actualidad existe una gran número de técnicas de reforzamiento que proporcionan sismorresistencia a una edificación. En el presente capítulo se propone la técnica de adición de muros estructurales como solución a los problemas en la estructura, mismos que fueron detallados en el capítulo anterior. Esta solución debe garantizar un correcto funcionamiento estructural y, por ende, la seguridad y salud de sus ocupantes. Cada técnica tiene una filosofía de diseño diferente, en este caso la adición de muros se centra en el aumento de resistencia y rigidez, aumentando la capacidad local y global de la estructura que, como resultado, se obtiene una mayor rigidez de esta (Sanclemente, Sornoza, & García, 2022). En general, el reforzamiento incrementa la capacidad del sistema en su conjunto además del rango elástico de cada uno de los elementos estructurales reforzados. Cabe recalcar que este incremento en la rigidez genera una reducción en el periodo de vibración estructural que influye en la capacidad de resistencia de la cimentación (Góngora & Guzmán, 2019). Finalmente dado el alcance del presente trabajo esta última afirmación no será analizada.

4.4.2 Propuesta de localización de muros estructurales.

De acuerdo con el análisis de los planos arquitectónicos se determinaron las mejores ubicaciones posibles para la colocación de muros estructurales. Con el objetivo de cumplir el requisito de la NEC, los muros deben absorber al menos el 75% del cortante basal y dado que el problema encontrado fue que los muros actuales no cumplían con esa afirmación, se procede con

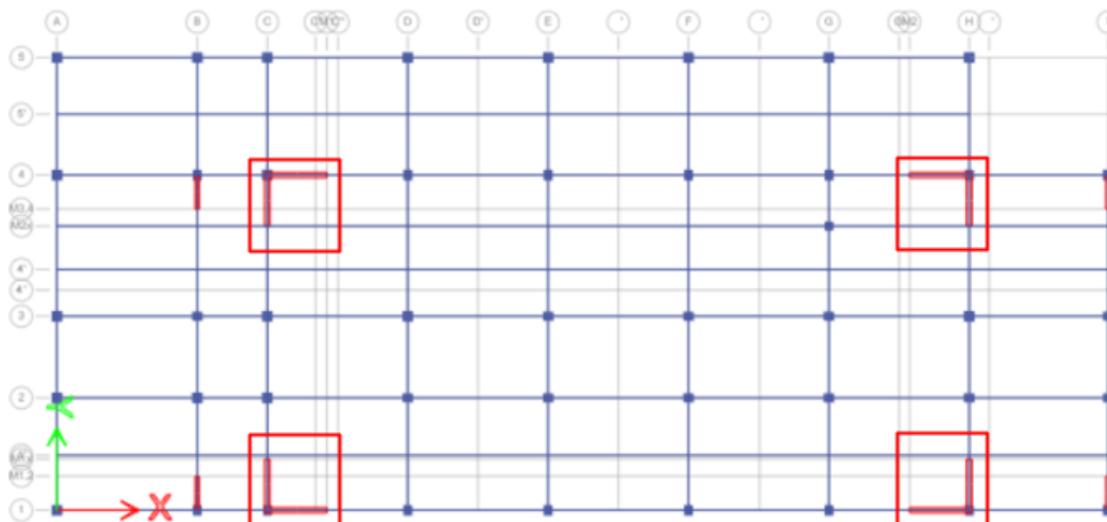
la colocación de muros estructurales en las dos direcciones de manera simétrica para evitar que el modo de vibración principal sea de tipo torsional. Finalmente, el resultado de la distribución de muros consta de 4 muros de 3.5 metros en la dirección X y 4 muros adicionales de 3 metros en la dirección Y, mismos que recorren toda la altura del edificio. La resistencia a la compresión del hormigón usado es de 280 kg/cm².

Gráfico 18: Puntos en los que se proponen ubicar los muros estructurales.



fuelle: Elaboración propia.

Gráfico 19: Muros colocados en el modelo en ETABS.



fuentes: Elaboración propia, ETABS.

4.4.3 Análisis estructural de estructura reforzada.

La adición de muros cambia las características originales del edificio, por lo que es necesario un nuevo análisis de la estructura para determinar si los problemas encontrados anteriormente se resuelven. Adicionalmente cabe mencionar que la propuesta del reforzamiento longitudinal es de varillas de 16 mm de diámetro separadas cada 20 cm en ambas caras del muro. Por otro lado, el refuerzo transversal consta de varillas de 12 mm de diámetro separadas a 20 cm en ambas caras del muro.

4.4.3.1 Modos de vibración

Evitar que el primer modo de vibración sea de tipo torsional es fundamental, por ello la simetría en la colocación de los muros. Es así como se puede comprobar en el modelo en ETABS que los modos de vibración principales no son los torsionales. Además, se observó una reducción en el periodo de vibración, misma que se representa a continuación.

Tabla 18: Periodos de vibración reforzados y no reforzados.

Estructura	Periodo de vibración [s]
Original	0.542
Reforzada	0.266

fuentes: Elaboración propia.

4.4.3.2 Cortante basal.

En cuanto al peso estructural, este también se incrementó debido a la adición de los muros, algo que también interfirió con el cortante basal, haciendo que este se incrementara también.

Tabla 19: Cortante basal reforzado y no reforzado.

Estructura	Cortante basal [kgf]
Original	422712.40
Reforzada	460024.31

fuentes: Elaboración propia.

4.4.3.3 Cortante absorbido por muros estructurales.

Finalmente, para cumplir con el requisito de la NEC en cuanto al porcentaje de absorción del cortante basal en muros, con la nueva configuración de muros se tiene que cumplir con dicha afirmación.

Tabla 20: Cortante absorbido por muros, estructura reforzada.

Muros Sentido X	Cortante Absorbido [kgf]
Muro 1	91472.56
Muro 2	87848.24
Muro 3	92975.92
Muro 4	88779.47
Total en X	361076.19
Muros Sentido Y	Cortante Absorbido [kgf]
Muros Originales	93036.56
Muro 1	62304.76
Muro 2	76687.59
Muro 3	63992.38
Muro 4	85877.73

Total en Y	381899.02
Muros	Cortante Basal Absorbido [%]
Sentido X	78.49
Sentido Y	83.02

fuelle: Elaboración propia.

4.4.3.4 Capacidad cortante de muros

El software comprueba el diseño del muro de acuerdo con la norma ACI 318-19, a continuación, se muestra de la capacidad cortante de un muro tanto en la dirección Y como en la dirección X. como resultado, se tiene que los muros cumplen con el diseño a corte.

Gráfico 20: Diseño a cortante de muros en sentido Y:

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm ² /cm	Shear Combo	P _u kgf	M _u kgf-m	V _u kgf	ϕV_c kgf	ϕV_n kgf
Top	Leg 1	0.06	DWals6	-88784.2579	33715.255	78085.4108	28670.7613	87733.2613
Bottom	Leg 1	0.06	DWals6	-77366.9386	-321573.3642	78085.4108	30542.7184	89605.2184

Gráfico 21: Diseño a cortante de muros en sentido X

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm ² /cm	Shear Combo	P _u kgf	M _u kgf-m	V _u kgf	ϕV_c kgf	ϕV_n kgf
Top	Leg 1	0.06	Envolvente	-90976.8138	68277.2883	89621.9304	35515.8785	104422.1285
Bottom	Leg 1	0.06	Envolvente	-81755.1328	405792.7635	89621.9304	37027.8439	105934.0939

4.4.3.5 Capacidad a momento de muros.

Del software ETABS se verifica el diseño a flexión del muro, que como resultado se tiene que también cumple con el diseño a flexión. Es mas importante este paso debido a que la relación altura de muro-longitud de muro es mayor 2, lo que indica que el muro trabaja de manera similar a una viga.

Gráfico 22: Diseño a flexión de muros en sentido X.

Flexural Design for P_u , M_{uX} and M_{uY}

Station Location	Required Rebar Area (cm ²)	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	P_u kgf	M_{uX} kgf-m	M_{uY} kgf-m	Pier Area cm ²
Top	53	0.0059	0.0023	DWals7	-85143.747	11513.4528	63186.7586	9000
Bottom	103	0.0114	0.0023	DWals10	-115462.0065	1328.3934	-316236.3934	9000

Gráfico 23: Diseño a flexión de muros en sentido Y.

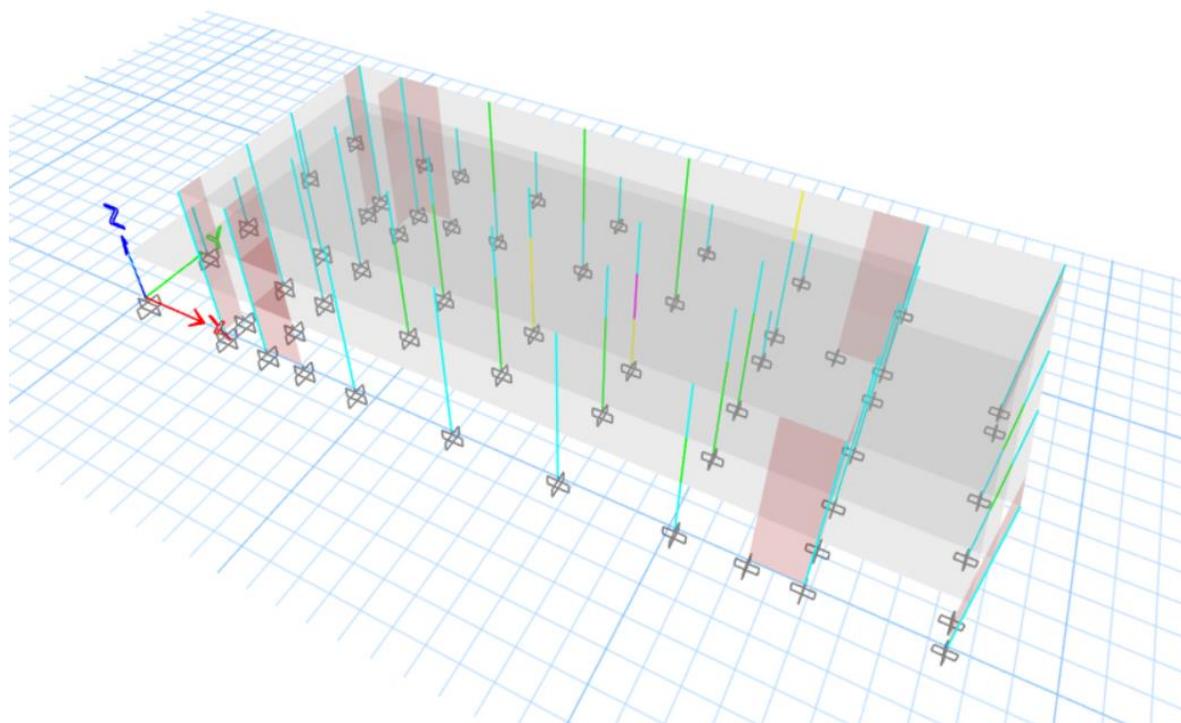
Flexural Design for P_u , M_{uX} and M_{uY}

Station Location	Required Rebar Area (cm ²)	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	P_u kgf	M_{uX} kgf-m	M_{uY} kgf-m	Pier Area cm ²
Top	47	0.0045	0.0022	DWals9	-95624.1642	-6523.4292	67384.8042	10500
Bottom	113	0.0108	0.0022	DWals8	-129363.4228	-297.0778	-402965.7421	10500

4.4.4 Verificación de diseño.

En el software ETABS se realiza la verificación del cumplimiento de los requisitos del diseño por capacidad, donde la adición de muros incremento la rigidez de la estructura, lo que globalmente redujo la demanda de capacidad en cada elemento. De esta manera es como se refleja una estructura totalmente reforzada que garantiza su integridad y seguridad a sus ocupantes.

Gráfico 24: Resultados de análisis de estructura reforzada.



fuelle: Elaboración propia.

Capítulo 5: Conclusiones.

6.1 Conclusiones.

En base a los datos obtenidos y a los análisis realizados a lo largo del presente trabajo de titulación se concluye que:

- Se evaluó el cumplimiento de las normas NEC en el diseño existente de la estructura, como resultado se determinó que esta requería de reforzamiento debido a las múltiples deficiencias encontradas, mismas que se encuentran detalladas en la sección 4.2. Adicionalmente se generó una propuesta de implementación de muros estructurales en ciertos puntos interiores de la estructura y se las ubicaron de manera simétrica.
- Se revisó la seguridad sísmica de la estructura con la ayuda del software ETABS, en el cual se verifican que los elementos estructurales estén diseñados siguiendo la filosofía del diseño por capacidad, que garantiza la integridad estructural frente a eventos sísmicos. El estado actual de la estructura no reforzada reveló que el desempeño dinámico de la estructura no es bueno, puesto que especialmente se vieron deficiencias en los nudos, pues la demanda de cortante es mayor a la capacidad de estas.
- Se exploró la alternativa de implementación de muros estructurales al revisar los requerimientos NEC en el análisis dinámico de la estructura reforzada y determinar así su factibilidad como solución a las deficiencias que se encontraron. Finalmente, esta alternativa generó una estructura mucho más rígida en ambas direcciones, cumpliendo con los requisitos de la normativa. Cabe recalcar que, debido al alcance del presente trabajo, no se realizó un análisis de la cimentación.

Referencias bibliográficas

- Amaguaya, M. (2022). *Análisis por desempeño de una edificación de hormigón armado de 10 pisos, reforzada mediante la inclusión de disipadores de energía tipo TADAS*. Quito.
- American Concrete Institute. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)*. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2019.
- Carreño, M., Cardona, O., & Barbat, A. (2005). Seismic risk evaluation for an urban centre. *International conference of urban risks*. Lisbon.
- Cunalata, F., & Caiza, P. (2022). Estado del arte de estudios de vulnerabilidad sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50. doi:<https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>
- Góngora, D., & Guzmán, J. (2019). *Diseño y revisión de muros estructurales de concreto reforzado a través de una hoja electrónica*. Colombia: Universidad de Ibagué.
- Moncayo, M. (2016). Enfoque de energía sísmica liberada: En busca de las características del comportamiento sísmico de Ecuador e identificación de las amenazas sísmicas. *Economía y Desarrollo*, 17, 224-230. doi:<http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v17i3.231>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Peligro sísmico, diseño sismo resistente*. Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras*. Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Cargas no sísmicas*. Ecuador: Dirección de comunicación social, MIDUVI.

Sanclemente, Y., Sornoza, J., & García, L. (Noviembre de 2022). Análisis estructural y reforzamiento por medio de muros resistentes al corte en el edificio no.27 del instituto de lenguas de la universidad técnica de Manabí. *Polo del conocimiento*, 7, 1984-2001.
doi:10.23857/pc.v7i8

Yepez, F., Barbat, A., & Canas , J. (1995). *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería*. España: Monografías de ingeniería sísmica.