



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO ESTRUCTURAL PARA CONSTRUIR UN EDIFICIO APORTICADO CON
MUROS DE CORTE DE 5 PISOS APLICANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN NEC-SE, 2015, UBICADO EN LA PARROQUIA COTOCOLLAO,
BARRIO 23 DE JUNIO, PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de INGENIERO CIVIL

AUTOR: EDGAR MAURICIO SUQUILLO VÁSQUEZ
TUTOR: MARLON MANOLO ARÉVALO NAVARRETE

Quito - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edgar Mauricio Suquillo Vásquez con documento de identificación N° 1713805842 manifiesto que:

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

Quito, 30 de septiembre del 2024

Atentamente,



Edgar Mauricio Suquillo Vásquez

1713805842

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

Yo, Edgar Mauricio Suquillo Vásquez con documento de identificación N° 1713805842, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico : “Diseño estructural para construir un edificio aporticado con muros de corte de 5 pisos aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC- SE,2015, ubicado en la parroquia Cotocollao, barrio 23 de junio, provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 30 de septiembre del 2024

Atentamente,



Edgar Mauricio Suquillo Vásquez

1713805842

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marlon Manolo Arévalo Navarrete con documento de identificación N° 1706746029, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO ESTRUCTURAL PARA CONSTRUIR UN EDIFICIO APORTICADO CON MUROS DE CORTE DE 5 PISOS APLICANDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-SE, 2015, UBICADO EN LA PARROQUIA COTOCOLLAO, BARRIO 23 DE JUNIO, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Edgar Mauricio Suquillo Vásquez con documento de identificación N° 1713805842, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 30 de septiembre del 2024

Atentamente,



Ing. Marlon Manolo Arévalo Navarrete, MSc.

1706746029

DEDICATORIA

Dedico este proyecto técnico a mis padres Luis y Janeth quienes me forjaron como persona, y me inculcaron que con dedicación y esfuerzo se pueden alcanzar las metas.

A mi esposa Alexandra por su apoyo para continuar con mi carrera, a mi familia por todos sus consejos y colaboración para terminar con este sueño.

Edgar M. Suquillo V.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por darme las fuerzas para seguir adelante con mis sueños, a todos los docentes que me han guiado durante toda la carrera profesional y de manera especial a mi tutor Ing. Marlon Arévalo por todo su apoyo y consejos en este proyecto técnico.

Edgar M. Suquillo V.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema en estudio	2
1.2.1 Antecedentes	2
1.2.2 Importancia y Alcance.....	3
1.2.3 Delimitación	4
1.2.3.4 Concepción arquitectónica	4
1.3 Justificación.....	6
1.4 Grupo objetivo.....	7
1.5 Objetivos	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
Definiciones	8
2.1 Hormigón Armado	8
2.2 Esfuerzo cortante	8
2.3 Estructura	8
2.4 Diseño Estructural	9
2.5 Deriva de piso.....	9
2.6 Muro de corte	9
2.7 Torsión	10
2.8 Modos de vibración	10
2.9 Análisis de cargas.....	10
2.10 Periodo de retorno de sismo	10
2.11 Factores de carga	11
2.12 Periodo fundamental.....	11
2.13 Sistemas estructurales.....	11
2.14 Sistema dual	11
CAPÍTULO III	12
METODOLOGÍA	12
3.1 Tipo de investigación	12
3.2 Método de investigación	12

3.3 Técnicas de recopilación de información	13
CAPÍTULO IV	14
CÁLCULO Y DISEÑO	14
4.1 Antecedentes	14
4.2 Prediseño de elementos estructurales	14
4.2.1 Columnas.....	14
4.2.2 Vigas.....	17
4.2.3 Losa	17
4.2.4 Muro de corte	19
4.3 Modelamiento de la estructura	20
4.4 Determinación de las propiedades de los materiales	21
4.5 Definición de secciones	23
4.6 Determinación de factores y parámetros para el cálculo del cortante basal	30
4.7 Combinaciones de carga.....	38
4.8 Factor de corrección (Fs) para el cortante basal dinámico x,y	45
4.9 Cimentación:	52
5. Muros de corte.....	58
5.1 Principios generales para la ubicación de muros.....	60
6. Detallamiento estructural	63
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Cargas muertas y viva para prediseño manual columnas</i>	14
Tabla 2	<i>Calculo de carga última para columna central</i>	15
Tabla 3	<i>Calculo de carga última para columna perimetral</i>	16
Tabla 4	<i>Calculo de carga última para columna esquinera</i>	16
Tabla 5	<i>Secciones según prediseño de elementos estructurales</i>	19
Tabla 6	<i>Valores optimizados</i>	23
Tabla 7	<i>Cálculo cortante basal</i>	31
Tabla 8	<i>Valores de Z según la zona sísmica</i>	32
Tabla 9	<i>Tipo de perfil de suelo</i>	32
Tabla 10	<i>Factores de configuración en planta y elevación</i>	33
Tabla 11	<i>Factores de espectro de diseño</i>	33
Tabla 12	<i>Cálculo del periodo de vibración</i>	34
Tabla 13	<i>Cálculo del espectro elástico</i>	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Límites del predio.....	4
Figura 2 Planta arquitectónica.....	5
Figura 3 Fachada lateral arquitectónica.....	6
Figura 4 Evidencia del modelo 3D.....	20
Figura 5 Evidencia de propiedades de los materiales (hormigón).....	21
Figura 6 Evidencia de propiedades de los materiales (acero).....	22
Figura 7 Evidencia de secciones columna.....	24
Figura 8 Evidencia secciones vigas.....	25
Figura 9 Evidencia espesor losa.....	26
Figura 10 Evidencia espesor muro.....	27
Figura 11 Evidencia de ingreso de cargas verticales losa tipo.....	28
Figura 12 Evidencia de ingreso de cargas verticales losa terraza.....	29
Figura 13 Evidencia de ingreso de valores de cargas verticales.....	30
Figura 14 Espectro de diseño.....	35
Figura 15 Masa múltiple para patrones de carga.....	36
Figura 16 Definición de patrones de carga.....	36
Figura 17 Evidencia ingreso cortante basal (SXP).....	37
Figura 18 Evidencia ingreso cortante basal (SYP).....	37
Figura 19 Evidencia de ingreso carga servicio.....	38
Figura 20 Combinaciones de carga combo 1.....	39
Figura 21 Combinaciones de carga combo 3.....	39
Figura 22 Combinaciones de carga Envolvente.....	40
Figura 23 Cargas sísmicas lateral X.....	41
Figura 24 Cargas sísmicas lateral Y.....	41
Figura 25 Derivas de piso SXP.....	42
Figura 26 Derivas de piso SXN.....	42
Figura 27 Evidencia Auto Seismic.....	43
Figura 28 Evidencia cortante basal para espectro de diseño.....	44
Figura 29 Evidencia cortante basal para espectro corregido (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014).....	46
Figura 30 Evidencia de cuantías en los elementos estructurales (vigas y columnas), eje 4.....	47
Figura 31 Evidencia del cuantías en los elementos estructurales (vigas y columnas), eje H...48	48
Figura 32 Conexión viga columna.....	49
Figura 33 Evidencia Participación Factors.....	50
Figura 34 Evidencia valores de periodo y frecuencias.....	51
Figura 35 Evidencia Modal participating mass ratios.....	52
Figura 36 Evidencia propiedad del material.....	53
Figura 37 Evidencia altura de zapata.....	54
Figura 38 Evidencia Carga de servicio.....	54
Figura 39 Evidencia Fuerza sísmica x.....	55
Figura 40 Evidencia Fuerza sísmica y.....	56
Figura 41 Evidencia de punzonamiento.....	57
Figura 42 Comportamiento ante cargas fuera del plano.....	58

Figura 43 *Ubicación de muros forma uniforme*60

Figura 44 *Evidencia diseño muro*61

Figura 45 *Evidencia cuantía muros de corte eje G*62

Figura 46 *Evidencia diseño del muro*63

RESUMEN

Este proyecto analiza los valores de derivas, torsión y periodos de vibración producidos por las cargas sísmicas para el sistema aporticado con muros de corte de un edificio de cinco pisos para lo cual se realizó un análisis estructural en base a la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014), que implica la revisión de los parámetros de diseño para columnas, vigas, losas y muros de corte.

A continuación, se realiza la determinación de cargas de diseño de acuerdo al uso de la edificación según indica la normativa, se incluye el cálculo por peso propio de acuerdo al número de pisos del proyecto y se determina el porcentaje de la acción sísmica a la que estará sometida la estructura cuando actúe la carga sísmica, con estos valores se realiza el prediseño de elementos estructurales con hojas electrónicas donde se asumirá secciones mínimas para iniciar el proceso.

Con estos datos se hace una modelación matemática de la estructura en el programa computacional Etabs V21.2.0, se determina la normativa de diseño a utilizar, se define las cargas, tipos de materiales y secciones calculadas previamente. Además, se ingresa las combinaciones de carga que indica la normativa, se introduce el valor de cortante basal calculado y se corre el programa para realizar el Análisis Lineal Estático y Análisis Lineal Dinámico (Modal Espectral).

Con esto se verificará que el edificio cumpla los requisitos mínimos de diseño y que los valores obtenidos de derivas inelásticas para el sismo estático y dinámico estén por debajo de los valores máximos que es el 2%, que la participación de masas sea al menos del 90 %, que los dos primeros modos de vibración deben ser traslacionales y el tercero rotacional y que el valor de $T_E \leq T_N * 1.30$.

Posteriormente se obtiene los diagramas de momentos, cortantes, y axiales, según los valores se diseña la cuantía máxima para cada elemento estructural.

Finalmente se procede con el detallamiento estructural mediante el diseño definitivo de dos pórticos en cada sentido en el programa computacional y se realiza los respectivos planos de ingeniería de detalle.

Palabras clave: deriva, torsión, aporticado, muro, basal.

ABSTRACT

This project analyzes the values of drifts, torsion and vibration periods produced by seismic loads for the framed system with shear walls of a five-story building for which a structural analysis was carried out based on the (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014), which involves the review of the design parameters for columns, beams, slabs and shear walls.

Next, the design loads are determined according to the use of the building as indicated in the regulations, the calculation by own weight is included according to the number of floors of the project and the percentage of the seismic action to which it is determined is determined. The structure will be subjected when the seismic load acts. With these values, the pre-design of structural elements is carried out with electronic sheets where minimum sections will be assumed to start the process.

With these data, a mathematical modeling of the structure is made in the Etabs V21.2.0 computer program, the design regulations to be used are determined, the loads, types of materials and previously calculated sections are defined. In addition, the load combinations indicated by the regulations are entered, the calculated basal shear value is entered and the program is run to perform the Static Linear Analysis and Dynamic Linear Analysis (Modal Spectral).

This will verify that the building meets the minimum design requirements and that the values obtained from inelastic drifts for the static and dynamic earthquake are below the maximum values, which is 2%, and that the mass participation is at least 90%. %, that the first two vibration modes must be translational and the third rotational and that the value of $T_E \leq T_N * 1.30$.

Subsequently, the moment, shear, and axial diagrams are obtained; according to the values, the maximum amount is designed for each structural element.

Finally, we proceed with the structural detailing through the definitive design of two frames in each direction in the computer program and the respective detailed engineering plans are made.

Keywords: drift, torsión, porticoed, Wall, basal.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

Este proyecto analiza los valores de derivas, torsión y periodos de vibración producidos por las cargas sísmicas para el sistema aporticado con muros de corte de un edificio de cinco pisos para lo cual se realizó un análisis estructural en base a la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) que implica la revisión de los parámetros de diseño para columnas, vigas, losas y muros de corte para tener un buen comportamiento estructural.

A continuación, se realiza la determinación de cargas de diseño de acuerdo al uso de la edificación según indica la normativa que para el presente proyecto es residencial, se incluye el cálculo por peso propio de acuerdo al número de pisos del proyecto y se determina el porcentaje de la acción sísmica a la que estará sometida la estructura cuando actúe la carga sísmica, con estos valores se procede a realizar el prediseño de elementos estructurales con hojas electrónicas donde se asumirá secciones mínimas para iniciar el proceso.

Con estos datos se hace una modelación de la estructura en el programa computacional Etabs V21.2.0, se determina la normativa de diseño a utilizar, se define las cargas, tipos de materiales y secciones calculadas previamente. Además, se ingresa las combinaciones de carga que indica la normativa, se introduce el valor de cortante basal calculado y se corre el programa para realizar el Análisis Lineal Estático y Análisis Lineal Dinámico (Modal Espectral).

Con esto se verificará que el edificio cumpla los requisitos mínimos de diseño y que los valores obtenidos de derivas inelásticas para el sismo estático y dinámico estén por debajo de los valores

máximos que indica la normativa 2%, que la participación de masas sea al menos del 90 %, que los dos primeros modos de vibración deben ser traslacionales y el tercero rotacional.

Posteriormente se obtiene los diagramas de momentos, cortantes, y axiales, con estos valores se diseña la cuantía máxima para cada elemento estructural.

Finalmente, con el diseño definitivo se procede con el detallamiento estructural de dos pórticos en cada sentido en el programa computacional y se realiza los respectivos planos de ingeniería de detalle.

1.2 Problema en estudio

1.2.1 Antecedentes

Los terremotos de los últimos años en Ecuador han demostrado la importancia de contar con un diseño sísmico basado en la seguridad humana y no colapso estructural. El terremoto del 16 de abril de 2016 en Pedernales, tuvo una magnitud de momento (M_w) de 7.8 y se convirtió en el evento natural más catastrófico del presente siglo contabilizando miles de edificaciones destruidas e inhabitables, la aceleración máxima obtenida en el sismo de Pedernales (estación APED) fue de un valor de (1.407 g) mientras que el mapa de peligro sísmico de la normativa (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) para dicha zona nos indica un valor máximo de 0.5 g (EPN, 2017).

Poniendo en evidencia que el comportamiento de las estructuras de hormigón armado a porticadas sin elementos que la rigidicen, presentan deficiencias constructivas y de diseño durante un evento sísmico, sin embargo, existen sistemas duales estructurales mucho más rígidos como estructuras aporticadas con muros de corte empleados ampliamente en zonas de sismicidad alta como en nuestro país y países de la región como Chile donde se registró el sismo de mayor

magnitud de la historia con una magnitud de momento de 9.5 en el año 1960 (Universidad de Chile, 2022).

1.2.2 Importancia y Alcance

El sistema estructural aporticado tradicional utilizado para la construcción en nuestro país es vulnerable ante eventos sísmicos como se evidenció en el terremoto del 16 de abril del 2016. Ecuador presenta un alto riesgo por su ubicación geográfica al estar en una zona sísmica muy alta y alta, además al tener gran parte de las edificaciones construidas de manera informal y estar en el cinturón de fuego del Pacífico, estas estructuras podrían colapsar afectando a gran parte de la población sobre todo aquellas edificaciones de hormigón armado que no cuenten con un sistema dual constructivo.

El proyecto a ser estudiado está ubicado en Quito considerada como zona sísmica alta por lo que se propone un diseño con sistema dual que tiene un mejor comportamiento ante eventos sísmicos, estructuras aporticadas con muros de corte, en países como Chile estas estructuras han dado excelentes resultados evidenciándose daños leves en elementos no estructurales mientras que con sistemas aparticados tradicionales se producen graves daños en elementos estructurales (vigas y columnas).

Por esta razón se va a realizar el Análisis y Diseño estructural de un edificio de cinco pisos con pórticos de hormigón armado y muros de corte.

1.2.3 Delimitación

El predio está ubicado en la parroquia Cotocollao, barrio 23 de junio, provincia de Pichincha, calle José Nogales.

Figura 1

Límites del predio



Nota. En la figura estan los límites del predio. Elaborado por: El autor, a través del Google Maps (2024).

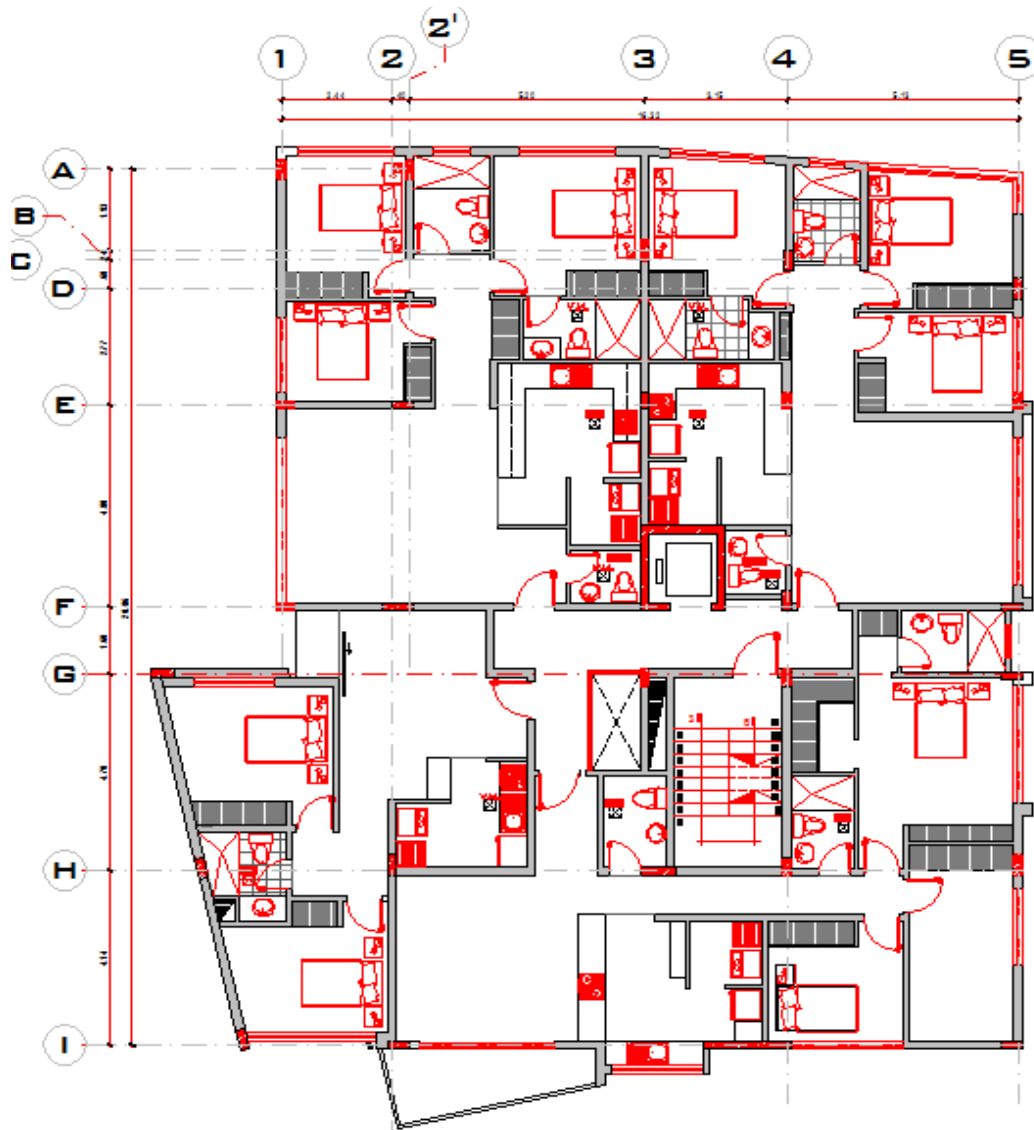
1.2.3.4 Concepción arquitectónica

El edificio es multifamiliar, está conformado por 1 subsuelo destinado para parqueaderos, 4 pisos para ocupación residencial, según la planificación arquitectónica tiene 4 departamentos en cada planta con un cajón de gradas central, un ducto de ascensor y el acceso a la terraza es comunal.

Cave recalcar que la edificación tiene gran concentración de columnas lo cual genera

demasiada rigidez a la estructura por lo que se toma la decisión de eliminar algunas en el eje G y con esto lograr una mejor distribución de columnas.

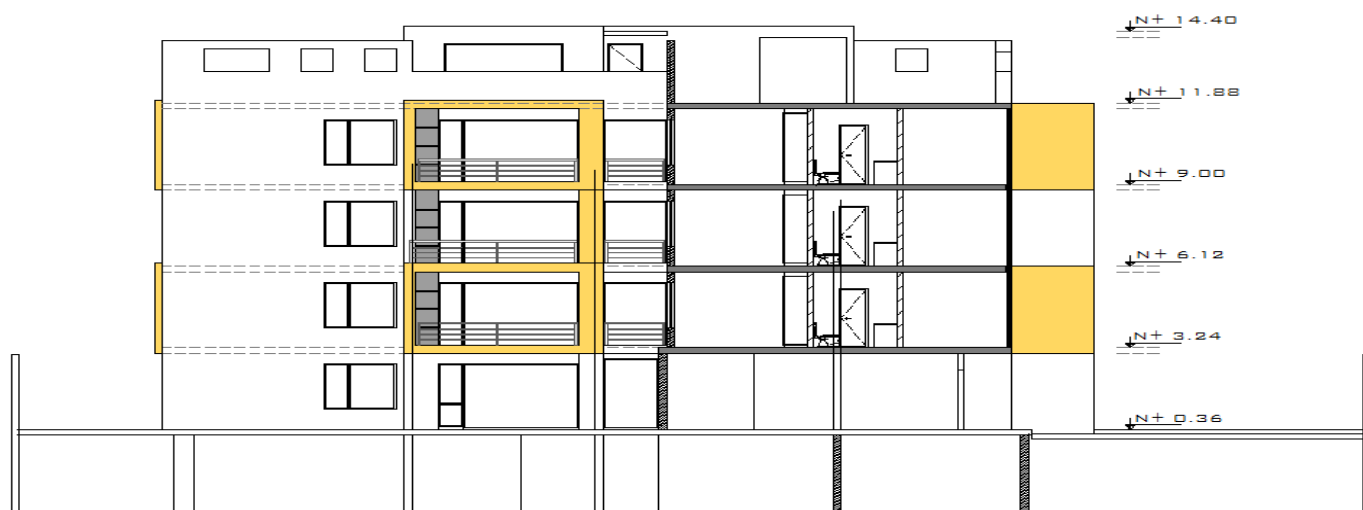
Figura 2
Planta arquitectónica



Nota. Distribución arquitectónica planta tipo. Fuente: (Pinto, 2019)

Figura 3

Fachada lateral arquitectónica



Nota. Elevación según la planificación arquitectónica. Fuente: (Pinto, 2019)

1.3 Justificación

El propósito de este estudio es realizar el diseño estructural para la construcción de un edificio de cinco pisos con muros de corte que han demostrado tener un mejor comportamiento ante eventos sísmicos como se evidencio en el terremoto del 2010 en Chile.

Este trabajo ayudará a la comunidad de Ingeniería Civil, ya que con los resultados obtenidos se priorizará los criterios estructurales de diseño de sistemas duales constructivos con muros de corte, el adecuado uso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulos del eje de seguridad estructural. Este estudio es factible ya que se cuenta con la información necesaria planos arquitectónicos, conocimientos del programa estructural Etabs, códigos de diseño ACI -

318 , (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014), (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE- HM, 2014). El propósito de este proyecto es evitar futuras pérdidas humanas y materiales.

1.4 Grupo objetivo

La realización del proyecto generará un efecto positivo en la comunidad de ingenieros que deseen aplicar este sistema constructivo dual aporticado con muros de corte, puesto que este método proporcionará mejores resultados ante cargas sísmicas aplicando de manera adecuada la normativa (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar el diseño estructural de un edificio aporticado con muros de corte de cinco pisos, utilizando la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014). Para garantizar el comportamiento estructural y seguridad ante un evento sísmico.

1.5.2 Objetivos específicos

Definir las características del edificio en base a los planos arquitectónicos y uso de la estructura, para realizar un prediseño para posterior análisis. Realizar un análisis estructural del edificio, para un sistema dual aporticado con muros de corte, utilizando el programa computacional Etabs 2021.2.0. Analizar los requisitos mínimos de sismo resistencia estipulados en la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) para el sistema apartidado con muros de corte, obtenidos en el programa estructural Etabs 2021.2.0. Realizar el detallamiento

estructural, a través de planos de ingeniería.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Definiciones

2.1 Hormigón Armado

De acuerdo con Diseño estructural de hormigón armado (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014), “El hormigón armado es un material compuesto de hormigón reforzado con barras de acero que cuando es diseñado, detallado adecuadamente se comporta de manera eficiente para resistir solicitaciones”.

De acuerdo con Caiza (2019) “para aprovechar sus fortalezas y superar sus limitaciones, en estructuras se utiliza el hormigón combinado con barras de acero resistente a la tracción”.

2.2 Esfuerzo cortante

“El refuerzo a cortante restringe el crecimiento de fisuras inclinadas y, por consiguiente, aumenta la ductilidad de la viga y advierte sobre el peligro de falla” (ACI, Hormigon Armado, 2019)

2.3 Estructura

De acuerdo con la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014), “Conjunto de elementos estructurales ensamblados para resistir cargas verticales, sísmicas y de cualquier otro tipo”. En ese sentido deben ser analizados todos los elementos como columnas, vigas, losas y muros.

2.4 Diseño Estructural

Se trata de una metodología para dar seguridad a una estructura su función principal es generar estabilidad, resistencia y rigidez mediante el buen uso de los materiales y su diseño logrando que la estructura no falle durante su vida útil.

2.5 Deriva de piso

De acuerdo con (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) “Desplazamiento lateral relativo de un piso - en particular por la acción de una fuerza horizontal - con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se calcula restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso”. Lo que nos permite determinar el valor del desplazamiento máximo ante la acción de la fuerza sísmica.

2.6 Muro de corte

Es un elemento estructural vertical, y según, (Caiza Sanchez & Viera Arroba, 2019) “Los muros son elementos volumétricos con dos de sus dimensiones mucho más grandes a la tercera. Además, el plano formado por estas dos dimensiones es vertical. Está sometido a diferentes cargas que pueden ser analizadas en dos grupos: dentro del plano del muro y fuera de él”. Además, estos elementos absorben fuerzas laterales por cargas de viento y sismo, dando mayor rigidez y resistencia a la estructura.

Las cargas más importantes son las que se ubican dentro del plano ya que es donde el muro genera más resistencia. Finalmente, los muros de corte reducen “las derivas de piso y por consiguiente los efectos p -delta que son los que llevan al colapso de la estructura” (Caiza

Sanchez & Viera Arroba, 2019).

2.7 Torsión

Es un esfuerzo que sufre la estructura cuando es sometida a fuerzas horizontales generando excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigideces en los pisos de una estructura, por lo general las estructuras que tienen distribuciones irregulares en planta tienden a generar torsión.

2.8 Modos de vibración

De acuerdo con la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014), “Todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas”. Se debe verificar a fin de evitar que la estructura sufra torsión.

2.9 Análisis de cargas

Se considerará para el diseño las cargas permanentes y cargas vivas. Según la normativa (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG, 2014), ya que el peso de los materiales, así como el uso de la estructura incide en el diseño de la edificación.

2.10 Periodo de retorno de sismo

De acuerdo con (ASCE/SEI 7-16, 2019), “Uno de los cambios más notables que ha presentado ASCE 7-16, es la consideración de un sismo de diseño con periodo de retorno de 2475 años para el diseño de la superestructura y la subestructura”.

2.11 Factores de carga

Según, (Cordova, 2015) “Los factores de carga difieren en magnitud para cada tipo de carga porque la probabilidad de que estas sean excedidas es diferente para cada una”. Por lo que es fundamental saber aplicar estos factores en los diseños.

2.12 Periodo fundamental

De acuerdo a la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014), “El período fundamental T es el mayor periodo de vibración de la estructura y puede ser calculado, utilizando las propiedades estructurales y las características de deformación de los elementos resistentes, en un análisis apropiado y adecuadamente sustentado”.

2.13 Sistemas estructurales

Es la conformación de varios elementos para lograr establecerse como uno solo y soportar fuerzas de distinto tipo como vertical y horizontal.

Sus principales elementos lo conforman las vigas, columnas, losas y muros de corte, Además es importante aclarar que una buena distribución de estos elementos ayuda a obtener una buena configuración estructural y de esta manera se obtiene mejor resistencia y rigidez.

De los distintos tipos de sistemas estructurales en el presente proyecto se desarrolla el sistema aporticado con muros de corte.

2.14 Sistema dual

Es la unión de pórticos de hormigón armado con muros de corte que ayudan a reducir las fuerzas laterales como son las fuerzas producidas por los sismos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

Para la realización del proyecto se utilizará la investigación estado del arte y explicativa. Según, (Méndez & Astudillo, 2008), “La metodología bibliográfica forma parte de la investigación cuantitativa, ya que contribuye a la formulación de problema de investigación gracias a la elaboración de los aspectos teóricos e históricos”. Por lo que es fundamental recopilar información en base a los antecedentes del diseño para muros de corte.

Por otro lado, la investigación explicativa también se aplicará al proyecto. Según, (Sabino, 1992) “Son aquellos trabajos donde nuestra preocupación se centra en determinar los orígenes o causas de un determinado conjunto de fenómenos. Su objetivo, por lo tanto, es conocer por qué suceden ciertos hechos, analizando las relaciones causales existentes o, al menos, las condiciones en que ellos se producen”. Por lo tanto, es un medio a través del cual se puede conocer el comportamiento de los muros estructurales.

3.2 Método de investigación

El método que se utilizara es el descriptivo. Según, (Marroquin, 2013), “Se basa en la observación, por lo que son de gran importancia los cuatro factores psicológicos: atención, sensación, percepción y reflexión”. En este sentido el método ayudara a la recolección de información de la normativa para el diseño de muros de corte.

3.3 Técnicas de recopilación de información

El proyecto se realizará utilizando la técnica bibliográfica que de acuerdo a (Garay, 2020), “Se trata de uno de los principales pasos para cualquier investigación e incluye la selección de fuentes de información”. La técnica mencionada ayuda a recopilar datos de la normativa.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO Y DISEÑO

4.1 Antecedentes

El proyecto está ubicado en el barrio 23 de Junio, de la parroquia Cotocollao, perteneciente al cantón Quito de la provincia de Pichincha. El edificio que se diseñará es multifamiliar y está conformado por 1 subsuelo destinado para parqueaderos y 4 pisos para ocupación residencial.

4.2 Prediseño de elementos estructurales

Se aplicará ecuaciones programadas en hojas de cálculo electrónicas donde se asumirá secciones mínimas para iniciar el prediseño de los elementos (columnas, vigas, losas y muros de corte), con un esfuerzo a compresión, $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ y un esfuerzo de fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

4.2.1 Columnas

Tabla 1

Cargas muertas y viva para prediseño manual columnas

Nº	CARGA	VALOR
		Ton/m ²
1	PESO PROPIO	0.408
2	ACABADOS CUBIERTA	0.110
3	ACABADOS PISOS INFERIORES	0.160
4	CARGA VIVA CUBIERTA	0.102
5	CARGA VIVA PISOS INFERIORES	0.204

Nota. Pesos calculados según el uso de la estructura. Elaborado por: El autor

“El peso propio es para una losa alivianada de 25 cm de espesor, en cubierta no se considera el peso de mamposterías, las cargas vivas” son de acuerdo a la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG, 2014). Para uso residencial.

Tabla 2
Calculo de carga última para columna central

PISO	ÁREA COLABORANTE	CARGA ÚLTIMA	CARGA ÚLTIMA
	m2	Ton/m2	Ton
5	18.66	0.948	17.69
4	18.66	1.008	18.80
3	18.66	1.008	18.80
2	18.66	1.008	18.80
1	18.66	1.008	18.80
			92.88

Nota. Se detalla las cargas últimas para cada piso. Elaborado por: El autor

La combinación última U es:

$$U = 1.2 (\text{Peso propio} + \text{acabados}) + 1.6 (\text{Carga viva})$$

Ag sección transversal y Pu carga axial ultima

$$A_g = 12 \times P_u$$

$$A_g = 12 \times 92.88, A_g = 1114 \text{ cm}^2$$

$$A_g = b \times b$$

$$b = 33.38 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el valor de b mínimo es de 35 cm

Tabla 3*Calculo de carga última para columna perimetral*

PISO	ÁREA COLABORANTE	CARGA ÚLTIMA	CARGA ÚLTIMA
	m2	Ton/m2	Ton
5	7	0.948	6.63
4	7	1.008	7.06
3	7	1.008	7.06
2	7	1.008	7.06
1	7	1.008	7.06
			37.87

Nota. Se detalla las cargas últimas para cada piso. Elaborado por: El autor

La combinación última U es:

$$U = 1.2 (\text{Peso propio} + \text{acabados}) + 1.6 (\text{Carga viva})$$

Ag sección transversal y Pu carga axial ultima

$$A_g = 12 \times P_u$$

$$A_g = 12 \times 34.87, A_g = 418.44 \text{ cm}^2$$

$$A_g = b \times b$$

El valor de la dimensión b es de 21.45 cm, por lo que se toma el mínimo b de 30 cm

Tabla 4*Calculo de carga última para columna esquinera*

PISO	ÁREA COLABORANTE	CARGA ÚLTIMA	CARGA ÚLTIMA
	m2	Ton/m2	Ton
5	7.5	0.948	7.11
4	7.5	1.008	7.56
3	7.5	1.008	7.56
2	7.5	1.008	7.56
1	7.5	1.008	7.56
			37.35

Nota. Se detalla las cargas últimas para cada piso. Elaborado por: El autor

La combinación última U es:

$$U = 1.2 (\text{Peso propio} + \text{Acabados}) + 1.6 (\text{Carga viva})$$

Ag sección transversal y Pu carga axial ultima

$$A_g = 12 \times P_u$$

$$A_g = 12 \times 37.35 \text{ ton}, A_g = 488.2 \text{ cm}^2$$

$$A_g = b \times h$$

El valor de la dimensión b es de 21.17 cm, por lo que se toma el mínimo b de 30 cm

4.2.2 Vigas

La altura de la viga se obtiene del (ACI, 318, 2014, pág. tabla 9.3.1.) y se multiplica por 1.3 con la finalidad de considerar la carga sísmica. Se usará un solo tipo de viga con el vano de mayor distancia que para este proyecto es de 8.55 m de longitud para lo cual se aplica la siguiente ecuación.

$$h = 1.3 \frac{\text{vano mayor}}{18.5}$$

$$h = 1.3 \frac{(8.55)}{18.5}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$

Es recomendable que la base de la viga sea menor que su altura para tener una mayor inercia, por lo tanto se escoge una base de 30 cm y una altura de 60 cm.

4.2.3 Losa

Se inicia el prediseño para una losa alivianada de 20 cm de espesor la cual equivale a una losa maciza de 14.5 cm, se escoge el panel con mayores luces. Para la cual se obtiene una

relación de rigidez (α_m) de 1.19 que es menor que 2, por lo tanto se utiliza la ecuación (d) tomada del (ACI, 318, 2014, pág. tabla 8.3.1.2.)

$$h = \frac{\ln (0.80 + \frac{fy}{14000})}{36 + 9\beta}$$

Donde:

l_n = Luz libre en la dirección larga

f_y = 4200 Kg/cm²

β = Es la relación entre la luz larga y la corta

α_m = corresponde a un valor promedio para todas las vigas en el borde del panel, pero para pre diseño se asume un valor de 2.0

$$\beta = \frac{8.55}{5.81} = 1.471$$

$$h = \frac{495 (0.80 + \frac{4200}{14000})}{36 + 9 \times 1.471} = 19.10 \text{ cm}$$

h equivalente es de 14.50 cm < 19.10 cm

Por lo tanto una losa de 20 cm no es adecuada, por lo que se realiza el mismo procedimiento para un h equivalente de 21.54 cm correspondiente a una losa de 25 cm obteniendo valores favorables de h equivalente de 21.54 cm > 19.10 los, pero para el presente proyecto se lo realizara con una losa de 30 cm debido a que en ciertos lugares las vigas descolgadas pasan por ambientes como dormitorios cocinas y baños. Para lo cual se utilizara vigas banda.

4.2.4 Muro de corte

En primer lugar se determina el largo esto se obtiene por consideraciones arquitectónicas, su alto es según el número de pisos, y su espesor seria la longitud a establecer. Según (Moehle, 2012), el espesor mínimo es de 20 cm para reducir la congestión en su armado además de mejorar su comportamiento estructural.

Debido a su importancia se tomara un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm^2 , cumpliendo con la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, 2014)

Tabla 5

Secciones según prediseño de elementos estructurales

PRELASEO ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
DESCRIPCION	BASE	ALTURA	UNIDAD
Columnas centrales	35	50	cm
Columnas perimetral	30	30	cm
Columnas esquinera	30	30	cm
Vigas	30	60	cm

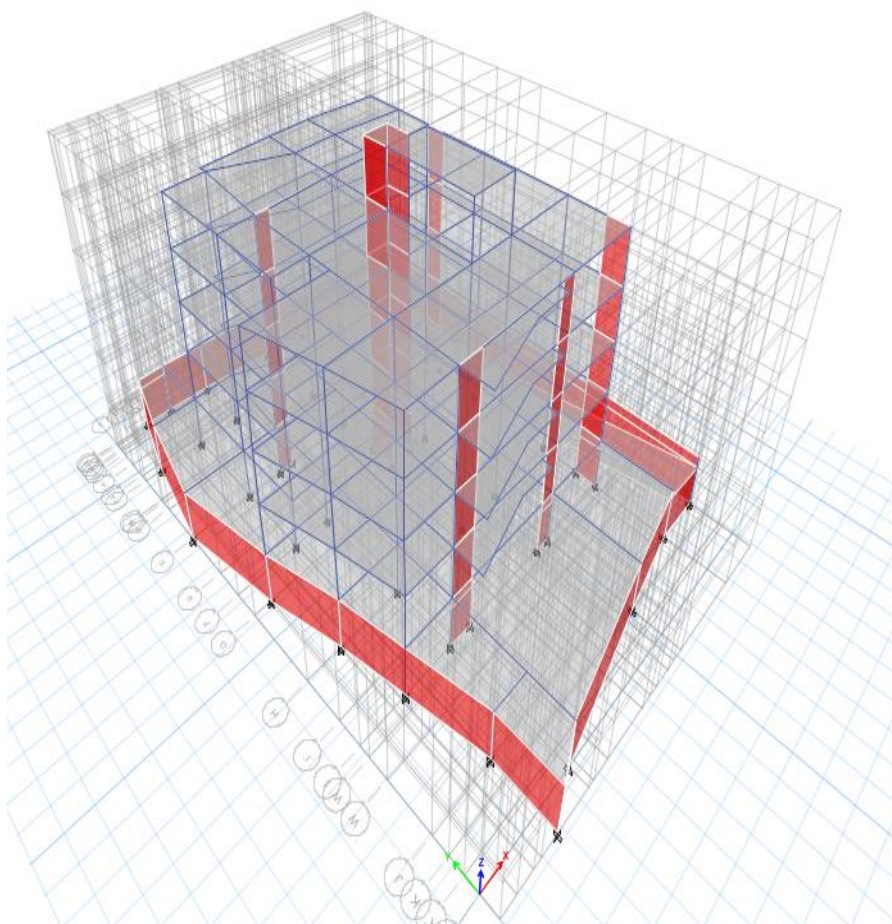
DESCRIPCION	ESPELOR	UNIDAD
Losa	25	cm
Muros de corte	20	cm

Nota. Estos datos se ingresan en el programa, reduciendo la inercia de vigas un 50%, columnas 80%, losa 35% y muro un 60%. Elaborado por: El autor

4.3 Modelamiento de la estructura

Figura 4

Evidencia del modelo 3D



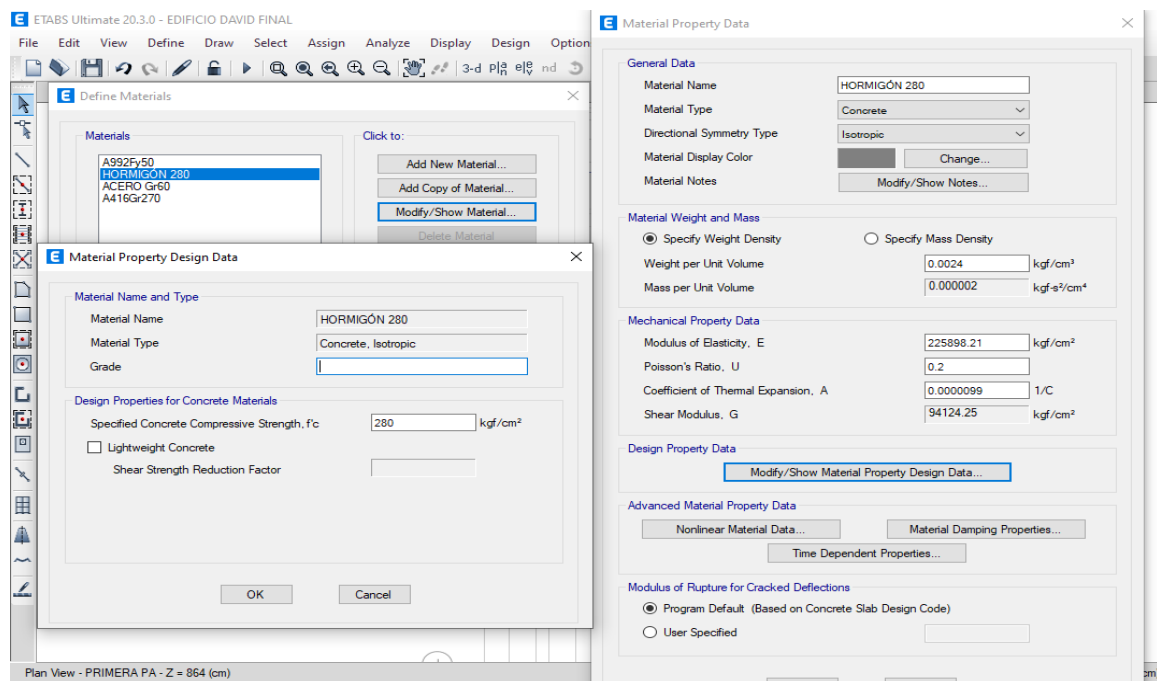
Nota. En la figura se muestran en color rojo la ubicación de los muros. Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

4.4 Determinación de las propiedades de los materiales

Para el presente proyecto se tiene una resistencia a la compresión del hormigón $f'c = 280$ kg/cm² que proporciona una mayor resistencia y nos permite reducir las secciones. La fluencia del acero $Fy = 4200$ kg/cm².

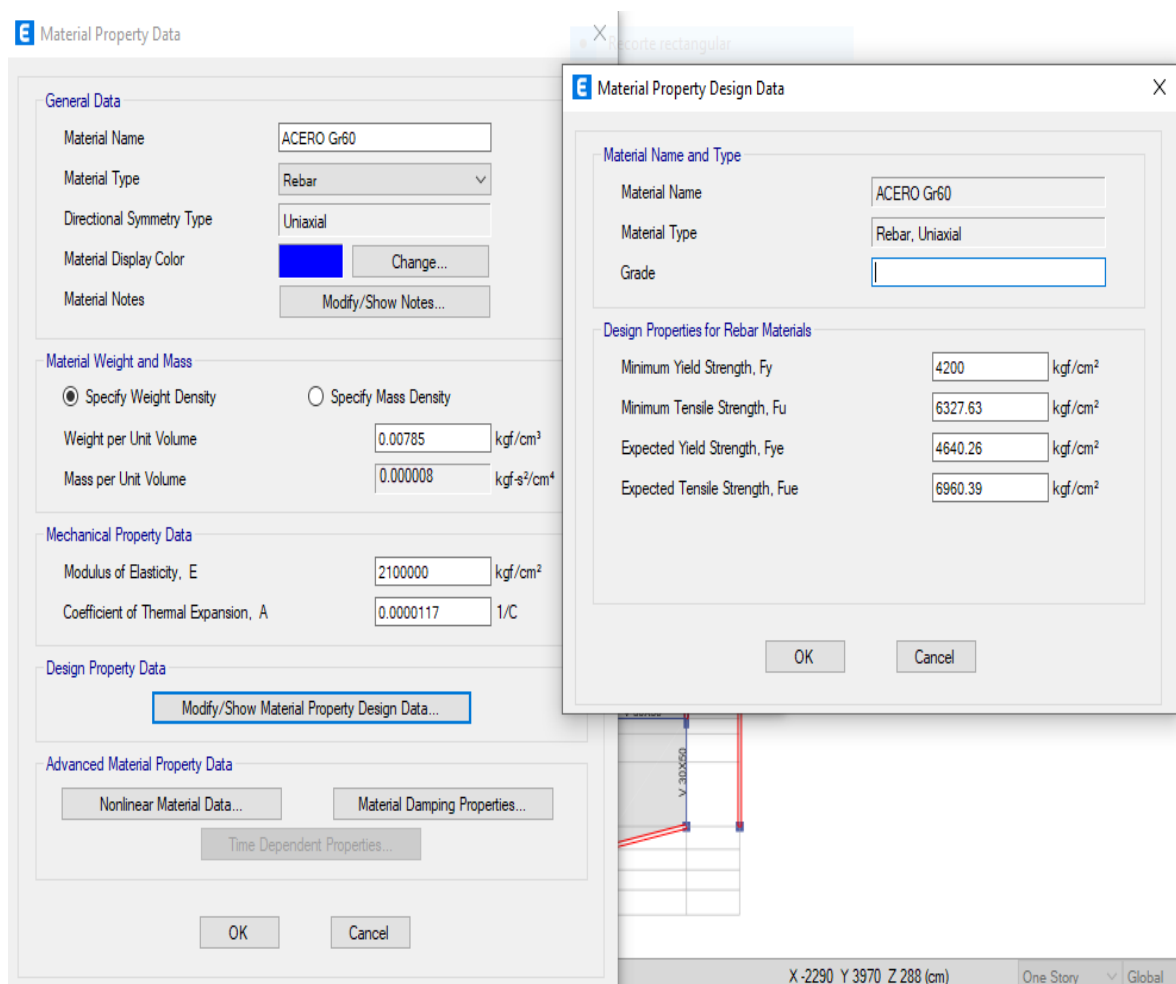
Figura 5

Evidencia de propiedades de los materiales (hormigón)



Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor de la resistencia del hormigón. Elaborado por: El autor, a través del programa Etabs 2021.2.0.

Figura 6
Evidencia de propiedades de los materiales (acero)



Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor de fluencia del acero. Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

4.5 Definición de secciones

Una vez ingresadas las secciones de prediseño en el programa, se evidencia que no cumplen los requerimientos mínimos de la normativa, por lo que se realiza un proceso iterativo hasta obtener las secciones con resultados óptimos como se indica:

Tabla 6
Valores optimizados

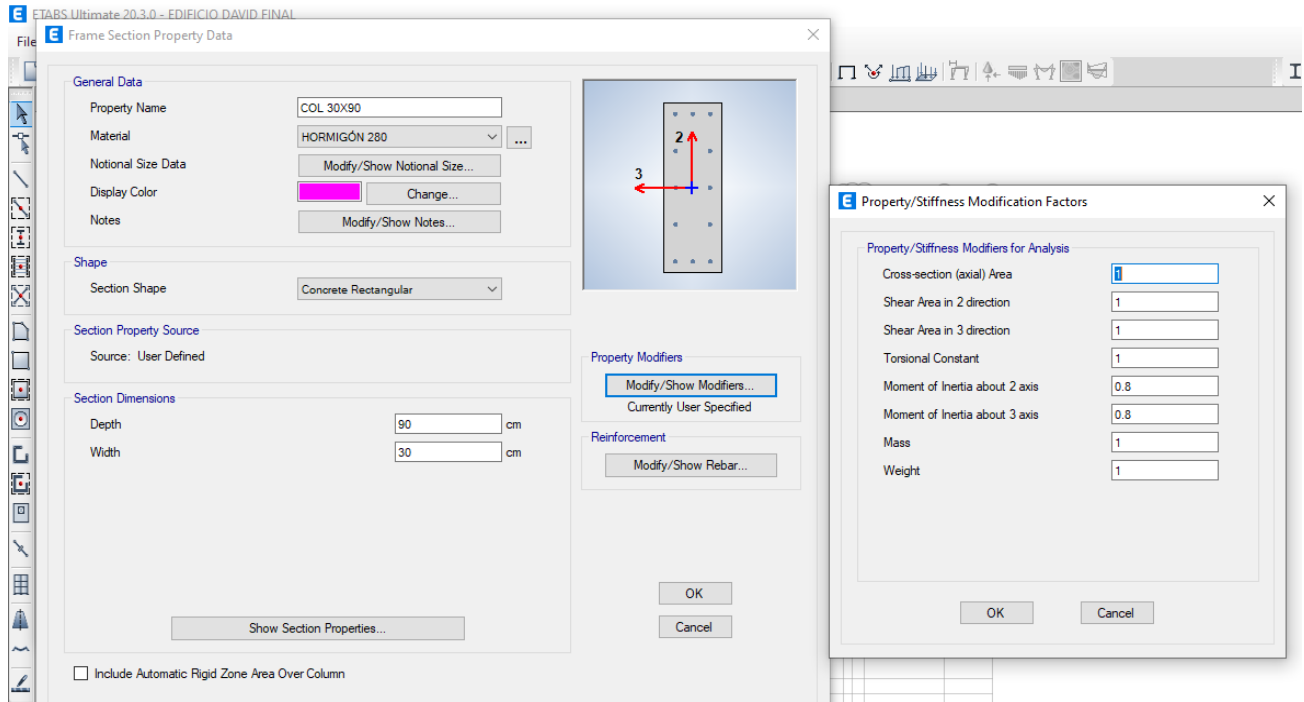
SECCIONES OPTIMIZADAS			
DESCRIPCIÓN	BASE	ALTURA	UNIDAD
Columnas centrales	30	90	cm
Columnas perimetrales y esquineras	45	45	cm
Cabezales	30	30	cm
Vigas subsuelo	30	50	cm
	40	70	cm
Vigas planta baja	30	50	cm
	40	70	cm
Vigas primera planta alta	30	50	cm
	40	70	cm
Vigas segunda planta alta	30	50	cm
	40	70	cm
Vigas tercera planta alta	30	45	cm
	30	60	cm
Vigas tapagrada	30	45	cm
DESCRIPCIÓN	ESPESOR		UNIDAD
Losa	30		cm
Muros de corte	30		cm

Nota. Con estas secciones se realiza los controles sismoresistentes. Elaborado por: El autor

Se verificará que el edificio cumpla los requisitos mínimos de diseño, tales como que los valores de derivas inelásticas para el sismo estático estén por debajo de los valores máximos del 2%, que la participación de masas sea al menos del 90 %, que los dos primeros modos de

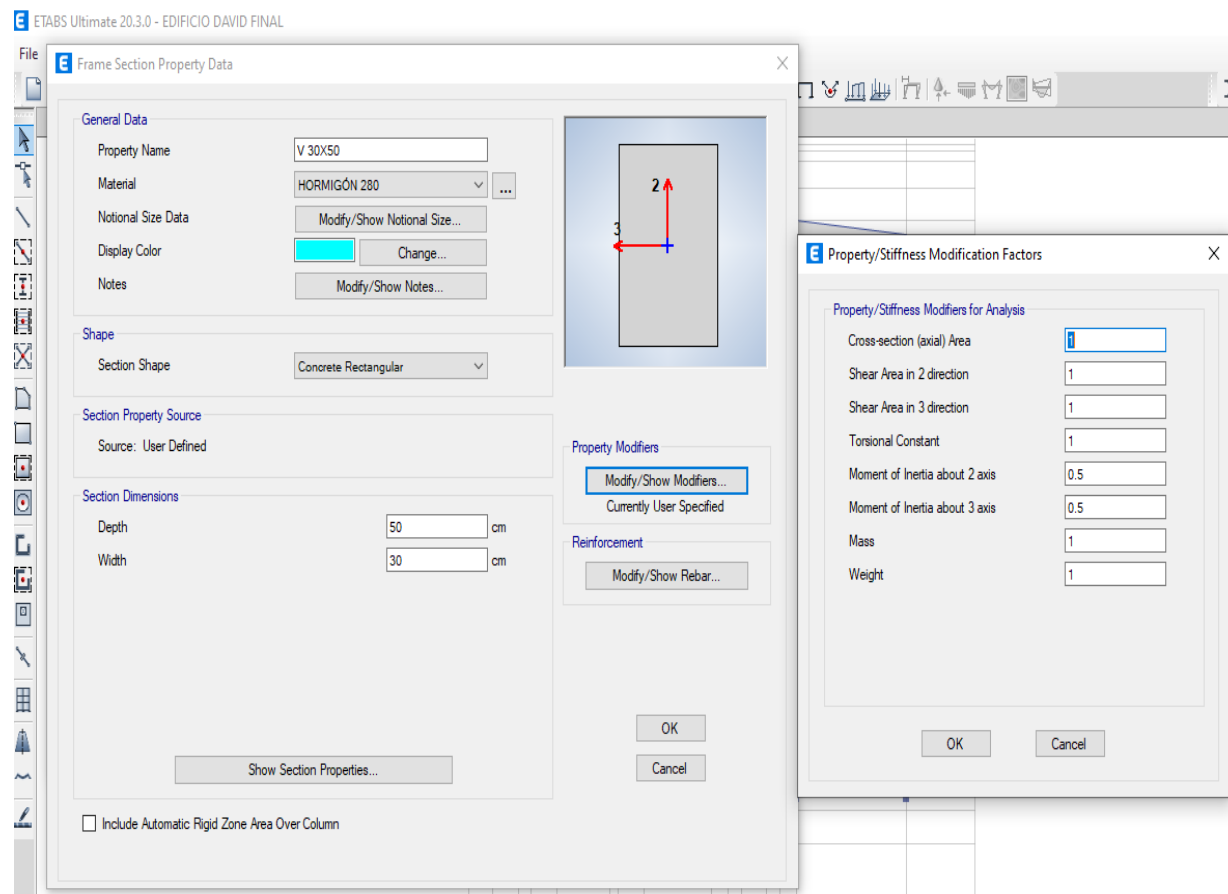
vibración sean traslacionales y el tercero rotacional.

Figura 7
Evidencia de secciones columna



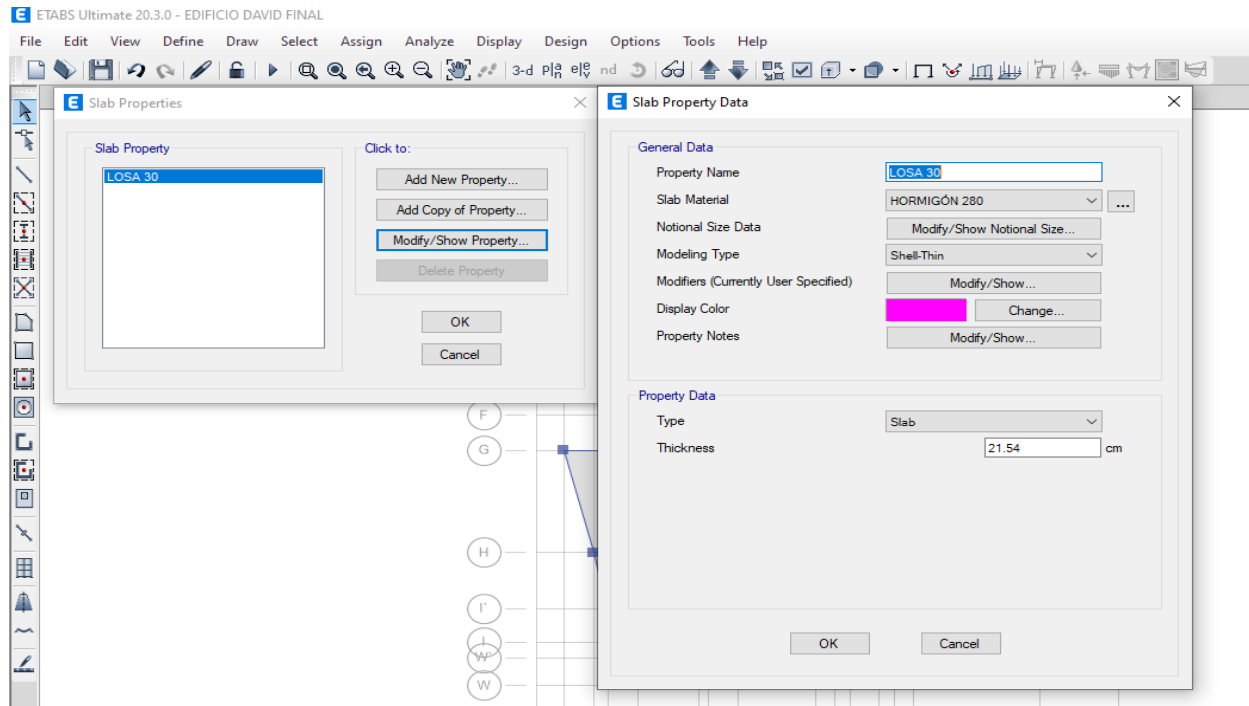
Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor del área de columna. Elaborado por: El autor, a través del programa Etabs 2021.2.0.

Figura 8
Evidencia secciones vigas



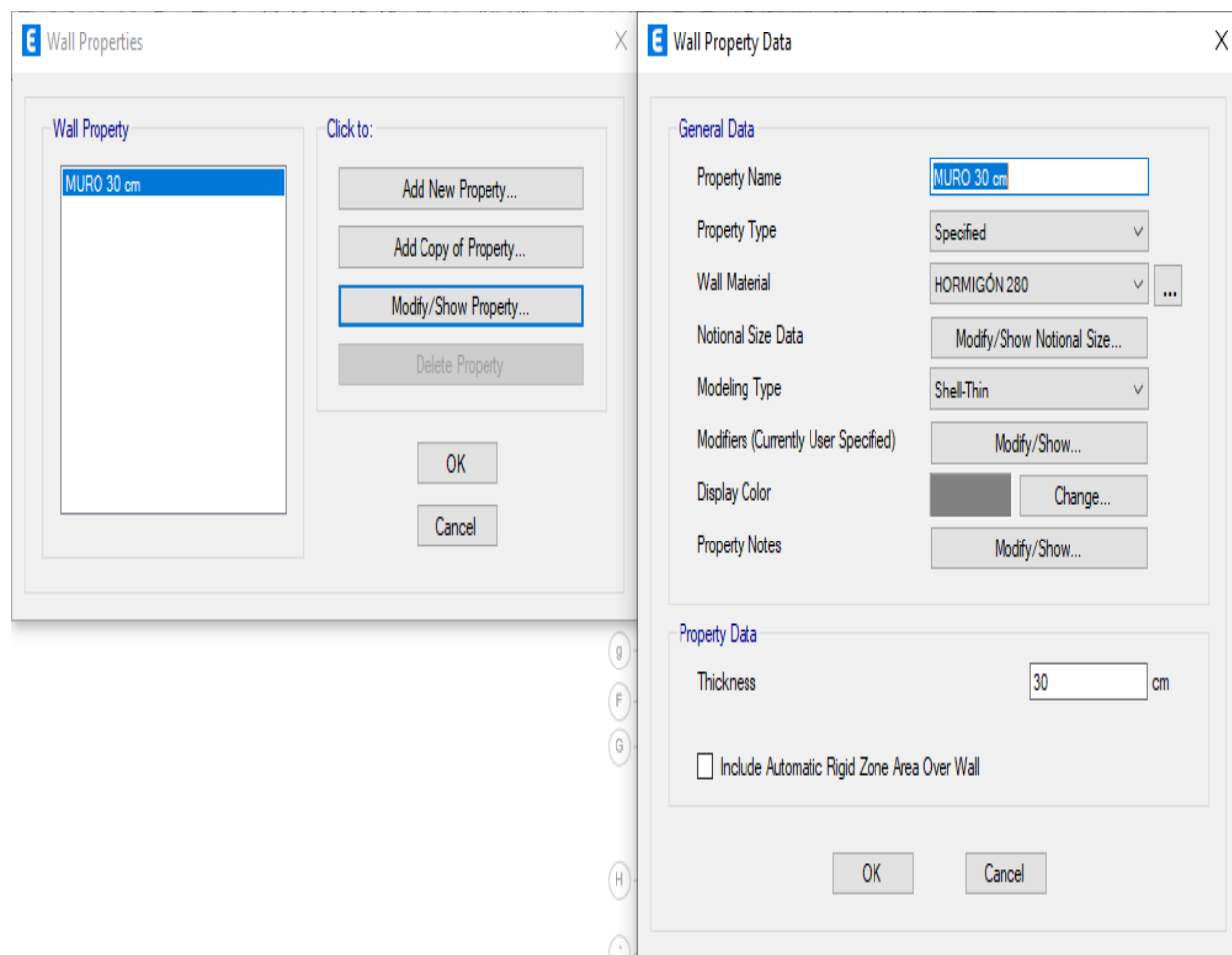
Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor del área de viga. Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

Figura 9
Evidencia espesor losa



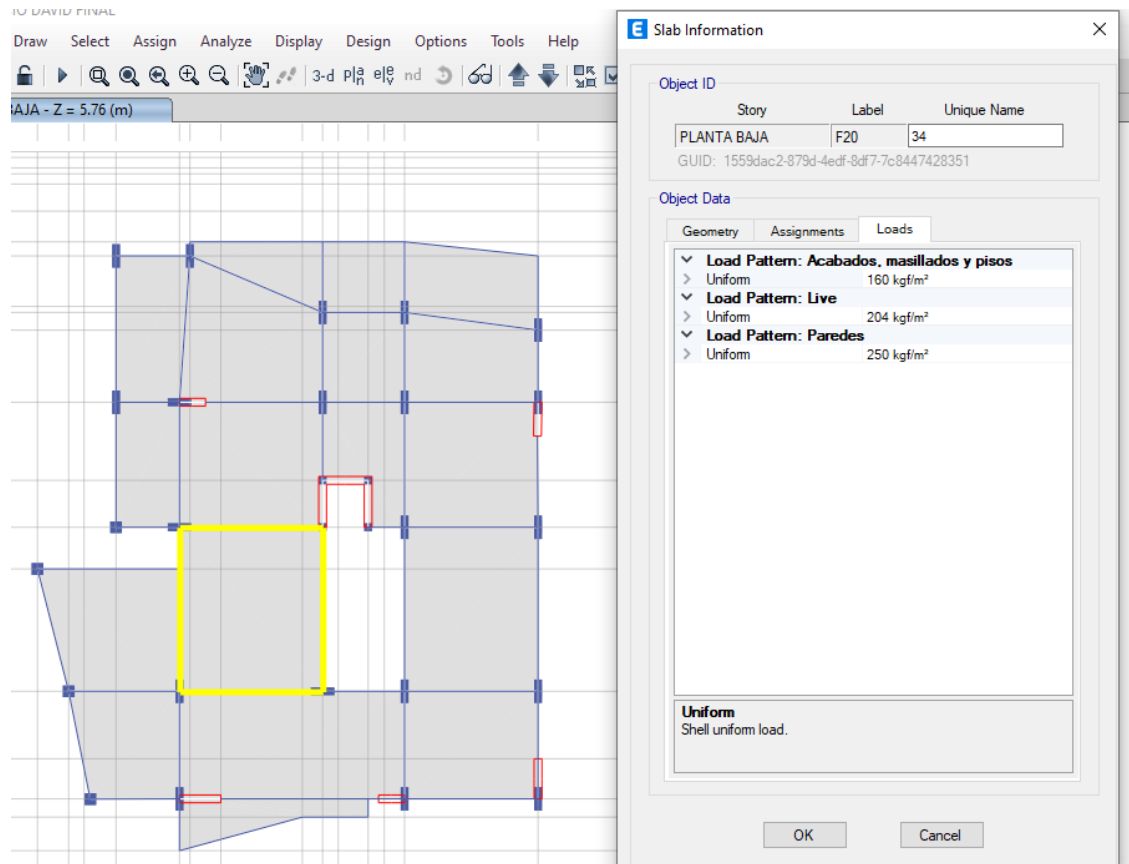
Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor del espesor de losa. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Figura 10
Evidencia espesor muro



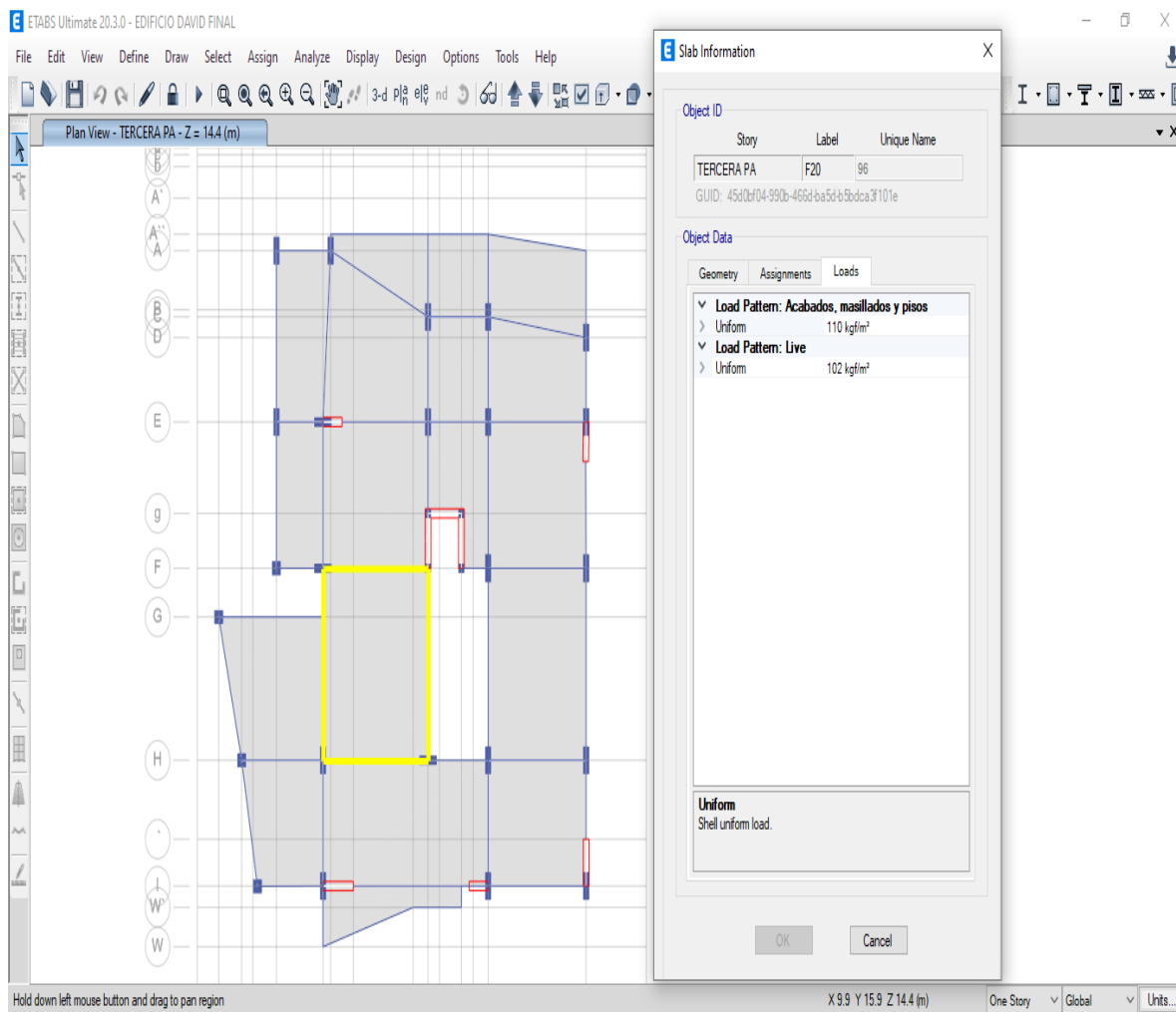
Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor del espesor de muro. Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

Figura 11
Evidencia de ingreso de cargas verticales losa tipo



Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor de cargas permanente y viva en planta baja.
 Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

Figura 12
Evidencia de ingreso de cargas verticales losa terraza



Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor de cargas permanente y viva en terraza.
 Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

Figura 13

Evidencia de ingreso de valores de cargas verticales

Table 4.6 - Area Load Assignments - Uniform

Story	Label	UniqueName	Load Pattern	Direction	Load kgf/m2
TAPAGRADA	F2	142	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F15	93	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F19	95	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F20	96	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F27	91	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F28	125	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F32	92	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F33	94	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F35	97	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F14	98	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F17	100	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F22	99	Live	Gravity	204
TERCERA PA	F4	101	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F5	102	Live	Gravity	204
TERCERA PA	F16	107	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F29	104	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F30	105	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F36	106	Live	Gravity	102
TERCERA PA	F9	133	Live	Gravity	102
SEGUNDA PA	F15	110	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F19	112	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F20	113	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F27	108	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F28	126	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F32	109	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F33	111	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F35	114	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F14	115	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F17	117	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F22	116	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F4	118	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F5	119	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F16	124	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F29	121	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F30	122	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F36	123	Live	Gravity	204
SEGUNDA PA	F9	136	Live	Gravity	204
PRIMERA PA	F15	74	Live	Gravity	204
PRIMERA PA	F19	78	Live	Gravity	204
PRIMERA PA	F20	79	Live	Gravity	204

Nota. En la figura se muestra el ingreso del valor de cargas verticales en todos los pisos.
Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

4.6 Determinación de factores y parámetros para el cálculo del cortante basal

La normativa de diseño utilizada para realizar el análisis estructural de la edificación es la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) de la cual se obtiene la información en la tabla 10.2 *Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z*. El proyecto que

se encuentra ubicado en el cantón Quito de la provincia de Pichincha, dato necesario para el cálculo de parámetros sísmicos.

Tabla 7

Cálculo cortante basal

VALORES CALCULADOS PARA EL CORTANTE BASAL		
Donde		
Sa		
(Ta)	Espectro de diseño en aceleración	1,19
Coeficientes de configuración en		
ϕ_p	elevación	1
Coeficientes de configuración en		
ϕ_e	planta	0.9
Índice de		
I	importancia	1
Factor de		
R	reducción sísmica	8
Cortante basal total		
V	de diseño	0,1653 W
Periodo de		
Ta	vibración	0,406

Nota. El periodo de vibración según la dinámica estructural debe ser casi igual al 10% multiplicado por el número de pisos. Elaborado por: El autor

Tabla 8*Valores de Z según la zona sísmica*

VALORES DE Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SISMICA	
Zona sísmica	V
Factor Z	0,4
Tipo de suelo	D

Nota. Se indica los valores del coeficiente Z. Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)
Sección 3.1.1

Tabla 9*Tipo de perfil de suelo*

TIPO DE PERFIL DEL SUELO D		
Factor de sitio	(Fa)	1,20
Factor de sitio	(Fd)	1,19
Factor de comportamiento inelástico suelo	(Fs)	1,28

Nota. Se indica los valores para un perfil de suelo tipo D. Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) Sección 3.2.2

Tabla 10*Factores de configuración en planta y elevación*

FACTORES DE CONFIGURACIÓN EN PLANTA Y ELEVACIÓN		
(ϕ_p)	1.0	Tabla 13
(ϕ_e)	0.9	Tabla 14

Nota. Se indica los valores de coeficientes en planta y elevación tomados para el proyecto. Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014). Sección 5.2.1 y 5.2.2

Tabla 11*Factores de espectro de diseño*

FACTORES DE ESPECTRO DE DISEÑO		
Índice de importancia de la estructura (I)	1	Viviendas
Factor de reducción de respuesta estructural (R)	8	Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas descolgadas y muros de corte
Factor de amplificación espectral (n)	2,48	Sierra, Esmeraldas y Galápagos

Nota. Se indica los valores para el espectro de diseño. Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) .Sección 6.3

Tabla 12*Cálculo del periodo de vibración*

CÁLCULO DEL PERIODO DE VIBRACIÓN (S)			
hη	Altura máxima de la edificación (con muros)	14,4	m
Ct	Coeficiente que depende del tipo de edificio	0,055	
α	Coeficiente para determinar el periodo	0,75	su

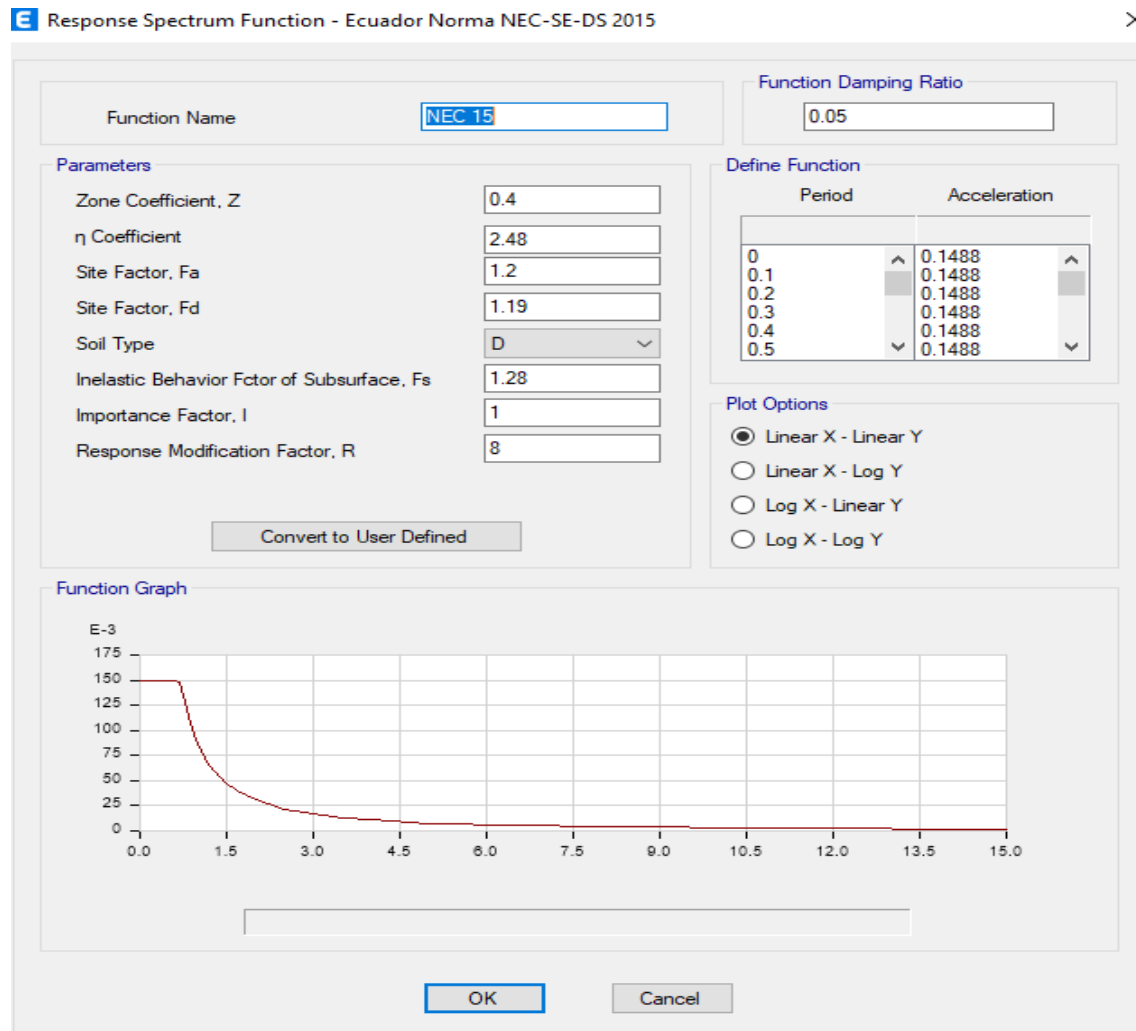
Nota. Se indica los valores para el cálculo del periodo de vibración tomados para el proyecto. Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014). *Sección 6.3*

Tabla 13*Cálculo del espectro elástico*

CALCULO DEL ESPECTRO ELÁSTICO (Sa)			
η	Razón entre la aceleración espectral y PGA (SIERRA)	2.48	m
Z	Factor de zona sísmica	0,40	
Fa	Coeficiente de amplificación de suelo	1.20	

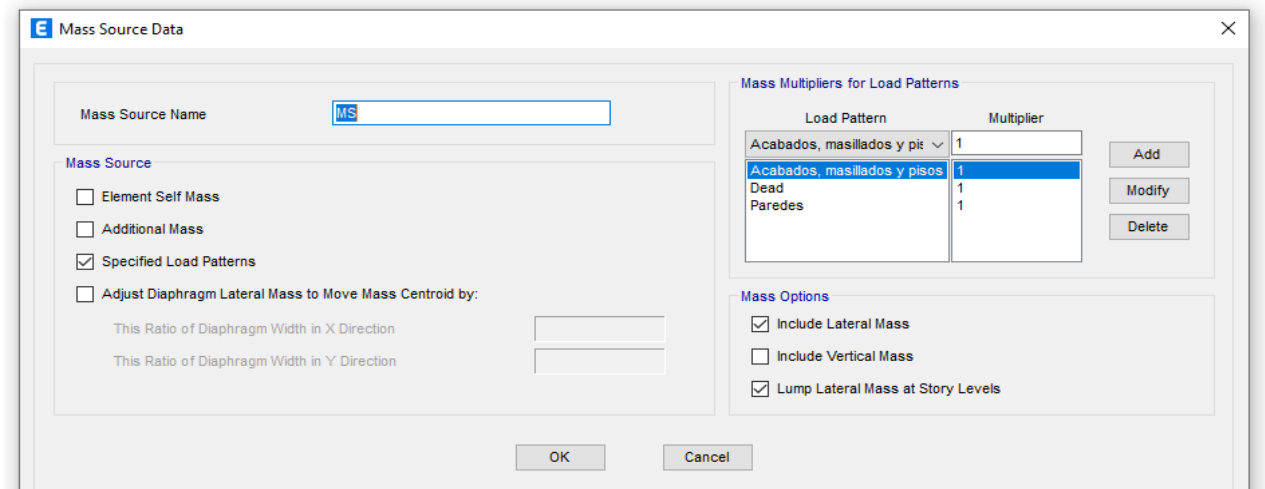
Nota. Se indica los valores para el cálculo del espectro elástico tomados para el Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014). *Sección 3.3.1*

Figura 14
Espectro de diseño



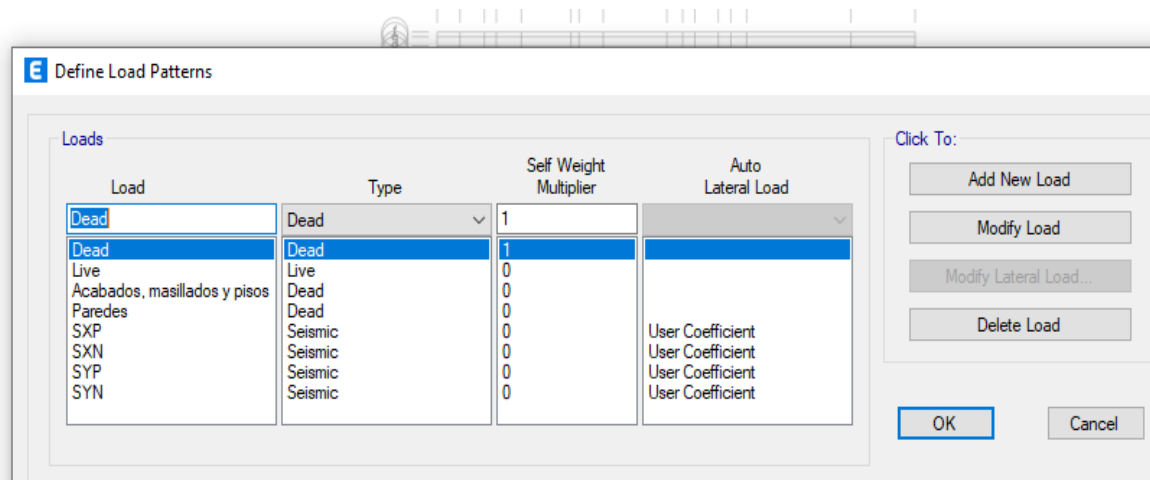
Nota. En la figura se indica la generación del espectro de diseño. Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

Figura 15
Masa múltiple para patrones de carga



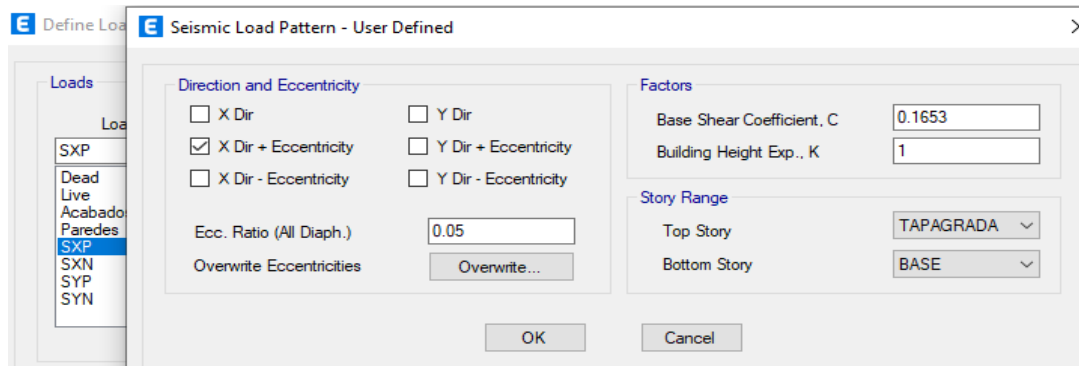
Nota. En la figura se indica la generación masas multiples para patrones de carga. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Figura 16
Definición de patrones de carga



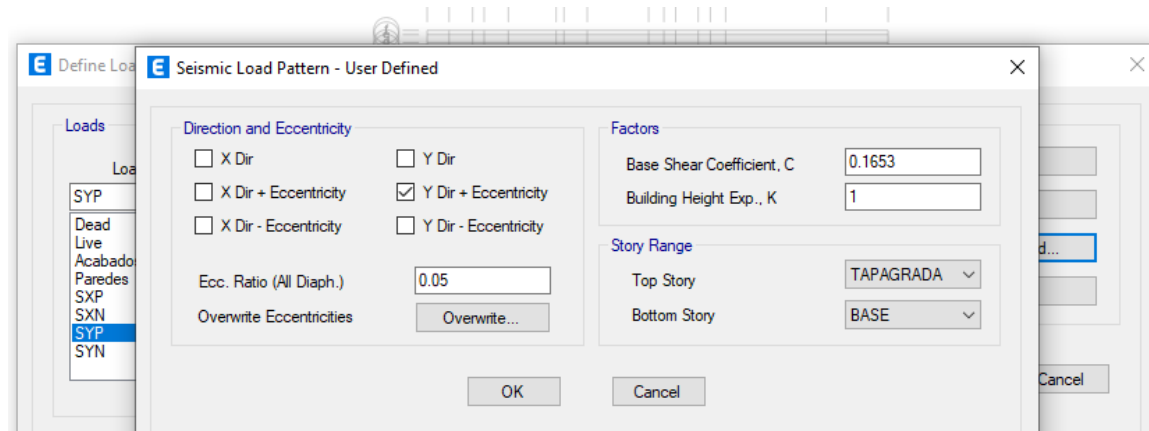
Nota. En la figura se indica la definición de patrones de carga. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Figura 17
Evidencia ingreso cortante basal (SXP)



Nota. Se muestra el ingreso del valor del cortante basal Sismo en x positivo. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0.*

Figura 18
Evidencia ingreso cortante basal (SYP)



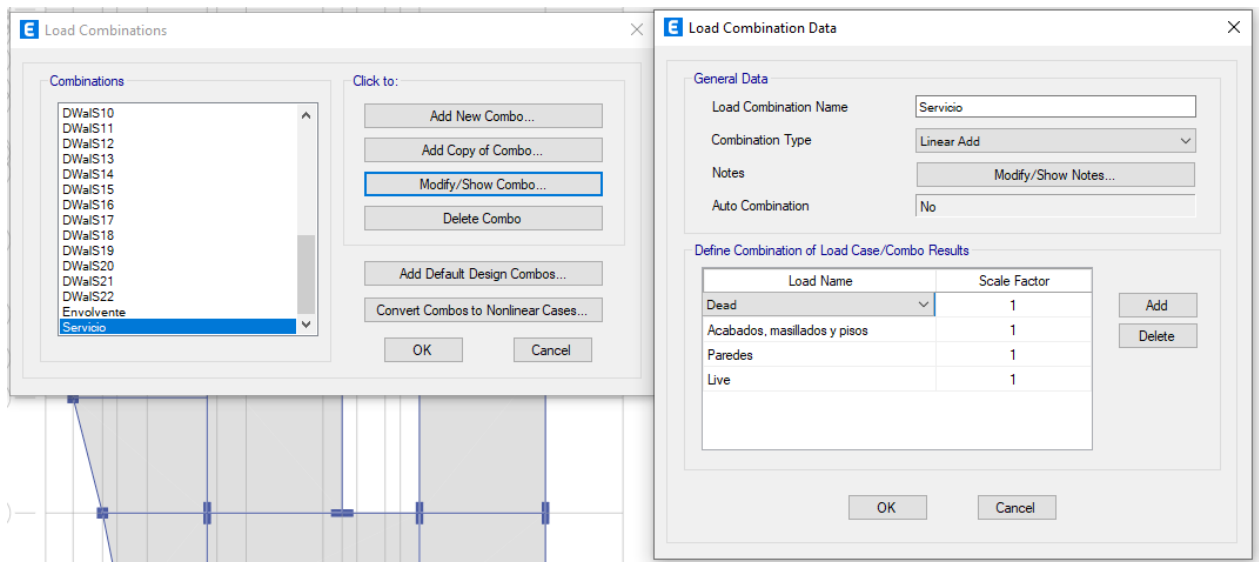
Nota. Se muestra el ingreso del valor del cortante basal Sismo en y positivo. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0.*

4.7 Combinaciones de carga

Las siguientes combinaciones se obtienen de la (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG, 2014), capítulo 3.4.3

- 1) 1.4D
- 2) $1.2D + 1.6L + 0.5 \max.(L_r; S; R)$
- 3) $1.2D + 1.6L \max.(L_r; S; R) + \max.(L; 0.5W)$
- 4) $1.2D + 1.0W + L + 0.5 \max.(L_r; S; R)$
- 5) $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
- 6) $0.9D + 1.0W$
- 7) $0.9D + 1.0E$

Figura 19
Evidencia de ingreso carga servicio



Nota. Carga de servicio. Elaborado por: El autor, a través del programa Etabs 2021.2.0.

Figura 20
Combinaciones de carga combo 1

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Acabados, masillados y pisos	1.4
Dead	1.4
Paredes	1.4

Nota. Se evidencia el ingreso de la combinación de carga para el combo 1. Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

Figura 21
Combinaciones de carga combo 3

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1.2
Acabados, masillados y pisos	1.2
Paredes	1.2
Live	1

Nota. Se evidencia el ingreso de la combinación de carga para el combo 3. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Figura 22
Combinaciones de carga Envolvente

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

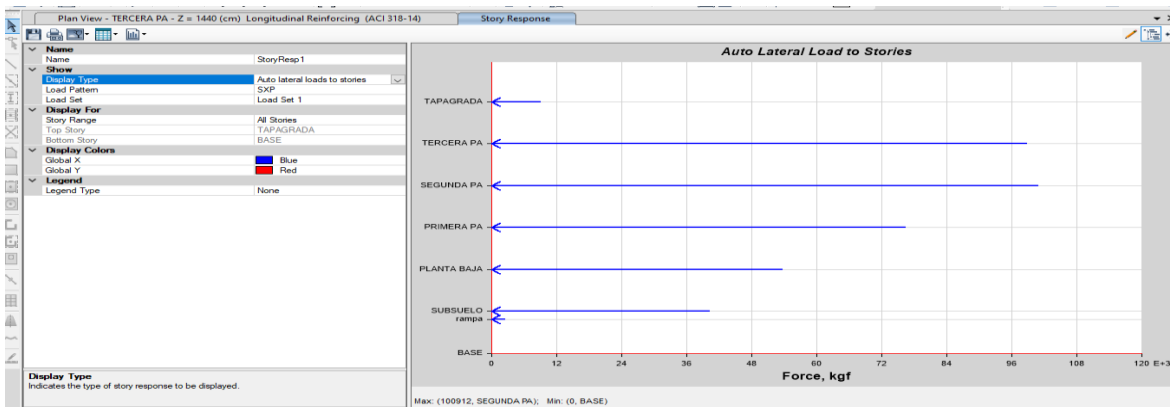
Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Comb 1	1
Comb 2	1
Comb 3	1
Comb 4	1
Comb 5	1
Comb 6	1

Nota. Se evidencia el ingreso de la combinación de carga envolvente. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

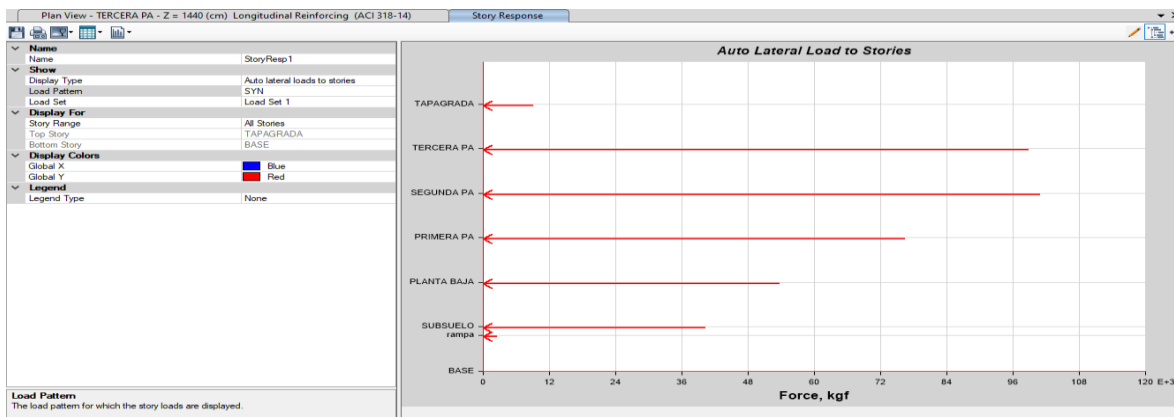
El diseño de los elementos de la estructura se lo realizo tomando en consideración que nuestro país se encuentra ubicado en una zona sísmica alta.

Figura 23
Cargas sísmicas lateral X



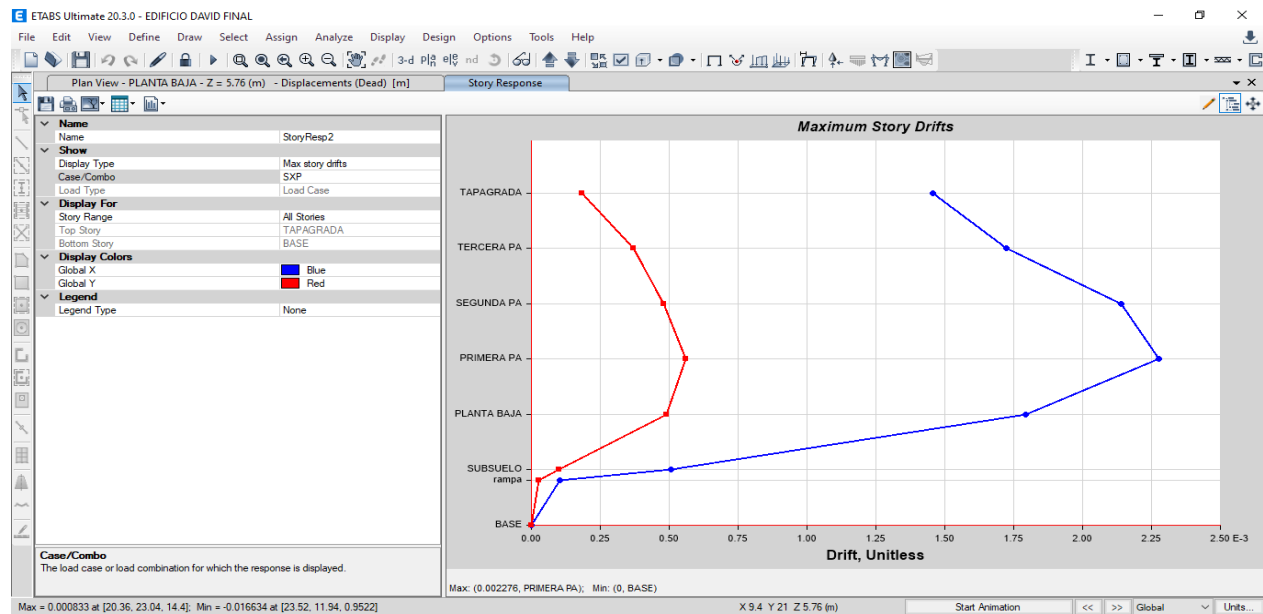
Nota. Se evidencia la distribución de carga lateral por pisos en el sentido x. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Figura 24
Cargas sísmicas lateral Y



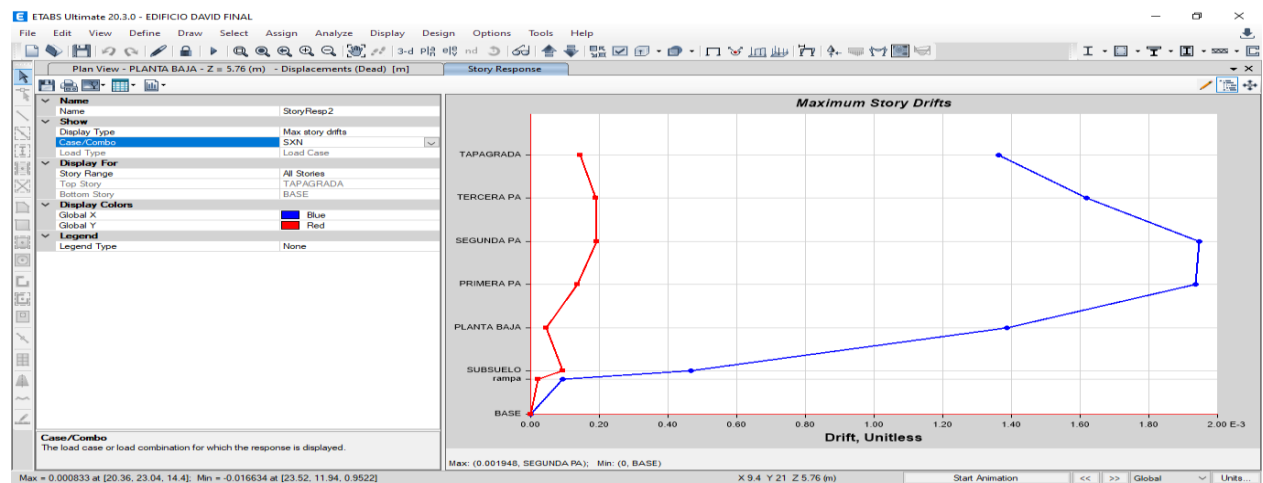
Nota. Se evidencia la distribución de carga lateral por pisos en el sentido y. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Figura 25
Derivas de piso SXP



*Nota.*Gráfico de derivas para el sismo en x negativo. Elaborado por: El autor, a través del programa Etabs 2021.2.0.

Figura 26
Derivas de piso SXN



*Nota.*Gráfico de derivas para el sismo en x positivo. Elaborado por: El autor, a través del programa Etabs 2021.2.0.

Como se puede evidenciar los valores están en el rango que exige la normativa NEC-SE-DS 2015 sección 4.2.2 menor de 0.02, para obtener estos valores se utilizó la siguiente ecuación.

$$\Delta i = 0.75 \times R \times \Delta e$$

Δe : Deriva elástica

Δi : Deriva inelástica

Resultados:

$$\Delta i: SXP = 0.75 \times 8 \times 0.002276 = 0.0137 < 0.02$$

$$\Delta i: SXN = 0.75 \times 8 \times 0.001978 = 0.0119 < 0.02$$

$$\Delta i: SYP = 0.75 \times 8 \times 0.001596 = 0.0096 < 0.02$$

$$\Delta i: SYN = 0.75 \times 8 \times 0.002093 = 0.0126 < 0.02$$

Figura 27
Evidencia Auto Seismic

Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient

	Name	Is Auto Load	X Dir?	X Dir Plus Ecc?	X Dir Minus Ecc?	Y Dir?	Y Dir Plus Ecc?	Y Dir Minus Ecc?	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used kgf	Base Shear kgf
▶	SXN	No	No	No	Yes	No	No	No	0.05	TAPAGRADA	BASE	0.1653	1	2636776.71	435859.19
	SXP	No	No	Yes	No	No	No	No	0.05	TAPAGRADA	BASE	0.1653	1	2636776.71	435859.19
	SYN	No	No	No	No	No	No	Yes	0.05	TAPAGRADA	BASE	0.1653	1	2636776.71	435859.19
	SYP	No	No	No	No	No	Yes	No	0.05	TAPAGRADA	BASE	0.1653	1	2636776.71	435859.19

*Nota.*Evidencia del patron de carga auto sismico . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0.*

Figura 28
Evidencia cortante basal para espectro de diseño

Story Forces

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: ([Story] = 'PLANTA BAJA') AND ([Output Case] = 'SDX' OR [Output Case] = 'SDY' OR [Output Case] = 'SXN' OR [Output Case] = 'SXP' OR [Output Case] = 'SYN' OR [Output Case] = 'SYP')

	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
▶	PLANTA BAJA	SXP	LinStatic		Top	0	-383.4304	0	7344.1433	0	-1945.4043
	PLANTA BAJA	SXP	LinStatic		Bottom	0	-383.4304	0	7344.1433	0	-3049.684
	PLANTA BAJA	SXN	LinStatic		Top	0	-383.4304	0	6471.0803	0	-1945.4043
	PLANTA BAJA	SXN	LinStatic		Bottom	0	-383.4304	0	6471.0803	0	-3049.684
	PLANTA BAJA	SYP	LinStatic		Top	0	0	-383.4304	-4894.9625	1945.4043	0
	PLANTA BAJA	SYP	LinStatic		Bottom	0	0	-383.4304	-4894.9625	3049.684	0
	PLANTA BAJA	SYN	LinStatic		Top	0	0	-383.4304	-4176.4966	1945.4043	0
	PLANTA BAJA	SYN	LinStatic		Bottom	0	0	-383.4304	-4176.4966	3049.684	0
	PLANTA BAJA	SDX	LinRespSpec	Max	Top	0	198.0698	68.7947	3578.3459	377.8813	1087.045
	PLANTA BAJA	SDX	LinRespSpec	Max	Bottom	0	198.0698	68.7947	3578.3459	569.0111	1639.2228
	PLANTA BAJA	SDY	LinRespSpec	Max	Top	0	68.5011	160.8949	2764.0602	889.6464	376.3401
	PLANTA BAJA	SDY	LinRespSpec	Max	Bottom	0	68.5011	160.8949	2764.0602	1336.2667	566.693

*Nota.*Evidencia de valores de cortante basal para espectro de diseño . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Como se puede verificar en la tabla anterior el valor del cortante basal dinámico en el sentido x es 181.3474 ton y para el sentido y es de 146.8794 ton

Según, (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) el valor del cortante basal dinámico debe ser mayor al 85% del cortante estático para el caso de estructuras irregulares. Por lo que se realiza una comparación para el más desfavorable:

$$VD_x \geq 0.85 (V_x)$$

$$198.0698 \geq 0.85 (383.4304)$$

$$198.0698 \leq 325.92$$

$$VD_y \geq 0.85 (V_y)$$

$$160.8949 \geq 0.85 (383.4304)$$

$$160.8949 \leq 325.92$$

Se puede observar que la condición no cumple por lo que se realiza la corrección como se indica a continuación.

4.8 Factor de corrección (Fs) para el cortante basal dinámico x,y

$$F_s = 0.85 \frac{V_x}{VD_x}$$

$$F_s = 0.85 \frac{383.4304}{198.0698}$$

$$F_s = 1.645$$

$$\text{Factor escala} = 1.645 \times 9.8067 = 16.137$$

$$F_s = 0.85 \frac{V_y}{VD_y}$$

$$F_s = 0.85 \frac{383.4304}{160.8949}$$

$$F_s = 2.026$$

$$\text{Factor escala} = 2.026 \times 9.8067 = 19.865$$

Estos valores se ingresan en el programa computacional y se verifica:

$$VD \geq 0.85 (V)$$

Figura 29

Evidencia cortante basal para espectro corregido (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014)

E Story Forces

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: ([Story] = 'PLANTA BAJA') AND ([Output Case] = 'SDX' OR [Output Case] = 'SDY' OR [Output Case] = 'SXN' OR [Output Case] = 'SXP' OR [Output Case] = 'SYN' OR [Output Case] = 'SYP')

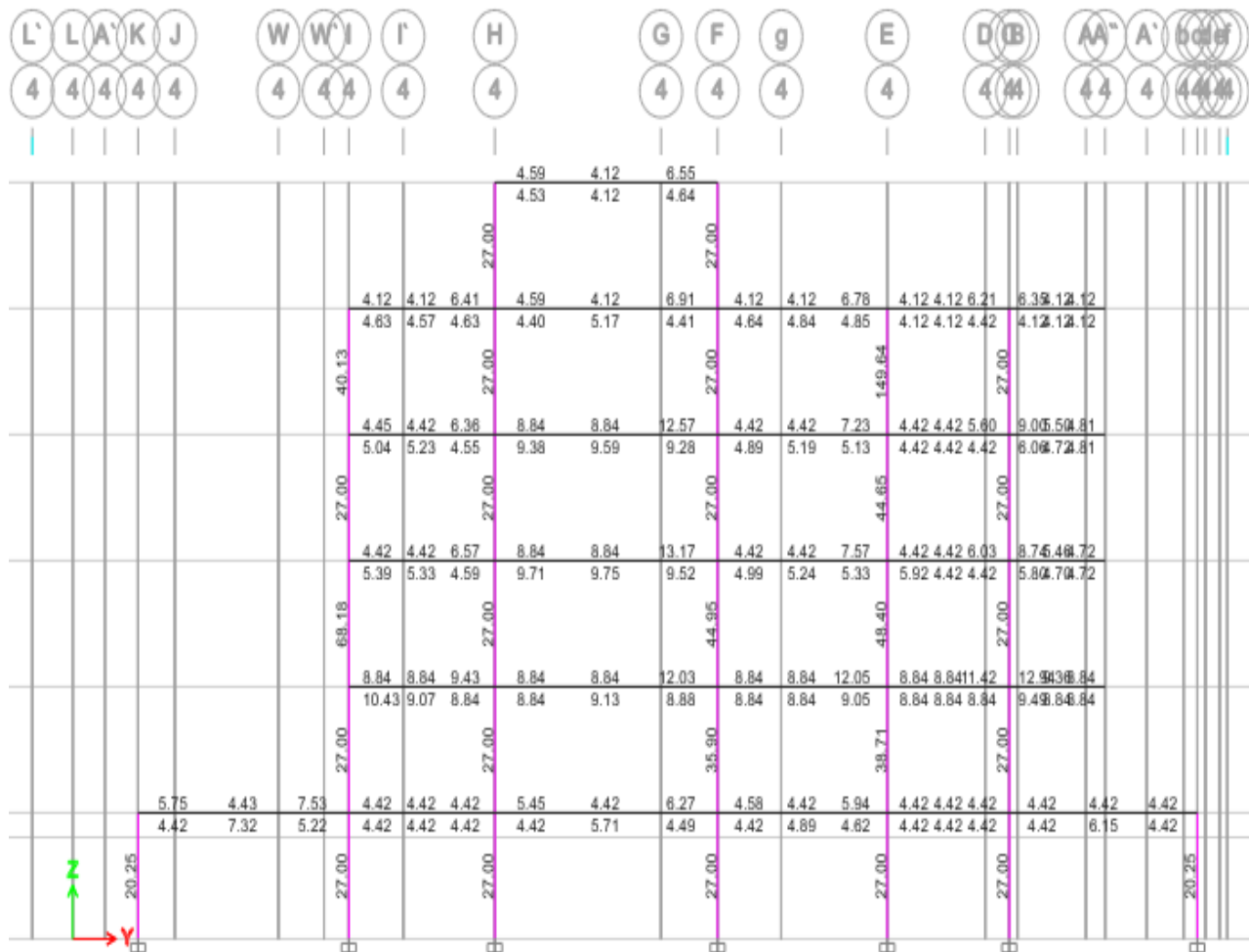
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
▶	PLANTA BAJA	SXP	LinStatic		Top	0	-383.4304	0	7344.1433	0	-1945.4043
	PLANTA BAJA	SXP	LinStatic		Bottom	0	-383.4304	0	7344.1433	0	-3049.684
	PLANTA BAJA	SXN	LinStatic		Top	0	-383.4304	0	6471.0803	0	-1945.4043
	PLANTA BAJA	SXN	LinStatic		Bottom	0	-383.4304	0	6471.0803	0	-3049.684
	PLANTA BAJA	SYP	LinStatic		Top	0	0	-383.4304	-4894.9625	1945.4043	0
	PLANTA BAJA	SYP	LinStatic		Bottom	0	0	-383.4304	-4894.9625	3049.684	0
	PLANTA BAJA	SYN	LinStatic		Top	0	0	-383.4304	-4176.4966	1945.4043	0
	PLANTA BAJA	SYN	LinStatic		Bottom	0	0	-383.4304	-4176.4966	3049.684	0
	PLANTA BAJA	SDX	LinRespSpec	Max	Top	0	325.9255	113.2023	5888.1955	621.8065	1788.7409
	PLANTA BAJA	SDX	LinRespSpec	Max	Bottom	0	325.9255	113.2023	5888.1955	936.3121	2697.3537
	PLANTA BAJA	SDY	LinRespSpec	Max	Top	0	138.7596	325.9177	5599.035	1802.1175	762.3356
	PLANTA BAJA	SDY	LinRespSpec	Max	Bottom	0	138.7596	325.9177	5599.035	2706.8166	1147.925

Nota. Evidencia de valores corregidos de cortante basal para espectro de diseño . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Como se puede evidenciar una vez corregidos los valores están en el rango que exige la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

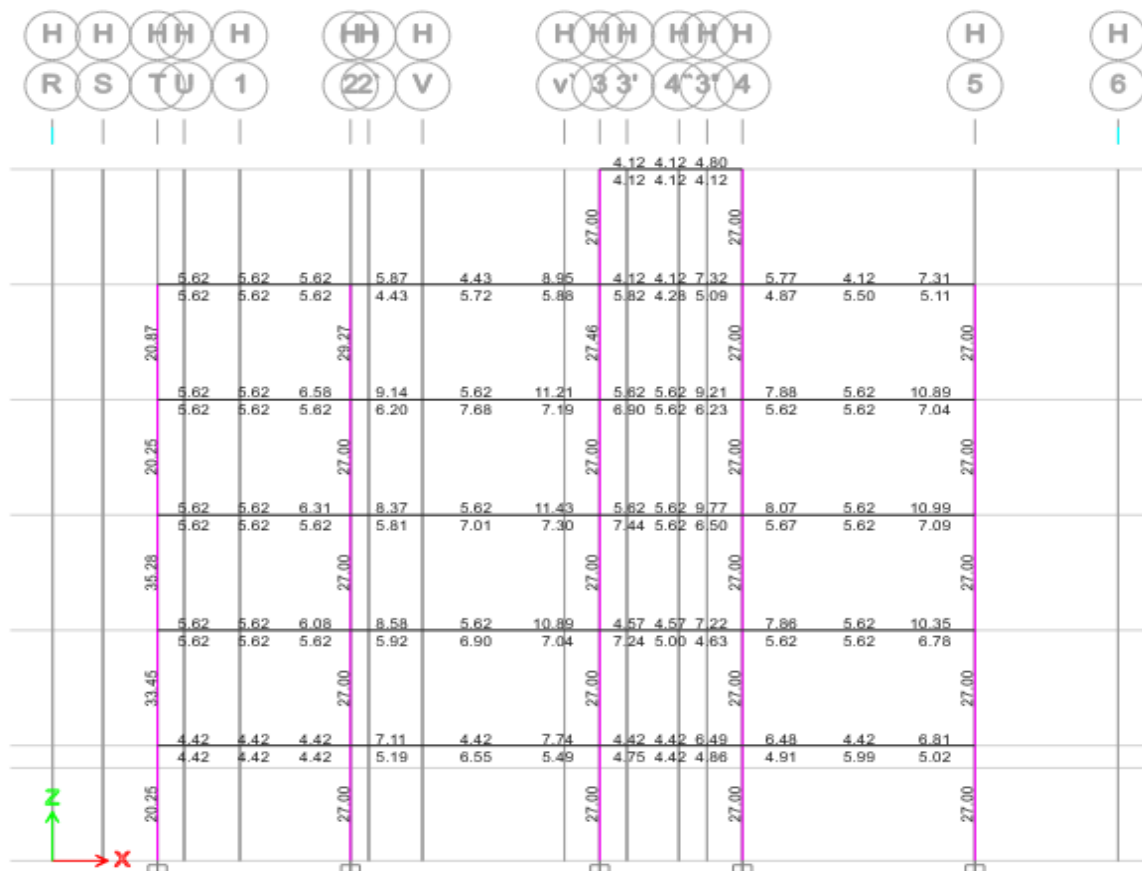
Figura 30

Evidencia de cuantías en los elementos estructurales (vigas y columnas), eje 4



Nota. Valores de cantidad de acero para las vigas y columnas del portico indicado . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

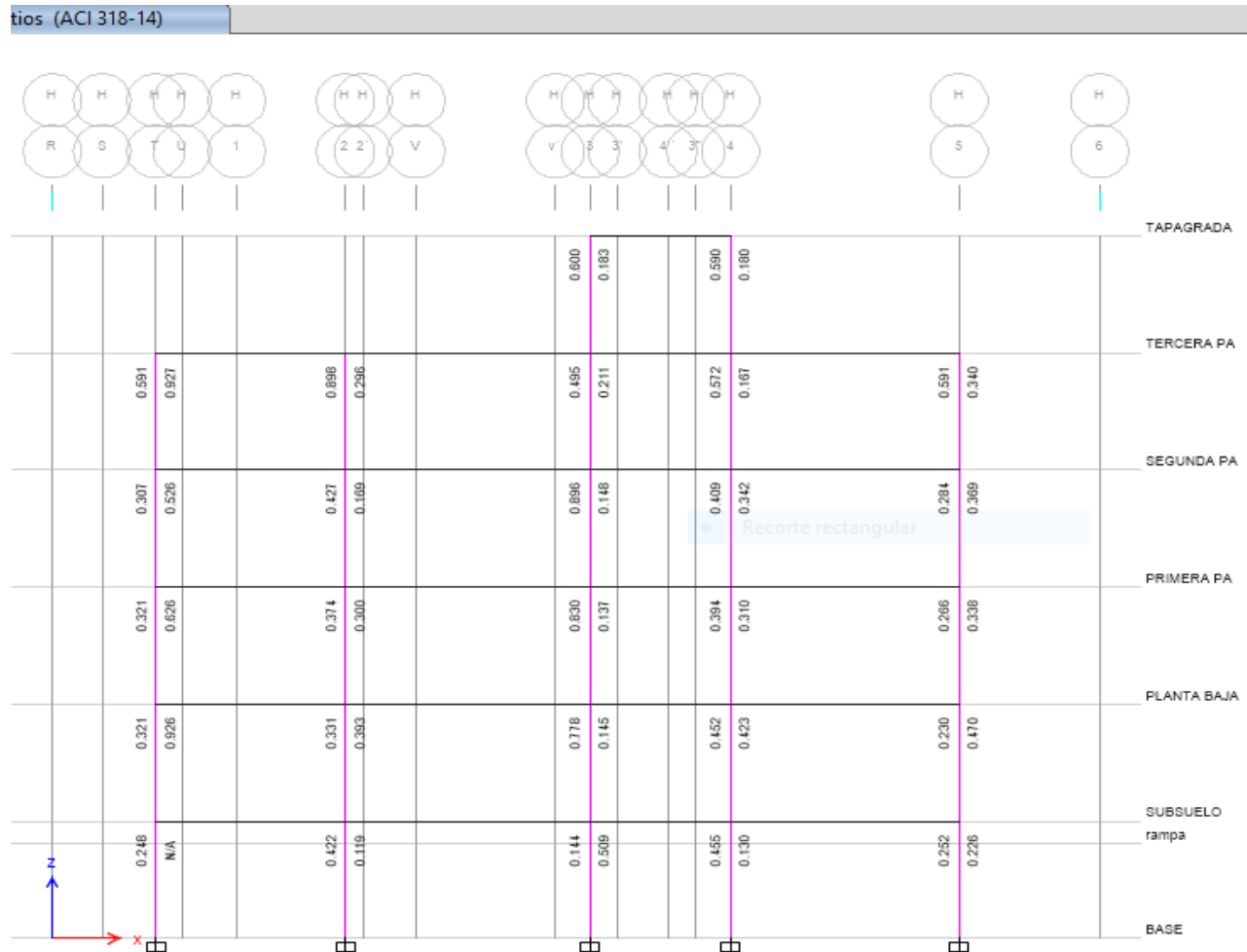
Figura 31
Evidencia del cuantías en los elementos estructurales (vigas y columnas), eje H



Nota. Valores de cantidad de acero para las vigas y columnas del eje H . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0*.

Se puede verificar que la cuantía de acero está dentro de los límites permisibles que recomienda la normativa, que el acero no sea menor al 1% y mayor del 3%

Figura 32
Conexión viga columna



Nota. Valores de conexión viga columna del eje H. Elaborado por: El autor, a través del programa Etabs 2021.2.0.

Figura 33
Evidencia Participación Factors

Modal Participation Factors											
File Edit Format-Filter-Sort Select Options											
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None											
Filter: None											
	Case	Mode	Period sec	UX tonf-m	UY tonf-m	UZ tonf-m	RX tonf-m	RY tonf-m	RZ tonf-m	ModalMass tonf-m-s ²	ModalStiff tonf-m
▶	Modal	1	0.493	-3E-06	-2E-06	0	0.006739	-0.013011	0.015442	0	2E-05
	Modal	2	0.451	-2E-06	2E-06	0	-0.009123	-0.009864	-0.01808	0	2E-05
	Modal	3	0.37	1.023E-08	3E-06	0	-0.011897	0.000272	0.022052	0	3E-05
	Modal	4	0.141	1E-06	1E-06	0	0.003573	-0.004702	-0.00857	0	0.0002
	Modal	5	0.129	1E-06	-1E-06	0	-0.003254	-0.005734	0.00633	0	0.00024
	Modal	6	0.104	-2.003E-08	-1E-06	0	-0.005243	-6.6E-05	-0.010474	0	0.00037
	Modal	7	0.08	1E-06	2.38E-07	0	0.000886	-0.002326	0.002033	0	0.00062
	Modal	8	0.069	-3.989E-07	-1E-06	0	-0.001961	0.001449	0.005975	0	0.00084
	Modal	9	0.059	1E-06	-1E-06	0	-0.002579	-0.003408	0.001366	0	0.00116
	Modal	10	0.048	4.893E-07	1E-06	0	0.003542	-0.001929	0.006909	0	0.00173
	Modal	11	0.046	-4.464E-07	-2.753E-07	0	-0.001172	0.001948	0.002965	0	0.00193
	Modal	12	0.038	-1E-06	1E-06	0	0.003354	0.003732	-0.000457	0	0.00281
	Modal	13	0.034	1E-06	1E-06	0	0.00244	-0.004969	0.003385	0	0.00358
	Modal	14	0.032	-6.922E-08	2.85E-07	0	0.001249	0.000294	0.000774	0	0.00405
	Modal	15	0.031	-2E-06	-1.893E-08	0	-9.4E-05	0.009786	0.001038	0	0.00421
	Modal	16	0.028	-2.065E-07	2E-06	0	0.008672	0.000939	0.001914	0	0.00498
	Modal	17	0.025	1.284E-07	1E-06	0	0.006125	-0.000593	-0.004544	0	0.00626
	Modal	18	0.021	2.307E-08	2.292E-07	0	0.000862	1.2E-05	-0.028769	0	0.00942
	Modal	19	0.018	7.31E-08	4.952E-08	0	0.000305	-0.000241	0.013882	0	0.01223
	Modal	20	0.016	-2.091E-07	-1.115E-07	0	-0.000475	0.001045	-0.001771	0	0.01538
	Modal	21	0.012	0	0	0	-1E-06	-1.4E-05	1E-06	0	0.02589
	Modal	22	0.012	5.361E-08	-1.696E-08	0	-7.6E-05	-0.000376	-6E-05	0	0.02616
	Modal	23	0.012	-2.128E-08	4.825E-07	0	0.002221	0.000114	0.005935	0	0.027
	Modal	24	0.011	6.901E-09	-1.772E-07	0	-0.000828	3.5E-05	-0.00133	0	0.03158
	Modal	25	0.009	1.38E-08	0	0	-4E-06	-9.1E-05	-0.000118	0	0.04548

Nota.Valores de participación modal . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs* 2021.2.0.

Figura 34

Evidencia valores de periodo y frecuencias

E Modal Periods And Frequencies

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

	Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
▶	Modal	1	0.493	2.03	12.7566	162.7316
	Modal	2	0.451	2.217	13.9322	194.1053
	Modal	3	0.37	2.704	16.9924	288.7419
	Modal	4	0.141	7.106	44.6502	1993.6414
	Modal	5	0.129	7.724	48.5288	2355.046
	Modal	6	0.104	9.628	60.4965	3659.8283
	Modal	7	0.08	12.459	78.2838	6128.3501
	Modal	8	0.069	14.421	90.6092	8210.0298
	Modal	9	0.059	16.992	106.7665	11399.0872
	Modal	10	0.048	20.705	130.094	16924.439
	Modal	11	0.046	21.877	137.4547	18893.7933
	Modal	12	0.038	26.431	166.0699	27579.2103
	Modal	13	0.034	29.835	187.4567	35140.0047
	Modal	14	0.032	31.722	199.3166	39727.1077
	Modal	15	0.031	32.348	203.2498	41310.4962
	Modal	16	0.028	35.168	220.9653	48825.6853
	Modal	17	0.025	39.442	247.8229	61416.1917
	Modal	18	0.021	48.365	303.8877	92347.7069
	Modal	19	0.018	55.12	346.3311	119945.2354
	Modal	20	0.016	61.806	388.3377	150806.1439
	Modal	21	0.012	80.197	503.8952	253910.3808
	Modal	22	0.012	80.613	506.5093	256551.6677
	Modal	23	0.012	81.903	514.6089	264822.3083
	Modal	24	0.011	88.575	556.5308	309726.5007
	Modal	25	0.009	106.286	667.8134	445974.7992

*Nota.*Valores de periodo y frecuencia que se encuentran dentro del rango que exige la normativa . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0.*

Figura 35
Evidencia Modal participating mass ratios

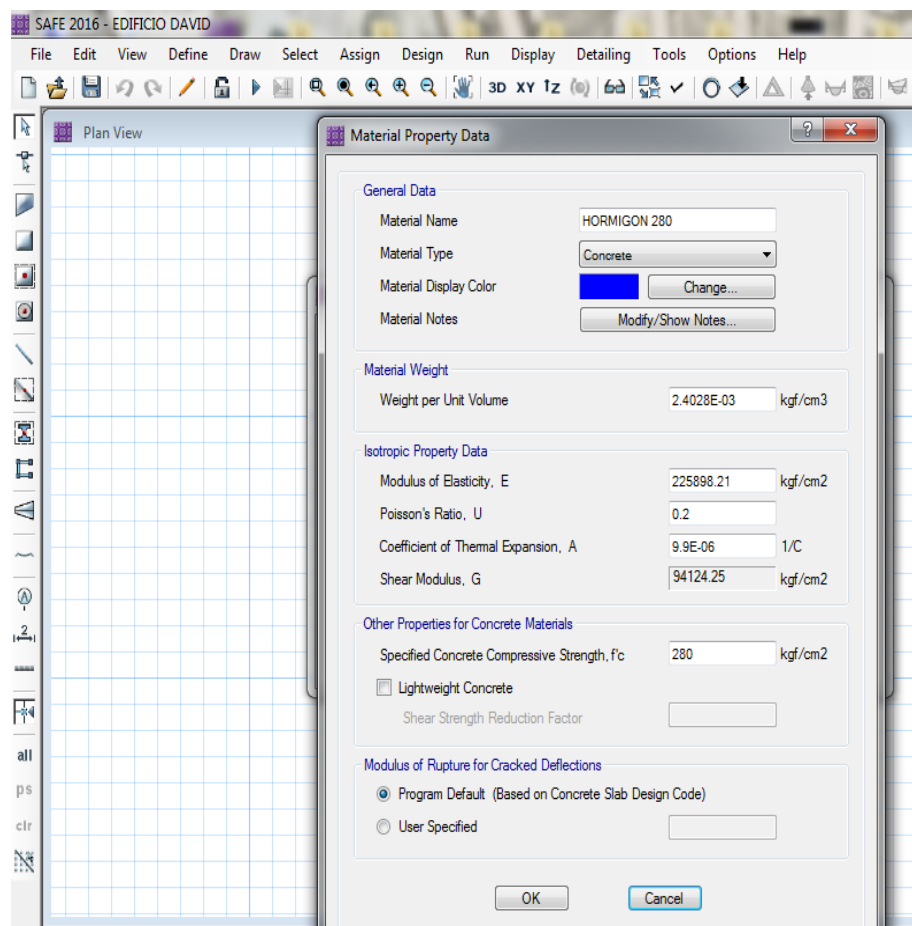
Modal Participating Mass Ratios															
File Edit Format-Filter-Sort Select Options															
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None															
Filter: None															
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
▶	Modal	1	0.493	0.3566	0.0933	0	0.3566	0.0933	0	0.0934	0.3482	0.0962	0.0934	0.3482	0.0962
	Modal	2	0.451	0.2001	0.1717	0	0.5567	0.265	0	0.1712	0.2001	0.1319	0.2646	0.5484	0.228
	Modal	3	0.37	3.82E-06	0.2836	0	0.5567	0.5486	0	0.2912	0.0002	0.1961	0.5558	0.5485	0.4242
	Modal	4	0.141	0.0456	0.0358	0	0.6023	0.5844	0	0.0263	0.0455	0.0296	0.582	0.594	0.4538
	Modal	5	0.129	0.0756	0.025	0	0.6778	0.6095	0	0.0218	0.0676	0.0162	0.6038	0.6617	0.47
	Modal	6	0.104	1.464E-05	0.0749	0	0.6778	0.6844	0	0.0566	8.978E-06	0.0443	0.6604	0.6617	0.5142
	Modal	7	0.08	0.0201	0.0021	0	0.6979	0.6865	0	0.0016	0.0111	0.0017	0.662	0.6728	0.5159
	Modal	8	0.069	0.0058	0.0119	0	0.7037	0.6984	0	0.0079	0.0043	0.0144	0.6699	0.6771	0.5303
	Modal	9	0.059	0.0318	0.0191	0	0.7355	0.7175	0	0.0137	0.0239	0.0008	0.6836	0.701	0.531
	Modal	10	0.048	0.0087	0.0322	0	0.7442	0.7498	0	0.0258	0.0077	0.0193	0.7094	0.7087	0.5503
	Modal	11	0.046	0.0073	0.0028	0	0.7515	0.7525	0	0.0028	0.0078	0.0035	0.7122	0.7165	0.5538
	Modal	12	0.038	0.026	0.0218	0	0.7774	0.7744	0	0.0231	0.0286	0.0001	0.7354	0.7451	0.5539
	Modal	13	0.034	0.0462	0.0114	0	0.8236	0.7858	0	0.0122	0.0512	0.0046	0.7476	0.7963	0.5585
	Modal	14	0.032	0.0002	0.003	0	0.8238	0.7887	0	0.0032	0.0002	0.0002	0.7508	0.7965	0.5588
	Modal	15	0.031	0.1716	1.307E-05	0	0.9954	0.7888	0	1.807E-05	0.197	0.0004	0.7508	0.9935	0.5592
	Modal	16	0.028	0.0016	0.132	0	0.997	0.9208	0	0.1547	0.0018	0.0015	0.9055	0.9953	0.5607
	Modal	17	0.025	0.0006	0.0649	0	0.9976	0.9857	0	0.0772	0.0007	0.0083	0.9827	0.996	0.569
	Modal	18	0.021	1.941E-05	0.0019	0	0.9976	0.9877	0	0.0015	0	0.3338	0.9842	0.996	0.9028
	Modal	19	0.018	0.0002	0.0001	0	0.9978	0.9877	0	0.0002	0.0001	0.0777	0.9844	0.9961	0.9806
	Modal	20	0.016	0.0016	0.0005	0	0.9994	0.9882	0	0.0005	0.0022	0.0013	0.9849	0.9984	0.9818
	Modal	21	0.012	0	0	0	0.9994	0.9882	0	0	0	0	0.9849	0.9984	0.9818
	Modal	22	0.012	0.0001	1.049E-05	0	0.9995	0.9882	0	1.183E-05	0.0003	1.461E-06	0.9849	0.9987	0.9818
	Modal	23	0.012	1.652E-05	0.0085	0	0.9995	0.9967	0	0.0101	2.652E-05	0.0142	0.995	0.9987	0.9961
	Modal	24	0.011	1.737E-06	0.0011	0	0.9995	0.9978	0	0.0014	2.45E-06	0.0007	0.9965	0.9987	0.9968
	Modal	25	0.009	6.945E-06	0	0	0.9995	0.9978	0	0	1.695E-05	5.615E-06	0.9965	0.9987	0.9968

*Nota.*Valores de relación de masa participantes . Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0.*

4.9 Cimentación:

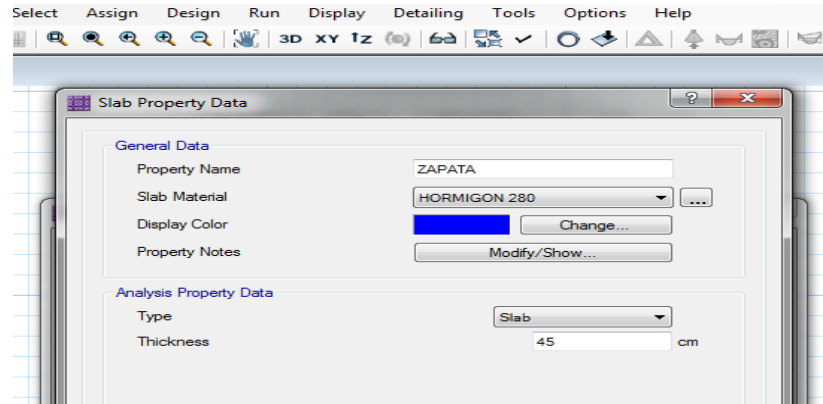
Las cargas de la estructura son importadas del programa estructural Etabs 2021.2.0 al programa Safe 2016, en el cual se realiza el diseño de la cimentación tomando las siguientes consideraciones como el esfuerzo admisible de 25 T/m², como recomienda el estudio de suelos, pero se debe verificar en obra al momento de la construcción.

Figura 36
Evidencia propiedad del material



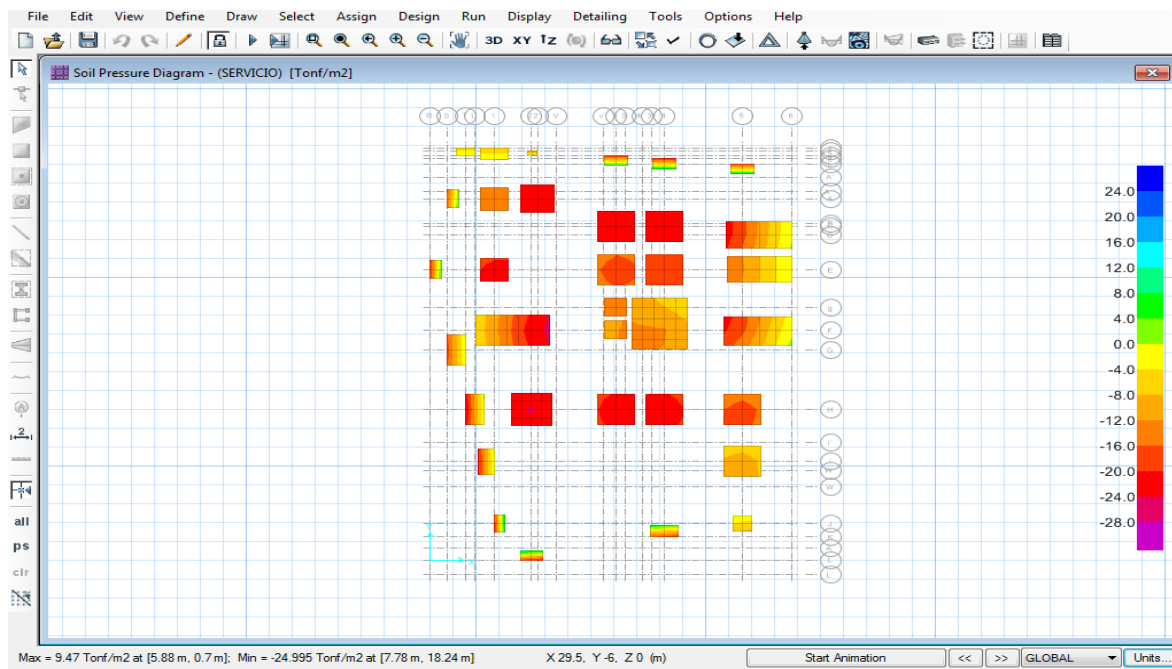
Nota. Ingreso de valores de resistencia del hormigón. Elaborado por: El autor, a través del programa Safe 2016.

Figura 37
Evidencia altura de zapata



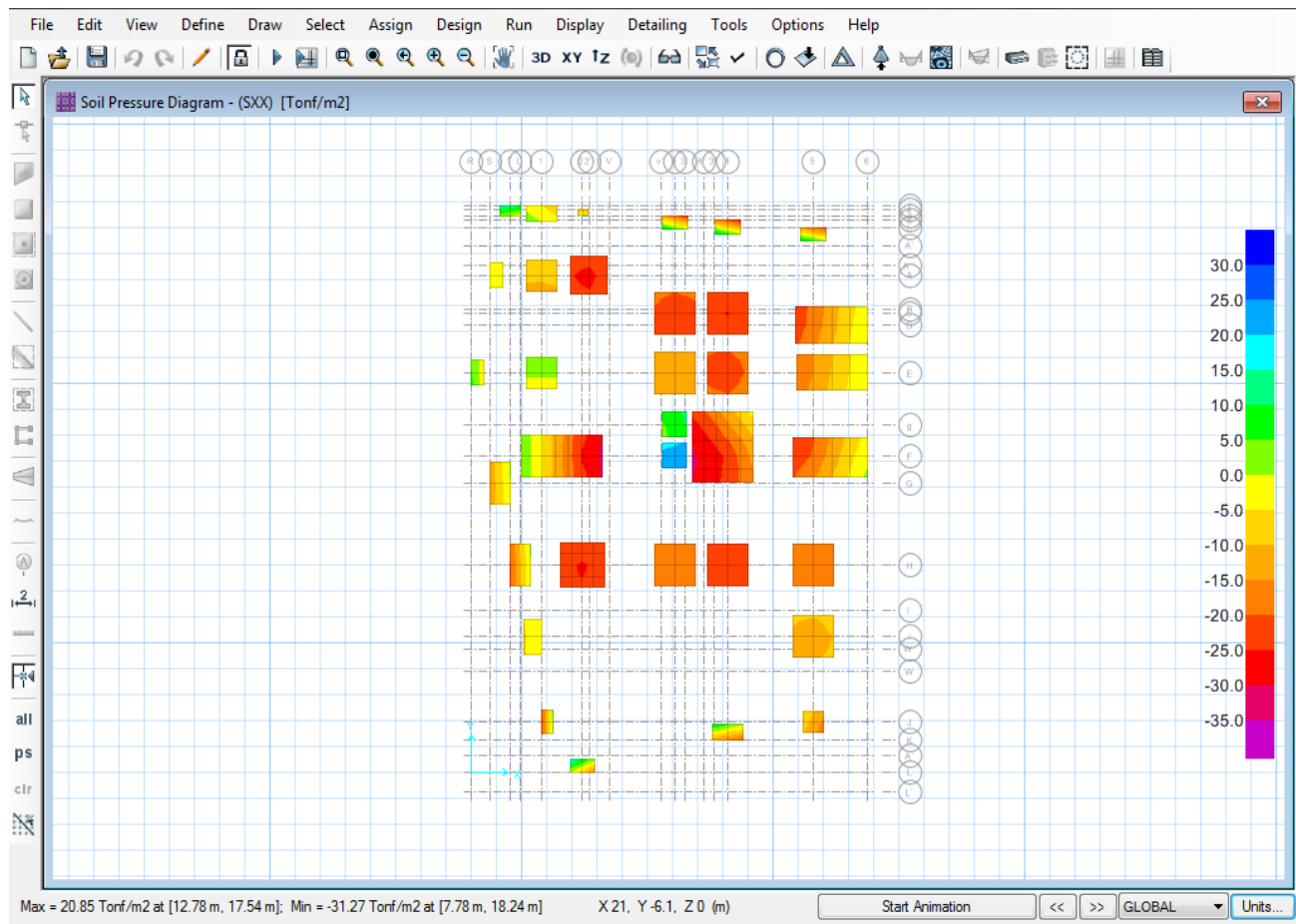
Nota. Ingreso de valor de altura de zapata. Elaborado por: El autor, a través del *programa Safe 2016*.

Figura 38
Evidencia Carga de servicio



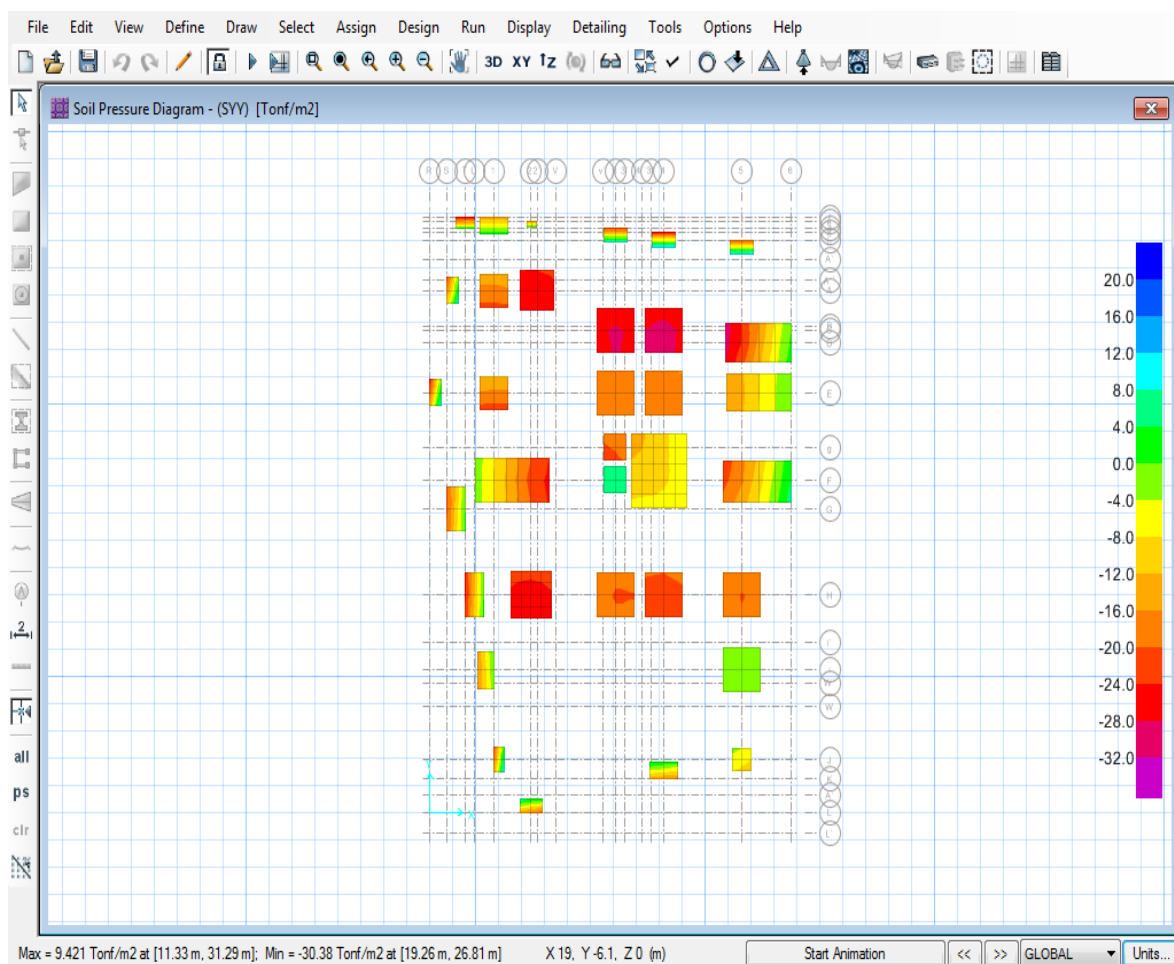
Nota. Los valores de carga de servicio están por debajo de 25 ton/ m². Elaborado por: El autor, a través del *programa Safe 2016*.

Figura 39
Evidencia Fuerza sísmica x



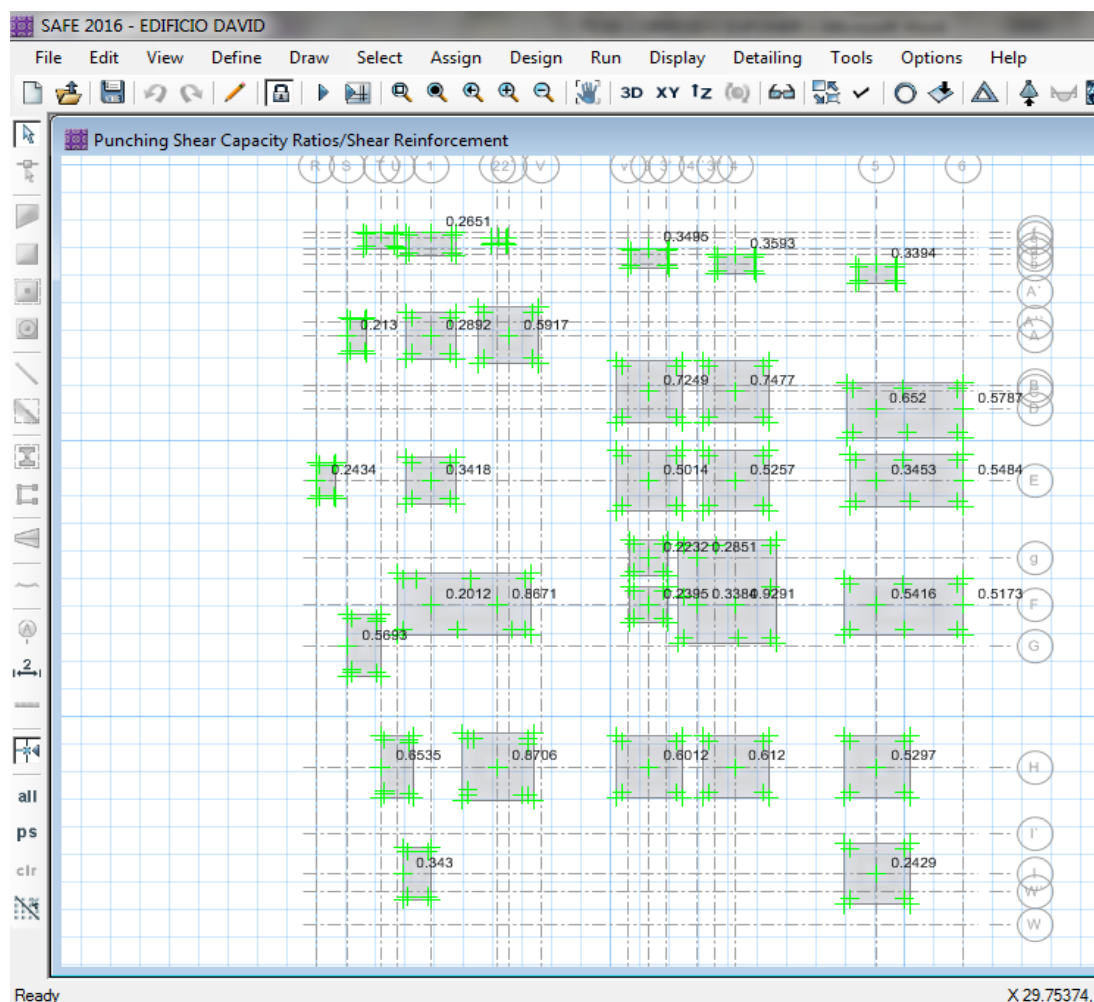
Nota. Los valores de fuerza sísmica en x cumplen con la normativa . Elaborado por: El autor, a través del *programa Safe 2016*.

Figura 40
Evidencia Fuerza sísmica y



Nota. Los valores de fuerza sísmica en y cumplen con la normativa . Elaborado por: El autor, a través del *programa Safe 2016*.

Figura 41
Evidencia de punzonamiento



Nota. Los valores de punzonamiento estan por debajo de 1 como recomienda la normativa .

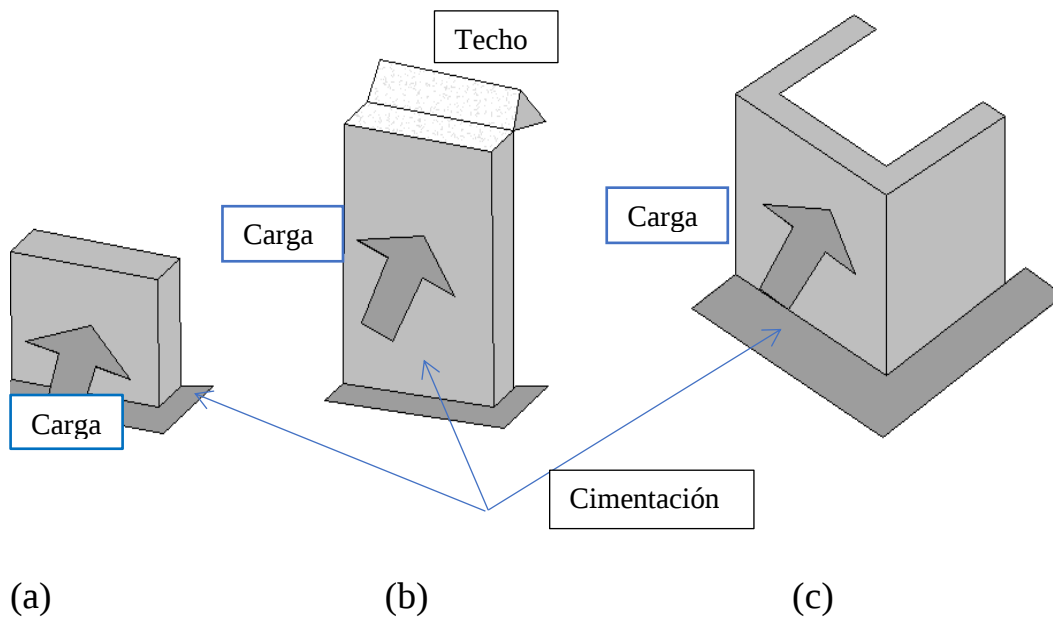
Elaborado por: El autor, a través del programa Safe 2016.

5. Muros de corte

Estos elementos estructurales tienen gran volumen y dos de sus dimensiones son mucho mayor que la tercera. Además están sometidos a diferentes cargas dentro del plano del muro así como fuera del plano.

Según, (Ortega Garcia , 2015) “Ante cargas fuera del plano, el comportamiento del muro depende de sus apoyos: en cantiliver (a), simplemente apoyado (b), o como losa bidireccional (c)”.

Figura 42
Comportamiento ante cargas fuera del plano



Nota. Cargas aplicadas fuera del plano del muro . Elaborado por: El autor

En estos elementos estructurales las fuerzas que se ubican dentro del plano son las más críticas ya que es donde el muro estructural genera más resistencia, estos elementos estructurales ayudan para reducir las derivas de piso ocasionadas por la presencia de fuerzas sísmicas y, por

ende, los efectos $p - \delta$, que como es conocido son los que generan la destrucción a las estructuras.

Además, se debe afirmar un comportamiento adecuado del material en los extremos de los muros. Esto se lo obtiene con el confinamiento del hormigón y anclaje de acero.

Cabe acotar que estos elementos estructurales absorben gran parte de las cargas horizontales a través del cortante, pero además están sometidos a cargas axiales y momentos flectores, es por esta razón que hoy día estos elementos son conocidos como muros estructurales. Cuando los muros estructurales están sometidos a carga axial, momento y cortante, se establecen consideraciones de rigidez y estabilidad para el espesor del muro, en lo que respecta al armado longitudinal y transversal se realiza por consideraciones de corte, pero se debe revisar valores mayores debido a flexo compresión.

El muro debe ser analizado no solamente para soportar las cargas durante la vida útil de la edificación, sino que además que son voluminosos y rígidos no deben intervenir en los requerimientos arquitectónicos del proyecto.

La ubicación de los muros puede realizarse en los ductos de ascensor y escaleras ya que satisfacen la necesidad de confinamiento en los ductos verticales además de proporcionar resistencia lateral y axial a la estructura.

En este proyecto los muros trabajan en todo el alto del edificio conjuntamente con pórticos. Según, (ASCE/SEI 7-16, 2019) “impone límites de altura para edificios donde el sistema estructural resistente a cargas sísmicas está constituido exclusivamente por muros estructurales 50 metros para las categorías D y E”.

5.1 Principios generales para la ubicación de muros

Los muros estructurales presentan problemas en cuanto a su ubicación:

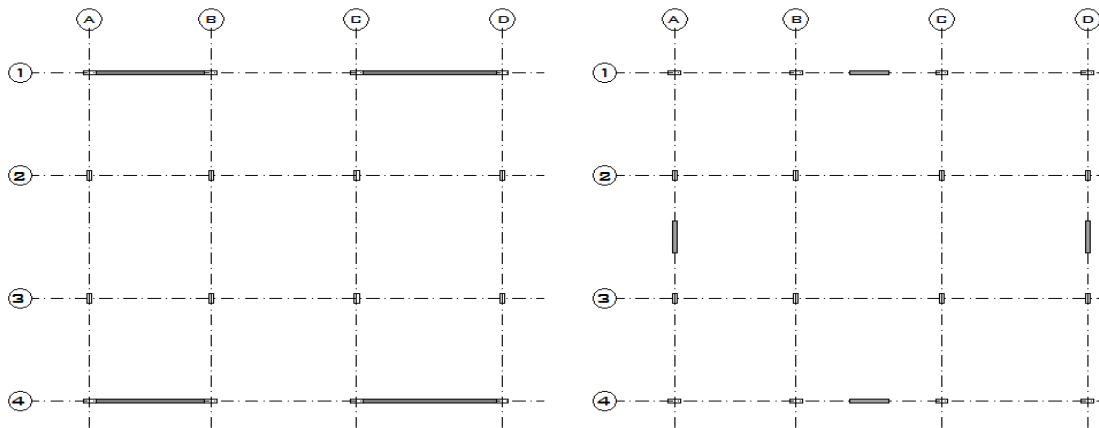
Torsión en planta

Estabilidad del muro

En el caso que la edificación presente torsión en planta se requiere que el centro de masas y rigideces se encuentren lo más cerca posible. Una opción es colocar los muros alrededor del centro de masas y otra alternativa es ubicar los muros en pares en su contorno ya que de esta manera se genera un brazo de palanca máximo. Cave recalcar que la ubicación de estos elementos estructurales no debe centrarse solamente en la dirección resistente sino que además se puede colocar en la otra dirección. En el caso de la estabilidad es distribuir los muros evitando las concentraciones peligrosas ver figura

Figura 43

Ubicación de muros forma uniforme



Nota. Los muros deben ubicarse en lo posible en pares para aprovechar su brazo de palanca .

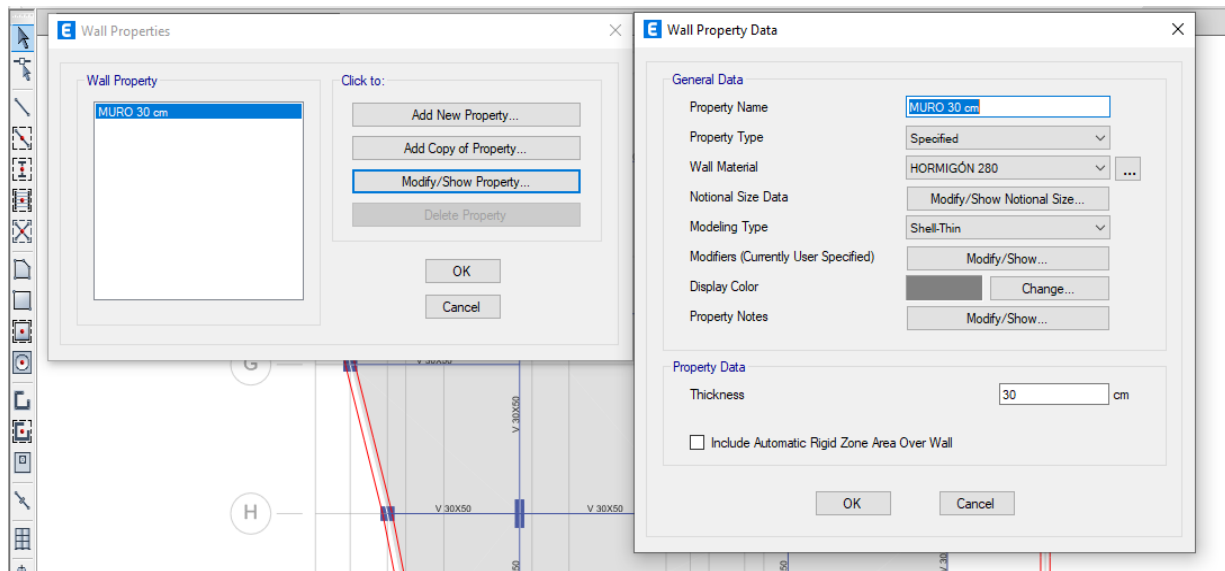
Elaborado por: El autor

Otras formas de los muros pueden ser en T, L, I, y C. En el caso de tener una de “estas geometrías el segmento paralelo a la dirección de cargas trabaja como elemento alma resistiendo las fuerzas de axial cortante y flexión y los segmentos perpendiculares trabajan como alas a tensión y compresión” (Caiza Sanchez & Viera Arroba, 2019).

El espaciamiento tanto horizontal como longitudinal debe ser menor de 450 mm, la cuantía vertical ≥ 0.0012 y horizontal ≥ 0.0020

Para el presente proyecto el ancho de muro es variable, pero se hace referencia al más crítico con un hacho de 1.45 metros ubicado en el ducto de ascensor eje 3, el espesor propuesto es el mínimo de 30 cm con un alto de 14.40 metros, debido a la importancia de la estructura se utiliza un hormigón de $f'c$ de 280 kg/cm², con estos datos se ingresa al programa computacional y se obtiene la siguiente cuantía.

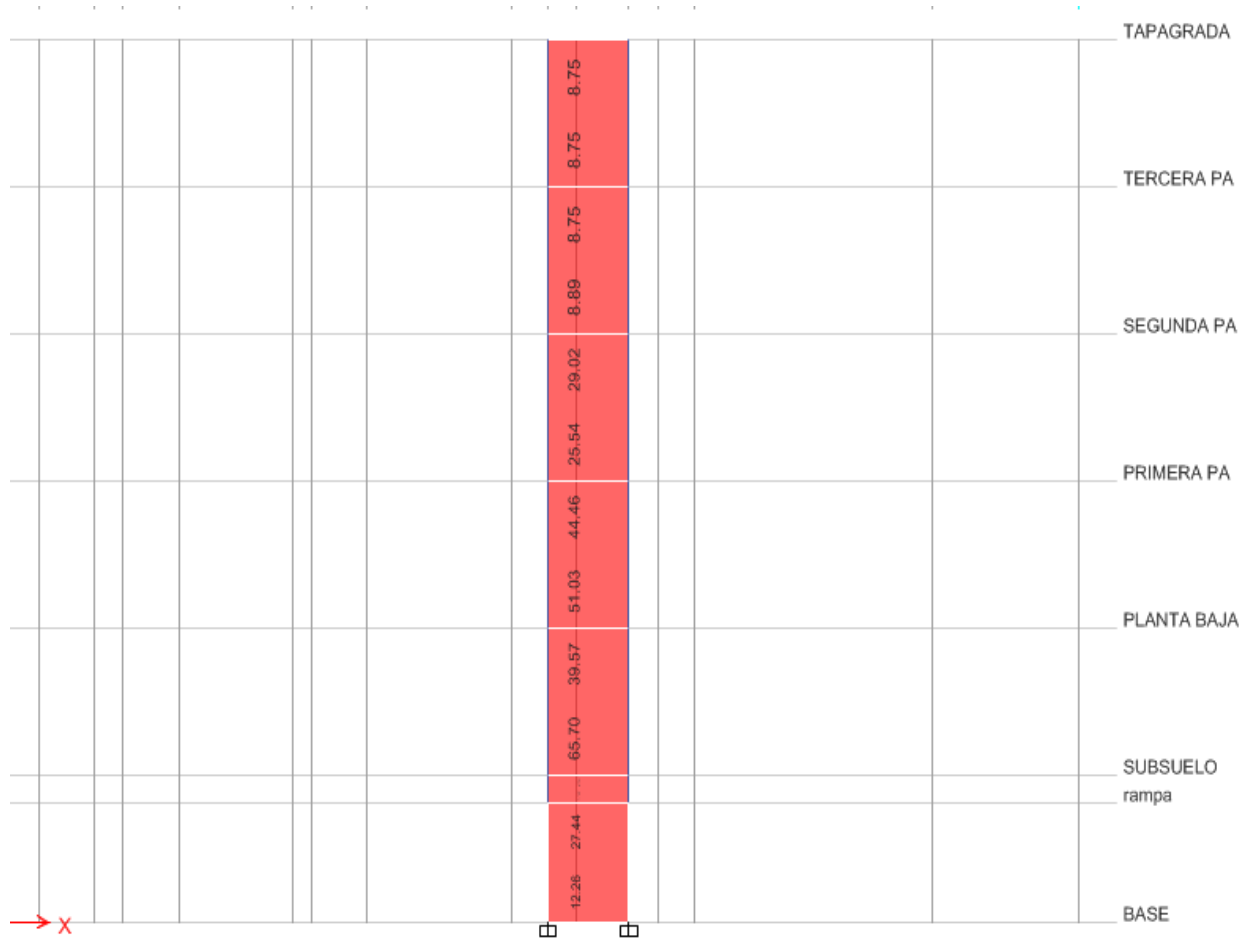
Figura 44
Evidencia diseño muro



Nota. Ingreso espesor del muro. Elaborado por: El autor, a través del programa Etabs 2021.2.0.

Figura 45

Evidencia cuantía muros de corte eje G



Nota. Valores de cantidad de acero requerida. Elaborado por: El autor, a través del *programa Etabs 2021.2.0.*

Figura 46
Evidencia diseño del muro

ACI 318-14 Pier Design

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
PLANTA BAJA	P28	1295.5	2004	175	30	0.814

Material Properties

E c (kgf/cm²)	f c (kgf/cm²)	LtWt Factor (Unitless)	f y (kgf/cm²)	f ys (kgf/cm²)
225898.21	280	1	4200	4200

Design Code Parameters

ϕ_c	ϕ_s	ϕ_v	ϕ_v (Seismic)	IP MAX	IP MIN	P MAX
0.9	0.65	0.75	0.6	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X 1 cm	Left Y 1 cm	Right X 2 cm	Right Y 2 cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	1208	2004	1383	2004	175	30
Bottom	Leg 1	1208	2004	1383	2004	175	30

Flexural Design for P u, M u2 and M u3

Station Location	Required Rebar Area (cm²)	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	P u kgf	M u2 kgf-cm	M u3 kgf-cm	Pier A s cm²
Top	31.65	0.006	0.0076	DWalS11	31654.79	24867.07	-10874915.48	5250
Bottom	69.48	0.0132	0.0076	DWalS11	34561.18	27947.24	19999473.49	5250

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm²/cm	Shear Combo	P u kgf	M u kgf-cm	V u kgf	$\phi V c$ kgf	$\phi V n$ kgf
Top	Leg 1	0.1842	DWalS3	58903.12	-11137995.3	109189.79	27952.38	109189.79
Bottom	Leg 1	0.1842	DWalS3	63626	20308664.09	109189.79	27952.38	109189.79

Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P u kgf	M u kgf-cm	Stress Comp kgf/cm²	Stress Limit kgf/cm²	C Depth cm	C Limit cm
Top-Left	Leg 1	22.686	DWalS20	139860.77	-4956482.58	59.01	56	40.186	38.889
Top-Right	Leg 1	22.686	DWalS20	139860.77	3843259.51	51.74	56	40.186	38.889
Bottom-Left	Leg 1	23.353	DWalS20	144583.66	-6891004.92	72.54	56	40.853	38.889
Bottom-Right	Leg 1	25.152	DWalS9	157299.12	3033364.54	49.77	56	42.652	38.889

*Nota.*Resumen de valores de diseño del muro. Elaborado por: El autor, a través del programa *Etabs 2021.2.0*.

6. Detallamiento estructural

Mediante el diseño definitivo de dos pórticos uno para el sentido X y otro para el sentido Y en el programa computacional. Se procede a realizar los respectivos planos de ingeniería de detalle en los pórticos (H) y (4), además de las losas y muro de corte, lo cual se realizará con la ayuda del programa Auto CAD. Los mismos que se detallan en los anexos.

CONCLUSIONES

Según los valores obtenidos en el programa computacional Etabs 2021.2.0 para el diseño por cuantía en columnas se evidencia que no supera el porcentaje máximo del 3%, teniendo valores por debajo de éste y superiores al 1%.

El porcentaje de derivas que se obtiene en el programa computacional para el sentido x-x corresponde al 1.29% y para el sentido y-y corresponde al 0.84%, lo que evidencia que se cumple satisfactoriamente con valores menores al 2%, según indica la normativa NEC-SE, 2015.

Al analizar el modelo matemático con el espectro de diseño se obtienen valores de deriva en el sentido x-x de 1.33% y en el sentido y-y del 0.88% cuyos valores están por debajo del porcentaje máximo del 2% que indica la normativa.

Al ingresar el espectro de diseño se obtiene valores de cortante en el sentido x-x e y-y inferiores al 85% del cortante obtenido con el espectro para estructuras irregulares, por lo tanto se utiliza un factor de corrección en cada sentido que permite obtener valores mayores de cortante y cumplir con lo que indica la normativa (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS, 2014) capítulo 6.2.2.

La sumatoria de los valores obtenidos de fuerza lateral por piso en el sentido x-x e y-y en la estructura cumple con el valor total del cortante obtenido en la base.

La tabla Auto Seismic obtenida del programa computacional evidencia que el valor del cortante basal se está distribuyendo desde la base hasta el último piso del proyecto teniendo un valor total de cortante de 388.24 toneladas.

El valor calculado del periodo de vibración de la estructura es de 0.406 segundos mientras que el periodo de vibración obtenido en el programa computacional es 0.493 segundos, lo que

evidencia que dicho valor no supera el valor del 30% del periodo calculado que corresponde a 0.528 segundos, por lo tanto, cumple según lo que indica la normativa en el capítulo 6.3.3

Para el modelo matemático se considera cinco modos de vibración por piso con el fin de cumplir con el porcentaje de participación modal obteniéndose valores mayores al 90% en el sentido x-x en el modo 16 y en el sentido y-y en el modo 17

Los valores de ratio para la irregularidad torsional en el sentido x-x e y-y son inferiores a 1.4 lo que garantiza que la estructura no presenta irregularidad torsional.

Como se puede evidenciar la inclusión de muros de corte en tipologías aporticadas reduce considerablemente las derivas de piso ante eventos sísmicos y a su vez reduce los efectos p – delta, que son los que colapsan la estructura.

Además, se evidencia que se reduce los valores de cuantía en los elementos estructurales ya que los muros de corte son los que absorben gran parte de cargas horizontales.

RECOMENDACIONES

Para un mejor comportamiento estructural ante cargas sísmicas es recomendable utilizar un sistema de construcción dual con pórticos de hormigón armado y muros de corte ya que absorben mejor las derivas de piso y por lo tanto los efectos $p - \delta$, que son los que llevan al colapso a la estructura.

Para lograr un mejor comportamiento del material en los extremos de los muros es recomendable confinar el hormigón además del anclaje de varillas de acero.

En muros con espesores mayores a 25 cm es recomendable utilizar dos capas de armadura tanto longitudinal como transversal.

Se recomienda que la cuantía para el armado de los muros estructurales tanto en el sentido vertical como horizontal sea por lo menos $\rho = 0.0025$

Se recomienda que los espaciamientos para el armado de muros estructurales en el sentido vertical y horizontal no sean mayor de 45 cm.

Se recomienda para regiones de sismicidad un análisis estático equivalente y un análisis modal espectral.

Para un mejor comportamiento de la estructura cuando se usan muros estructurales es necesario que el centro de masas y rigideces estén lo más cercano posibles para evitar lo que se conoce como torsión en planta.

Es recomendable que la ubicación de los muros no sea solamente en la dirección principal resistente sino también en la otra dirección.

Se recomienda que los muros sean continuos a lo largo de la edificación.

REFERENCIAS

ACI. (2014). 318.

ACI. (2019). *ACI, 318*. EEUU.

ACI. (2019). *Hormigon Armado*. EEUU: Miduvi.

ASCE/SEI 7-16. (2019). *Structural Engineering Institute*. PUBLISHED BY THE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.

Caiza Sanchez, p., & Viera Arroba, P. (2019). *Diseño de Columnas, Muros Estructurales y Diafragnas*.

Cordova. (2015). *Diseño de Estructuras de Hormigón Armado*. USACH.

Garay, C. (2020). *Trabajo de curso Técnicas e instrumentos de investigación*.

Marroquin, R. (2013). *Metodología de la investigación*.

Méndez, A., & Astudillo, M. (2008). *La Investigación en la era de la información*. Trillas.

Moehle, J. G. (2012). *Seismic design of cast-in-place concrete Special Structural walls and coupling beams*. NIST CR 11-917- 11 REV -1.

NEC-SE-DS, N. E. (2015). *Peligro Sismico*.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE- HM. (2014). *Hormigón Armado*. Quito NEC15.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG. (2014). *Cargas no Sismicas*. Quito: NEC15.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS. (2014). *Peligro Sismico*. Quito: NEC15.

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM. (2014). *Hormigón Armado*. Quito: NEC15.

Ortega Garcia . (2015).

Sabino, C. (1992). *El proceso de la investigación*. Lumen.

ANEXOS

