



**UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MODELADO DE LOSAS POR  
ELEMENTOS TIPO SHELL Y MEMBRANA EN EL DISEÑO  
ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 4 PISOS, UTILIZANDO UN  
SOFTWARE DE DISEÑO ESPECIALIZADO”**

---

**Autor:** Darwin José Acosta Portilla

**Tutor:** Ing. Mg. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera

**AMBATO - ECUADOR**

**Junio – 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MODELADO DE LOSAS POR ELEMENTOS TIPO SHELL Y MEMBRANA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 4 PISOS, UTILIZANDO UN SOFTWARE DE DISEÑO ESPECIALIZADO”**, elaborado por el **Sr. Darwin José Acosta Portilla**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1850271097, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Junio 2022

---

**Ing. Mg. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Darwin José Acosta Portilla**, con C.I. 1850271097, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MODELADO DE LOSAS POR ELEMENTOS TIPO SHELL Y MEMBRANA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 4 PISOS, UTILIZANDO UN SOFTWARE DE DISEÑO ESPECIALIZADO”**, así como también los análisis comparativo, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Junio 2022



---

**Darwin José Acosta Portilla**

**C.I: 1850271097**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Junio 2022



---

**Darwin José Acosta Portilla**

**C.I: 1850271097**

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Darwin José Acosta Portilla de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MODELADO DE LOSAS POR ELEMENTOS TIPO SHELL Y MEMBRANA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 4 PISOS, UTILIZANDO UN SOFTWARE DE DISEÑO ESPECIALIZADO”**.

Ambato, Junio 2022

Para constancia firman:

-----  
**Ing. Mg. Wladimir José Ramírez Cabrera**

**Miembro Calificador**

-----  
**Ing. Mg. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla**

**Miembro Calificador**

## DEDICATORIA

*El presente trabajo se lo dedico con mucho amor:*

*A mis padres, José y María, quienes con una pasión absoluta y un esfuerzo interminable me supieron guiar en cada paso de mi vida, sin reprocharme por mis caídas, de lo contrario dándome el ánimo en mis momentos de flaqueza, enseñándome que sin sacrificio no existe recompensa, que ganador no es quien triunfa, si no quien jamás se rinde ante un fracaso.*

*A mi hermana Gabriela, por su entrega y preocupación ante cualquier problema que llegó aquejarme, quien a pesar de lo difícil de ciertas situaciones me obligo a seguir, mostrándome que nunca estoy solo, que delante de mí va Dios y con él, todo es posible.*

*A mi abuelita Lasteña, que, con su amor y ternura supo guiarme varios años de mi vida y aunque hoy no este físicamente conmigo, siempre me acompaña, siendo esa luz en el cielo que siempre me ilumina.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco primeramente a Dios por darme la oportunidad de poder culminar mi tesis, otorgándome la gran bendición de haber estudiado esta hermosa carrera.*

*Mi mas sincero agradecimiento a mis padres José y María, a mi hermana Gabriela, por permitirme la posibilidad de cumplir mis sueños y ayudarme en todos los requerimientos de mi vida estudiantil, tanto económica como emocional, inculcándome valores, que hoy dan buenos frutos.*

*A mis amigos y conocidos, en especial a mi gran amigo Álvaro, quien fue un gran pilar en mi vida, brindándome su apoyo, su amistad y sobre todo su honestidad en los momentos en los que más lo requería.*

*A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por permitirme ser parte de esta gran familia a lo largo de los años, brindándome las herramientas necesarias para poder enfrentarme en el campo profesional que se presenta en el día a día de la vida.*

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1 Tema del trabajo experimental.....	1
1.1.2 Antecedentes .....	1
1.1.3 Justificación .....	3
1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.2.1 GENERALIDADES .....	4
1.2.1.1 Análisis estructural .....	4
1.2.1.2 Diseño estructural .....	4
1.2.2 DEFINICIONES ESTRUCTURALES BÁSICAS.....	5
1.2.2.1 Hormigón armado.....	5
1.2.2.2 Edificación.....	6
1.2.2.3 Nudos.....	6
1.2.2.4 Grados de libertad.....	6
1.2.2.5 Área tributaria.....	7
1.2.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	7
1.2.3.1 Cimientos.....	7
1.2.3.2 Columnas .....	8



1.2.3.3	Viga.....	8
1.2.3.4	Losa.....	9
1.2.3.5	Tipo de losas .....	9
	Losa Unidireccionales: .....	9
	Losas Bidireccionales:.....	10
1.2.3.6	Modelos de tipo de losa .....	11
	Losas Aligeradas .....	11
	Losas Macizas .....	11
1.2.4	PREDISEÑO.....	12
1.2.5	SOFTWARE DE DISEÑO .....	12
1.2.5.1	Elementos tipo Shell y Membrana.....	13
1.2.5.2	Elemento tipo Shell.....	13
1.2.5.3	Elemento tipo Membrana.....	14
1.2.5.4	Pórticos especiales a momento .....	14
1.2.6	HIPÓTESIS.....	15
1.2.7	VARIABLE DEPENDIENTE .....	15
1.2.8	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	16
1.3.1	Objetivo General .....	16
1.3.2	Objetivos Específicos.....	16
CAPITULO II .....		17
METODOLOGÍA .....		17
2.1	EQUIPOS Y MATERIALES .....	17
2.1.1	Equipo: .....	17
2.1.2	Materiales:.....	17
2.2	MÉTODOS.....	17
2.2.1	Antecedentes y utilidad del proyecto .....	17
2.2.2	Propuesta Estructural .....	19
2.2.3	Prediseño y Análisis de cargas.....	20
2.2.3.1	Pre dimensionamiento de losa .....	20
2.2.3.2	Análisis de cargas .....	22
2.2.3.3	Predimensionamiento de vigas .....	26
2.2.3.4	Predimensionamiento de columnas .....	29
2.2.3.5	Espectro de respuesta y cortante Basal .....	31

2.3	MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA EN 3D .....	35
2.3.1	Definición de malla y materiales.....	36
2.3.2	Definición de secciones por modelado de losa tipo shell .....	38
2.3.3	Definición de secciones por modelado de losa tipo membrana .....	42
2.3.4	MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	46
2.3.4.1	Definición de los estados de carga.....	47
2.3.4.2	Definición de análisis modal espectral .....	48
2.3.4.3	Combinaciones de carga .....	49
2.3.4.4	Asignación de cargas a la edificación.....	50
2.3.4.5	Asignación del diafragma de piso.....	51
2.3.4.6	Definición de la masa de la estructura .....	52
2.3.4.7	Asignación de la interacción suelo estructura.....	53
2.3.4.8	Diseño estructural .....	57
CAPITULO III.....		59
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		59
3.1	ANÁLISIS DE MODELAMIENTO EN BASE AL PREDISEÑO .....	59
3.1.1	Periodo fundamental de vibración .....	59
3.2	ANÁLISIS DE MODELAMIENTO TIPO SHELL .....	60
3.2.1	Periodo fundamental de vibración .....	60
3.2.2	Validación de datos de participación modal .....	61
3.2.3	Chequeo de la participación del 90% de la masa modal.....	61
3.2.4	Chequeo de traslación y rotación de la estructura.....	62
3.2.5	Chequeo de cortantes .....	62
3.2.6	Chequeo de derivas .....	65
3.2.7	Chequeo de deflexión.....	68
3.2.8	Chequeo de asentamiento.....	69
3.2.9	Diseño estructural.....	72
3.3	ANÁLISIS DE MODELAMIENTO TIPO MEMBRANA .....	88
3.3.1	Periodo fundamental de vibración .....	89
3.3.2	Validación de datos de participación modal .....	89
3.3.3	Chequeo de la participación del 90% de la masa modal.....	90
3.3.4	Chequeo de traslación y rotación de la estructura.....	91
3.3.5	Chequeo de cortantes .....	92
3.3.1	Chequeo de derivas .....	94

3.3.2	Chequeo de deflexión.....	98
3.3.3	Chequeo de asentamiento.....	99
3.3.4	Diseño estructural.....	101
3.4	Tablas Comparativas .....	107
CAPITULO IV.....		110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		110
4.1	CONCLUSIONES.....	110
4.2	RECOMENDACIONES .....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		112

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Áreas, centros de gravedad e inercias de una losa alivianada de 20 cm....	22
<b>Tabla 2:</b>	Análisis de cargas actuantes.....	25
<b>Tabla 3:</b>	Momentos calculados de elemento viga. ....	27
<b>Tabla 4:</b>	Secciones de columna de prediseño.....	31
<b>Tabla 5:</b>	Secciones de elementos estructurales de prediseño. ....	31
<b>Tabla 6:</b>	Datos de carga sísmica de acuerdo a la norma NEC-SE-DS.....	32
<b>Tabla 7:</b>	Valores de espectro elástico y reducido según NEC-SE-DS.....	34
<b>Tabla 8:</b>	Secciones de los elementos estructurales, modelamiento tipo shell. ....	38
<b>Tabla 9:</b>	Secciones de los elementos estructurales modelamiento tipo membrana...	42
<b>Tabla 10:</b>	Tipo de secciones de zapata. ....	70
<b>Tabla 11:</b>	Resumen de aceros de losa. ....	88
<b>Tabla 12:</b>	Tipo de secciones de zapata.....	99
<b>Tabla 13:</b>	Comparación de valores, respecto a los chequeos de servicio.....	107
<b>Tabla 14:</b>	Chequeo de resistencia.....	108
<b>Tabla 15:</b>	Área de refuerzo requerida en elementos estructurales.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Hormigon armado.....	5
<b>Figura 2:</b> Edificación residencial.....	6
<b>Figura 3:</b> Tipo de cimiento.....	8
<b>Figura 4:</b> Columnas de hormigon armado. ....	8
<b>Figura 5:</b> Vigas de hormigon armado. ....	9
<b>Figura 6:</b> Medidas de losa unidireccionales.....	10
<b>Figura 7:</b> Losas Bidireccionales.....	10
<b>Figura 8:</b> Losa Aligerada. ....	11
<b>Figura 9:</b> Losa Maciza. ....	12
<b>Figura 10:</b> Sistema de una edificación típica.....	13
<b>Figura 11:</b> Ubicación y cuadro de Áreas de la edificación.....	18
<b>Figura 12:</b> Fachada frontal de la edificación. ....	18
<b>Figura 13:</b> Dimensiones de Planta Alta. ....	18
<b>Figura 14 :</b> Detalles de partes de elementos de losa. ....	22
<b>Figura 15:</b> Corte losa alivianada en elevación de 20 cm. ....	23
<b>Figura 16:</b> Vista en planta de 1 m <sup>2</sup> de una losa alivianada.....	23
<b>Figura 17:</b> Adicional de carga muerta por tablero de losa.....	24
<b>Figura 18:</b> Mosaico de distribución de cargas. ....	26
<b>Figura 19:</b> Gráfica de momentos de acuerdo al método ACI. ....	27
<b>Figura 20:</b> Area tributaria para prediseño de columnas.....	29
<b>Figura 21 :</b> Espectro de respuesta elástico y reducido. ....	33
<b>Figura 22:</b> Vista tridimensional del edificio. ....	35
<b>Figura 23:</b> Definición de malla en el programa. ....	36
<b>Figura 24:</b> Definición del número de pisos.....	36
<b>Figura 25:</b> Definición del material de la edificación. ....	37
<b>Figura 26:</b> Secciones de vida sentido X, modelamiento tipo shell. ....	39
<b>Figura 27:</b> Secciones de vida sentido Y, modelamiento tipo shell. ....	39
<b>Figura 28:</b> Secciones de columna, modelamiento tipo shell.....	40
<b>Figura 29:</b> Definición de losa por elemento tipo shell.....	41
<b>Figura 30:</b> Secciones de vida sentido X, modelamiento tipo membrana.....	43

<b>Figura 31:</b> Secciones de vida sentido Y, modelamiento tipo membrana.....	43
<b>Figura 32:</b> Secciones de columna, modelamiento tipo membrana. ....	44
<b>Figura 33:</b> Definición de losa por elemento tipo membrana. ....	45
<b>Figura 34:</b> Modelo 3D de la edificación. ....	46
<b>Figura 35:</b> restricciones de apoyos.....	47
<b>Figura 36:</b> Estados de carga. ....	48
<b>Figura 37:</b> Función del espectro de respuesta. ....	49
<b>Figura38:</b> Combinaciones de carga. ....	50
<b>Figura 39:</b> Aplicación de carga viva. ....	51
<b>Figura 40:</b> Aplicación de diafragma de piso. ....	52
<b>Figura 41:</b> Aplicación de la masa. ....	52
<b>Figura 42:</b> Zapata con carga veritcal (V) y momentos en L y B. ....	53
<b>Figura 43:</b> Esfuerzos producidos por la edificación en los nudos de empotramiento. .....	54
<b>Figura 44:</b> Creación de tipos de resorte. ....	56
<b>Figura 45:</b> Toma de valores Uz.....	57
<b>Figura 46:</b> Asignación de combinaciones de carga. ....	58
<b>Figura 47:</b> Selección de diseño automático. ....	58
<b>Figura 46:</b> Periodo fundmental de la estructura.....	59
<b>Figura 47:</b> Periodo fundmental de la estructura.....	60
<b>Figura 48:</b> Valores de participación modal.....	61
<b>Figura 49:</b> Participación modal de masa.....	61
<b>Figura 50:</b> Valores para chequeo de torción en planta.....	62
<b>Figura 51:</b> Gráfica para validación de cortante estático en sentido X. ....	63
<b>Figura 52:</b> Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido X.....	63
<b>Figura 53:</b> Gráfica para validación de cortante estático en sentido Y. ....	64
<b>Figura 54:</b> Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido Y.....	64
<b>Figura 55:</b> Gráfica para chequeo de deriva estatica en sentido X.....	65
<b>Figura 56:</b> Gráfica para chequeo de deriva estatica en sentido Y.....	66
<b>Figura 57:</b> Gráfica para chequeo de deriva dinamica en sentido X. ....	67
<b>Figura 58:</b> Gráfica para chequeo de deriva dinamica en sentido Y. ....	68
<b>Figura 59:</b> Deflexión maxima de la edificación por elemento tipo shell.....	69
<b>Figura 60:</b> Valores de asentamiento de zapata.....	71
<b>Figura 61:</b> Requerimiento de aceros en vigas, vista en planta.....	72
<b>Figura 62:</b> Requerimiento de acero en viga eje A. ....	73

<b>Figura 63:</b> Requerimiento de acero en viga eje D. ....	74
<b>Figura 64:</b> Requerimiento de acero en viga eje 1. ....	75
<b>Figura 65:</b> Requerimiento de acero en viga eje 4. ....	76
<b>Figura 66:</b> Requerimiento de aceros en losa. ....	77
<b>Figura 67:</b> Tabla de Marcus de acuerdo a las condiciones de contorno. ....	79
<b>Figura 68:</b> Periodo fundamental de la estructura. ....	89
<b>Figura 69:</b> Valores de participación modal. ....	89
<b>Figura 70:</b> Participación modal de masa. ....	90
<b>Figura 71:</b> Valores para chequeo de torsión en planta. ....	91
<b>Figura 72:</b> Gráfica para validación de cortante estático en sentido X. ....	92
<b>Figura 73:</b> Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido X. ....	92
<b>Figura 74:</b> Gráfica para validación de cortante estático en sentido Y. ....	93
<b>Figura 75:</b> Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido Y. ....	93
<b>Figura 76:</b> Gráfica para chequeo de deriva estática en sentido X. ....	94
<b>Figura 77:</b> Gráfica para chequeo de deriva estática en sentido Y. ....	95
<b>Figura 78:</b> Gráfica para chequeo de deriva dinámica en sentido X. ....	96
<b>Figura 79:</b> Gráfica para chequeo de deriva dinámica en sentido Y. ....	97
<b>Figura 80:</b> Deflexión máxima de la edificación por elemento tipo membrana. ....	98
<b>Figura 81:</b> Valores de asentamiento de zapata. ....	100
<b>Figura 82:</b> Requerimiento de acero en vigas, vista en planta. ....	101
<b>Figura 83:</b> Requerimiento de acero en viga eje A. ....	102
<b>Figura 84:</b> Requerimiento de acero en viga eje D. ....	103
<b>Figura 85:</b> Requerimiento de acero en viga eje 1. ....	104
<b>Figura 86:</b> Requerimiento de acero en viga eje 4. ....	105
<b>Figura 87:</b> Distribución de áreas tributarias. ....	106

## RESUMEN

En una edificación de hormigón armado de 4 pisos ubicado en el cantón de Salcedo, se procedió a realizar la ejecución de un análisis de influencia del modelado entre dos tipos de elementos de losa: Shell y membrana, usados comúnmente para el diseño estructural, para lo cual se utilizó un software especializado, mismos que fueron comparados a través del modelado

Para este tipo de metodología se tomaron en cuenta las normas de diseño: (NEC - 2015), el código ACI 314 – 19 y bibliografías relacionadas al espacio de diseño estructural, necesarios para el diseño de elementos estructurales, como para su acción sísmica.

Obteniendo como resultado en los dos tipos de modelamiento el periodo de vibración, cortantes, derivas de piso, deflexión, asentamiento y áreas de acero de refuerzo, que promuevan un buen desempeño estructural, simplificados en tablas de comparación, con la ayuda de un software de diseño (Etabs 2018).

**Palabras clave:** Shell, Membrana, ACI 314-19, Desempeño Estructural, Acero de Refuerzo, NEC 2015.

## ABSTRACT

In the present work we proceeded to the execution of an influence analysis in the modeling between two different types of slab elements, very commonly used in the design of structures with the use of specialized design software, the type of elements to be compared are a shell type slab element and a membrane type slab element, which will be performed through the modeling of a 4-story building, composed of a reinforced concrete material and located in the city of Salcedo.

For this type of methodology is based on design standards such as the Ecuadorian construction standard (NEC - 2015), the ACI 314 - 19 code and bibliographies related to structural design space, necessary for the design of structural elements, as for its seismic action.

Obtaining as a result in the two types of modeling the vibration period, shear, floor drifts, deflection, settlement and areas of reinforcing steel, which promote good structural performance, simplified in comparison tables, with the help of a design software (Etabs 2018).

**Keywords:** Shell, Membrane, ACI 314-19, Structural Development, Reinforcing steel, NEC 2015.



## **CAPITULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

##### **1.1.1 Tema del trabajo experimental**

“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL MODELADO DE LOSAS POR ELEMENTOS TIPO SHELL Y MEMBRANA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 4 PISOS, UTILIZANDO UN SOFTWARE DE DISEÑO ESPECIALIZADO”

##### **1.1.2 Antecedentes**

Florence [1], con su artículo menciona: en los últimos años se ha visto un incremento en la en la población total que decide residir en áreas urbanas y dentro de los próximos años esta población constituirá un 60% a 70% de la población mundial, dando a conocer que existe un acelerado y alarmante crecimiento en personas que deciden vivir en urbanizaciones, con ello muestra que se ha reducido el área de construcción, provocando que la construcción se centre en edificaciones de varios pisos, la cual pueda albergar cada día a mayor número de personas.

Por otro lado, Kumar [2] indica en base a su artículo, las edificaciones en tiempos modernos están hechas para cumplir un mejor servicio y lograr mejorar nuestras vidas durante muchos años, sin necesidad de presentar fallas en su vida útil, alcanzando agrandar el área de piso, sin necesidad de crecer del área de terreno de construcción y de esta forma poder conseguir un ahorro de dinero considerable.

Islam [3], en su artículo aporta: la necesidad de utilizar un software de diseño y análisis es el poder ahorrar tiempo y de esta forma realizar el trabajo de construcción lo antes posible, con valores lo más exacto posible, además menciona que existe algunas diferencias entre un cálculo manual y un cálculo mediante software, ya que su principal diferencia se encuentra en que un cálculo manual es un sistema de análisis

bidimensional, mientras que un software de diseño, muestra un análisis tridimensional, por lo cual indica que debe existir una diferencia significativa entre ambos sistemas.

Sánchez [4], en su investigación destaca, un software de diseño trabaja en base a elementos finitos y que es necesario tomar en cuenta el modelado de la edificación sea de manera correcta, dado que esto posee gran relevancia al momento de mostrar resultados, con esto influiría en su totalidad que el diseño de la edificación sea de carácter correcto, además de ello indica tomar en cuenta el metrado de cargas, para obtener un proyecto eficaz y de modo sencillo.

García [5], aporta con su investigación: las estructuras de manera bidimensional llegan a ser afectadas por cargas en su plano ya sea por una combinación o aplicados de manera perpendicular sobre el mismo, indicando que dependiendo de la dirección que posean las cargas, conjuntamente con las condiciones de apoyo que poseen cada elemento se los podrá asignar como un objeto de área de comportamiento tales como membrana, cascaras o placas, de forma tal que en un objeto tipo membrana sus cargas deben ser aplicadas en el plano, logrando así esfuerzos internos y cortantes dentro del plano del elemento y al hablar de una placa sus cargas están aplicadas fuera de su plano, con lo cual sus esfuerzos se producen fuera del plano, tanto como flexión y torsión.

Jiménez [6], en sus conclusiones aporta: al momento del modelamiento de una edificación existen discrepancias entre elementos tipo shell y tipo membrana, las cuales deben ser tomadas en cuenta en el detallado de la losa, como al usar un elemento tipo membrana se tomara en cuenta que la responsabilidad sísmica la asume los elementos estructurales, produciendo de esta manera un posible aumento en su cuantía de refuerzo longitudinal y un elemento tipo Shell llega a influir en la transmisión de las cargas con su colaboración mediante la rigidez fuera del plano, de esta forma se produce un incremento en la rigidez de la edificación y con ello una disminución en sus derivas.

### **1.1.3 Justificación**

Para justificar el presente proyecto citaremos que, al momento de trabajar dentro de un proyecto de estructuras, toda edificación debe pasar por un análisis y un diseño, el cual debe ser previamente modelado, considerando así, que el modelaje de la edificación, representa la estructura en su forma real, en la cual se encuentra constituido por una forma simplificada de los elementos que lo conforman y de esta forma, mediante un procesamiento numérico de datos y un análisis de resultados se puede llegar a constatar los esfuerzos y deformaciones en la cual se encuentra sometido la estructura, todo ello gracias a que el programa utiliza un serie de técnicas basadas en el análisis matricial de estructuras y un análisis por medio de métodos finitos [7].

Por otro lado, la gran incidencia que hoy en día posee un software de diseño de estructural, ya sea por su preprocesamiento, procesamiento o post-procesamiento, además de sus grandes componentes como el poder asignar propiedades mecánicas, propiedades geométricas, materiales, cargas, secciones, análisis lineal, análisis dinámico, que mediante su ayuda, nos permite un mejor apreciación de las incidencias que puede llegar a causar cada medida tomada al momento del diseño de una edificación, se considera apropiado realizar un análisis comparativo entre los distintos tipos de modelado entre una losa tipo Shell y un tipo Membrana, mediante el diseño estructural de una edificación, rigiéndonos a la norma Ecuatoriana (NEC-2015) y a la Norma ACI vigente al momento de este proyecto[8].

A su vez, se espera que, con este trabajo se llegue a complementar información idónea de las ventajas y desventajas, a la hora de trabajar con cada uno de los elementos antes mencionado, referente a los tipos de modelado, la cual se manifestara al momento del diseño de los diferentes tipos de elementos estructurales tanto en sus dimensiones como en su funcionabilidad, convirtiéndolo en una herramienta importante para la factibilidad de trabajar con un modelado como con otro, de la misma forma se espera brindar una mejor visión, sobre el tema tratado en la presente investigación, referente a profesionales, como a estudiantes en el campo del diseño estructural.

## **1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.2.1 GENERALIDADES**

La investigación en el cual se basa el presente proyecto, trata acerca de ciertos pilares esenciales a tomar en cuenta, al momento de realizar un diseño estructural óptimo y eficaz, correlacionados con la ayuda de un software de diseño especializado.

Para el desarrollo de la presente investigación se toma en cuenta las siguientes definiciones, conceptos y partes fundamentales que se detallan a continuación.

De acuerdo a RAE (Real Academia Española) se entiende por estructura a: “Distribución y orden de las partes importantes de un edificio”; por lo cual se considerará en este proyecto a la estructura como un conjunto de partes que conforman una edificación [9].

El material tomado como referencia dentro de este proyecto es el hormigón armado debido a ciertas características que el mismo presenta y se cita a continuación:

#### **1.2.1.1 Análisis estructural**

Dentro de la rama de análisis se percibe como la modelación de la estructura, conjuntamente con el cálculo de deformación y esfuerzos al cual se encuentra sometido cada elemento, el cual puede ir de la mano con herramientas computacionales, mismas que necesitan de una inquebrantable revisión, conforme avance un proyecto, constatando de esta forma el comportamiento real que presentan los materiales [10].

#### **1.2.1.2 Diseño estructural**

La finalidad de un diseño estructural es brindar a una estructura la capacidad de ser segura conjuntamente con lo económico, logrando llenar una necesidad específica, al hablar de una edificación segura, obedece plenamente a la resistencia que posee la estructura a lo largo de su vida útil y con ello satisfacer consideraciones de orden económico, buscando siempre las mejores alternativas para un costo mínimo al cual se pueda acceder [11] [12].

Sus etapas se las puede distinguir como:

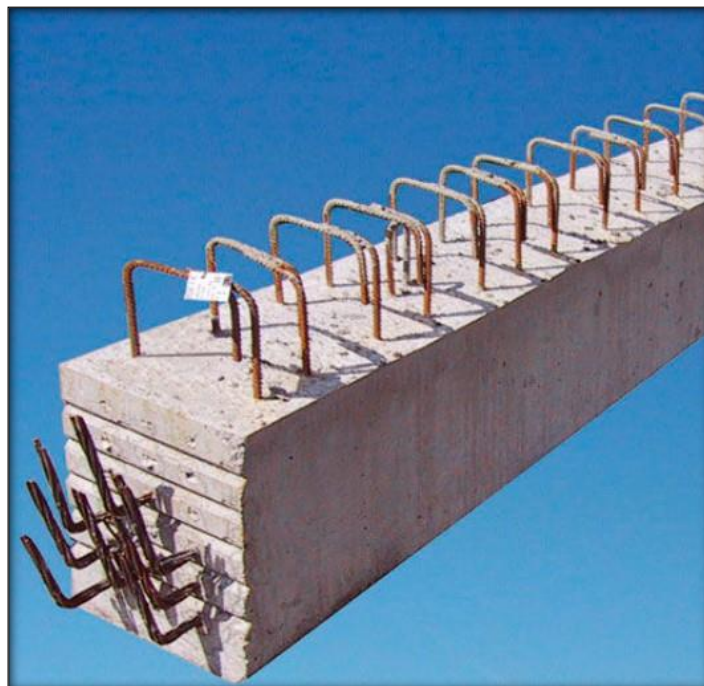
- Estructuración.
- Análisis.
- Dimensionamiento.

## 1.2.2 DEFINICIONES ESTRUCTURALES BÁSICAS

### 1.2.2.1 Hormigón armado

El hormigón armado a lo largo de los años es uno de los materiales mejor posicionados en el ámbito de la construcción debido a su gran capacidad de resistencia a compresión, tracción y tensión, debido a su combinación de hormigón y acero lo cual proporciona la mejor opción al momento de trabajar en un modelo constructivo, además de ello se presenta como uno de los materiales mejor posicionados en el tema tanto económico como duradero en el mundo[13].

*Figura 1: Hormigon armado.*



*Fuente: Arkiplus [13].*

### 1.2.2.2 Edificación

Una edificación, en términos generales es un conjunto que engloba fragmentos de un todo, en cual está realizada para soportar su propia carga, además de ello cargas externas como fuerzas, cargas térmicas, cargas sísmicas, etc. Todo esto sin perder la condición de seguridad y funcionabilidad concebida desde los cálculos estructurales [12].

*Figura 2: Edificación residencial.*



*Fuente: Ing. Francisco Borja [14].*

### 1.2.2.3 Nudos

Es un punto de encuentro, donde concurren varios miembros o elementos estructurales, como vigas y columnas, en el que generalmente se realiza una conexión entre 2 o varios miembros de una estructura.[15]

### 1.2.2.4 Grados de libertad

Los grados de libertad de una estructura, hace referencia a las coordenadas necesarias para detallar un punto, como de igual manera es el número de coordenadas necesarias para especificar un estado de movimiento en el espacio y así poder describir la deformada de una estructura, con ello se puede describir a grados de libertad como, los parámetros que un nudo posee para poder desplazarse, girar y rotar.[15]

### **1.2.2.5 Área tributaria**

El área tributaria cumple un gran objetivo al momento de insertar cargas dentro de una placa o losa, ya que esta logra la funcionabilidad de la transferencia de cargas horizontales a sus elementos próximos como lo son vigas y columnas de acuerdo a su incidencia y la relación que estos posean, este concepto se puede reflejar al momento de un cálculo de carga, el cual se encuentre aplicada a elementos estructurales, el código ASCE presenta que cuando existe carga por área tributaria esta debe ser uniforme, al igual que los elementos que participen de soporte deben estar apoyados o que se pueda asumir una razonable transferencia de la mitad de su carga a los elementos de soporte, caso contrario esta perdería su beneficio [16].

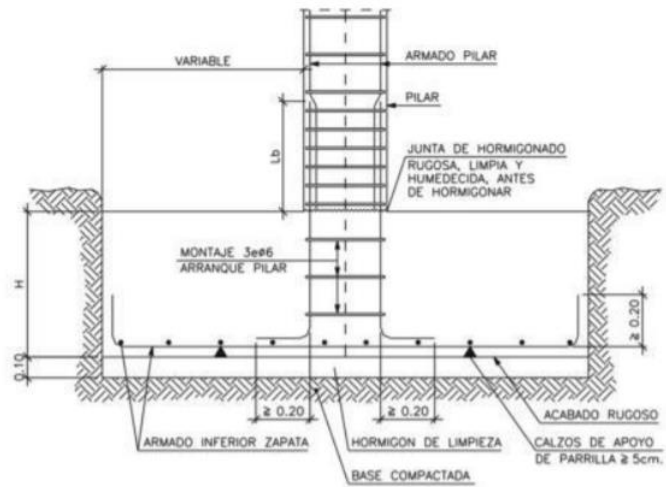
## **1.2.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Los elementos estructurales son una amplia gama de conocimientos de varios sistemas relacionados al ámbito estructural, por ello es de vital importancia tener en cuenta por cual sistema es idóneo, para optar por su correcto uso en distintos escenarios, dentro de estos toman una gran importancia los siguientes elementos:

### **1.2.3.1 Cimientos**

Los cimientos es uno de los tantos elementos que posee una edificación, tomando gran importancia en la transferencia de cargas de una estructura al suelo, es necesario tomar en cuenta que, la estabilidad de la edificación es dependiente del tipo de superficie que posee el terreno a trabajar [12].

**Figura 3:** Tipo de cimiento.



**Fuente:** Ing. Francisco Borja [14].

### 1.2.3.2 Columnas

Es un elemento por el cual se encuentra sometido a compresión, de forma alargada que brinda un soporte a la estructura, misma que se encuentra ante la presencia de una carga [12].

**Figura 4:** Columnas de hormigon armado.



**Fuente:** Ing. Joel Cabrera [12].

### 1.2.3.3 Viga

Es un elemento estructural de manera lineal, en la cual su función es trabajar a flexión y se la puede encontrar en la mayoría de las ocasiones de manera horizontal [12].



*Figura 5: Vigas de hormigon armado.*



*Fuente: Ing. Joel Cabrera [12].*

#### **1.2.3.4 Losa**

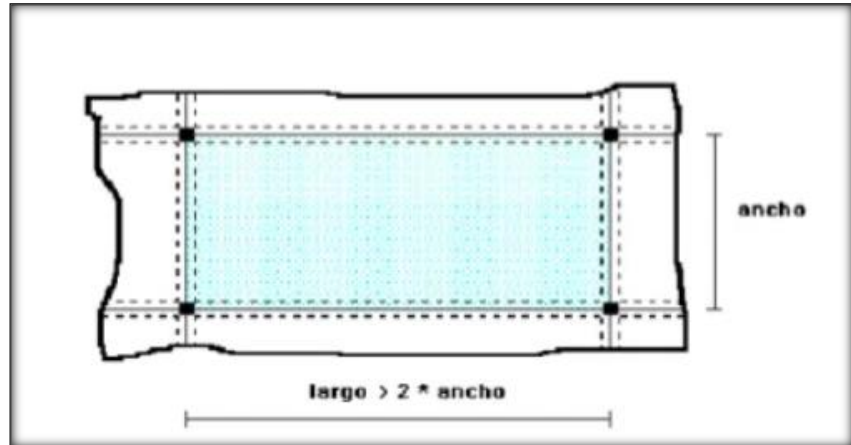
Una losa es un elemento de manera rígida la cual nos ayuda en la separación de un piso respecto a otro, esta se suele encontrar apoyada en otro elemento estructural el cual en la mayoría de ocasiones es una viga o muros estructurales, las losas también se las puede conocer con el nombre de placas que trabajan en el sostenimiento de cargas como por ejemplo el factor humano, mobiliario, entre otros, además de ello son capaces de soportar su propio peso [12].

Este tipo de elementos constituyen un diafragma rígido, el cual debe ser tomado muy en cuenta en el momento de su construcción ya que su incorrecta colocación podría generar graves problemas sin la necesidad de un efecto sísmico [12].

#### **1.2.3.5 Tipo de losas**

**Losa Unidireccionales:** Este tipo de losas presentan la transmisión de las cargas en una sola dirección, las cuales regularmente son de forma rectangular en las que se maneja por su lado 1.5 veces mayor que su otro lado [12].

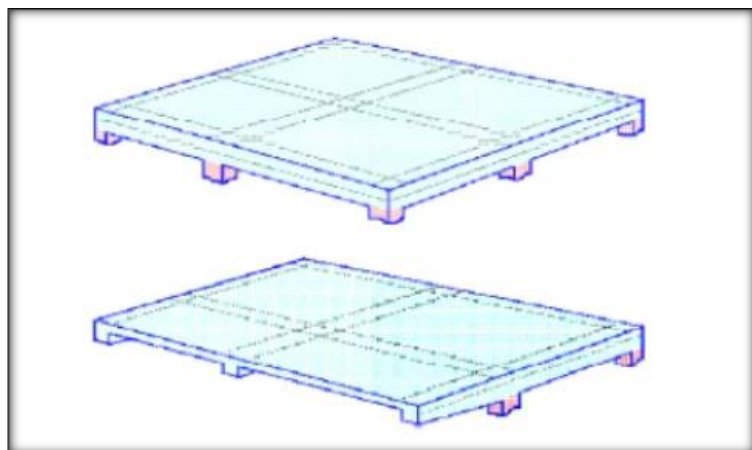
*Figura 6: Medidas de losa unidireccional.*



*Fuente: Ing. Joel Cabrera [12].*

**Losas Bidireccionales:** Estas losas mayormente utilizadas en el campo de la construcción, este tipo de elemento transmite su carga en más de una dirección [12].

*Figura 7: Losas Bidireccionales.*

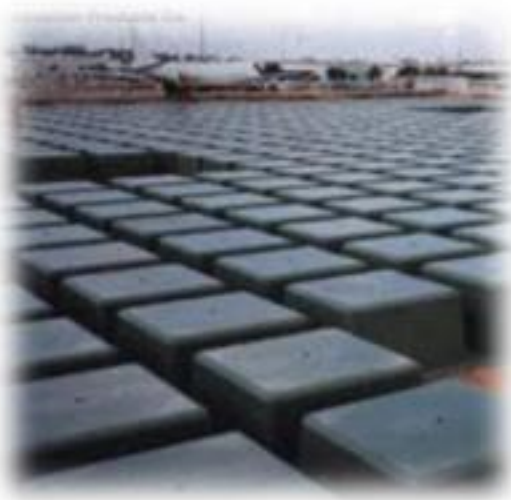


*Fuente: Ing. Joel Cabrera [12].*

### 1.2.3.6 Modelos de tipo de losa

**Losas Aligeradas:** Este tipo de losas se utilizan principalmente para su reducción de peso y logran un incremento en su espesor para poder brindar mayor rigidez en su sección transversal, los aligerantes utilizados para este proceso pueden ser de forma flexible o rígida y en varias ocasiones este puede ser recuperado [12].

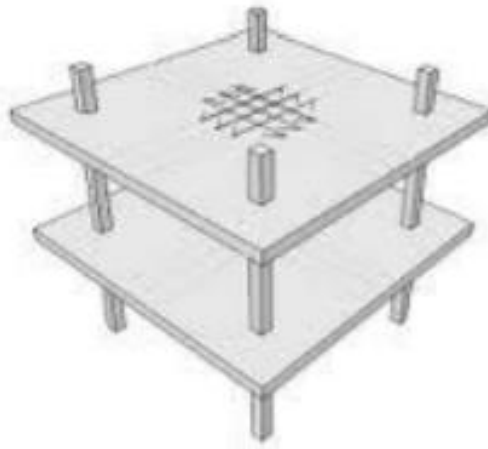
*Figura 8: Losa Aligerada.*



*Fuente: Ing. Joel Cabrera [12].*

**Losas Macizas:** En este tipo de losa se llega a brindar un vaciado sin ningún tipo de aligerante, mismos que pueden poseer espesores diferentes y usualmente utilizan un doble mallado, tanto en su parte superior como inferior [12].

*Figura 9: Losa Maciza.*



*Fuente: Ing. Joel Cabrera [12].*

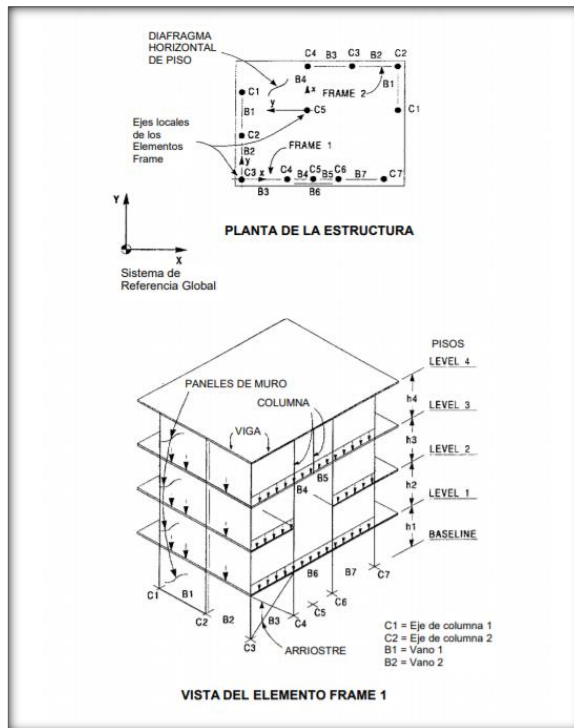
#### **1.2.4 PREDISEÑO**

En función al proyecto a tratar es necesario que exista una buena relación entre el diseño arquitectónico con el diseño y configuración estructural, es por ello que se debe tomar en cuenta un buen análisis y diseño estructural, permitiendo a la edificación una exactitud y coherencia en sus elementos estructurales y con ello lograr una armonía entre todo el conjunto arquitectónico [17].

#### **1.2.5 SOFTWARE DE DISEÑO**

Un software de diseño posee la capacidad de proporcionar tanto un análisis estático como un dinámico, mismo que trabaja en un rango lineal y a su vez llegar a ser estimados elementos no lineales en sus soportes o disipadores de energía, a su vez permite la evaluación en múltiples vistas que nos permita ver la edificación en diferentes perspectivas, conjuntamente de un modelado y la muestra de valores en forma rápida, etc. [18].

**Figura 10:** Sistema de una edificación típica.



*Fuente:* Ing. Rafael Salinas Basualdo[18].

### 1.2.5.1 Elementos tipo Shell y Membrana

Este tipo de elementos llegan a ser concepciones matemáticas que a base de sus grados de libertad llegan a ser una herramienta de utilidad al momento de analizar el comportamiento de materiales ante la aplicación de cargas, notándose los esfuerzos que sufren sus apoyos y por lo general se usan comúnmente en el diseño de edificaciones [6].

### 1.2.5.2 Elemento tipo Shell

Al tratar con un elemento shell, es intinar con un elemento finito, por lo general se encuentra conformado por 3 o 4 lados y en si debe estar claramente definidas sus condiciones de frontera, ya que este elemento calcula desde todos los desplazamientos y rotaciones a flexión, este tipo de elemento permite deformaciones dentro y fuera de su plano, sus distintas tensiones contribuyen a todas sus fuerzas y momentos.

- **Shell Thin**

La subelemento thin proveniente de la familia shell por lo general se tiende a trabajar con placas de espesor pequeño, en donde su deformación es controlada por flexión, esto a su vez le permite un ahorro en el tiempo de cálculo, este elemento además no contempla las deformadas por corte.

- **Shell Thick**

La subelemento thick, se lo trabaja en función a placas de espesores considerables en el cual su deformación se da por flexión y por corte, dándonos a conocer que la deformación no se puede llegar a despreciar [19].

### **1.2.5.3 Elemento tipo Membrana**

Un elemento tipo membrana, es un elemento en el cual trabaja con áreas de 3 o 4 nodos y por lo general se obtienen 3 grados de libertad, de esta manera su matriz rigidez se encuentra en función a su módulo de elasticidad y en base a sus inercias, esto le permite admitir cargas perpendiculares a su plano y por lo general solo permite deformaciones en su plano [20].

### **1.2.5.4 Pórticos especiales a momento**

Los pórticos especiales a momento generan una mejor capacidad de disipación de energía por lo cual se ocupa un mayor factor de respuesta, esperando con ello que las deformaciones inelásticas se desarrollen principalmente en las vigas y en menor medida en los paneles de las columnas [21].

### **1.2.6 HIPÓTESIS**

El tipo de elemento losa shell o membrana influye en la cuantía de acero, al momento de realizar el diseño estructural de una edificación.

### **1.2.7 VARIABLE DEPENDIENTE**

Desempeño estructural de una edificación de 4 pisos, en la ciudad de Salcedo.

### **1.2.8 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Tablas comparativas de un elemento Shell, respecto a un elemento tipo membrana.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar un análisis comparativo entre las principales ventajas, diferencias y características de optar por una losa tipo shell y un tipo membrana, dentro de un modelamiento de una edificación de 4 pisos en un software de diseño especializado, para una mejor visión de las distintas inquietudes presentadas en el campo profesional.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el modelamiento de una edificación de 4 pisos utilizando la normativa ecuatoriana con elemento tipo shell y elemento tipo membrana.
- Determinar las diferentes condiciones que presenta una losa modelada por elemento tipo Shell con respecto a una losa modelada con elemento tipo membrana, al momento de realizar un diseño estructural.
- Realizar un cuadro comparativo de resumen, con el cual proyecte las principales variables que presenta un modelamiento respecto al otro, dentro de los chequeos realizados.
- Elaborar una tabla de resumen de las diferentes secciones definitivas de cada elemento estructural para planos estructurales.



## **CAPITULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

##### **2.1.1 Equipo:**

- Computadora

##### **2.1.2 Materiales:**

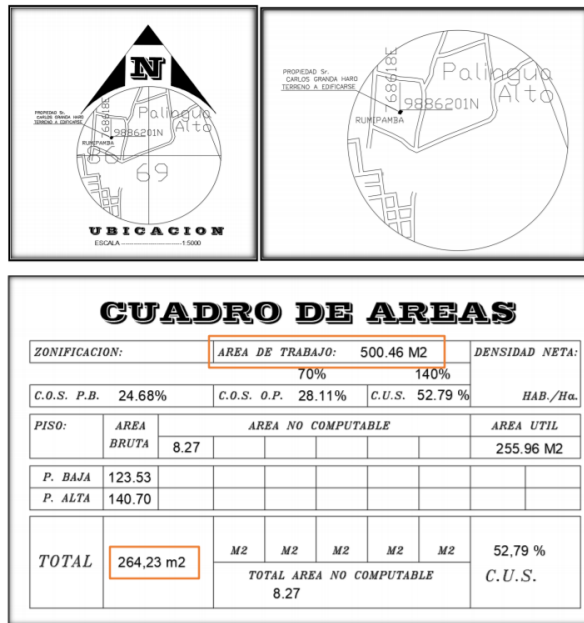
- Software de diseño (Etabs 2018).
- Software de dibujo (AutoCAD 2018).
- Excel.
- Cuaderno.
- Calculadora.

#### **2.2 MÉTODOS**

##### **2.2.1 Antecedentes y utilidad del proyecto**

La edificación a considerar para el respectivo estudio del proyecto, abarca una vivienda unifamiliar de hormigón armado de 4 pisos de altura, misma que se trabajara en la ciudad de Salcedo, perteneciente a la provincia de Cotopaxi, en el sector Rumipamba, el área que cuenta el terreno es  $264.23 m^2$ ; como se muestra en la figura 11.

**Figura 11:** Ubicación y cuadro de Áreas de la edificación.



*Fuente:* Arq. Orlando Alarcón Fonseca.

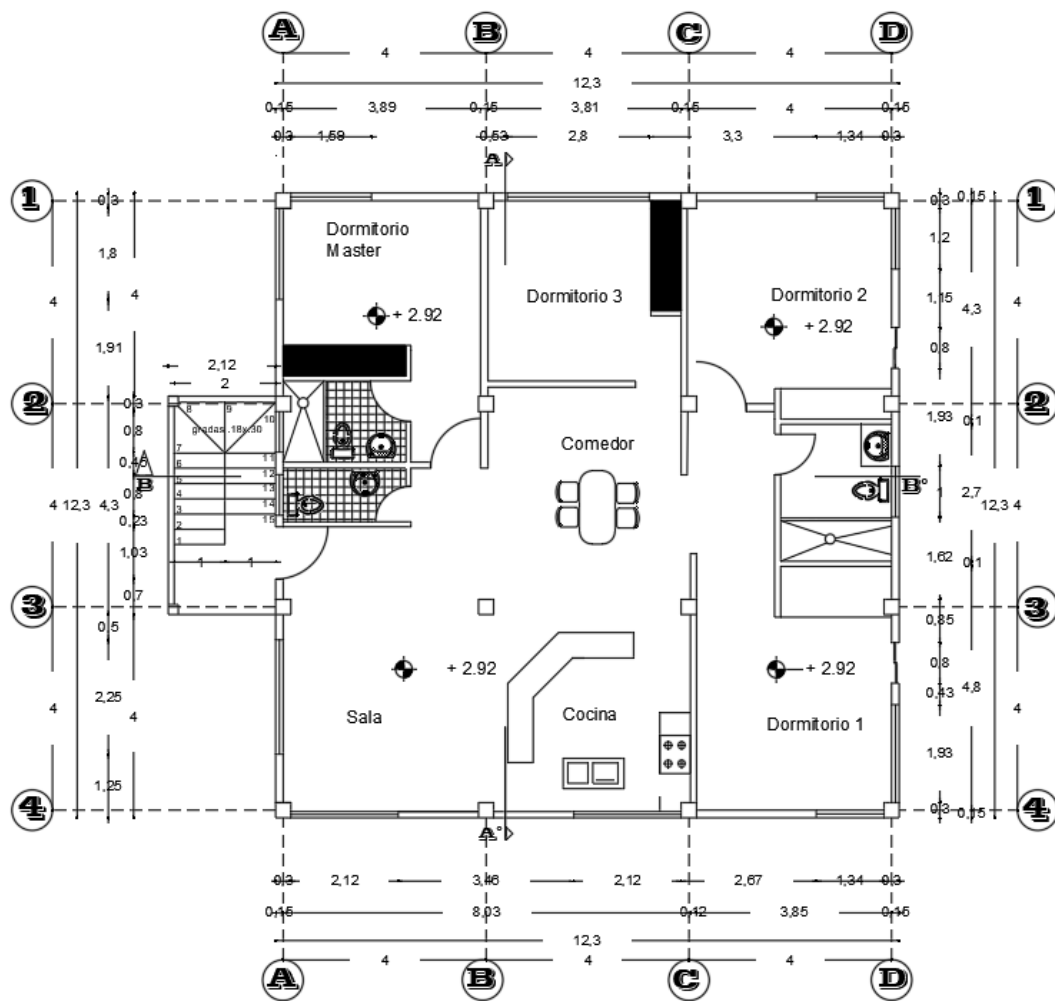
La edificación de cuatro pisos cuenta con una terraza accesible en su parte superior como se muestra en la figura 12 y con unas dimensiones las cuales se puede visualizar en la figura 13.

**Figura 12:** Fachada frontal de la edificación.



*Fuente:* Arq. Orlando Alarcón Fonseca.

**Figura 13:** Dimensiones de Planta Alta.



## PLANTA ALTA

ESCALA 1:-----100

Fuente: Arq. Orlando Alarcón Fonseca.

### 2.2.2 Propuesta Estructural

El cálculo estructural de la edificación, trata de un sistema de “Pórticos Resistentes a Momento” en hormigón armado y se trabajara en base a las siguientes materiales y normas técnicas, para el respectivo prediseño de la edificación sin olvidar que estas características pueden llegar a variar dentro de nuestro modelado por sus distintos requerimientos al momento de realizar los chequeos necesarios para nuestro diseño estructural:

- ✓ Hormigón con resistencia a los 28 días  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✓ Acero de refuerzo con resistencia de fluencia  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

- ✓ ACI 318-19.
- ✓ NEC 2015 – Peligro sísmico.
- ✓ NEC 2015 – Hormigón armado.

### 2.2.3 Prediseño y Análisis de cargas.

#### 2.2.3.1 Pre dimensionamiento de losa

Para la determinación de la altura de la losa, se toma en cuenta las disposiciones otorgadas por la norma ACI, la cual nos indica la siguiente ecuación con en la cual nos podemos apoyar para la determinación del espesor de losa:

$$h_{min} = \frac{Ln(0.8 + \frac{fy}{14000})}{36 + 5B(\alpha_m - 0.2)} \quad (\text{Ec.1})$$

$$h_{min} = \frac{Ln(0.8 + \frac{fy}{14000})}{36 + 5B(\alpha_m - 0.2)}$$

$$h_{min} = \frac{Ln(0.8 + \frac{4200}{14000})}{36 + 5(0.2 - 0.2)}$$

$$h_{min} = 0.0305 * Ln$$

$$h_{min} = 0.0305 * (4.00)m$$

$$h_{min} = \mathbf{12.00 \text{ cm de Losa Maciza}}$$

Donde:

**h:** altura de losa (cm).

**Ln:** Longitud larga del tablero (cm).

**fy:** Limite de fluencia del acero ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ).

**$\alpha_m$ :** Es el promedio de  $\alpha$  para las cuatro vigas de borde, siendo  $\alpha$  la relación de (E.I.) de viga y losa (Asumido,  $\alpha_m = 0.2$ ).

**NOTA:** Según Marcelo Guerra Avendaño en el libro de diseño sismo resistente de edificios de hormigón armado utilizando etabs, muestra que mientras  $\alpha_m$  sea igual a 0 se entenderá que se trabajara con vigas banda, ya que si  $\alpha_m$  disminuye de 2 la losa descarga su energía en las

columnas y si  $\alpha_m$  se toma con un valor igual a 2 o mayor a ello, se toma en cuenta que se trabaja con vigas peraltadas.

Según ACI, pide una losa maciza de 12.81 cm, pero al momento de trabajar con una losa alivianada se necesita trabajar con una losa que posea igual o superior inercia a la losa maciza calculada, por lo cual se procede al cálculo de la inercia de losa maciza.

- Inercia de losa maciza:

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{100 * (12.00)^3}{12} = \mathbf{14400 \text{ cm}^4}$$

Una vez obtenida nuestra inercia de losa maciza, es necesario encontrar la inercia ideal de una losa nervada asumiendo para el cálculo a continuación una losa de 20 cm de espesor, esperando ser la idónea para la sollicitación expresada, es así que se procede a calcular la inercia de una losa nervada.

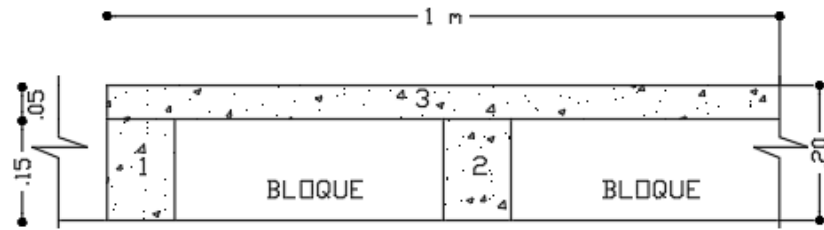
- Inercia de losa Alivianada:

Tomando en cuenta ciertas recomendaciones que nos menciona la norma ACI, respecto a una losa alivianada se ha tomado en cuenta los siguientes datos de losa alivianada:

- El ancho de nervio (10 cm).
- Distancia entre nervios (50 cm).
- El espesor de la Losa de compresión (5cm).

De igual manera haciendo referencia el teorema de Steiner respecto al cálculo de inercias en relación a una losa aliviada, tomando en cuenta el espesor de la misa 20 cm, se procede a calcular la inercia de nuestra losa alivianada en la cual se tiene como datos las áreas, centros de gravedad e inercias de cada uno de sus elementos en losa, para la obtención de su inercia, presentados en la tabla 1 y datos obtenidos de la figura 14.

**Figura 14 : Detalles de partes de elementos de losa.**



**Fuente:** Tesista Darwin Acosta.

**Tabla 1:** Áreas, centros de gravedad e inercias de una losa alivianada de 20 cm..

<i>Elem. Losa</i>	<i>Área del Elm.</i>	<i>y</i>	<i>A*y</i>	<i>Inercia c/e</i>	<i>d2</i>	<i>I. total</i>
1	150	7.50	1125	2813	39.06	8672
2	150	7.50	1125	2813	39.06	8672
3	500	17.50	8750	1042	14.06	8073
$\Sigma$	<b>800</b>		<b>11000</b>			<b>25417</b>

**Fuente:** Tesista Darwin Acosta.

Para una mejor comprensión de lector se ha presentado el valor de inercia, de una losa alivianada de 15 cm, dando un valor inferior a la inercia presentada de nuestra losa maciza, por ende, se ha tomado en cuenta que la losa alivianada idónea para este trabajo es una losa alivianada de 20 cm.

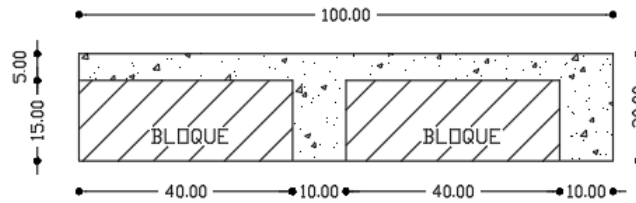
- Inercia de Losa Alivianada de 20 cm: **25417 cm<sup>4</sup>**
- Inercia de Losa Alivianada de 15 cm: **10744 cm<sup>4</sup>**

### **2.2.3.2 Análisis de cargas**

En referencia a los cálculos de prediseño de losa se ha optado por tomar en cuenta una losa de 20 cm como se muestra en la figura 15 y figura 16, de esta manera se procede

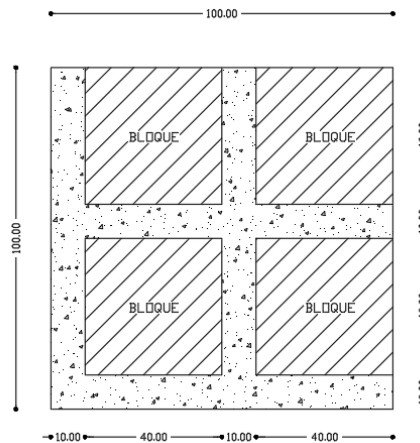
con la determinación de la carga muerta de la losa, la cual se calcula el peso para 1  $m^2$ , con bloques de sección de 20, 15, 40 cm.

**Figura 15:** Corte losa alivianada en elevación de 20 cm.



**Fuente:** Tesista Darwin Acosta

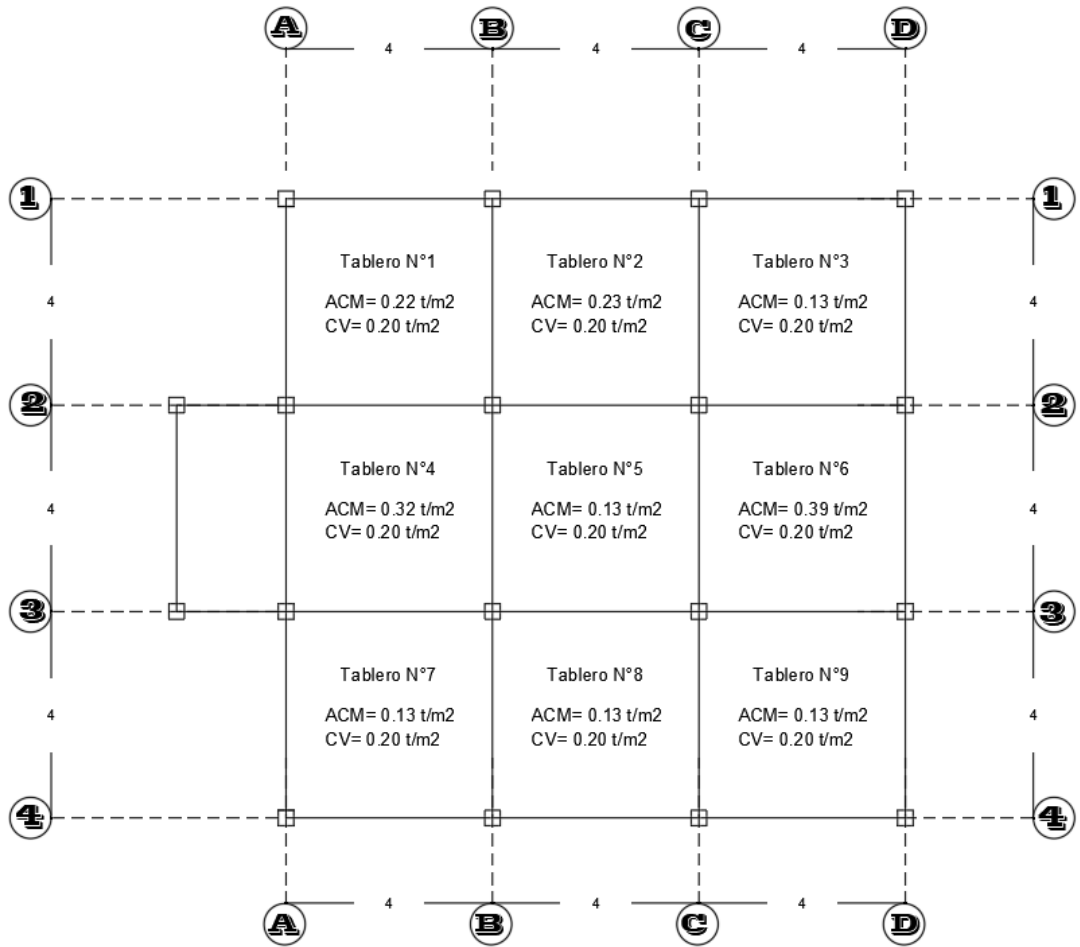
**Figura 16:** Vista en planta de 1 m<sup>2</sup> de una losa alivianada..



**Fuente:** Tesista Darwin Acosta.

Tomando como referencia el plano arquitectónico de nuestra edificación en planta, presentado en la figura 13, se muestra el adicional de carga muerta (ACM), que presenta la edificación, respecto a cada tablero de la estructura, siendo esta similar en cada piso por el uso que se pretende dar a la edificación como un edificio para departamentos de arriendo, tomando los siguientes valores por tablero como se muestra en la figura 17.

**Figura 17:** Adicional de carga muerta por tablero de losa..



**Fuente:** Tesista Darwin Acosta.

Para la determinación de cargas, partimos del prediseño de losa y de esta manera tomar en cuenta la carga proveniente de losa de la siguiente manera como se muestra en la tabla 2.



**Tabla 2: Análisis de cargas actuantes.**

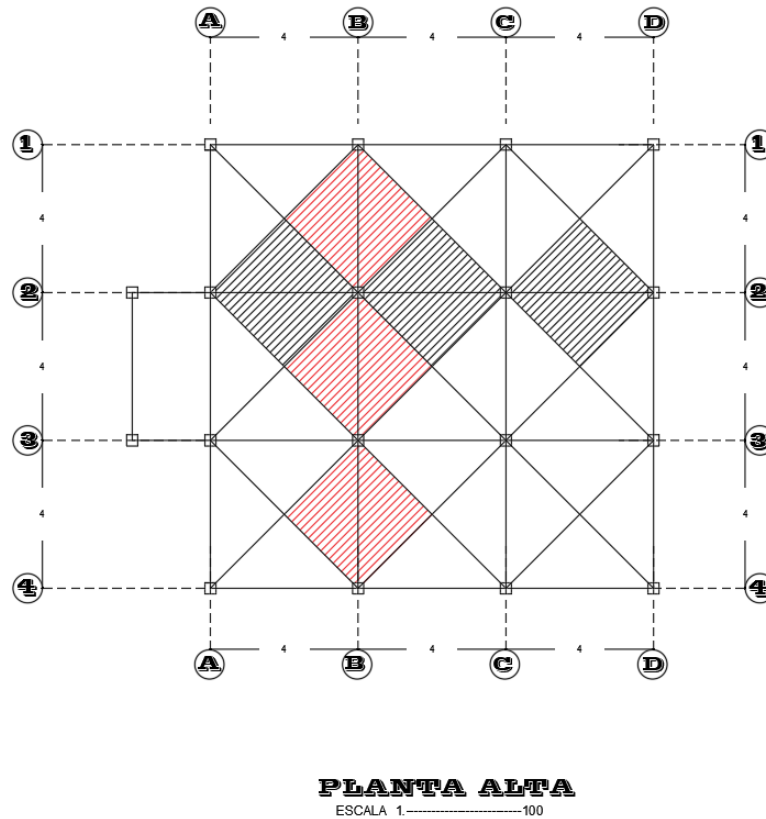
ANÁLISIS DE CARGAS							
ELEMENTOS (PESO PROPIO)	U	DIMENSIONES			PESO ESPECÍFICO (Kg/m <sup>2</sup> )	PESO (Kg/m <sup>2</sup> )	PP de Losa
		ANCHO (m)	ESPEJOR (m)	LONGITUD (m)			
Loseta		1.00	0.05	1.00	2400.00	120.00	313.60
Nervios		0.10	0.15	3.60	2400.00	129.60	
Alivianamientos	8	0.20	0.10	0.40	8.00	64.00	
Alisado superior		1.00	0.025	1.00	1900.00	47.50	
Alisado inferior		1.00	0.025	1.00	1900.00	47.50	
Acabados		1.00	0.025	1.00	1200.00	30.00	
<b>MAMPOSTERÍA</b>							
Tablero 1						222.68	
Tablero 2						231.48	
Tablero 3						125.00	
Tablero 4						321.58	
Tablero 5			Cálculos realizados según Norma NEC y ACI			125.00	
Tablero 6						125.00	
Tablero 7						125.00	
Tablero 8						125.00	
Tablero 9						125.00	
Promedio de Adicional de carga muerta						<b>198.68</b>	
<b>TOTAL, Carga Muerta</b>						<b>637.28</b>	

*Fuente: Tesista Darwin Acosta.*

- ✓ La carga viva de acuerdo a la norma NEC-SE-CG-Cargas-Sísmicas, en la tabla 9, se opta por una carga de 200 kg/m<sup>2</sup>, la cual hace referencia a departamentos residenciales.

### 2.2.3.3 Predimensionamiento de vigas

Figura 18: Mosaico de distribución de cargas.



Fuente: Tesista Darwin Acosta.

Para el Predimensionamiento de vigas se ha tomado en cuenta la transmisión de cargas de los tableros hacia las vigas, por lo cual se ha tratado un mosaico de cargas mismo que se ha tomado a 45° con respecto al eje de viga, debido a su geometría por tablero como se puede identificar en la figura 17.

Por lo cual se debe transformar la carga triangular a una carga uniforme distribuida, es por esta razón que se hace uso de la siguiente expresión, según Marcelo Guerra Avendaño en el libro de “Diseño sísmo resistente de edificios de hormigón armado utilizando Etabs”:

$$w = \frac{q \cdot l}{3} \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

w: Carga uniforme (kg/m)

q: carga triangular (kg/m<sup>2</sup>)

l: longitud menor

La carga triangular que es igual al cálculo entre la carga muerta y carga viva, según Marcelo Guerra Avendaño en el libro de “Diseño sísmo resistente de edificios de hormigón armado utilizando Etabs”, en referencia al prediseño de vigas nos dice que es necesario considerar una mayoración de carga de 60% por acción sísmica.

$$q = 1.6 * (1.2 * CM + 1.6 * CV) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$q = 1.6 * (1.2 * 0.638 + 1.6 * 0.200)$$

$$q = 1.74 \text{ tn/m}$$

$$w = \frac{1.74 * 4}{3}$$

$$w = 2.32 \text{ tn/m}$$

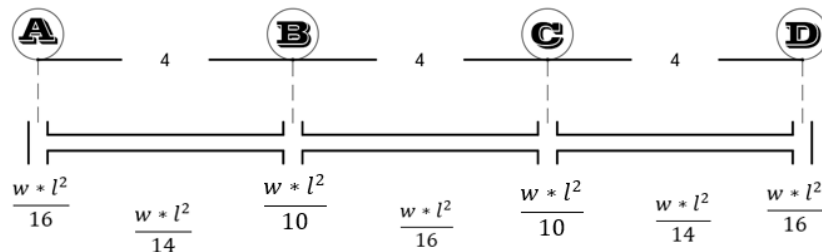
Como la viga recibe dos cargas triangulares, como se muestra en la figura 17, se le multiplica por dos:

$$w = 2 * 2.32 \text{ tn/m}$$

$$w = 4.63 \text{ tn/m}$$

A continuación, se realiza el método ACI en el cual se procede a encontrar los momentos como se muestra en la figura 18.

**Figura 19:** Gráfica de momentos de acuerdo al método ACI.



**Fuente:** Tesista Darwin Acosta.

**Tabla 3:** Momentos calculados de elemento viga.

Momentos Método ACI (tn-m)						
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
4.63	5.29	7.41	4.63	7.41	5.29	4.63

Fuente: Tesista Darwin Acosta.

Se toma el M3 para el Predimensionamiento de las vigas al ser el valor crítico.

$$M3 = 7.41 \text{ tn} - \text{m}$$

Una vez obtenido el momento más crítico se procede a calcular el momento último con la siguiente expresión, para luego despejar la altura de la viga:

$$Mu = \theta * Mn$$

$$Mu = \theta * Ru * b * d^2 \quad (\text{Ec. 4})$$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\theta * Ru * b}} = \sqrt{\frac{7.41 * 10^5}{0.9 * 39.72 * 25}} = 28.79 \text{ cm}$$

$$h = d + r = 28.79 + 4 = 32.79 \cong 35 \text{ cm}$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

En donde:

Mu: Momento último (kg\*cm).

$\theta$ : factor de reducción por resistencia a flexión.

Ru: Factor de resistencia a la flexión (Ru= 39.72, para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ).

**Nota:** Según Marcelo Guerra Avendaño en el libro de diseño sismo resistente de edificios de hormigón armado utilizando etabs, muestra una tabla de resumen de los valores de Ru para distintas características del hormigón.

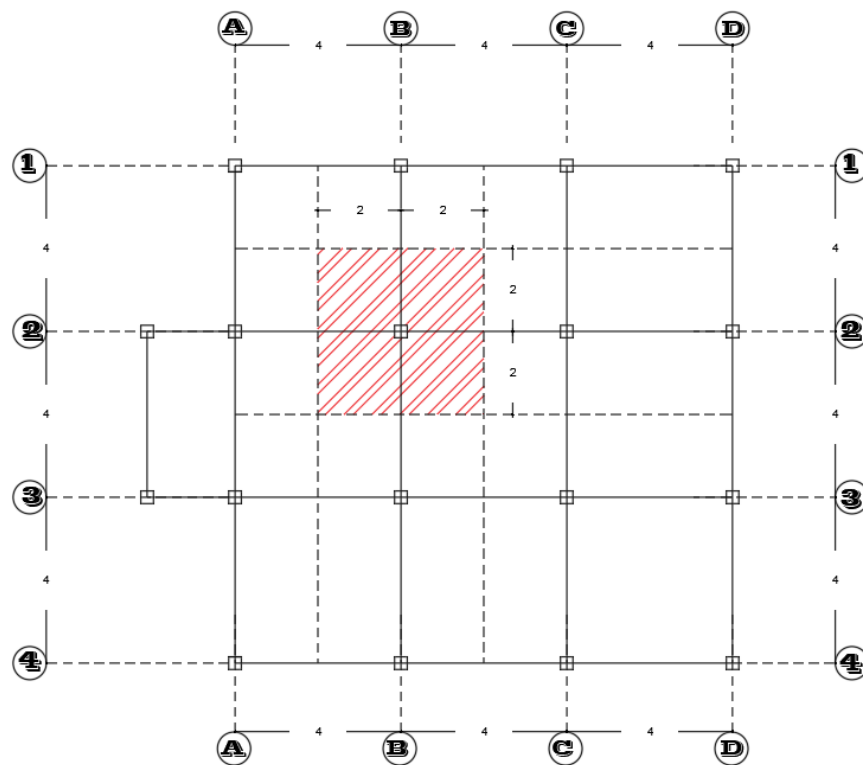
f'c (kg/cm2)	Ru (kg/cm2)
210	39.72
240	45.39
280	52.96
300	56.74
350	62.84
420	67.1

b: base de la viga (25 cm; asumida).

- d: peralte de la viga.
- r: recubrimiento (4 cm).
- h: altura de viga.

### 2.2.3.4 Predimensionamiento de columnas

*Figura 20: Area tributaria para prediseño de columnas.*



**PLANTA ALTA**  
ESCALA 1:-----100

*Fuente: Tesista Darwin Acosta.*

Dentro de la figura 19, se presenta el área tributaria que se está analizando para el prediseño de las columnas, la cual será empleada para la determinación de su carga axial en cada una de las columnas que se muestran en la vista en planta.

Se toma como referencia la carga total de la estructura tomado de la tabla 2 que hace referencia al análisis de cargas y se emplea la formula mostrada para el análisis de su carga vertical multiplicada por el número de pisos que presenta la edificación.

$$CT = CM + CV \quad (\text{Ec. 5})$$

$$CT = 638.60 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2$$

$$CT = 838.60 \text{ kg/m}^2$$

$$P = At * CT$$

$$P = 16 \text{ m}^2 * 838.60 \text{ kg/m}^2$$

$$P = 13417.6 \text{ kg} * \# \text{ de pisos}$$

$$P = 13417.6 \text{ kg} * 4$$

$$P = 53670.4 \text{ kg}$$

Según Marcelo Guerra Avendaño en el libro de “Diseño sismo resistente de edificios de hormigón armado utilizando Etabs”, en referencia al prediseño de columnas, nos dice que es necesario considerar una mayoración del 20% por acción sísmica y se asume que la combinación de carga (1.2D+1.6L) genera una mayoración de 1.4 veces en la carga vertical P, por lo cual se toma la siguiente expresión:

$$1.20 * 1.40 * P = Ag(0.85 * f'c + p * fy) \quad (\text{Ec.6})$$

Tomando en cuenta que el punto balanceado se encuentra a 1/3 en la gran parte de diagramas de interacción se asume que:

$$1.68 * P = \frac{Ag(0.85 * f'c + p * fy)}{3}$$

$$Ag = \frac{3 * P * 1.68}{(0.85 * f'c + p * fy)}$$

$$Ag = \frac{3 * 53670.4 \text{ kg} * 1.68}{(0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.01 * 4200 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$Ag = 1226.75 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{Ag}$$

$$a = \sqrt{1226.75 \text{ cm}}$$

$$a = 35.03 \text{ cm} \cong 40 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

**Tabla 4.** Secciones de columna de prediseño.

Ejes	Área Cooperante	P	Secciones		Asumimos	
			b(cm)	h(cm)	b(cm)	h(cm)
A1-B1-C1-D1 A2-B2-C2-D2 A3-B3-C3-D3 A4-B4-C4-D4	16 m <sup>2</sup>	53670.4 kg	35.03	35.03	40	40

*Fuente:* Tesista Darwin Acosta.

Una vez culminado la parte correspondiente al prediseño, el cual nos presenta los siguientes valores expuestos en la tabla 5, procedemos al análisis del espectro de respuesta de la estructura.

**Tabla 5.** Secciones de elementos estructurales de prediseño.

PISO	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS	
		Base (b)	Altura (h)
Primero Segundo Tercero Cuarto	Viga Sentido X	25 cm	35 cm
	Viga Sentido Y	25 cm	35 cm
	Columna	40 cm	40 cm
	Losa	Alivianada, Espesor 20 cm	

*Fuente:* Tesista Darwin Acosta.

### 2.2.3.5 Espectro de respuesta y cortante Basal

Conforme a lo establecido en la NEC 2015 de Peligro Sísmico, se procede al cálculo del espectro de respuesta, utilizando los datos proporcionados previamente por el documento antes mencionado, y en concordancia con datos proporcionados

por nuestra edificación la cual presenta una altura de 12 m sin tomar en cuenta la altura procedente del tapa gradas, de la misma manera no presenta volados por su tipo de geometría, pero presenta un hueco de gradas a un costado de la mayor parte de la edificación, misma que se pretende realizar en la ciudad de Salcedo, es por esta razón que se toma en cuenta todos siguientes parámetros, partiendo de nuestra norma ecuatoriana ya mencionada con los siguientes datos mostrados en la tabla 6.

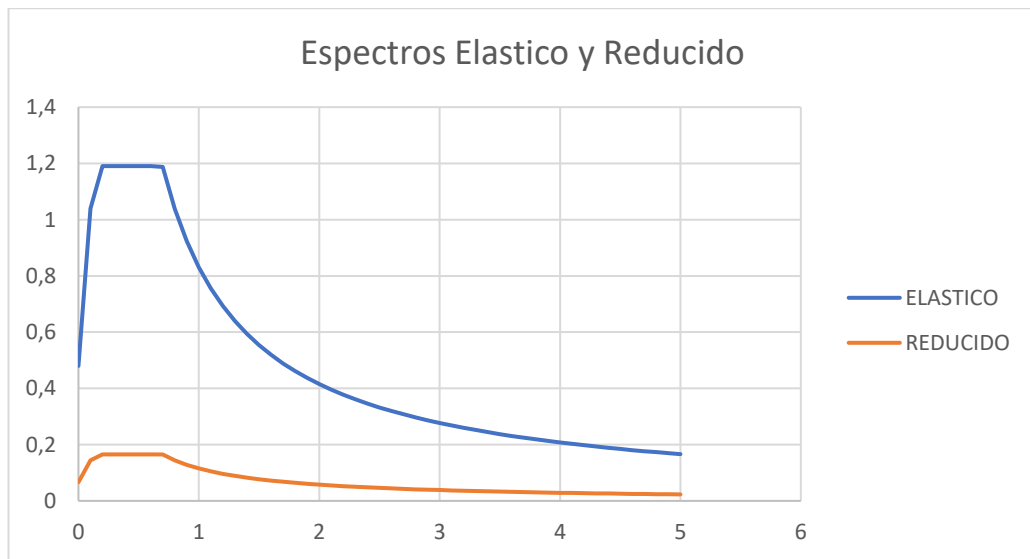
**Tabla 6:** Datos de carga sísmica de acuerdo a la norma NEC-SE-DS.

CARGA SISMICA NEC-SE-DS						
UBICACIÓN		SALCEDO				
SIST. ESTRUCTURAL		PORTICOS H.A-V. DESCOLGADAS				
TIPO SUELO		D				
<b>NEC15-SE-DS</b>						
3.1.1	Z (zona V)	0.4				
3.2.2	Fa	1.2				
3.2.2	Fd	1.19				
3.2.2	Fs	1.28				
3.3.1	$\eta$ (Sierra)	2.48				
3.3.1	r	1				
4.1	l	1				
5.2.3	$\phi_p$	0.9				
5.2.3	$\phi_e$	1				
6.3.3	Ct	0.055				
6.3.3	$\alpha$	0.9				
6.3.3	hn (m)	12				
6.3.4	R	8				
3.3.1	To	0.1269				
3.3.1	Tc	0.6981				
6.3.3	T (Fund) (s)	0.5148	<b>1.3T (fund)(s)</b>	0.669	<b>Tmodal</b>	<b>0.608</b>
3.3.2	Sa (g)	1.1904	<b>Sa (1.3T)</b>	1.1904	<b>Sa (Tmodal)</b>	1.1904
6.3.2	C (g)	<b>0.1653</b>	<b>C (1.3T)</b>	0.1653	<b>C (Tmodal)</b>	0.1653
6.3.5	k	1.007	<b>k</b>	1.085	<b>k (Tmodal)</b>	1.054

*Fuente:* Tesista Darwin Acosta.



**Figura 21** : Espectro de respuesta elástico y reducido.



**Fuente:** Tesista Darwin Acosta.

**Tabla 7:** Valores de espectro elástico y reducido según NEC-SE-DS.

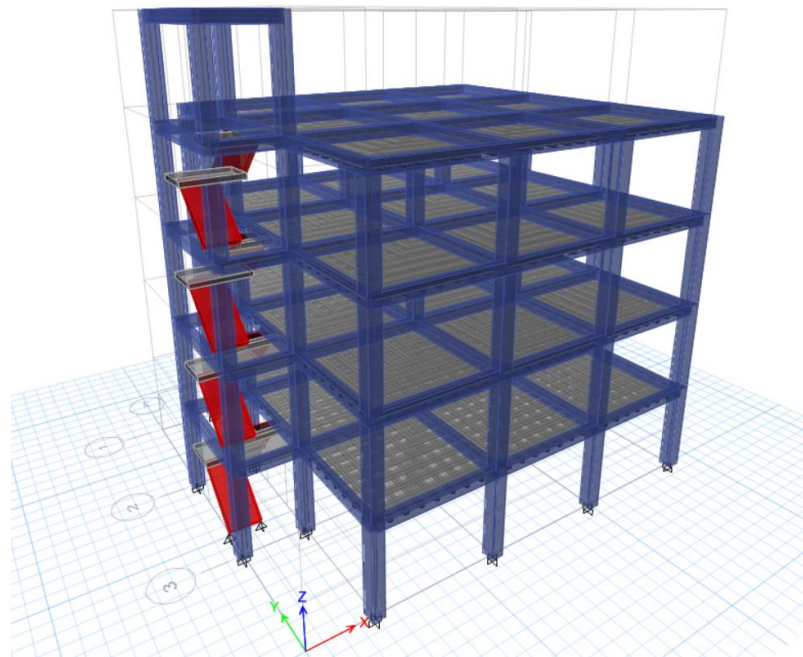
Periodo (s)	Sa (Aceleración Espectral)	C(%g)
0	0.48000	0.067
0.1	1.03966	0.1444
0.2	1.19040	0.1653
0.3	1.19040	0.1653
0.4	1.19040	0.1653
0.5	1.19040	0.1653
0.6	1.19040	0.1653
0.7	1.18723	0.1649
0.8	1.03882	0.1443
0.9	0.92340	0.1282
1	0.83106	0.1154
1.1	0.75551	0.1049
1.2	0.69255	0.0962
1.3	0.63928	0.0888
1.4	0.59361	0.0824
1.5	0.55404	0.0769
1.6	0.51941	0.0721
1.7	0.48886	0.0679
1.8	0.46170	0.0641
1.9	0.43740	0.0607
2	0.41553	0.0577
2.1	0.39574	0.0550
2.2	0.37775	0.0525
2.3	0.36133	0.0502
2.4	0.34627	0.0481
2.5	0.33242	0.0462
2.6	0.31964	0.0444
2.7	0.30780	0.0427
2.8	0.29681	0.0412
2.9	0.28657	0.0398
3	0.27702	0.0385
3.1	0.26808	0.0372
3.2	0.25971	0.0361
3.3	0.25184	0.0350
3.4	0.24443	0.0339
3.5	0.23745	0.0330
3.6	0.23085	0.0321
3.7	0.22461	0.0312
3.8	0.21870	0.0304
3.9	0.21309	0.0296
4	0.20776	0.0289
4.1	0.20270	0.0282
4.2	0.19787	0.0275
4.3	0.19327	0.0268
4.4	0.18888	0.0262
4.5	0.18468	0.0256

*Fuente:* Tesista Darwin Acosta.

### 2.3 MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA EN 3D

Acorde a los datos proporcionados anteriormente por parte del prediseño y asumiendo que este, puede llegar a variar por distintas razones propias de la edificación, ya que son cálculos que se aproximan al diseño final de la estructura, el mismo puede variar con la finalidad de obtener un buen diseño estructural, partiendo desde el modelamiento de la estructura, el material a tratar, el dimensionamiento de los elementos estructurales, el análisis de cargas y al espectro de diseño se recurre a realizar los chequeos necesarios para la estabilización de la estructura mediante el software de diseño, cuya vista en planta y elevación se puede observar en la figura 22.

*Figura 22: Vista tridimensional del edificio.*



*Fuente: Etabs 2018.*

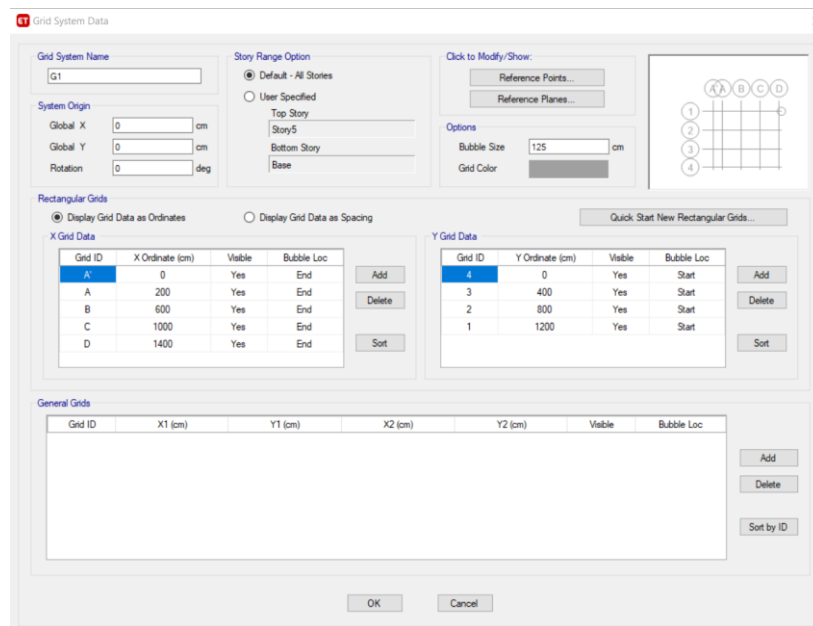
Partiendo de los datos proporcionados por parte del diseño arquitectónico en las figuras 12 y 13, respectivamente, se muestra un edificio multifamiliar de forma simétrica y con gradas a un costado de la estructura, el cual se parte de un tipo de material de hormigón armado y haciendo referencia principalmente a nuestras normas de la construcción NEC.

### 2.3.1 Definición de malla y materiales.

Tomando en cuenta los datos obtenidos por parte del prediseño y dentro de las especificaciones estructurales se toma en cuenta una resistencia de hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el cual luego de culminar nuestros chequeos en vista de la geometría de la estructura se ha optado por una resistencia de hormigón de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ , como se observa en la figura 25, además de ello una fluencia de acero de  $fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y un módulo de elasticidad de  $Ec = 13100 * \sqrt{f'c} = 202944.33 \text{ kg/cm}^2$ , apegándonos de esta forma a la realidad de nuestro país, a pesar de que el código ACI nos indica que debe ser  $Ec = 15100 * \sqrt{f'c}$ , con ello tomamos referencia a la norma NEC-SE-HM, capítulo 3.3.3, la cual indica que Ec debe estar de acuerdo a los agregados.

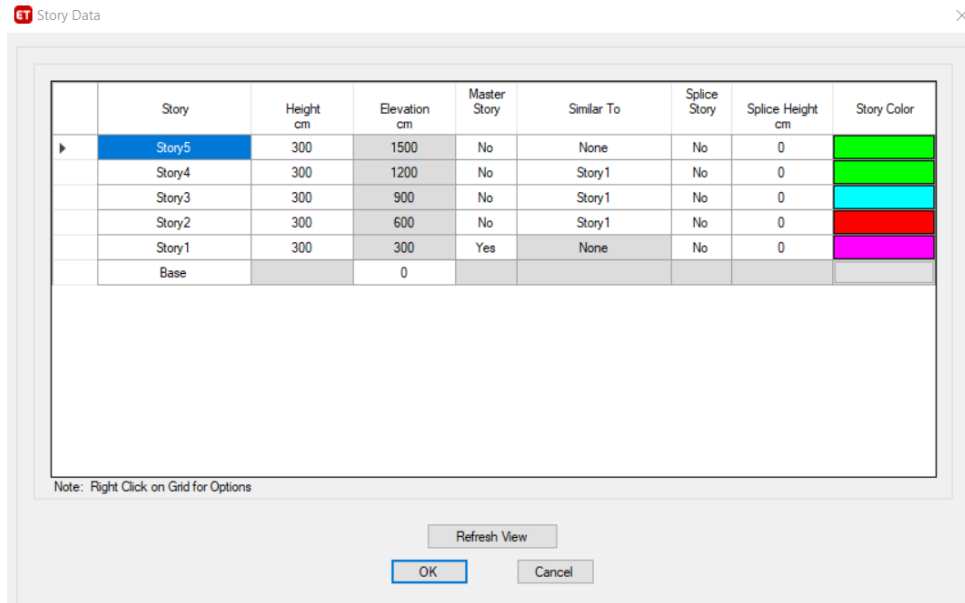
A continuación, procedemos a la creación de nuestra malla con las especificaciones de diseño de nuestro modelo, con los distintos tipos de líneas en sentido X y Y, con sus respectivas distancias y numero de piso, con lo cual el programa genera automáticamente nuestra malla de trabajo, para la ayuda de nuestro modelo estructural, como se muestra en la figura 23 y 24.

**Figura 23:** Definición de malla en el programa.



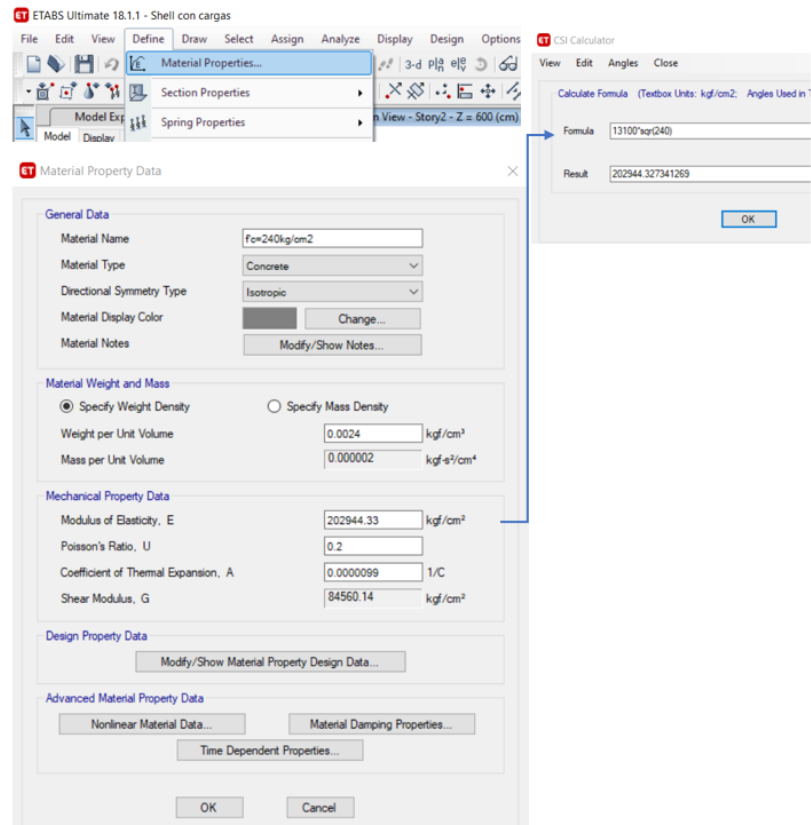
**Fuente:** Etabs 2018.

**Figura 24:** Definición del número de pisos.



*Fuente: Etabs 2018.*

**Figura 25: Definición del material de la edificación.**



*Fuente: Etabs 2018.*

### 2.3.2 Definición de secciones por modelado de losa tipo shell

Posterior a ello, se muestra las secciones definitivas de los elementos estructurales, tomadas luego del ingreso de las secciones propuestas por parte del prediseño y chequeos posteriores de la edificación, por lo cual, se ha optado por tomar los siguientes valores de sección del primer modelado con elemento de losa tipo shell, como se observa en la tabla 8.

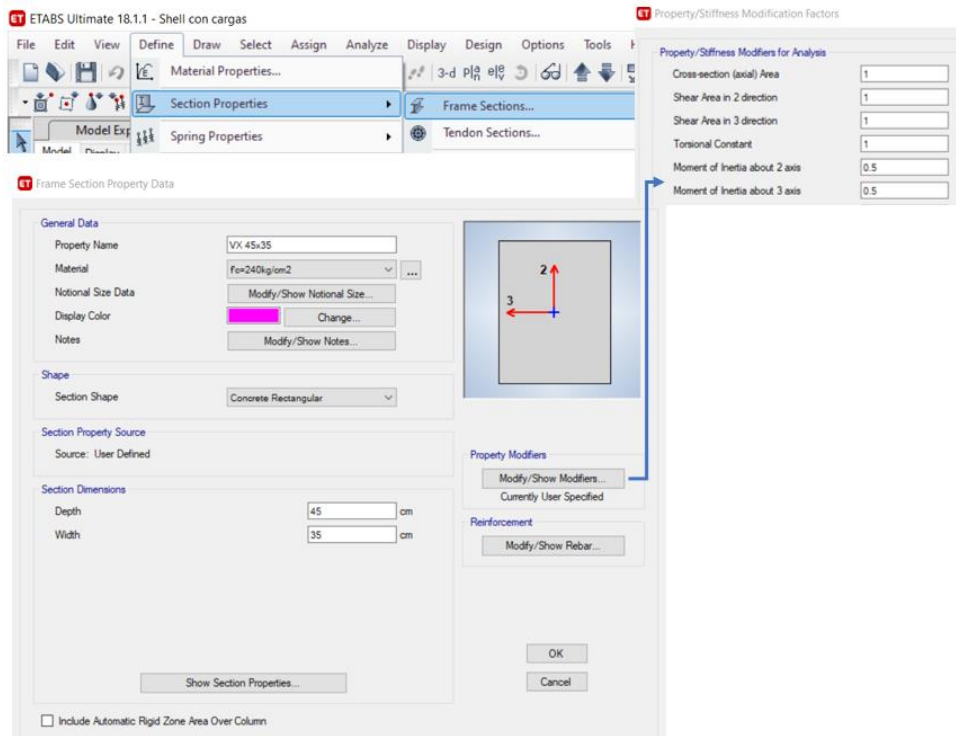
*Tabla 8: Secciones de los elementos estructurales, modelamiento tipo shell.*

PISO	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS	
		Base (b)	Altura (h)
Primero Segundo Tercero Cuarto	Viga Sentido X	35 cm	45 cm
	Viga Sentido Y	35 cm	40 cm
	Columna	50 cm	50 cm
	Losa	Alivianada, Espesor 20 cm	

*Fuente: Tesista Darwin Acosta.*

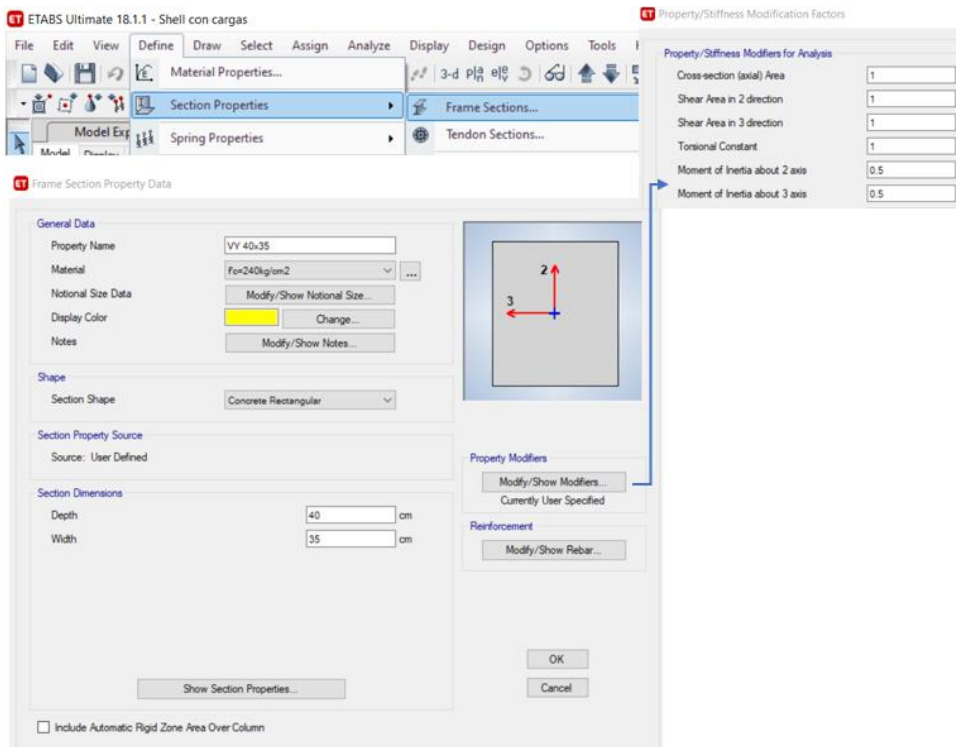
Para la definición de las secciones de los elementos estructurales, es necesario hacer hincapié, a los requerimientos de la norma NEC, la cual indica que para el análisis sísmico es necesario tomar en cuenta las inercias agrietadas de los elementos, siendo este considerado un 50% en vigas y 80% en columnas, a su vez si se utiliza vigas de sección rectangular, se puede evitar la reducción por agrietamiento de losa, si se considera un aporte de la misma, para lo cual define las secciones de viga y columna en la figura 26, 27 y 28.

**Figura 26:** Secciones de vida sentido X, modelamiento tipo shell.



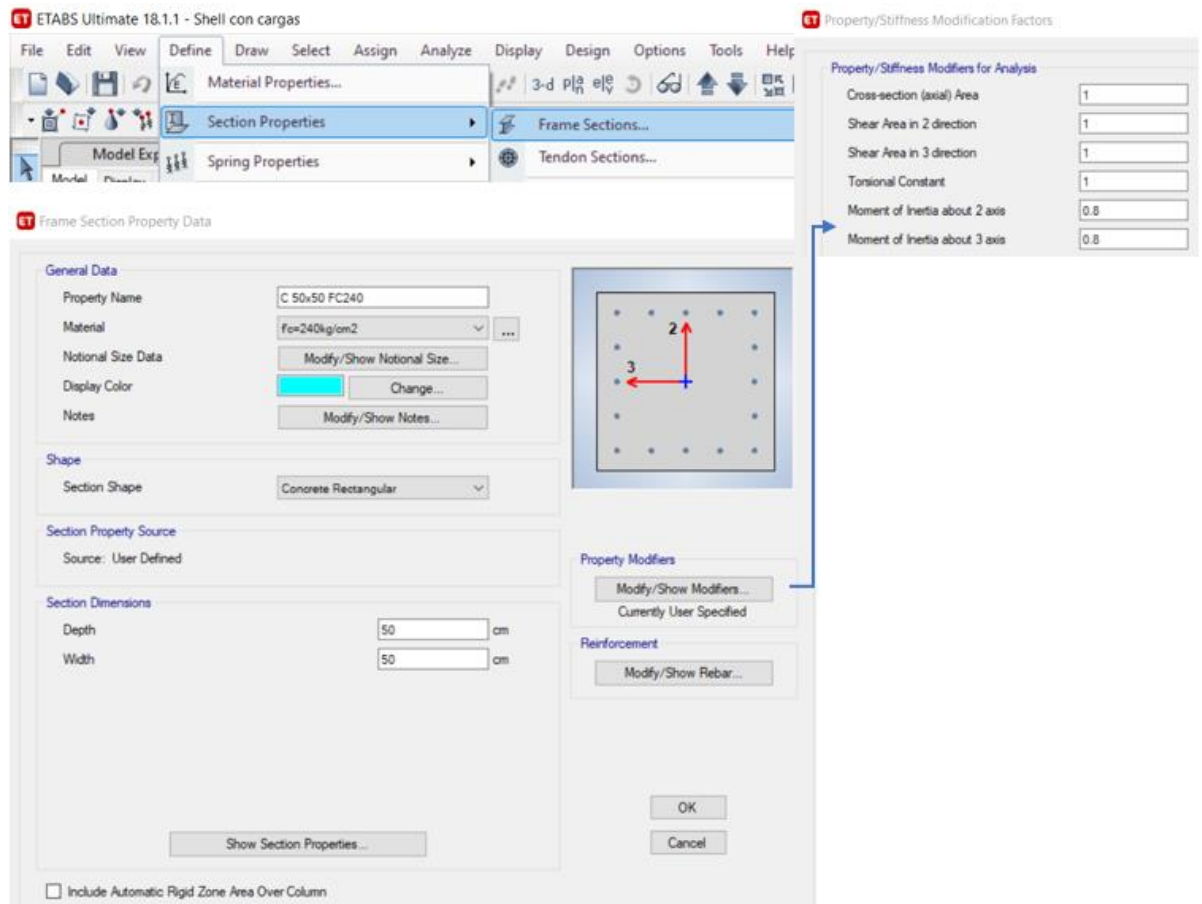
**Fuente:** Etabs 2018.

**Figura 27:** Secciones de vida sentido Y, modelamiento tipo shell.



**Fuente:** Etabs 2018.

**Figura 28:** Secciones de columna, modelamiento tipo shell.

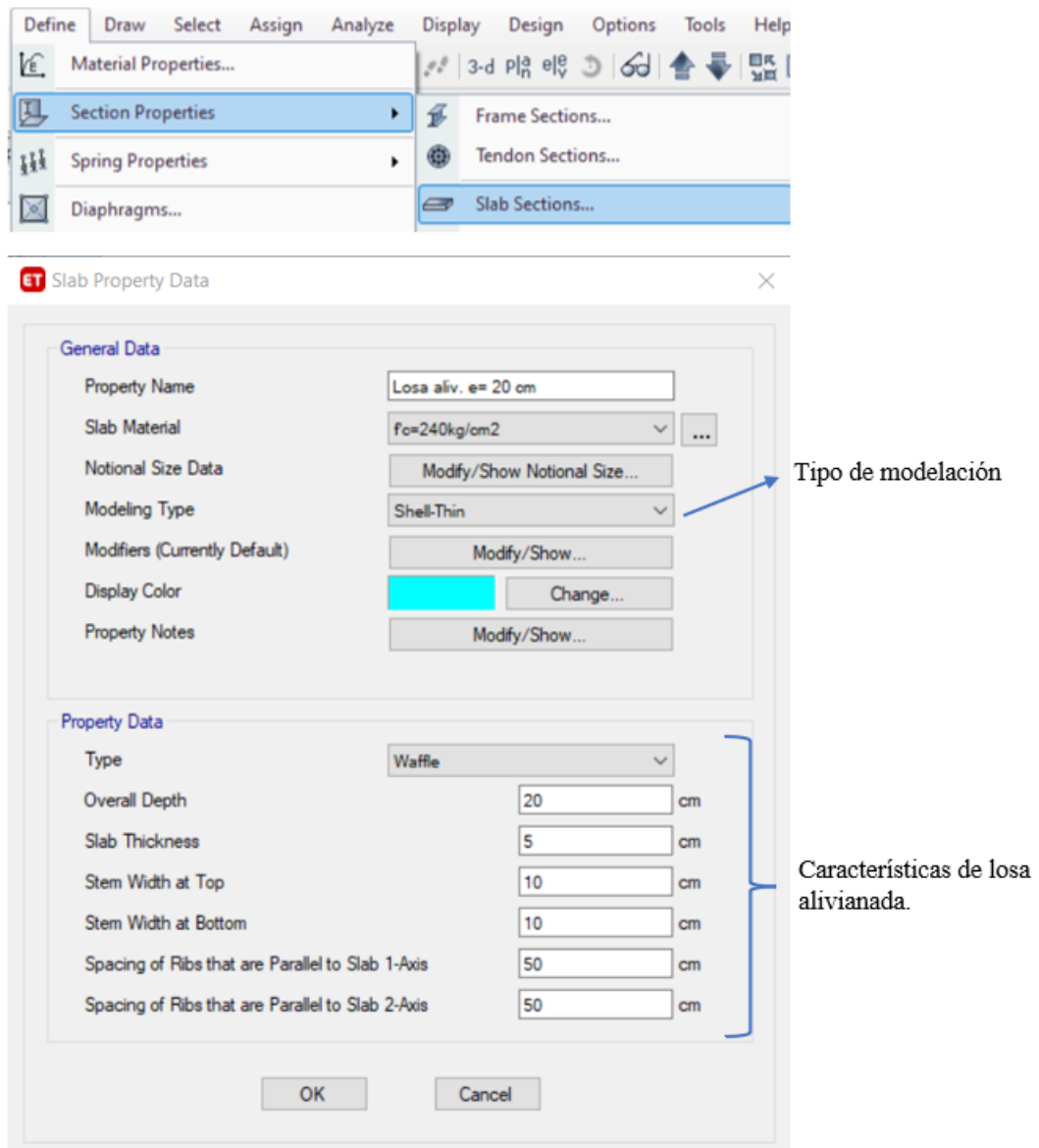


**Fuente:** Etabs 2018.

Para la definicion de losa, si la misma aporta en nuestro diseño, la inercia agrietada no se estima ya que el programa toma como aporte una seccion tipo "T", la cual su inercia llega a ser el doble de una seccion rectangular, por lo tanto su modificador de inercia queda en 1.00, de esta forma tomamos a consideracion un elemento tipo shell, para nuestro primer caso, con sus respectivas especificaciones de losa, como se muestra en la figura 29.



**Figura 29:** Definición de losa por elemento tipo shell.



**Fuente:** Etabs 2018.

A pesar de que las losas no serán diseñadas, es necesario incluirlas en la modelación para su contribución en la distribución de carga, la cual considera su peso y su comportamiento en conjunto con toda la estructura, además que al trabajar con un tipo de elemento tipo shell, estamos trabajando con una losa que posee 6 grados de libertad por nudo.

### 2.3.3 Definición de secciones por modelado de losa tipo membrana

De la misma forma, una vez culminado los chequeos por parte del modelado tipo membrana y asumiendo los mismos datos ya ingresados por parte del modelamiento por elemento de losa tipo shell, se puede observar que al elegir un elemento tipo membrana, no cumple la solicitación necesaria del primer chequeo, perteneciente al periodo de vibración, con lo cual es necesario realizar un aumento de sección a uno de los elementos estructurales con la finalidad de poder avanzar con nuestros chequeos posteriores, de esta manera se opta por un aumento de sección en vigas, siendo estas suficientes para poder avanzar con los chequeos siguientes, es así que se presenta los siguientes valores de sección definitiva de los elementos estructurales, mostrados en la tabla 9.

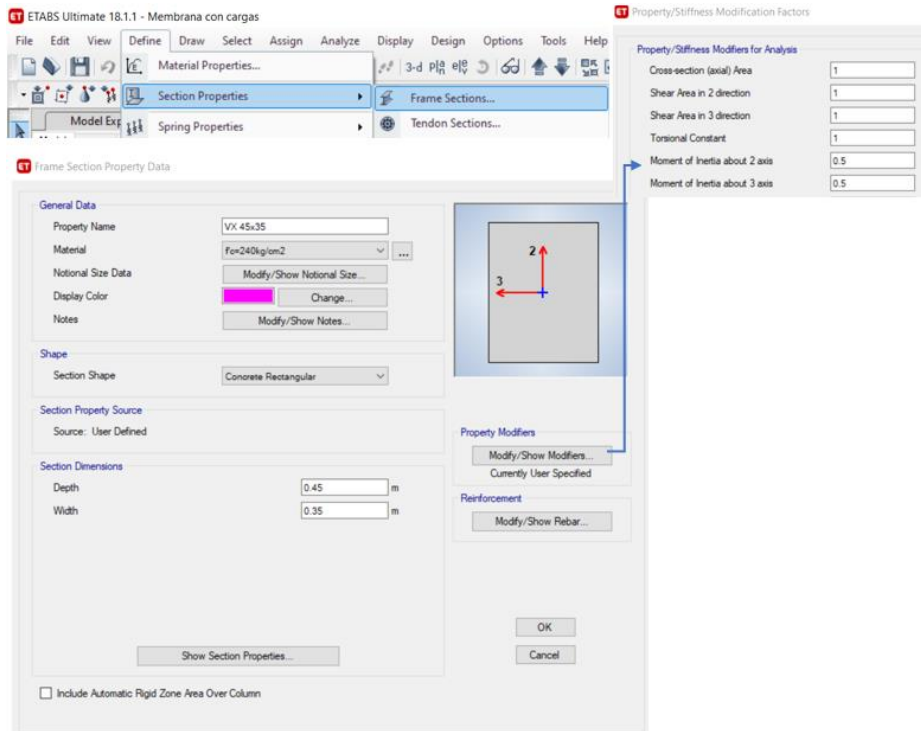
*Tabla 9: Secciones de los elementos estructurales modelamiento tipo membrana.*

PISO	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS	
		Base (b)	Altura (h)
Primero Segundo Tercero Cuarto	Viga Sentido X	35 cm	45 cm
	Viga Sentido Y	35 cm	45 cm
	Columna	50 cm	50 cm
	Losa	Alivianada, Espesor 20 cm	

*Fuente: Tesista Darwin Acosta.*

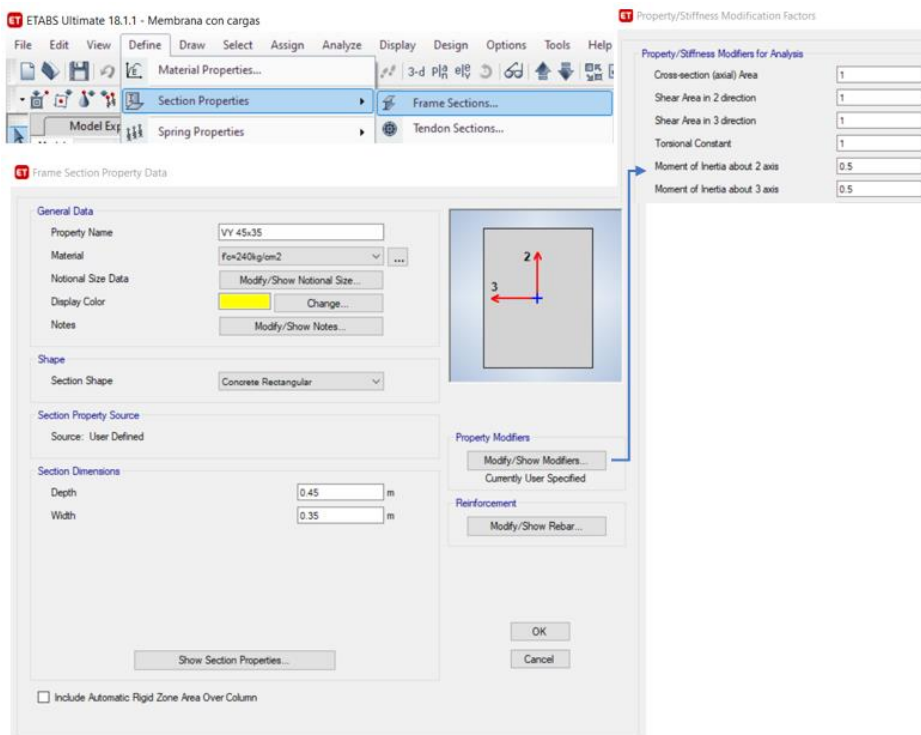
De igual manera, es necesario hacer referencia los requerimientos expuestos en nuestra norma ecuatoriana NEC, respecto a inercias agrietadas en elementos estructurales, tanto en columnas como en vigas con un valor de 80% y 50%, respectivamente, como se muestra en la figura 30,31 y 32.

**Figura 30:** Secciones de vida sentido X, modelamiento tipo membrana.



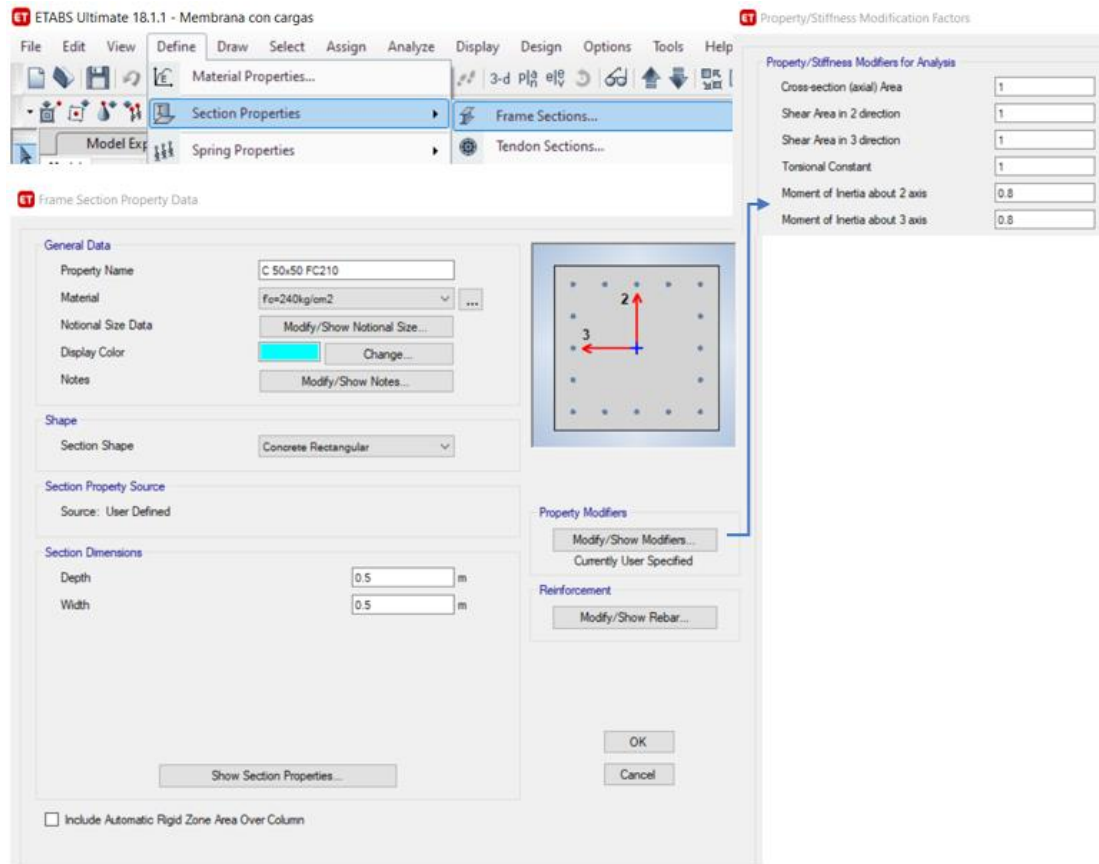
**Fuente:** Etabs 2018.

**Figura 31:** Secciones de vida sentido Y, modelamiento tipo membrana.



**Fuente:** Etabs 2018.

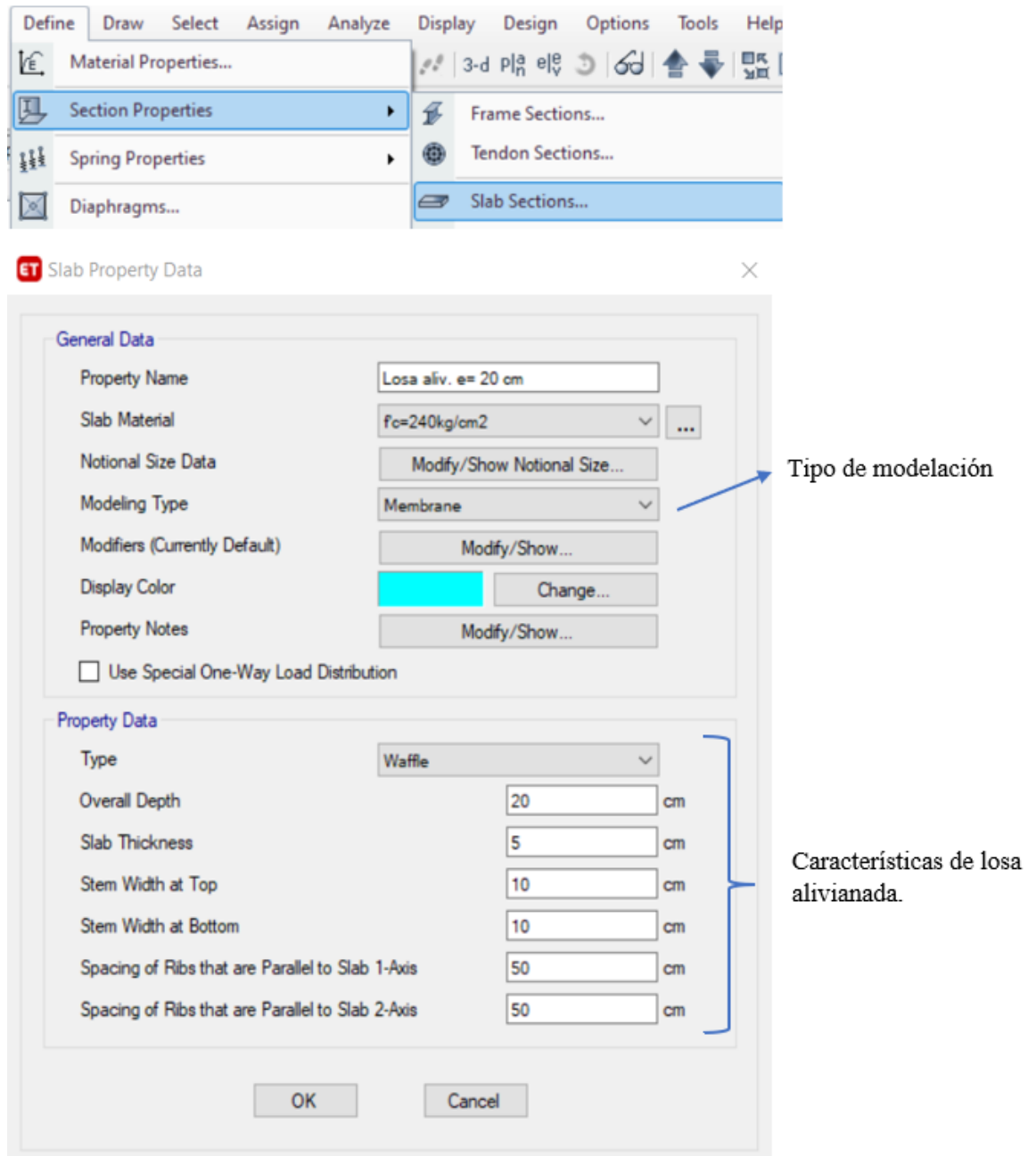
**Figura 32:** Secciones de columna, modelamiento tipo membrana.



**Fuente:** Etabs 2018.

A continuación, se muestra en la figura 33, el ingreso de datos con su respectivo tipo de elemento de modelado de una losa alivianada de 20 cm de espesor, recordando que este tipo de elemento estructural no es necesario la colocación de inercia fisurada, por motivos antes expuestos en el modelamiento de una losa tipo shell.

**Figura 33:** Definición de losa por elemento tipo membrana.



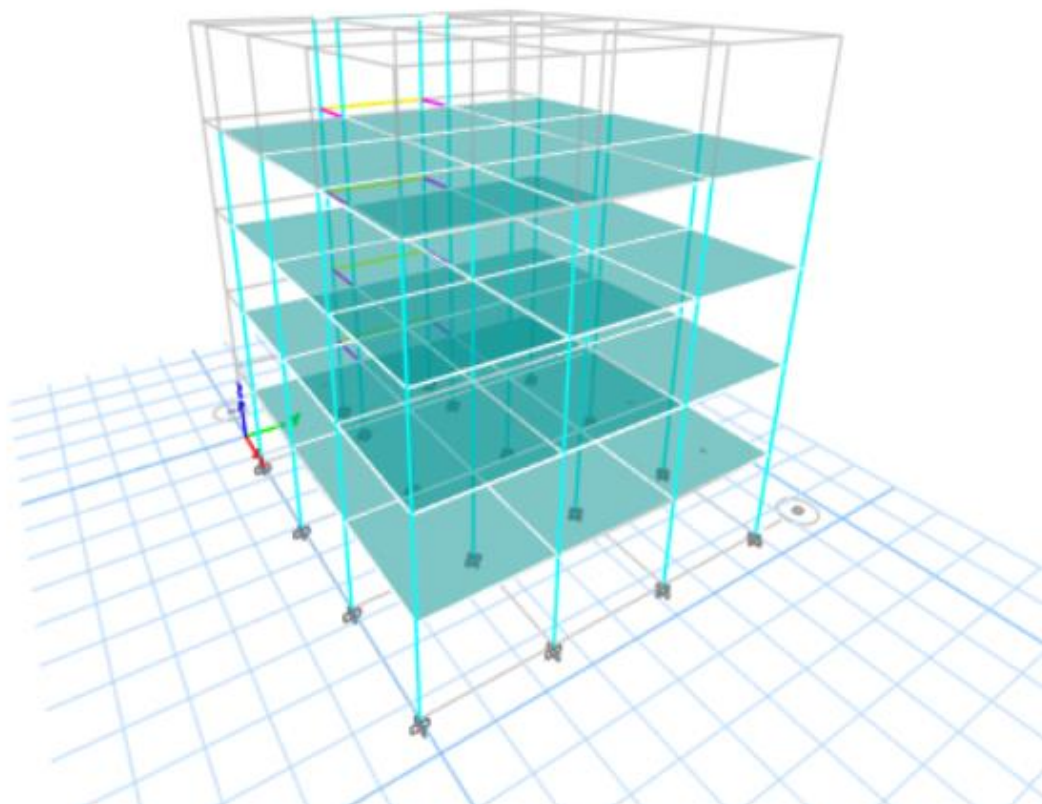
**Fuente:** Etabs 2018.

Como lo expuesto anteriormente es importante recalcar que este tipo de elemento losa, posee 3 grados de libertad por nudo, es de esta forma que debe tener relevancia al momento de realizar los chequeos de nuestro modelado.

### 2.3.4 MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Una vez terminado el dibujo de nuestra estructura, la cual nos presenta la siguiente figura 34.

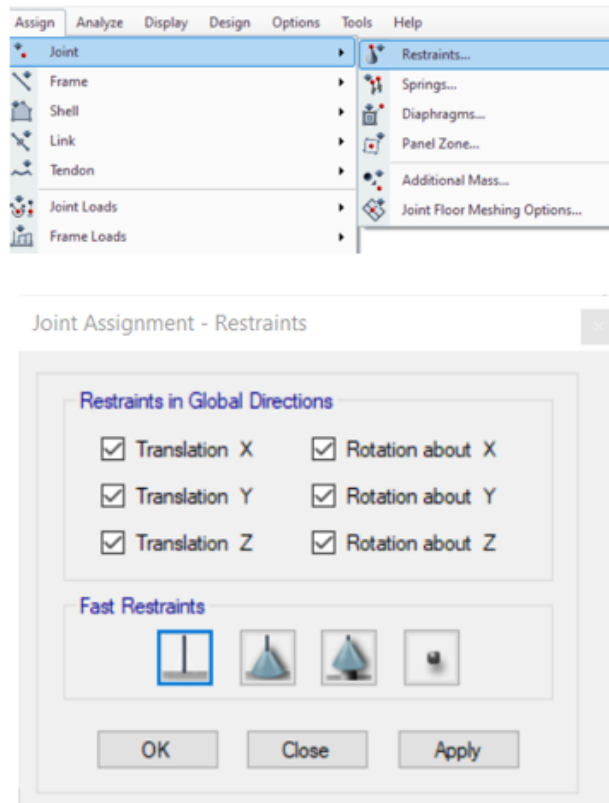
*Figura 34: Modelo 3D de la edificación.*



*Fuente: Etabs 2018.*

Para dar por finalizado el modelamiento, es necesario el asignar las restricciones de la edificación como se observa en la figura 35, para iniciar con sus concernientes chequeos.

*Figura 35: restricciones de apoyos.*



*Fuente: Etabs 2018.*

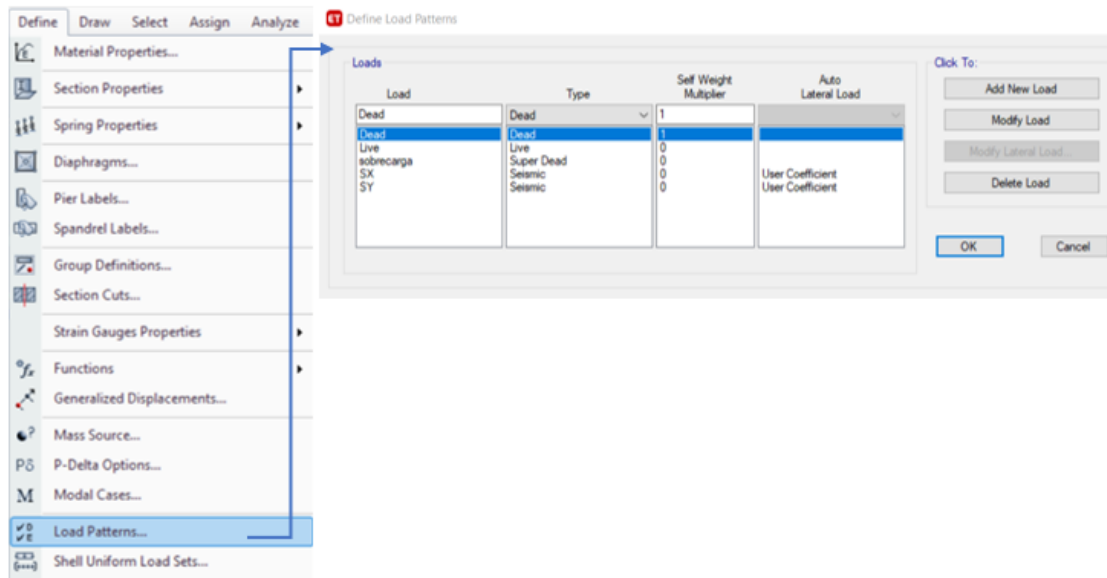
#### 2.3.4.1 Definición de los estados de carga

Dentro de los análisis a considerar es necesario definir los estados de carga necesarios para los distintos chequeos a realizar, los diferentes estados de carga son los siguientes:

- **Dead (Peso Propio):** La carga muerta o dead, este tipo de carga el software lo calcula automáticamente, haciendo hincapié al peso propio de cada elemento.
- **Adicional de carga Muerta (Sobrecarga):** Este tipo de carga hace referencia al cálculo del peso propio de mampostería, entre otros.
- **Carga Viva (Live):** Aquí se dispone el cálculo de peso, en referencia al uso que se le piensa dar a la edificación.
- **Sismo en x (SX):** Representación de las fuerzas laterales estáticas equivalentes en sentido x.
- **Sismo en y (SY):** Representación de las fuerzas laterales estáticas equivalentes en sentido x.

En la figura 36, se hace referencia a los estados de carga impuesto en el programa y solo el valor de 1, al estado de Dead, para tomar como factor de multiplicación del peso propio, ingresar este valor en otro estado de carga significara una duplicación de la carga proveniente del peso propio de los elementos.

**Figura 36:** Estados de carga.



**Fuente:** Etabs 2018.

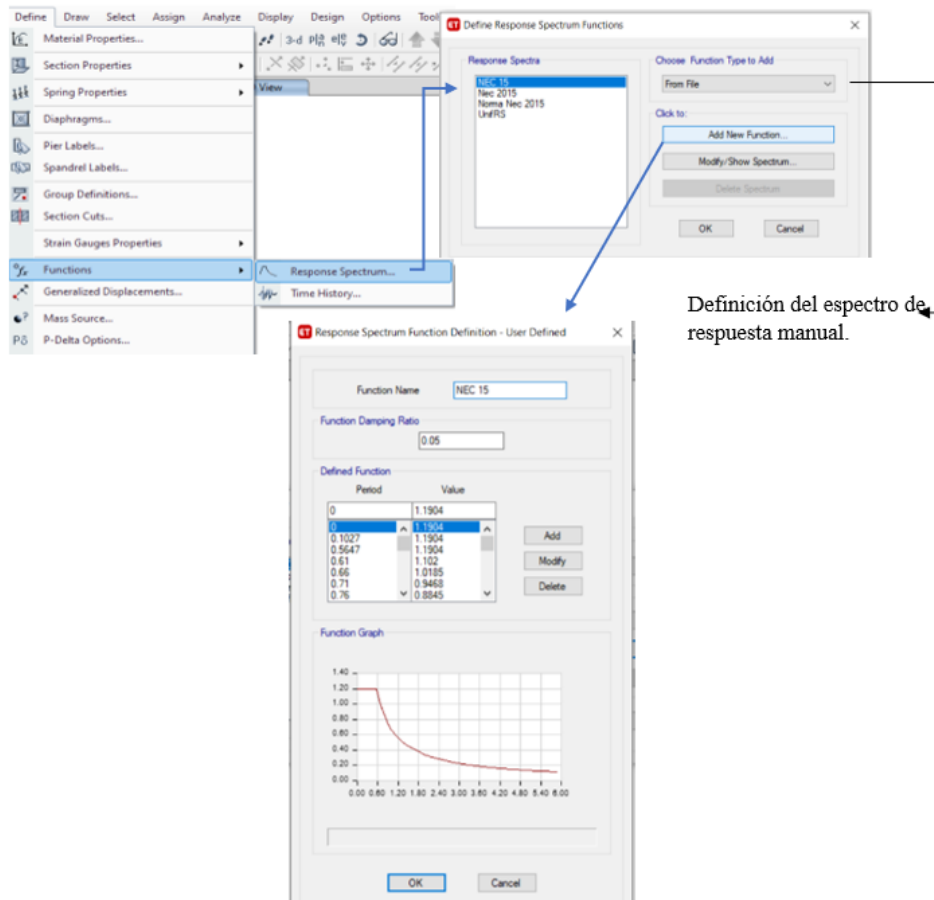
### 2.3.4.2 Definición de análisis modal espectral

Una de las principales ventajas del software de diseño es la posibilidad de incluir un espectro de respuesta dinámico en base a lo estipulado en la norma NEC-SE-DS, el cual se lo puede definir en base a datos predefinidos por parte del programa en la opción “ Ecuador norma NEC-SE-DS”, pero por ciertas consideraciones que no toma el programa, como el hecho de no tomar en cuenta los factores de irregularidad de la estructura, es por ello que se ha optado por la definición de nuestro propio espectro de respuesta especificados en la tabla 5, 6 y definido en la figura 21.

A continuación, se presenta el ingreso del espectro de respuesta de la edificación en base a los datos propuestos para el mismo como se observa en la figura 37.



**Figura 37:** Función del espectro de respuesta.

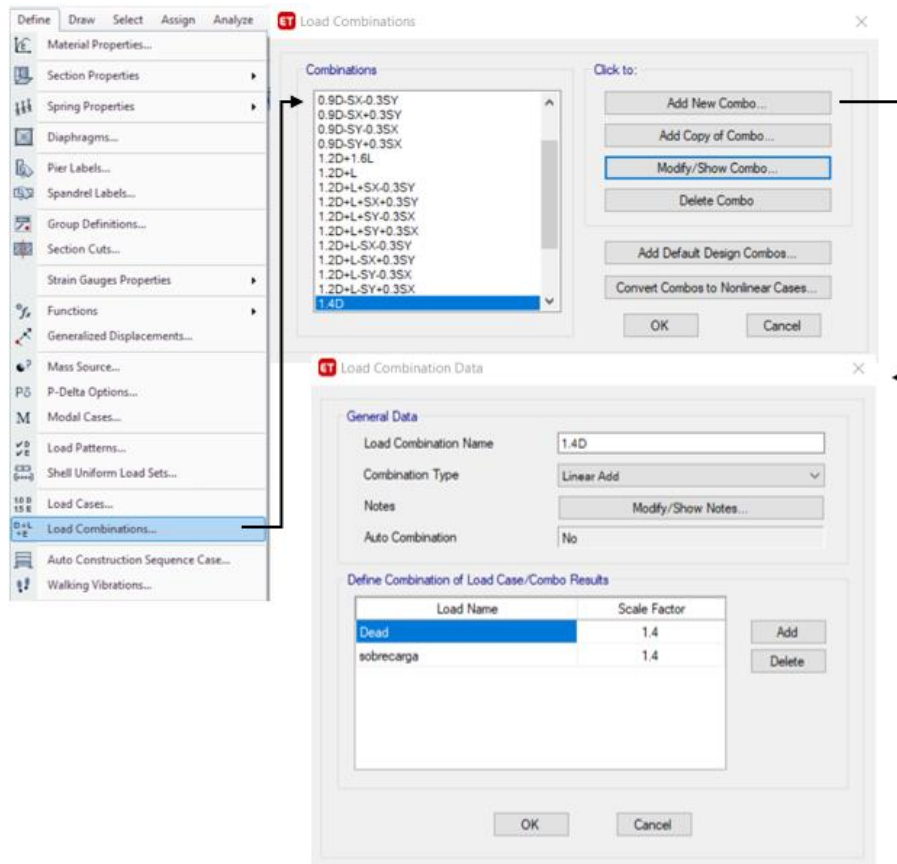


**Fuente:** Etabs 2018.

### 2.3.4.3 Combinaciones de carga

Para las principales consideraciones de carga, se ha tomado en cuenta las principales expuesta en la norma NEC - cargas no sísmicas, capítulo 3.4.3, utilizadas para el diseño de los elementos de nuestra estructura, como se refleja en la figura 38.

**Figura 38:** Combinaciones de carga.



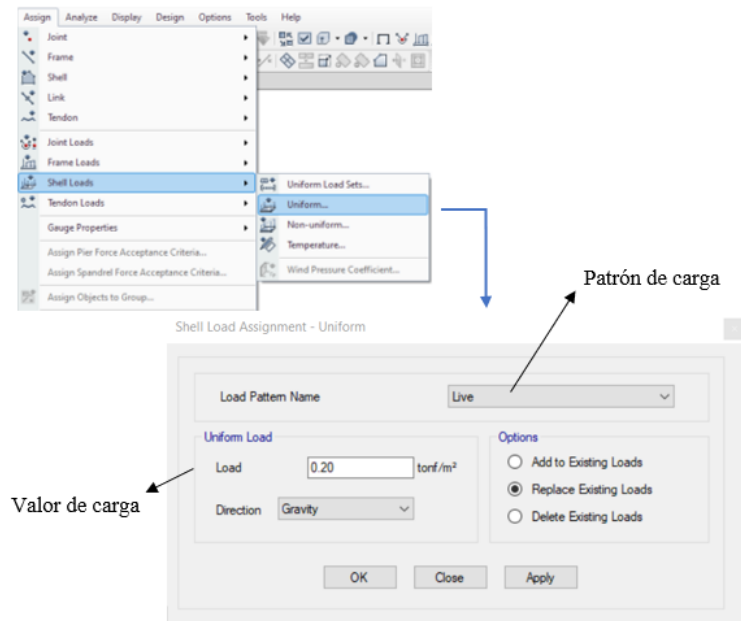
*Fuente: Etabs 2018.*

#### 2.3.4.4 Asignación de cargas a la edificación

Una vez modelada nuestra edificación, se procede al ingreso de cargas impuestas de la estructura, mostrados anteriormente dentro de análisis de cargas, mismo que, se lo realiza a través del elemento área en nuestra losa, de esta forma se debe seleccionar el área de losa y aplicar la carga impuesta para la misma, como se observa en la figura 39.

En la figura 39, se puede observar el ingreso de carga viva con un valor de  $0.20 t/m^2$ , además de ello se le asigna un valor por tablero especificado en la tabla 2, perteneciente a la sobrecarga por tablero de la edificación.

**Figura 39:** Aplicación de carga viva.

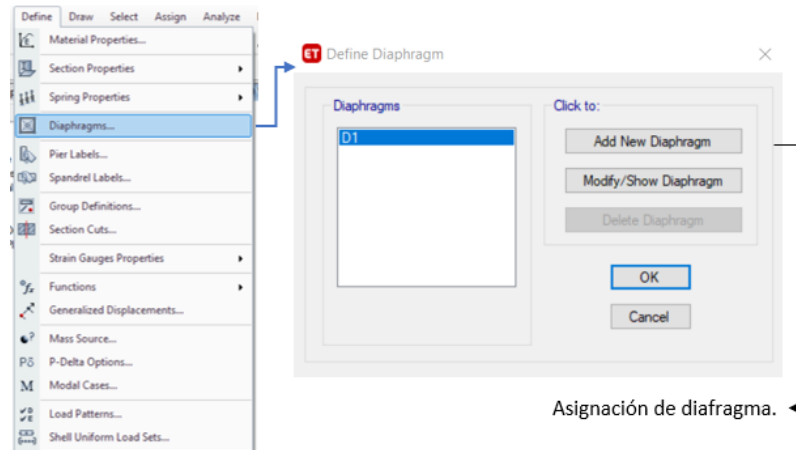


**Fuente:** Etabs 2018.

### 2.3.4.5 Asignación del diafragma de piso

Al poseer losas cuyo material es hormigón armado es necesario considerar el diafragma de piso, cuyo principal objetivo es transmitir las cargas hacia columnas y vigas, además de ayudar en el control de las deformaciones de la estructura, para lo cual se define un diafragma por piso, como se muestra en la figura 40.

**Figura 40:** Aplicación de diafragma de piso.

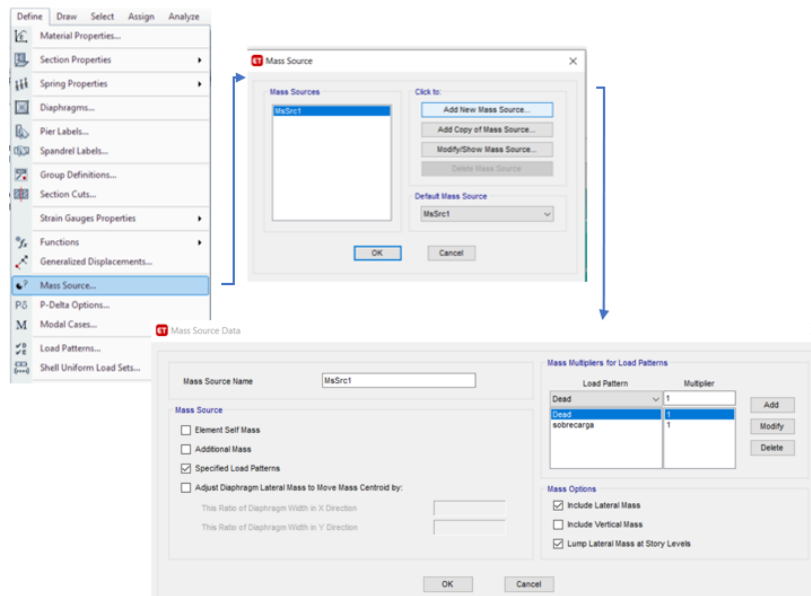


*Fuente: Etabs 2018.*

### 2.3.4.6 Definición de la masa de la estructura

A continuación, se presenta la asignación de la masa de la estructura, con la finalidad de poseer un mejor modelado, tomando en cuenta el peso propio de la estructura y a su vez la sobrecarga ya que de esta manera el programa toma en consideración los pesos necesarios de manera correcta, como se observa en la figura 41.

**Figura 41:** Aplicación de la masa.



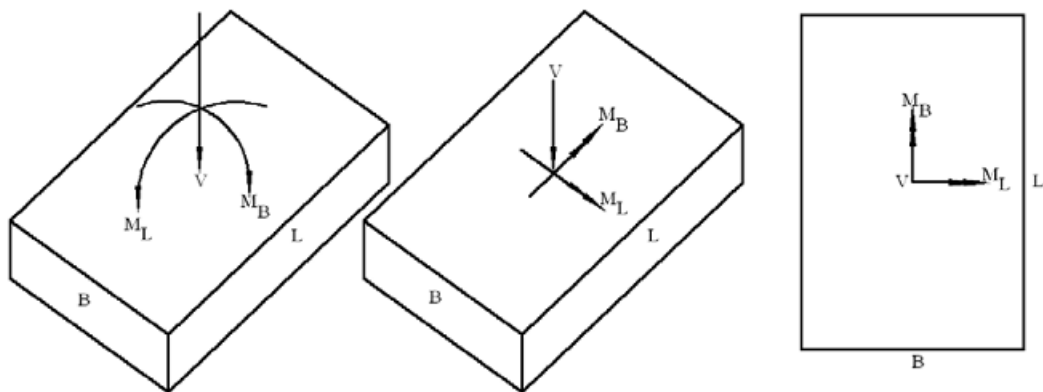
*Fuente: Etabs 2018.*

### 2.3.4.7 Asignación de la interacción suelo estructura

A continuación se presenta el proceso a través del cual se llega a considerar la interacción que posee la edificación conjuntamente con la cimentación, proceso al cual se le asigna el nombre de interacción suelo- estructura, de esta manera se busca conocer la flexibilidad existente del suelo con la carga producida por la edificación, por esta razón es necesario cambiar la manera de empotramiento de la estructura, por uno que represente un empotramiento resorteado para que se produzca la interacción con el suelo y así poder comprobar mediante el chequeo de asentamiento si la estructura cumple este parámetro.

Para ello es necesario comprender los movimientos que presenta una zapata, el cual posee 3 movimientos producidos por sus 3° de libertad, como se muestra en la figura 42.

**Figura 42:** Zapata con carga vertical ( $V$ ) y momentos en  $L$  y  $B$ .



**Fuente:** Universidad politécnica de Cataluña.

Tomando en cuenta la formula del esfuerzo, la cual indica que el esfuerzo es igual a la carga sobre el área, se procede a despejar el área de nuestra posible zapata, teniendo en cuenta que la carga de la edificación y el esfuerzo que esta produce, se lo puede tomar de los valores que nos presenta el programa de diseño.

$$\vartheta = \frac{P}{A}$$

Donde:

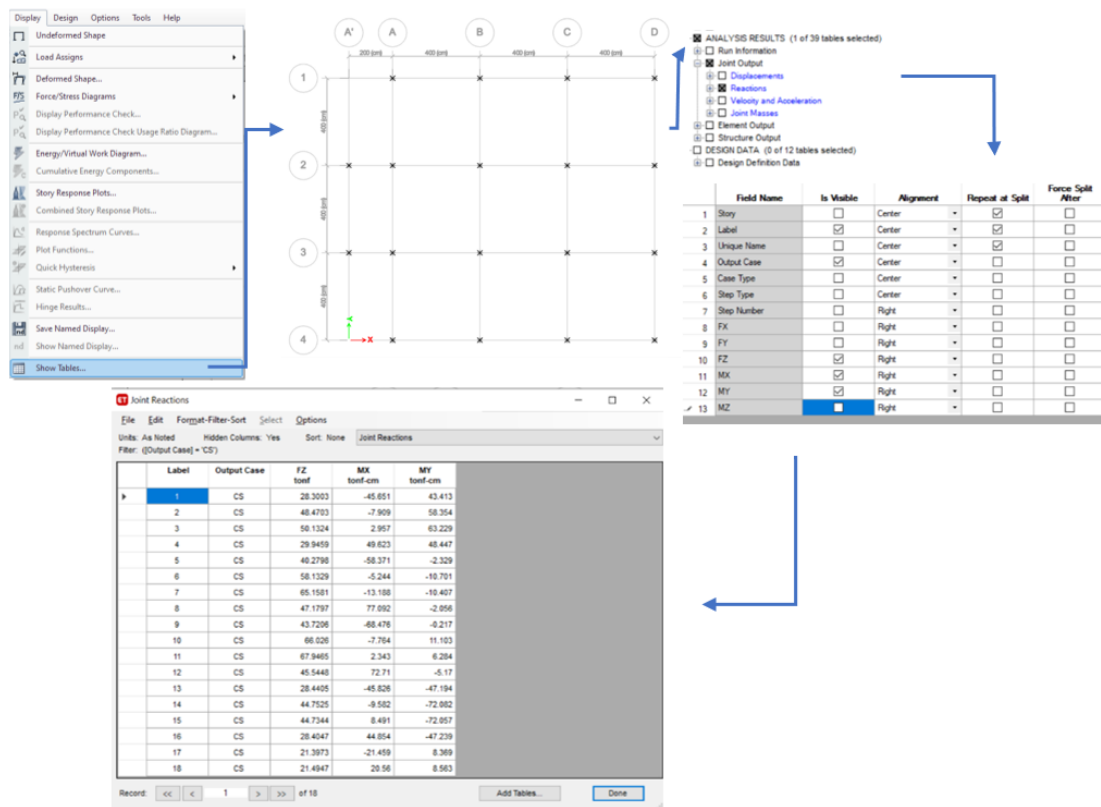
$\vartheta$ : Esfuerzo

$P$ : carga de la edificación.

$A$ : área de la zapata.

Para proceder a calcular el área posible de zapata, con la cual se tomará como referencia para el chequeo de asentamiento de la edificación, procedemos de la siguiente manera como nos muestra la figura 43.

**Figura 43:** Esfuerzos producidos por la edificación en los nudos de empotramiento.



Fuente: Etabs 2018.

De esta manera continuamos con el cálculo de las reacciones que produce la cimentación en sus nudos de empotramiento, asumiendo que la reacción en x es la misma en y, por su condición de zapata rectangular.

$$R_x = B * I$$

$$R_z = B * A$$

Donde:

Rx: Reacción en sentido en x, y.

Rz: Reacción en sentido z.

B: Coeficiente de balasto,

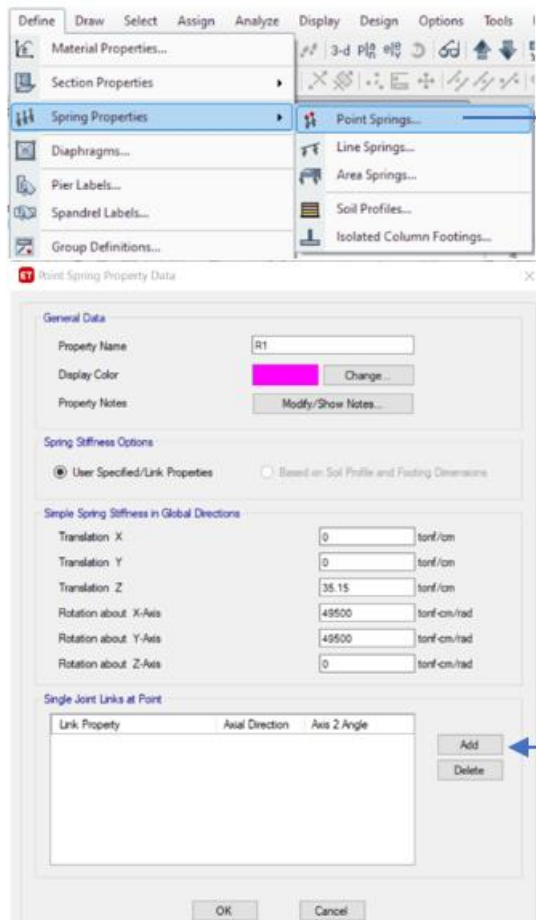
$$B = 130 * \textit{resistencia admisible del suelo}.$$

I: Inercia de plinto.

A: Área de plinto.

Una vez obtenida las reacciones necesarias, procedemos a la creación de los resortes para producir la interacción suelo- estructura de la edificación, mostrado en la figura 44, con ello se ingresa los valores de las reacciones dentro del software de diseño y mandamos a calcular para obtener los desplazamientos que produce la estructura en cada punto, como se refleja en la figura 45.

**Figura 44:** Creación de tipos de resorte.

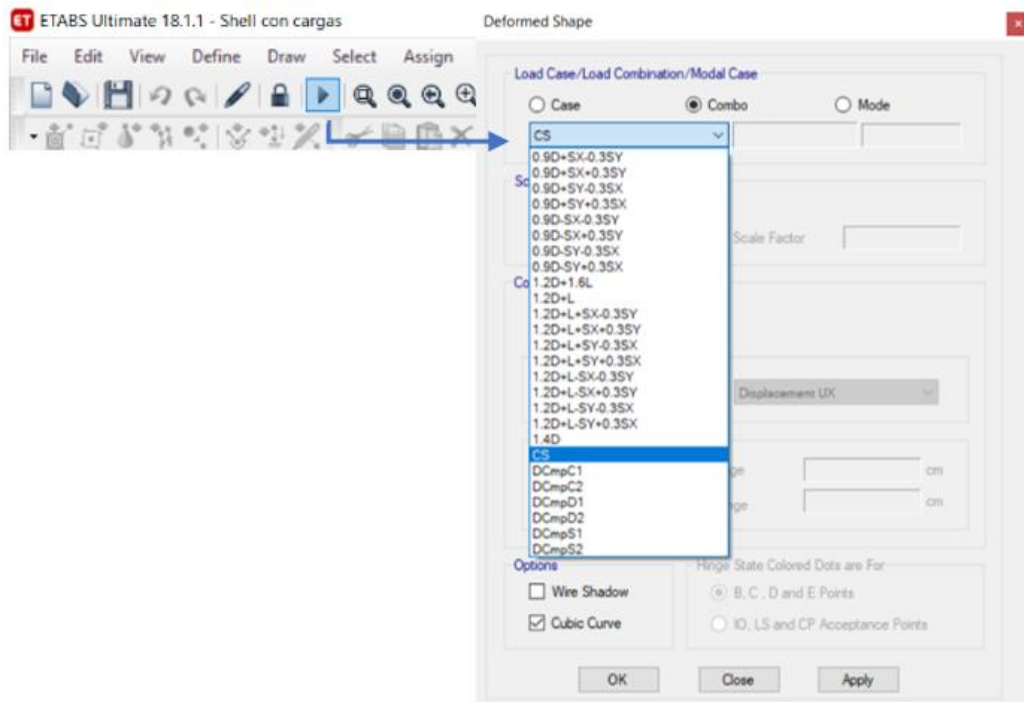


**Fuente:** Etabs 2018.

Una vez creado todos los distintos tipos de resortes y ubicando conforme a su etiqueta, se procede a tomar los desplazamientos producidos, el cual se lo realiza a través de correr el programa y por medio del combo de carga de servicio por el cual se verificará las diferentes de deformaciones que presenta la estructura, como se muestra en la figura 45.



*Figura 45: Toma de valores Uz.*



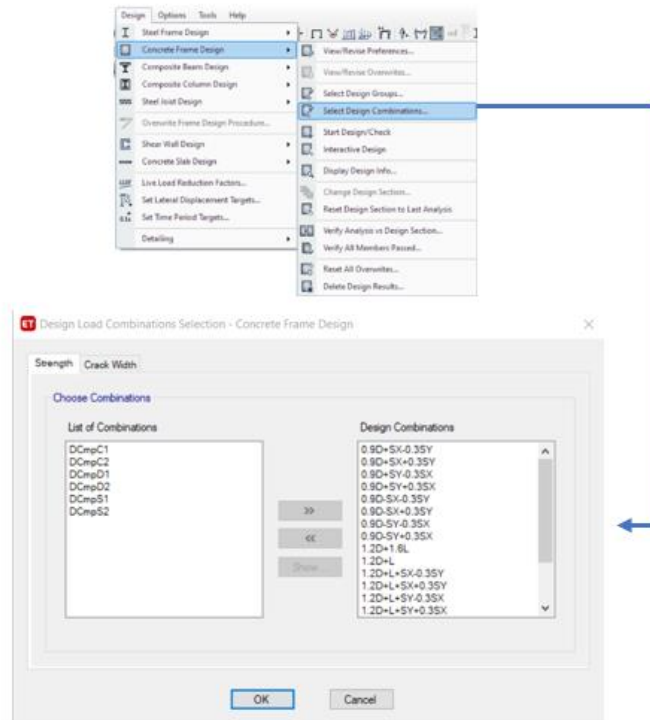
*Fuente: Etabs 2018.*

Cabe destacar que para este tipo de chequeo se lo realizo conforme a los parámetros de diseño propuestos por el ingeniero Edison Chávez, especialista en diseño estructural, en su curso de diseño de estructuras sismorresistentes en hormigón armado, curso llevado del 27 de julio al 1 de agosto del 2021, ya que si se requiere un estudio más exacto para cada uno de los apartados es necesario un estudio de suelo, para obtener sus principales características.

### **2.3.4.8 Diseño estructural**

Es necesario indicar que antes el proceder al diseño estructural por parte del programa es importante la asignación de combinaciones de carga por parte del usuario, dado que si no se le asigna el programa tomara en automáticamente las combinaciones en base al código escogido anteriormente para el diseño, para lograr las combinaciones de carga necesarias se muestra a continuación en la figura 46.

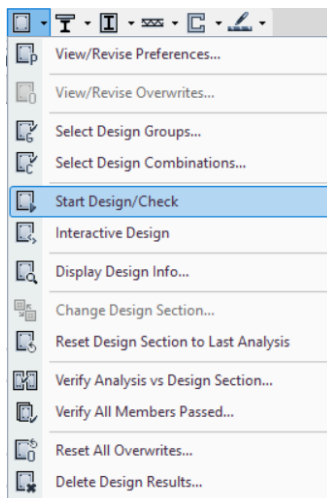
**Figura 46:** Asignación de combinaciones de carga.



**Fuente:** Etabs 2018.

Una vez asignada las combinaciones de diseño, se procede al diseño automático, para su debida comparación como se muestra en la figura 47 y de esta manera el programa empieza el chequeo y diseño de la edificación, motivo por el cual el programa mostrara las áreas de refuerzo que solicita cada sección, para la absorción de esfuerzos.

**Figura 47:** Selección de diseño automático.



**Fuente:** Etabs 2018.

## CAPITULO III

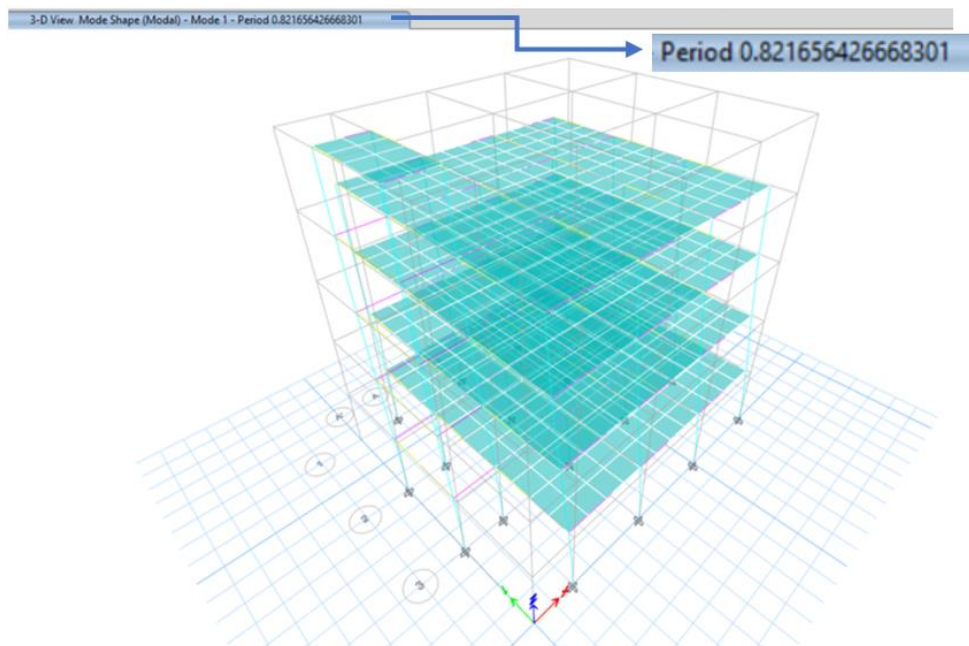
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 ANÁLISIS DE MODELAMIENTO EN BASE AL PREDISEÑO

Una vez realizado todo el modelamiento se procede a realizar los chequeos necesarios en base a los datos proporcionados por el prediseño, presentes en la tabla 5, tomando en cuenta que esto pueden llegar a variar por diversos factores como por ejemplo la geometría de la edificación entre otros, por lo cual se realiza el primer chequeo de la edificación perteneciente al periodo de vibración.

##### 3.1.1 Periodo fundamental de vibración

*Figura 46: Periodo fundamental de la estructura..*



*Fuente: Etabs 2018.*

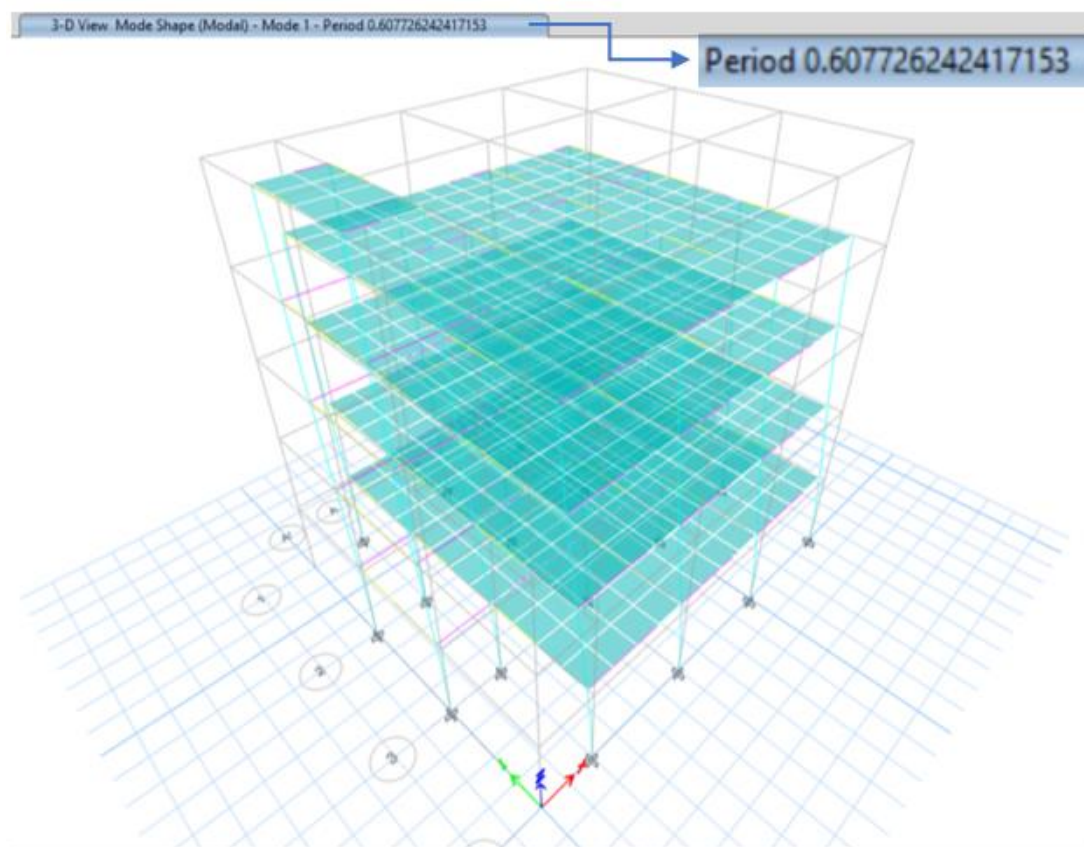
Luego del primer análisis, perteneciente al periodo de vibración nos podemos dar cuenta que el periodo de la estructura no es el adecuado conforme a los datos proporcionados en la tabla 6, referente al análisis sísmico, de esta manera se opta por asumir un aumento de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ , y un incremento en sus secciones referente a sus elementos estructurales como son vigas y columnas presentes en la tabla 8, con el cual se procede de un modelado tipo shell, como se muestra a continuación.

### 3.2 ANÁLISIS DE MODELAMIENTO TIPO SHELL

Una vez finalizado el modelado de la edificación, se procede a realizar los respectivos chequeos pertenecientes a la estabilización de la estructura en el modelado por elemento tipo shell, de esta forma se puede visualizar como primer chequeo, al periodo fundamental, dando como resultado los siguientes valores, conforme a los datos procedentes de la tabla 8.

#### 3.2.1 Periodo fundamental de vibración

*Figura 47: Periodo fundamental de la estructura..*



*Fuente: Etabs 2018.*

### 3.2.2 Validación de datos de participación modal

*Figura 48: Valores de participación modal.*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.608	0.0005	0.8009	0	0.0005	0.8009	0	0.2308	0.0001	0.0091	0.2308	0.0001	0.0091
Modal	2	0.584	0.8004	0.0013	0	0.8009	0.8022	0	0.0001	0.2209	0.0129	0.231	0.2211	0.022
Modal	3	0.539	0.0135	0.0094	0	0.8144	0.8116	0	0.0001	0.0038	0.7897	0.231	0.2249	0.8117
Modal	4	0.182	0.0003	0.1098	0	0.8148	0.9214	0	0.5462	0.0017	0.0068	0.7772	0.2266	0.8185
Modal	5	0.176	0.1157	0.0009	0	0.9304	0.9223	0	0.0041	0.5834	0.0016	0.7813	0.81	0.8201
Modal	6	0.164	0.0021	0.0083	0	0.9325	0.9306	0	0.0341	0.0105	0.1048	0.8155	0.8205	0.9249
Modal	7	0.112	4.864E-06	0.0095	0	0.9325	0.9401	0	0.0182	9.902E-07	0.0134	0.8336	0.8205	0.9383
Modal	8	0.098	0.0001	0.0067	0	0.9326	0.9468	0	0.0129	0.0002	0.0008	0.8465	0.8207	0.9391
Modal	9	0.096	0.0345	0.0001	0	0.9671	0.9469	0	0.0003	0.0693	6.835E-06	0.8468	0.89	0.9391
Modal	10	0.088	1.129E-05	0.0335	0	0.9671	0.9804	0	0.0852	1.506E-05	0.0084	0.9319	0.89	0.9475
Modal	11	0.079	0.0061	0.0016	0	0.9732	0.982	0	0.0045	0.02	0.0225	0.9365	0.9101	0.9701
Modal	12	0.077	0.0131	0.0005	0	0.9863	0.9825	0	0.0013	0.0410	0.0117	0.9378	0.9510	0.9817

*Fuente: Etabs 2018.*

### 3.2.3 Chequeo de la participación del 90% de la masa modal

*Figura 49: Participación modal de masa.*

Case	Mode	Period sec	SumUX	SumUY
Modal	1	0.608	0.0005	0.8009
Modal	2	0.584	0.8009	0.8022
Modal	3	0.539	0.8144	0.8116
Modal	4	0.182	0.8148	0.9214
Modal	5	0.176	0.9304	0.9223
Modal	6	0.164	0.9325	0.9306
Modal	7	0.112	0.9325	0.9401
Modal	8	0.098	0.9326	0.9468
Modal	9	0.096	0.9671	0.9469
Modal	10	0.088	0.9671	0.9804
Modal	11	0.079	0.9732	0.982
Modal	12	0.077	0.9863	0.9825

*Fuente: Etabs 2018.*

Como se puede apreciar en la figura 49, podemos darnos cuenta que existe una participación masa del 90 % a partir de quinto modo en dirección x y dirección en y.

### 3.2.4 Chequeo de traslación y rotación de la estructura.

Figura 50: Valores para chequeo de torción en planta..

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
▶	Modal	1	0.608	0.0005	0.8009	0.0091
	Modal	2	0.584	0.8004	0.0013	0.0129
	Modal	3	0.539	0.0135	0.0094	0.7897
	Modal	4	0.182	0.0003	0.1098	0.0068
	Modal	5	0.176	0.1157	0.0009	0.0016
	Modal	6	0.164	0.0021	0.0083	0.1048
	Modal	7	0.112	4.864E-06	0.0095	0.0134
	Modal	8	0.098	0.0001	0.0067	0.0008
	Modal	9	0.096	0.0345	0.0001	6.835E-06
	Modal	10	0.088	1.129E-05	0.0335	0.0084
	Modal	11	0.079	0.0061	0.0016	0.0225
	Modal	12	0.077	0.0131	0.0005	0.0117

Fuente: Etabs 2018.

MODO 1.

UY= 0.8009

RZ=0.0091

$$\frac{0.0091}{0.8009} * 100\% = 1.14\% < 30\% \therefore \mathbf{OK}$$
 Traslacional

MODO 2.

UX= 0.8004

RZ=0.0129

$$\frac{0.0129}{0.8004} * 100\% = 1.61\% < 30\% \therefore \mathbf{OK}$$
 Traslacional

MODO 3.

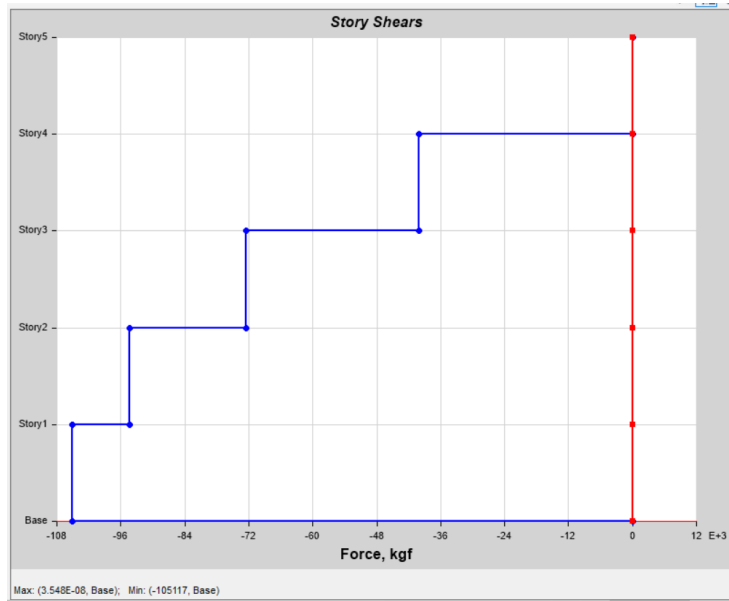
UX= 0.0135

RZ=0.7897

$$\frac{0.7897}{0.0135} * 100\% = 5849.63\% > 30\% \therefore \mathbf{OK}$$
 Rotacional

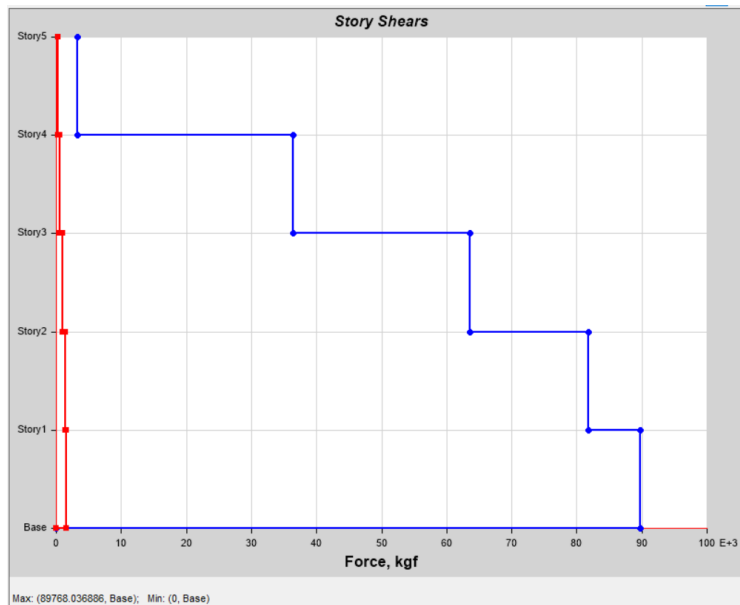
### 3.2.5 Chequeo de cortantes

**Figura 51:** Gráfica para validación de cortante estático en sentido X.



*Fuente: Etabs 2018.*

**Figura 52:** Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido X.

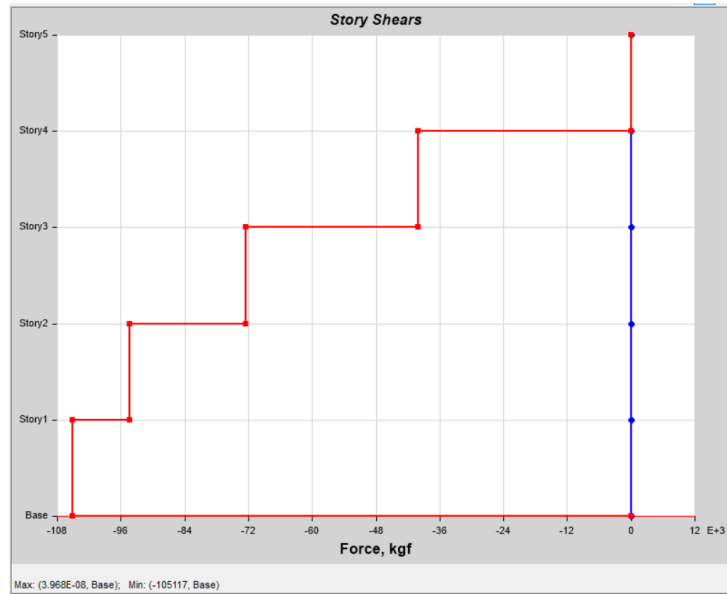


*Fuente: Etabs 2018.*

**SENTIDO X:**

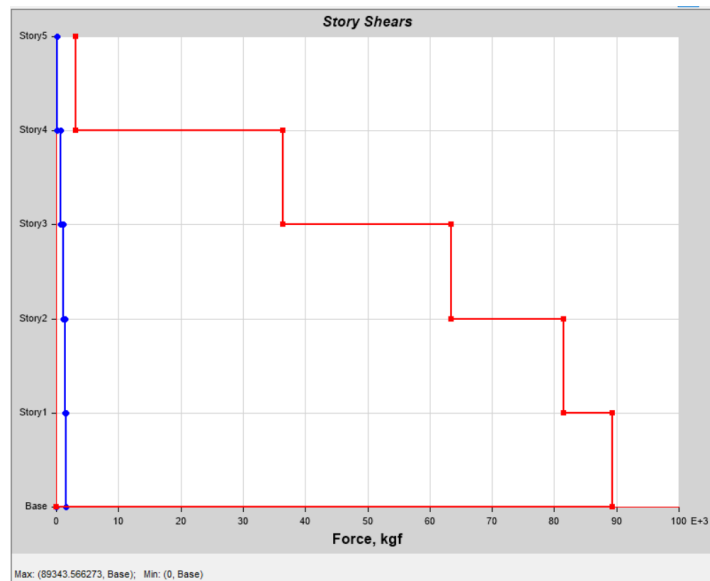
$$\frac{V_{\text{dinámico}}}{V_{\text{estático}}} = \frac{89768.04}{105117} * 100\% = 85.39\% \therefore \text{SI CUMPLE.}$$

**Figura 53:** Gráfica para validación de cortante estático en sentido Y.



**Fuente:** Etabs 2018.

**Figura 54:** Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido Y.



**Fuente:** Etabs 2018.

**SENTIDO Y:**

$$\frac{V_{dinámico}}{V_{estático}} = \frac{89343.57}{105117} * 100\% = 85\% \therefore \text{SI CUMPLE.}$$

Dentro del programa de elementos finitos se tienen los valores de los cortantes por fuerzas estáticas y por fuerzas dinámicas, como establece la NEC, el cual menciona



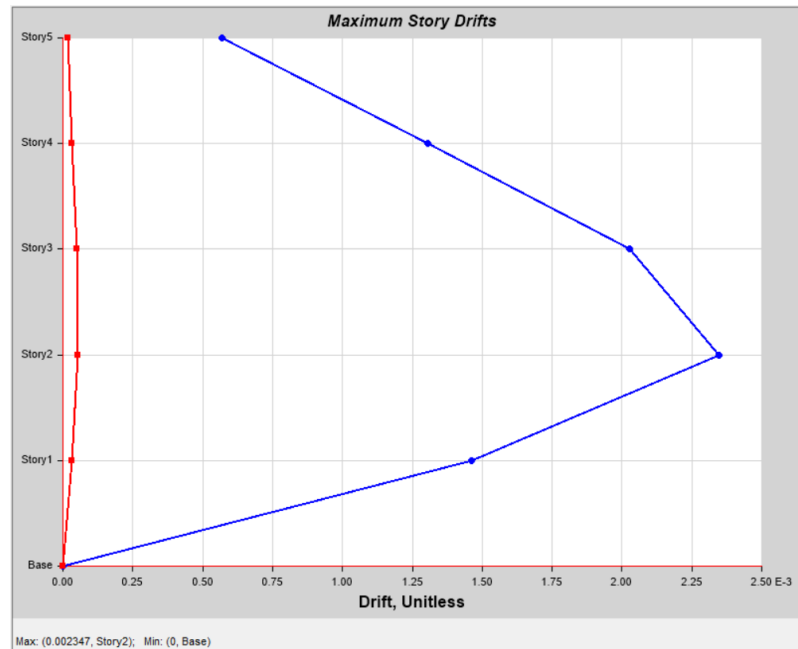
que para estructuras regulares debe ser al menos el 80% del cortante estático, por lo que se observa que en el sentido X se cumple con un valor de **85.39 %**, de la misma manera en el Sentido Y, muestra un valor de **85.00 %**, por lo que se encuentra dentro del rango que exige la norma y así se logra cumplir con la validación de los cortantes.

- ✓ V dinámico  $\geq$  80% del V estático (estructuras regulares).
- ✓ V dinámico  $\geq$  85% del V estático (estructuras irregulares)

### 3.2.6 Chequeo de derivas

La norma establece que la deriva de piso en los dos sentidos no debe ser mayor al 2%, y en la estructura se muestra que las derivas no sobrepasan el valor indicado:

*Figura 55: Gráfica para chequeo de deriva estatica en sentido X.*



*Fuente: Etabs 2018.*

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

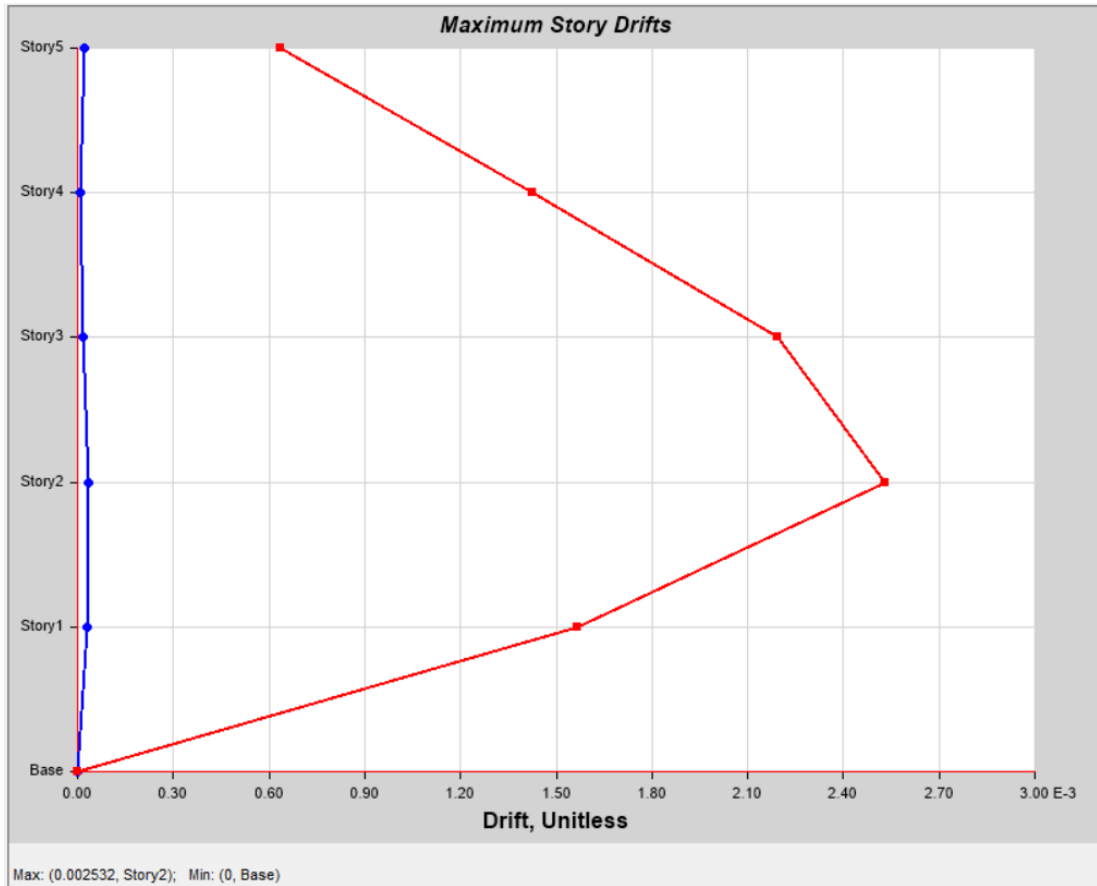
**SENTIDO X:**

$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.002347 \times 100\%$$

$$1.41 \% \leq 2\% \quad \therefore \text{OK.}$$

Figura 56: Gráfica para chequeo de deriva estática en sentido Y.



Fuente: Etabs 2018.

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

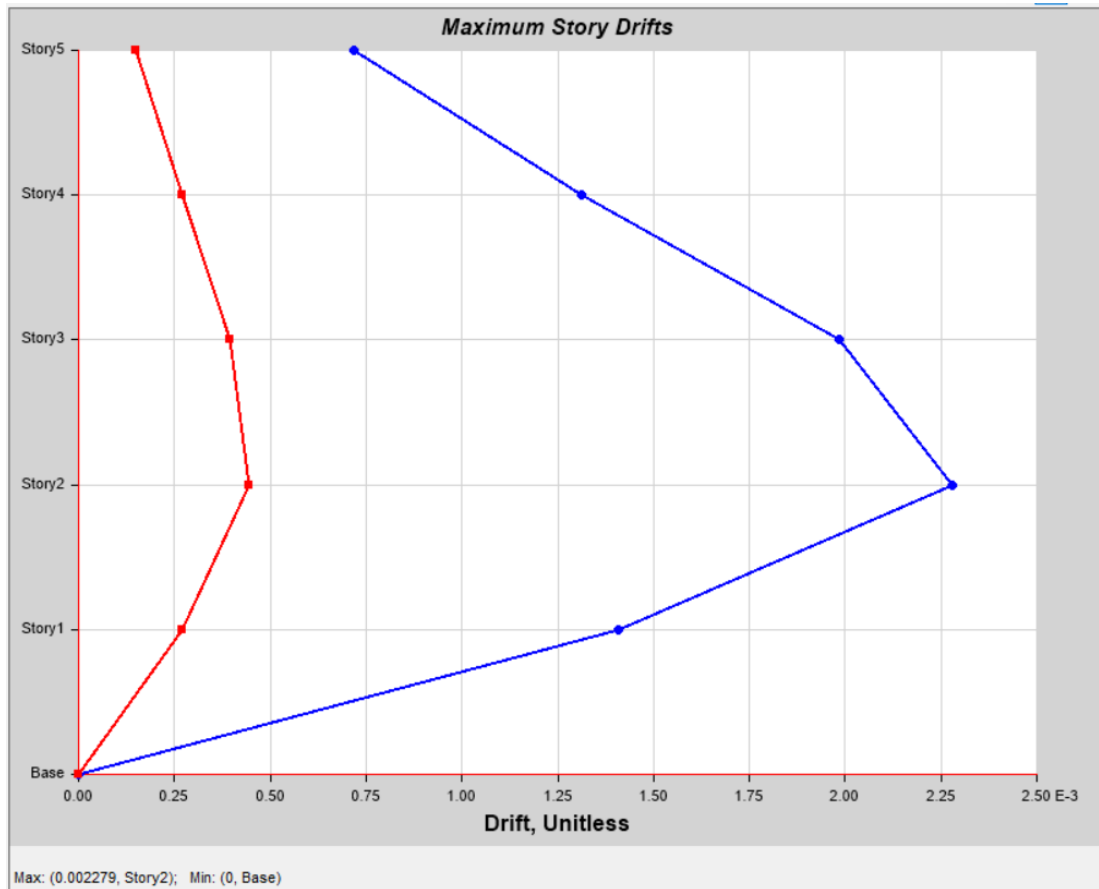
**SENTIDO Y:**

$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.002532 \times 100\%$$

$$1.52\% \leq 2\% \quad \therefore \text{OK.}$$

**Figura 57:** Gráfica para chequeo de deriva dinamica en sentido X.



*Fuente: Etabs 2018.*

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

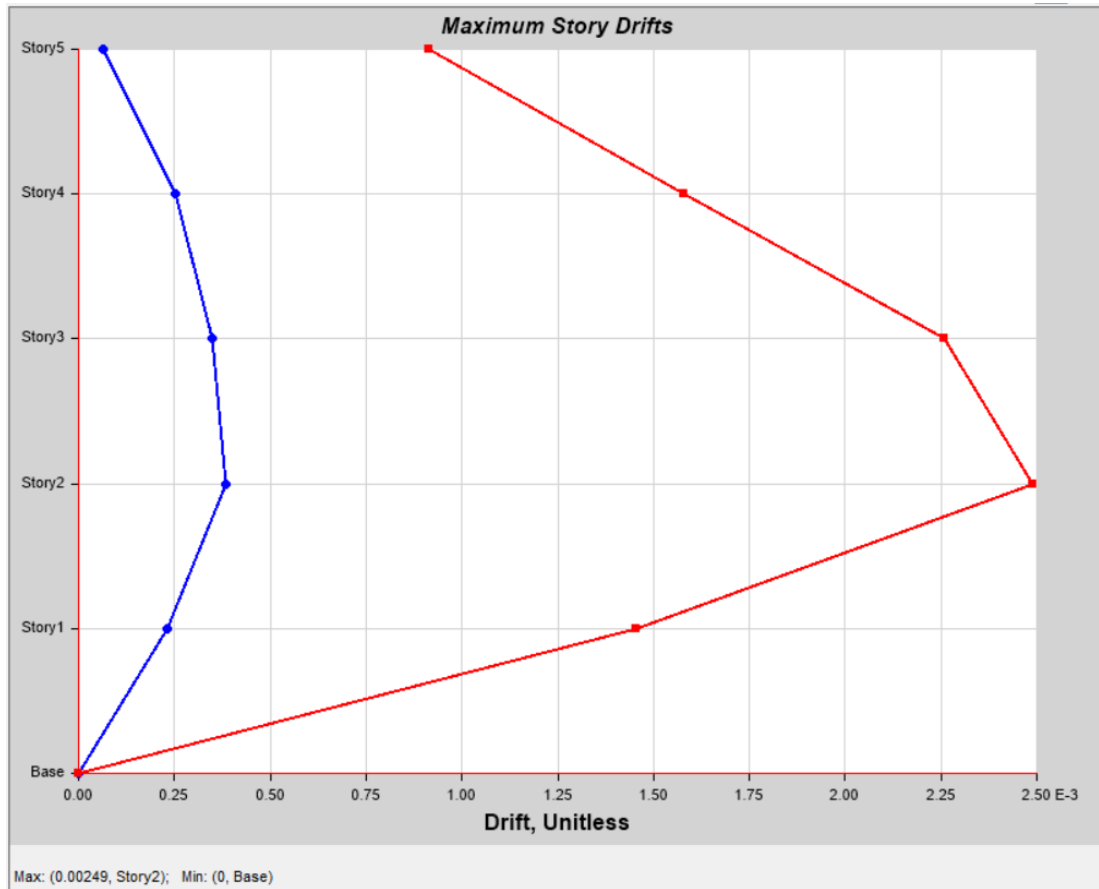
**SENTIDO X:**

$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.002279 \times 100\%$$

$$1.37\% \leq 2\% \quad \therefore \text{OK.}$$

**Figura 58:** Gráfica para chequeo de deriva dinámica en sentido Y.



*Fuente: Etabs 2018.*

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

**SENTIDO Y:**

$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.00249 \times 100\%$$

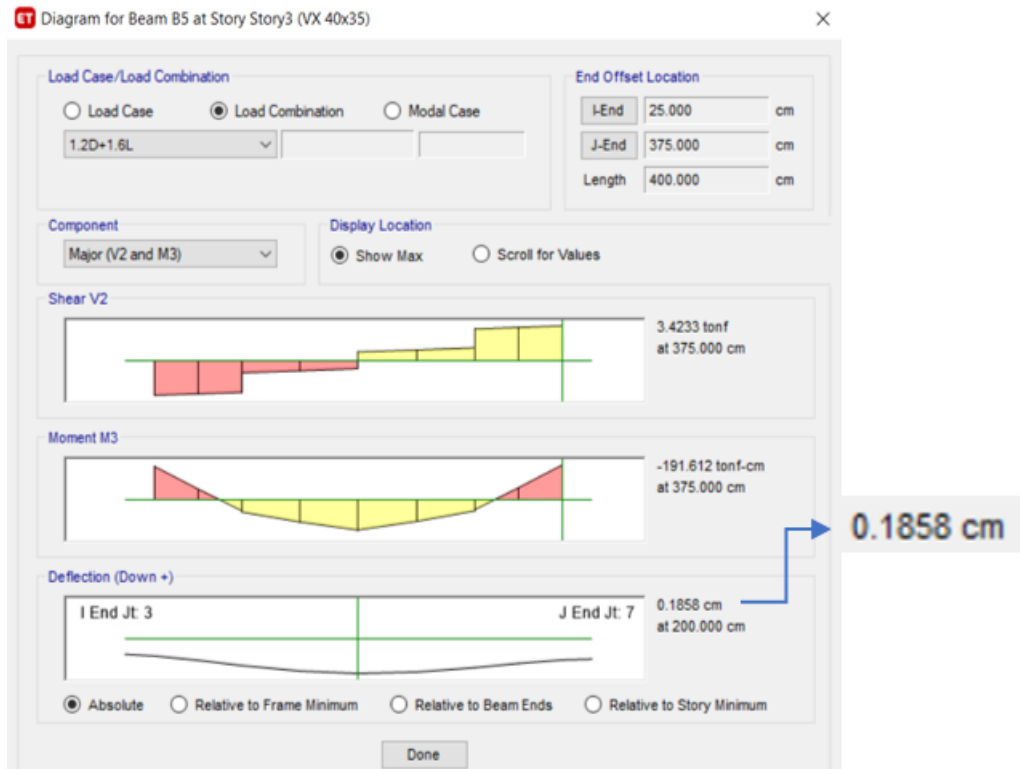
$$1.49\% \leq 2\% \quad \therefore \text{OK.}$$

### 3.2.7 Chequeo de deflexión

Basados en el código ACI-318-19, en el cual nos menciona que el chequeo se lo realiza únicamente para deformaciones que pueden ocurrir debido a una actuación de carga permanente o también llamada carga de servicio, por lo cual se toma la carga muerta y a su vez la carga viva para el posterior chequeo, y basados en la tabla 24.2.2 del

mencionado código anteriormente, evidenciamos que la deflexión calculada de la edificación, se encuentra por debajo de la deflexión máxima, por tanto pasa el chequeo de deflexión la estructura.

*Figura 59: Deflexión máxima de la edificación por elemento tipo shell.*



*Fuente: Etabs 2018.*

$$\delta < \delta_{max}$$

$$\delta_{max_{cm+cv}} = \frac{long. max}{240} = \frac{400 cm}{240} = 1.66 cm$$

$$0.1858 cm < 1.66 cm$$

### 3.2.8 Chequeo de asentamiento

Tomando los datos necesarios por parte del programa como son la fuerza y los momentos, de acuerdo a los movimientos que estos pueden generar como se presenta

en la figura 42, procedemos a la toma de valores por parte de la edificación en cada uno de sus nudos de empotramiento y a su vez con a formula del esfuerzo antes propuesta procedemos a sacar una área de zapata y la longitud por lado de cada una de nuestras zapatas y de esta manera poder obtener nuestras reacciones para trabajar en nuestro programa como se evidencia en la tabla 10 y de esta forma obtener nuestros desplazamientos en sentido vertical, pudiendo evidenciar si existe asentamiento por parte de nuestra estructura, para ello se ha optado por tomar una resistencia admisible de 16 toneladas / metro cuadrado, valor promedio obtenido de datos del municipio de la ciudad de Salcedo.

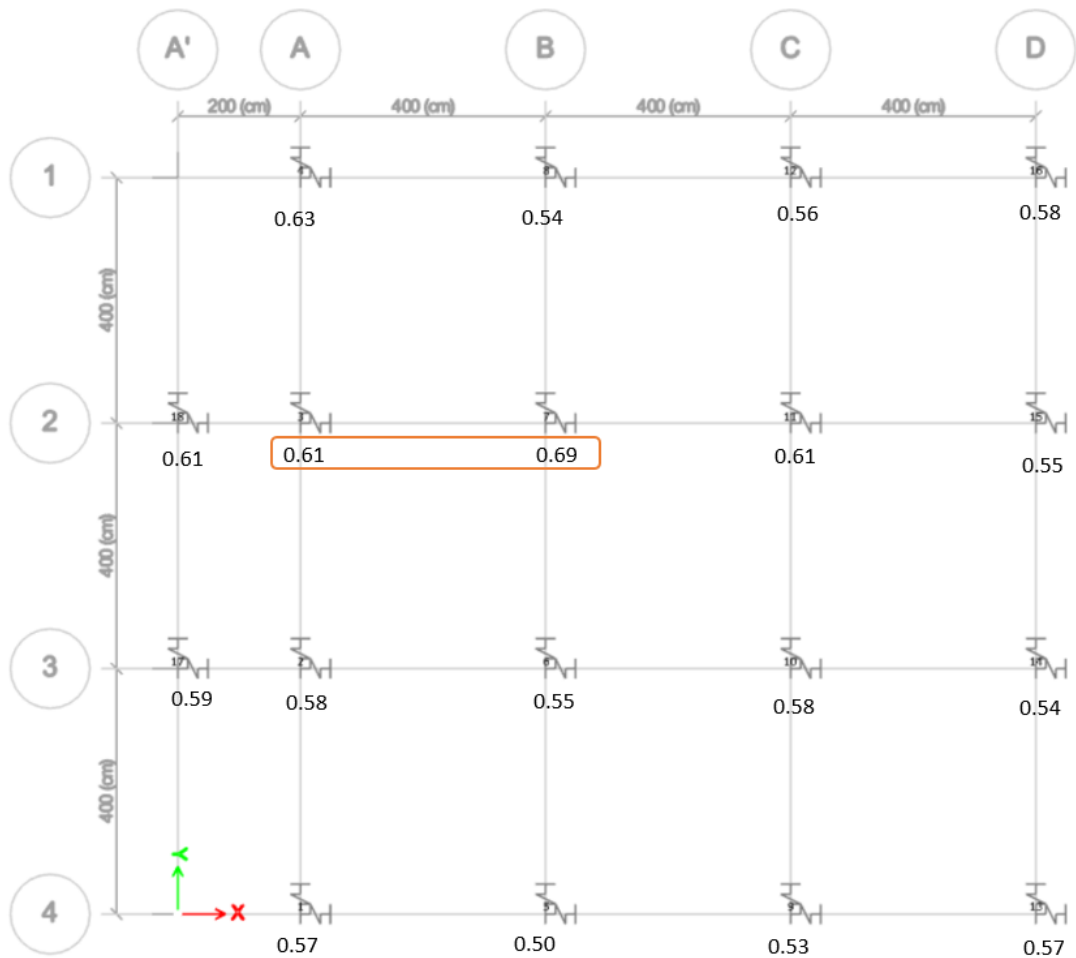
*Tabla 10. Tipo de secciones de zapata.*

Resistencia admisible del suelo							Tipos de plintos		Rx	Rz
qa	16	t/m2					P1	1.30	495	3515
							P2	1.50	878	4680
							P3	2.00	2773	8320
							P4	2.30	4851	11003
Etiqueta	FZ	MX	MY	Área	Long.	Tipo de plinto	Tamaño de plinto	q1		
	tonf	tonf-m	tonf-m							
1	28.30	0.46	0.43	2.03	1.43	P2	1.5	7.17		
2	48.47	0.08	0.58	3.48	1.87	P3	2	4.08		
3	50.13	0.03	0.63	3.60	1.90	P3	2	3.94		
4	29.95	0.50	0.48	2.15	1.47	P2	1.5	6.76		
5	40.28	0.58	0.02	2.90	1.70	P3	2	4.95		
6	58.13	0.05	0.11	4.18	2.04	P4	2.3	3.34		
7	65.16	0.13	0.10	4.68	2.16	P3	2	2.98		
8	47.18	0.77	0.02	3.39	1.84	P3	2	4.22		
9	43.72	0.68	0.00	3.14	1.77	P3	2	4.56		
10	66.03	0.08	0.11	4.75	2.18	P4	2.3	2.94		
11	67.95	0.02	0.06	4.88	2.21	P4	2.3	2.85		
12	45.54	0.73	0.05	3.27	1.81	P3	2	4.37		
13	28.44	0.46	0.47	2.04	1.43	P2	1.5	7.14		
14	44.75	0.10	0.72	3.22	1.79	P3	2	4.46		
15	44.73	0.08	0.72	3.22	1.79	P3	2	4.46		
16	28.40	0.45	0.47	2.04	1.43	P2	1.5	7.15		
17	21.40	0.21	0.08	1.54	1.24	P1	1.3	9.40		
18	21.49	0.21	0.09	1.54	1.24	P1	1.3	9.34		

*Fuente: Tesista Darwin Acosta.*

Luego del ingreso de nuestros datos como lo indica la figura 44, procedemos a la toma de resultados de desplazamiento vertical por parte de nuestra estructura y verificamos entre los valores que posean mayor diferencia uno respecto a otro, si existe asentamiento alguno por parte de la edificación, pudiendo verificar que existe asentamiento casi nulo como se muestra en la figura 60, por lo cual se aprueba como correcto el chequeo.

**Figura 60:** Valores de asentamiento de zapata.



**Fuente:** Etabs 2018.

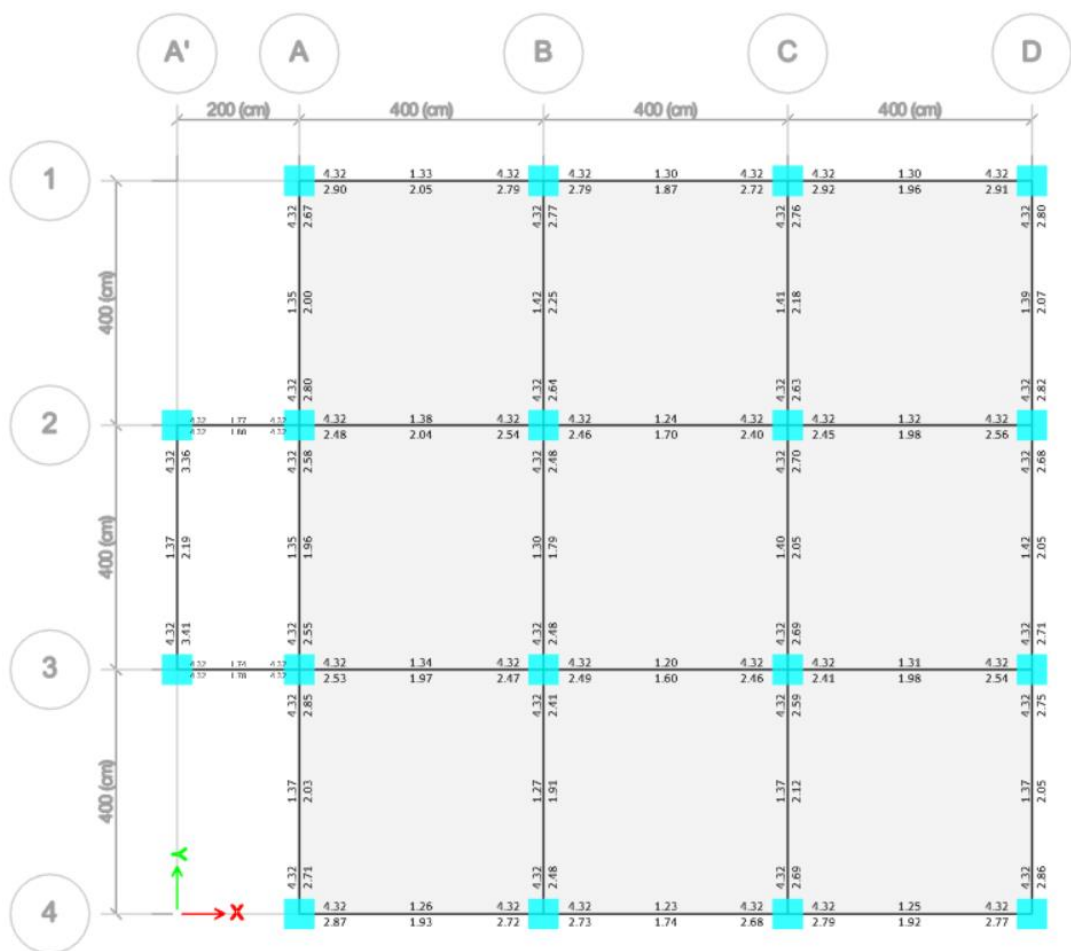
$$0.61 - 0.69 = 0.08 \text{ cm}$$

$$\frac{0.08 \text{ cm}}{400 \text{ cm}} = 0.002 * 100 = 0.02 \%$$

### 3.2.9 Diseño estructural

Para la parte correspondiente al diseño estructural, luego de haber avanzado con éxito las verificaciones correspondientes a los chequeos de servicio de la estructura, se solicita al programa que nos realice el diseño correspondiente al requerimiento de aceros en vigas, conjuntamente con sus valores, como se muestra en la figura 61.

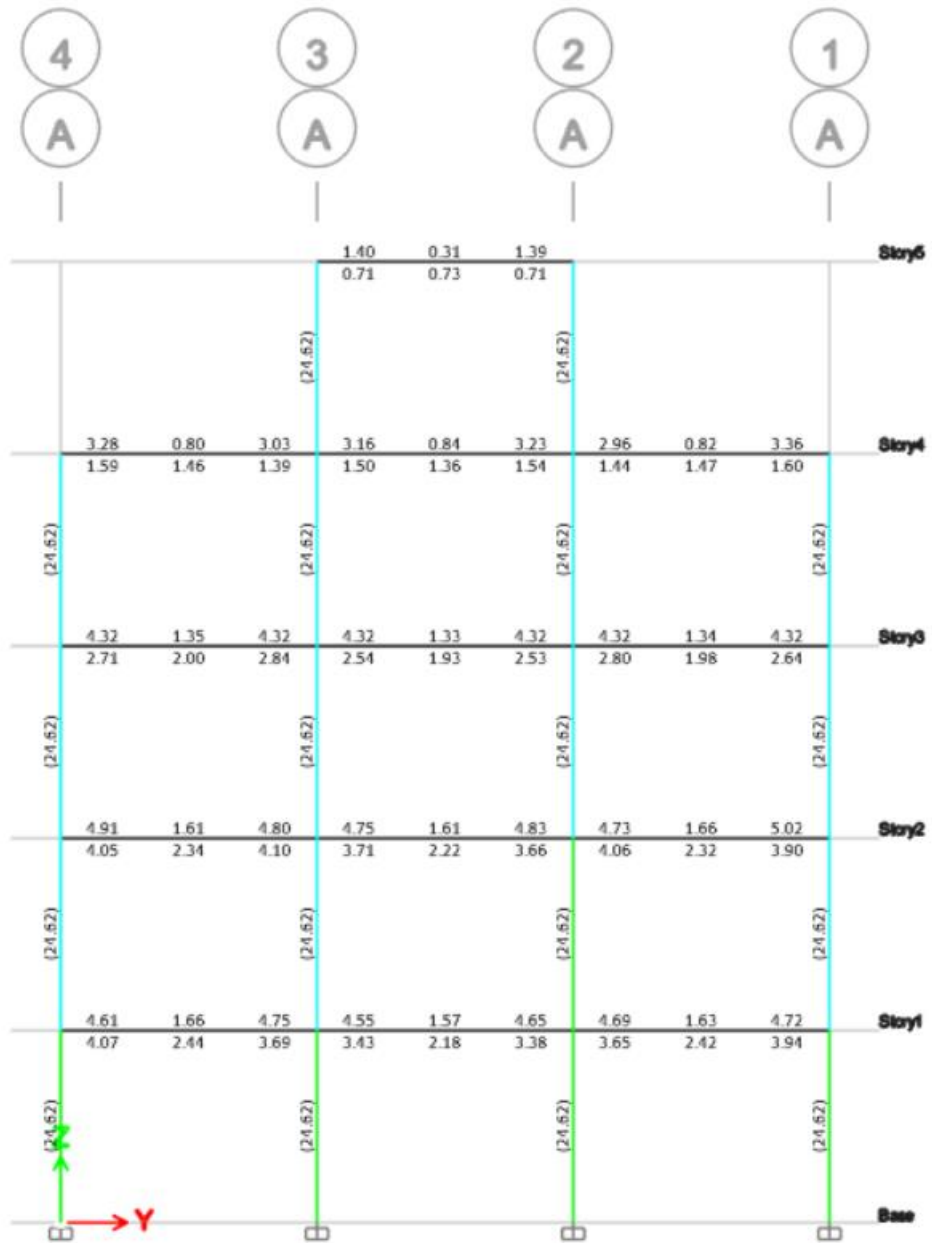
**Figura 61:** Requerimiento de aceros en vigas, vista en planta.



**Fuente:** Etabs 2018.

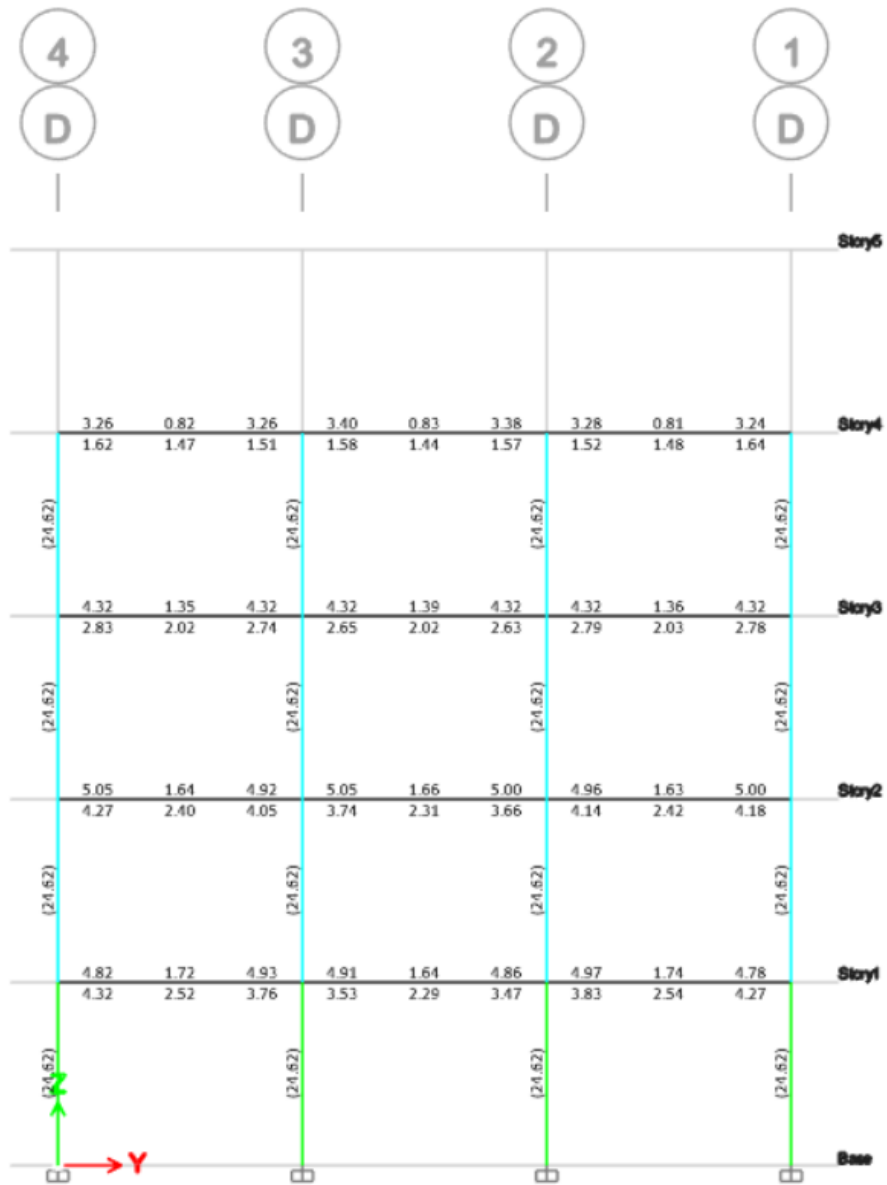


Figura 62: Requerimiento de acero en viga eje A.



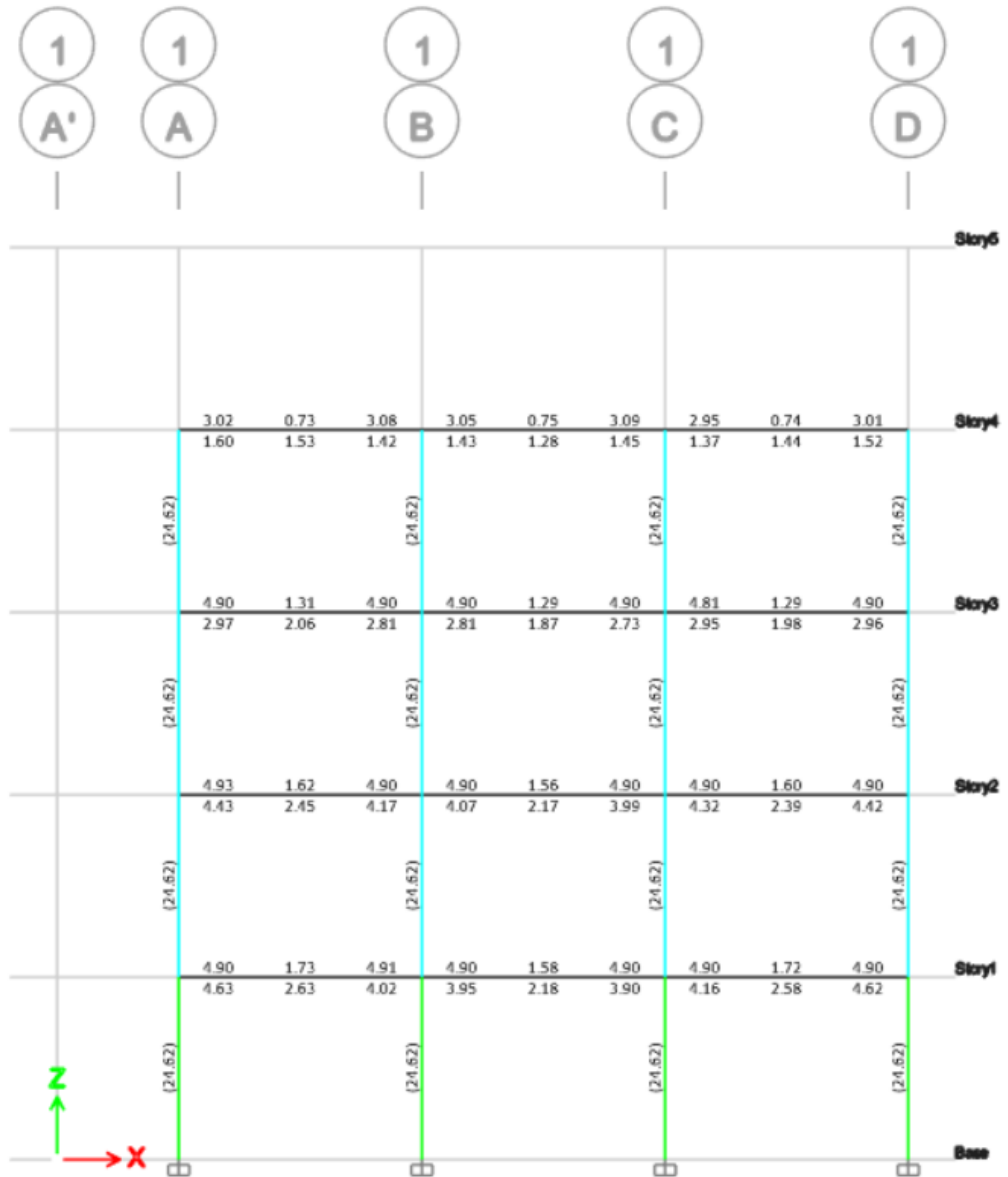
Fuente: Etabs 2018.

Figura 63: Requerimiento de acero en viga eje D.



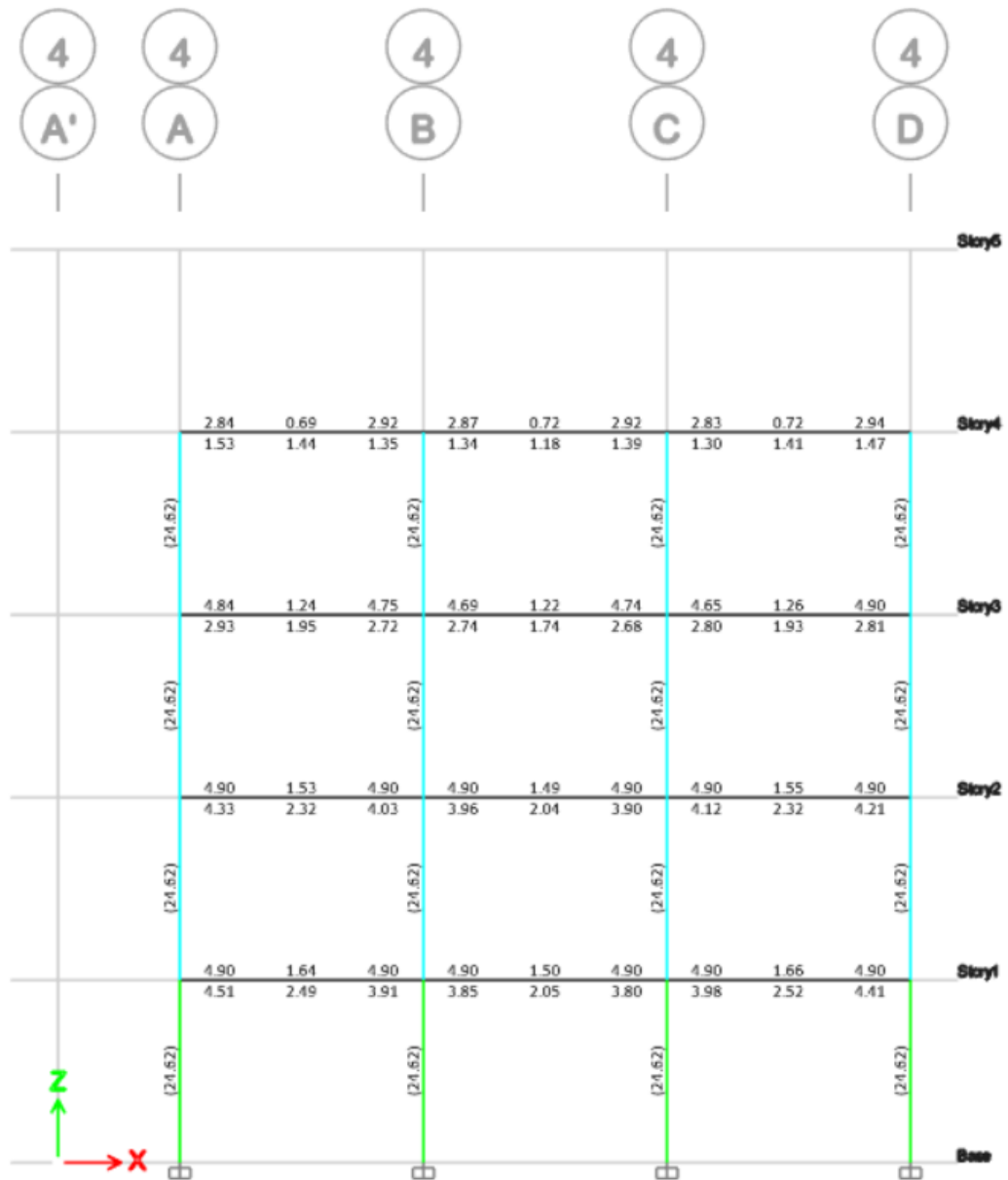
Fuente: Etabs 2018.

Figura 64: Requerimiento de acero en viga eje 1.



Fuente: Etabs 2018.

Figura 65: Requerimiento de acero en viga eje 4.

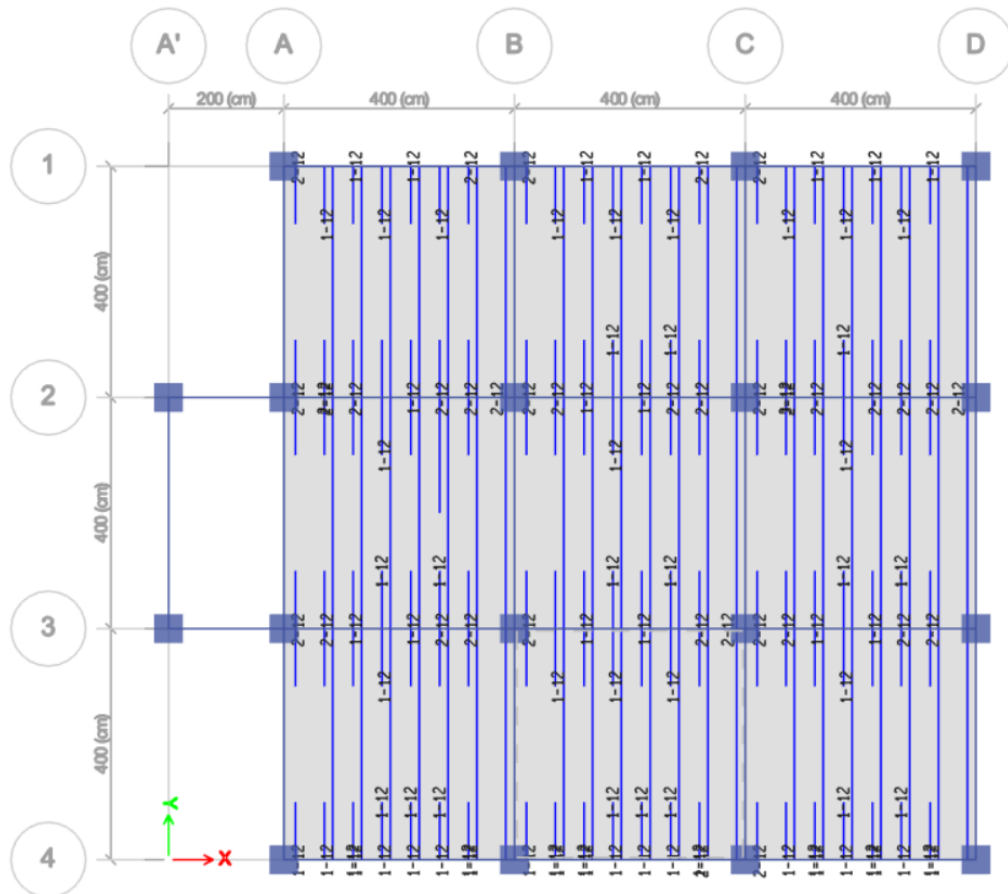


Fuente: Etabs 2018.

Luego de ello procedemos al requerimiento de aceros en losa, cabe destacar que para este paso es necesario crear líneas de esfuerzo, que al ser una losa de tipo alivianada

es necesario crearlas en cada nervio, buscando de esta manera generar un tipo de armadura necesario en cada nervio, consiguiendo de este modo el poder obtener un diseño de losa adecuado, además de ello cabe recalcar que para los requerimientos de acero en losa, la misma debe trabajar en una combinación de carga última, de esta forma se obtiene los siguientes requerimientos como se muestra en la figura 66.

*Figura 66: Requerimiento de aceros en losa.*



*Fuente: Etabs 2018.*

Tomando en cuenta que esta es una de las diferentes maneras para poder obtener la armadura de losa, mediante el software de diseño, se opta por tomar una segunda forma fundamentada por la teoría de diseño de losa por el método de Marcus y de esta manera poder realizar una comparación con un distinto modelo de cálculo, y poder observar si presentan resultados similares, como se detalla a continuación.

Para partir de este tipo de cálculo es necesario conocer la carga última producida por la estructura, cabe destacar que el análisis de carga utilizado para este modelo de

cálculo se lo toma de la parte referente al análisis de carga del proceso del prediseño expuesto en hojas iniciales, además de ello se toma el tablero que posee mayor cantidad de carga como lo es el tablero 6, expuesto en la figura 17.

### **CÁLCULO DE LA CARGA MAYORADA**

$$U = 1.2CM + 1.6CV$$

$$U = 1.2(637.28) \frac{kg}{m^2} + 1.6(200) \frac{kg}{m^2}$$

$$U = 1084.74 \frac{kg}{m^2}$$

### **DISEÑO DE LOSA POR MÉTODO DE MARCUS**

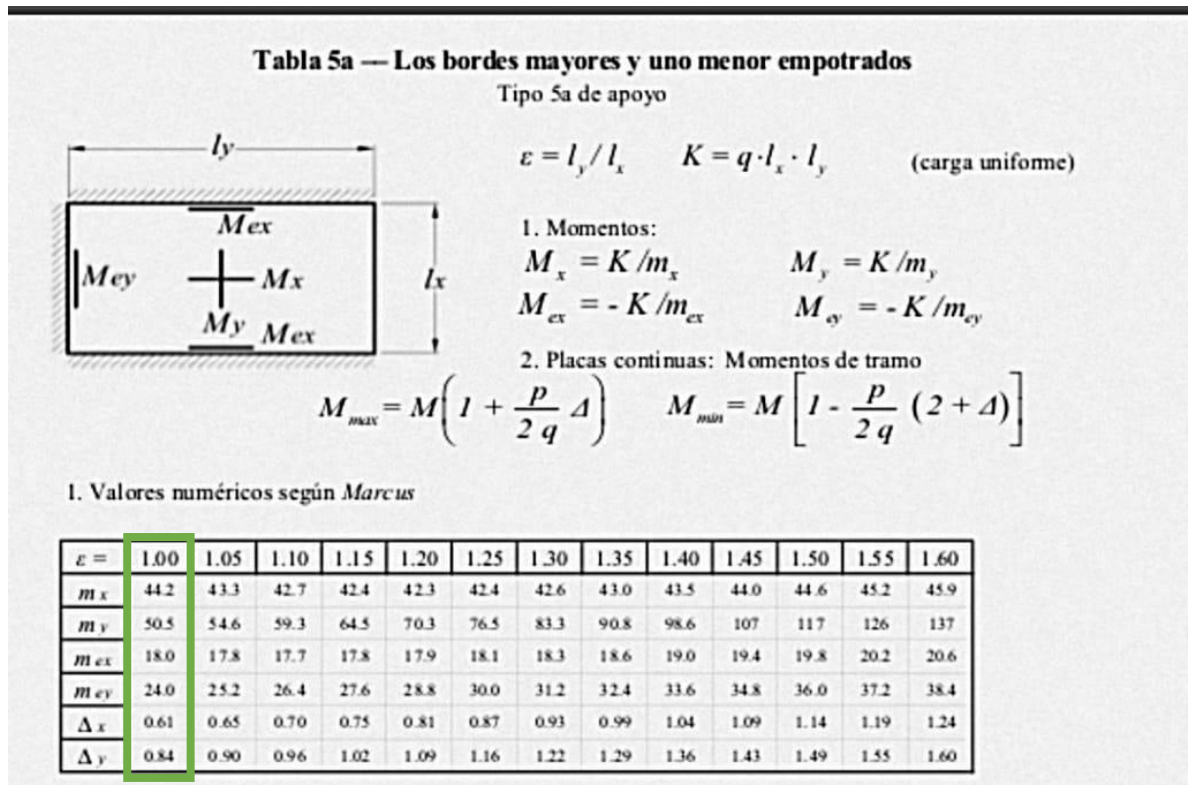
#### **CÁLCULO DE $\epsilon$**

$$\epsilon = \frac{Ly}{Lx}$$

$$\epsilon = \frac{4.00m}{4.00m}$$

$$\epsilon = 1.00m$$

Figura 67: Tabla de Marcus de acuerdo a las condiciones de contorno.



Fuente: Método de Marcus.

**SEGÚN LA TABLA PARA  $\epsilon = 1.00$**

$m_x = 42.20$

$m_y = 50.50$

$m_{ex} = 18.00$

$m_{ey} = 24.00$

$\Delta_x = 0.61$

$\Delta_y = 0.84$

**CÁLCULO DE CONSTANTE K**

$K = q * L_x * L_y$

$K = 1084.74 \frac{kg}{m^2} * 4.00 m * 4.00 m$

$K = 17355.84 kg$

### **CÁLCULO M<sub>x</sub> POSITIVO**

$$M_{x+} = \frac{k}{m_x}$$

$$M_{x+} = \frac{17355.84}{42.20}$$

$$M_{x+} = 411.28 \text{ kg.m}$$

### **CÁLCULO DE M<sub>y</sub> POSITIVO**

$$M_{y+} = \frac{k}{m_y}$$

$$M_{y+} = \frac{17355.84}{50.50}$$

$$M_{y+} = 343.68 \text{ kg.m}$$

### **CÁLCULO DE M<sub>ex</sub> NEGATIVO**

$$M_{ex-} = -\frac{k}{m_{ex}}$$

$$M_{ex} = -\frac{17355.84}{18.00}$$

$$M_{ex} = -964.21 \text{ kg.m}$$

### **CÁLCULO DE M<sub>ey</sub> NEGATIVO**

$$M_{ey} = -\frac{k}{m_{ey}}$$

$$M_{ey} = -\frac{17355.84}{24.00}$$

$$M_{ey} = -723.16 \text{ kg.m}$$

### **MOMENTOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS**

$$P = 1.6(CV)$$

$$P = 1.6(200 \text{ kg/m}^2)$$

$$P = 320 \text{ kg/m}^2$$



$$M_{x\max}^+ = M^+ * \left(1 + \frac{P}{2 * q} * \Delta x\right)$$

$$M_{x\max}^+ = 411.28 \text{ kg} * m * \left(1 + \frac{320\text{kg}}{2 * 1084.74 \text{ kg/m}^2} * 0.61\right)$$

$$M_{x\max}^+ = 448.29 \text{ kg} * m$$

$$M_{x\min}^+ = M^+ * \left(1 - \frac{P}{2 * q} * (2 + \Delta x)\right)$$

$$M_{x\min}^+ = 411.28 \text{ kg} * m * \left(1 - \frac{320\text{kg}}{2 * 1084.74 \text{ kg/m}^2} * (2 + 0.61)\right)$$

$$M_{x\min}^+ = 252.95 \text{ kg} * m$$

$$M_{y\max}^+ = M_{y^+} * \left(1 + \frac{P}{2 * q} * \Delta y\right)$$

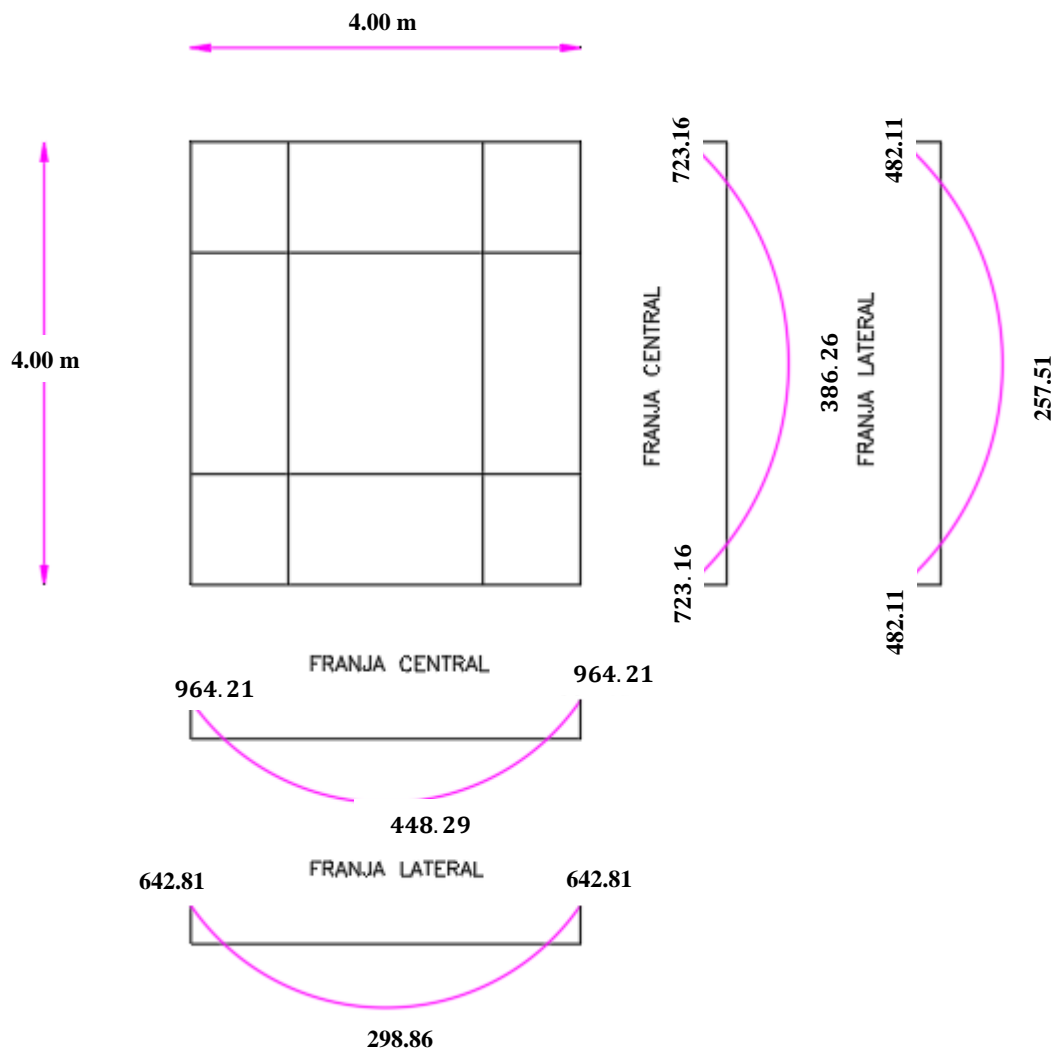
$$M_{y\max}^+ = 343.68 \text{ kg} * m * \left(1 + \frac{320\text{kg}}{2 * 1084.74 \text{ kg/m}^2} * 0.84\right)$$

$$M_{y\max}^+ = 386.26 \text{ kg} * m$$

$$M_{y\min}^+ = M_{y^+} * \left(1 - \frac{P}{2 * q} * (2 + \Delta y)\right)$$

$$M_{y\min}^+ = 343.68 \text{ kg} * m * \left(1 - \frac{320\text{kg}}{2 * 1084.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}} * (2 + 0.84)\right)$$

$$M_{y\min}^+ = 199.71 \text{ kg} * m$$



**Para M+ tomar el mayor calculado**

- Para calcular los momentos para la franja o faja lateral utilizamos los 2/3 de los momentos de la franja central ( $2/3 \cdot M+$  y  $M-$ )

### CHEQUEO A FLEXIÓN

$$P_{max} = 0.5Pb$$

$$Pb = 0.85(B1) \frac{f'c}{fy} \left( \frac{6100}{6100 + fy} \right)$$

$$B1 = 1.05 - \frac{240 \text{ kg/cm}^2}{1400}$$

$$B1 = 0.88$$

$$0.65 < B1 < 0.85$$

$$B1 = 0.85$$

$$Pb = 0.85(0.85) \frac{240kg/cm^2}{4200kg/cm^2} \left( \frac{6100}{6100 + 4200} \right)$$

$$Pb = 0.02445$$

$$Pmax = 0.5(Pb)$$

$$Pmax = 0.5(0.02445)$$

$$Pmax = 0.0122$$

$$Pasumido = 0.012$$

$$w = \frac{0.012 * 4200kg/cm^2}{240kg/cm^2}$$

$$w = 0.21$$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\phi * f'c * b * w * (1 - 0.59w)}} =$$

$$d = \sqrt{\frac{964.21 * 100Kgcm}{0.9 * 240 kg/cm^2 * 20cm * 0.21 * (1 - 0.59(0.21))}} =$$

$$d = 11.01 cm$$

$$H = d + r$$

$$H = 11.01cm + 2.5cm = 13.51cm \Rightarrow 20 cm$$

$$d_{asumido} = H - r$$

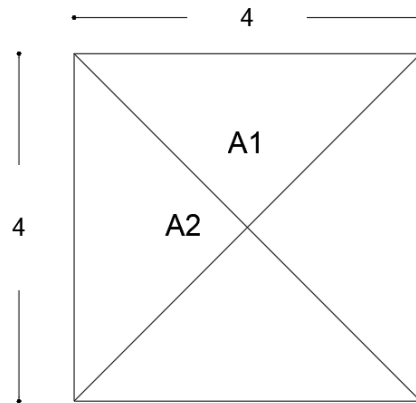
$$dasumido = 20 cm - 2.5 cm = 17.5 cm$$

$$d < d_{asumido}$$

$$13.51 cm < 17.5 cm$$

“No falla a flexión”

**CHEQUEO A CORTE**



$$A1 = \frac{b * h}{2}$$

$$A1 = \frac{(4.00m * 2.00m)}{2}$$

$$A1 = 4.00 m^2$$

$$A2 = \frac{(b) * h}{2}$$

$$A2 = \frac{(4.00m * 2.00m)}{2}$$

$$A2 = 4.00 m^2$$

#### CALCULO DE CORTANTES

$$Vu1 = \frac{A1 * qu}{L}$$

$$Vu1 = \frac{4.00m^2 * 1084.74 kg/m}{4.00 m}$$

$$Vu1 = 1084.74 kg$$

$$Vu2 = \frac{A2 * qu}{L}$$

$$Vu2 = \frac{4.00 m^2 * 1084.74 kg/m}{4.00 m}$$

$$Vu2 = 1084.74 kg$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.53\sqrt{240} \text{ Kg/m}^2 * 20\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$V_c = 2873.75 \text{ kg}$$

$$0.75 * 2873.75\text{kg} \geq 1490.79\text{kg}$$

$$2155.32 \text{ kg} > 1490.79 \text{ kg}$$

“no falla a corte”

### CÁLCULO DE AS

$$A_{s_{\text{máx}}} = P_{\text{máx}} * b * d$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0.0122 * 20 \text{ cm} * 17.5 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 4.20 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = P_{\text{min}} * b * d$$

$$A_{s_{\text{min}}} = 0.00333 * 20 \text{ cm} * 17.5 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\text{min}}} = 1.16 \text{ cm}^2$$

**x-x'**

### FRANJA CENTRAL

$$k_1 = 0.85 * f'c * b * d$$

$$k_1 = 0.85 * \frac{240\text{kg}}{\text{cm}^2} * 20\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$k_1 = 71400 \text{ kg}$$

$$A_{s1} = \frac{k_1}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi * k * d}}\right)$$

$$A_{s1} = \frac{71400 \text{ kg}}{4200\text{kg/cm}^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(964.21 * 100 \text{ kg} * \text{cm})}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$A_{s1} = 1.53 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero negativo} = 1\emptyset 14 = 1.54 \text{ cm}^2 \quad 1\emptyset 14 \text{ C/NERVIO}=1.54$$

$$As2 = \frac{k1}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\phi * k * d}}\right)$$

$$As2 = \frac{71400 \text{ kg}}{4200 \text{ kg/cm}^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(448.29 * 100 \text{ kgcm})}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$As2 = 0.69 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero positivo} = 1\phi 12 = 1.13 \text{ cm}^2 \text{ } 1\phi 12\text{C/NERVIO}=1.13$$

### FRANJA LATERAL

$$Mu = 642.81 \text{ kg} * m$$

$$As1 = \frac{k1}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\phi * k * d}}\right)$$

$$As1 = \frac{71400 \text{ kg}}{4200 \text{ kg/cm}^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(642.81 * 100 \text{ kg} * \text{cm})}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$As1 = 1.00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero negativo} = 1\phi 12 = 1.13 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero negativo} = 1\phi 12 = 1.13 \text{ cm}^2 \text{ EN CADA NERVIO}$$

$$Mu = 298.86 \text{ kg} * m$$

$$As2 = \frac{k1}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\phi * k * d}}\right)$$

$$As2 = \frac{71400 \text{ kg}}{4200 \text{ kg/cm}^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(298.86 * 100 \text{ kgcm})}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$As2 = 0.46 \text{ cm}^2$$

$$\text{Acero positivo} = 1\phi 12 = 1.13 \text{ cm}^2 \text{ EN CADA NERVIO}$$

y-y'

### FRANJA CENTRAL

$$k1 = 0.85 * f'c * b * d$$

$$k1 = 0.85 * \frac{240kg}{cm^2} * 20cm * 17.5cm$$

$$k1 = 71400 kg$$

$$As1 = \frac{k1}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\phi * k * d}}\right)$$

$$As1 = \frac{71400 kg}{4200kg/cm^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(723.16 * 100 kg * cm)}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$As1NEG = 1.24 cm^2$$

$$Acero negativo = 2\emptyset12 = 2.26 cm^2 \quad 1\emptyset12 \text{ EN CADA NERVIO}$$

$$Mu = 386.26 kg * m$$

$$As2 = \frac{k1}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\phi * k * d}}\right)$$

$$As2 = \frac{71400 kg}{4200kg/cm^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(386.26 * 100kgcm)}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$As2POS = 0.59 cm^2$$

$$Acero positivo = 1\emptyset12 = 1.13 cm^2 \text{ EN CADA NERVIO}$$

### FRANJA LATERAL

$$Mu = 482.11 kg * m$$

$$As1 = \frac{k1}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\phi * k * d}}\right)$$

$$As1 = \frac{71400 kg}{4200kg/cm^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(482.11 * 100 kg * cm)}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$As1NEG = 0.75 cm^2$$

$$Acero negativo = 1\emptyset12 = 1.13 cm^2 \text{ EN CADA NERVIO}$$

$$Mu = 257.51 \text{ kg} * m$$

$$As2 = \frac{k1}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\phi * k * d}}\right)$$

$$As2 = \frac{71400 \text{ kg}}{4200 \text{ kg/cm}^2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(257.51 * 100 \text{ kgcm})}{0.9 * 71400 * (17.5)}}\right)$$

$$As2POS = 0.39 \text{ cm}^2$$

Acero positivo = 1Ø12 = 1.13 cm<sup>2</sup> EN CADA NERVIO

Tabla 11: Resumen de aceros de losa.

RESUMEN DE ACEROS PARA LOSA					
Orientación	Mu(kg-m)	As (calculado)	As(mínimo)	Nº de varillas	As Total(cm <sup>2</sup> )
<b>Faja Central X</b>	964.21	1.53	1.53	2Ø12mm	2.26
	448.29	0.69	1.12	1Ø12mm	1.13
<b>Faja Lindero X</b>	642.81	1.00	1.12	1Ø12mm	1.13
	298.86	0.46	1.12	1Ø12mm	1.13
<b>Faja Central Y</b>	723.16	1.24	1.24	2Ø12mm	2.26
	386.26	0.59	1.12	1Ø12mm	1.13
<b>Faja Lindero Y</b>	482.11	0.75	1.12	1Ø12mm	1.13
	257.51	0.39	1.12	1Ø12mm	1.13

Fuente: Tesista Darwin Acosta.

### 3.3 ANÁLISIS DE MODELAMIENTO TIPO MEMBRANA

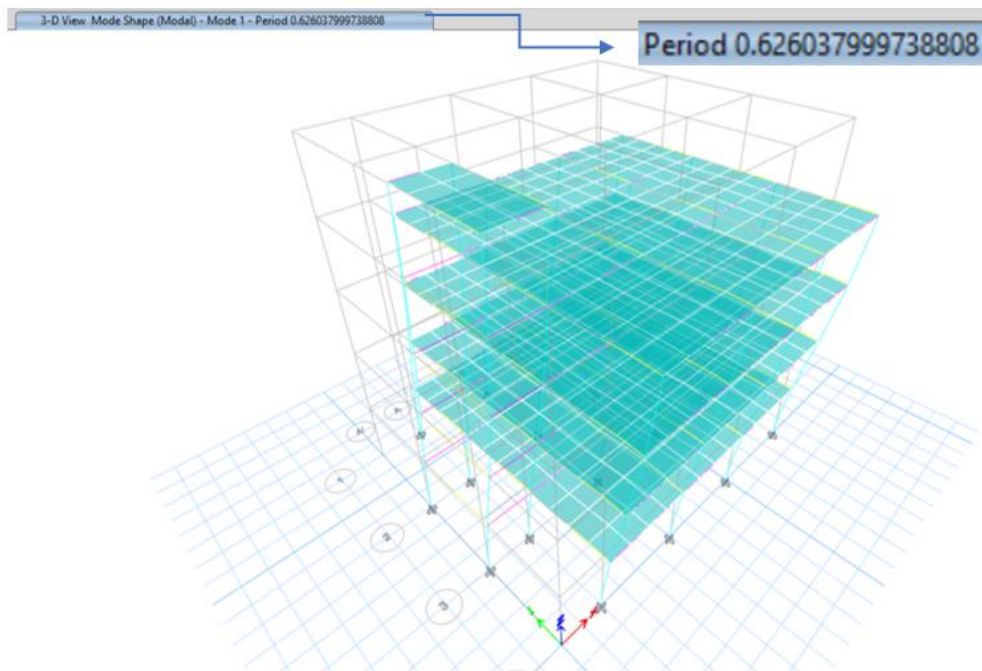
De igual manera luego de haber realizado los chequeos del modelado por elemento tipo shell, se procede al cálculo de periodo fundamental de vibración del modelado por elemento tipo membrana, dando este como una primera observación que el periodo fundamental con los mismo datos propuestos por el modelado tipo shell, no llega a cumplir con los rangos mencionados en la tabla 6, referente al análisis sísmico, ya que es necesario bajar el periodo para que la estructura sea eficiente, como lo mencionado



en la norma NEC, por lo que es necesario aumentar sección a algún elemento estructural que cumpla con los parámetros exigidos en la norma, con la finalidad de pasar el primer chequeo, con lo cual al aumentar sección en viga, es suficiente para lograr bajar el periodo y de esta forma poder pasar el primer chequeo con las secciones antes mencionadas en la tabla 9, dando un valor de periodo como se muestra en la figura 68, el cual es aceptable.

### 3.3.1 Periodo fundamental de vibración

*Figura 68: Periodo fundamental de la estructura.*



*Fuente: Etabs 2018.*

### 3.3.2 Validación de datos de participación modal

*Figura 69: Valores de participación modal.*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.626	5.073E-07	0.8095	0	5.073E-07	0.8095	0	0.2292	0	0.0001	0.2292	0	0.0001
Modal	2	0.595	0.8071	0	0	0.8071	0.8095	0	2.131E-05	0.2243	0.0057	0.2292	0.2243	0.0058
Modal	3	0.531	0.0056	0.0001	0	0.8127	0.8097	0	0.0028	0.8092	0.0016	0.232	0.2259	0.815
Modal	4	0.186	4.483E-05	0.1176	0	0.8127	0.9273	0	0.5737	0.0002	0.0016	0.8057	0.2262	0.8166
Modal	5	0.179	0.1187	0.0001	0	0.9314	0.9274	0	0.0005	0.588	0.001	0.8063	0.8142	0.8176
Modal	6	0.163	0.0011	0.0026	0	0.9325	0.9301	0	0.008	0.0055	0.1093	0.8142	0.8197	0.9269
Modal	7	0.11	9.307E-06	0.0113	0	0.9325	0.9414	0	0.0196	6.433E-06	0.013	0.8338	0.8197	0.94
Modal	8	0.097	0.0358	2.72E-05	0	0.9683	0.9414	0	0.0001	0.0732	1.822E-05	0.8339	0.8929	0.94
Modal	9	0.095	1.323E-05	0.0124	0	0.9683	0.9538	0	0.0267	2.824E-05	0	0.8605	0.8929	0.94
Modal	10	0.089	2.084E-05	0.0267	0	0.9683	0.9805	0	0.0715	3.261E-05	0.0093	0.9321	0.8929	0.9493
Modal	11	0.079	0.0119	0.0009	0	0.9802	0.9814	0	0.003	0.0394	0.0104	0.9351	0.9323	0.9597
Modal	12	0.078	0.006	0.0015	0	0.9863	0.9829	0	0.0048	0.0194	0.0238	0.9399	0.9517	0.9634

*Fuente: Etabs 2018.*

### 3.3.3 Chequeo de la participación del 90% de la masa modal

*Figura 70: Participación modal de masa.*

	Case	Mode	Period sec	SumUX	SumUY
▶	Modal	1	0.626	5.073E-07	0.8095
	Modal	2	0.595	0.8071	0.8095
	Modal	3	0.531	0.8127	0.8097
	Modal	4	0.186	0.8127	0.9273
	Modal	5	0.179	0.9314	0.9274
	Modal	6	0.163	0.9325	0.9301
	Modal	7	0.11	0.9325	0.9414
	Modal	8	0.097	0.9683	0.9414
	Modal	9	0.095	0.9683	0.9538
	Modal	10	0.089	0.9683	0.9805
	Modal	11	0.079	0.9802	0.9814
	Modal	12	0.078	0.9863	0.9829

*Fuente: Etabs 2018.*

Como se puede apreciar en la figura 56, podemos darnos cuenta que existe una participación masa del 90 % a partir de quinto modo en dirección X y dirección en Y.

### 3.3.4 Chequeo de traslación y rotación de la estructura.

*Figura 71: Valores para chequeo de torción en planta..*

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
▶	Modal	1	0.626	5.073E-07	0.8095	0.0001
	Modal	2	0.595	0.8071	0	0.0057
	Modal	3	0.531	0.0056	0.0001	0.8092
	Modal	4	0.186	4.483E-05	0.1176	0.0016
	Modal	5	0.179	0.1187	0.0001	0.001
	Modal	6	0.163	0.0011	0.0026	0.1093
	Modal	7	0.11	9.307E-06	0.0113	0.013
	Modal	8	0.097	0.0358	2.72E-05	1.822E-05
	Modal	9	0.095	1.323E-05	0.0124	0
	Modal	10	0.089	2.084E-05	0.0267	0.0093
	Modal	11	0.079	0.0119	0.0009	0.0104
	Modal	12	0.078	0.006	0.0015	0.0238

*Fuente: Etabs 2018.*

MODO 1.

UY= 0.8095

RZ=0.0001

$$\frac{0.0001}{0.8095} * 100\% = 0.01\% < 30\% \therefore \mathbf{OK}$$
 Traslacional

MODO 2.

UX= 0.8071

RZ=0.0057

$$\frac{0.0057}{0.8071} * 100\% = 0.70\% < 30\% \therefore \mathbf{OK}$$
 Traslacional

MODO 3.

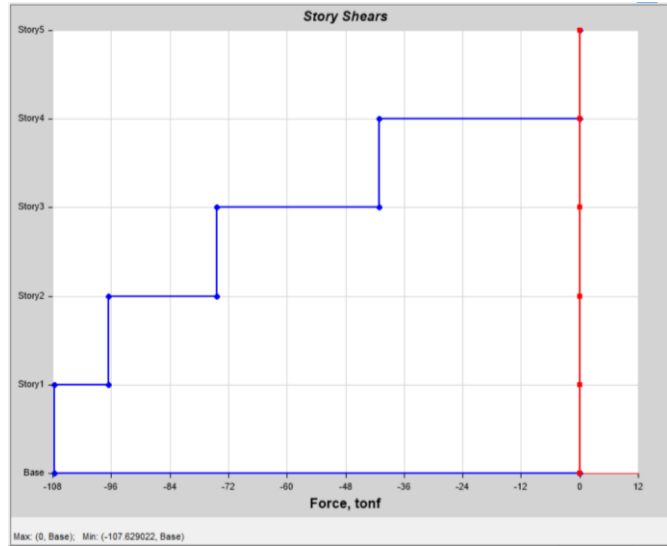
UX= 0.0056

RZ=0.8092

$$\frac{0.8092}{0.0056} * 100\% = 14450\% > 30\% \therefore \mathbf{OK}$$
 Rotacional

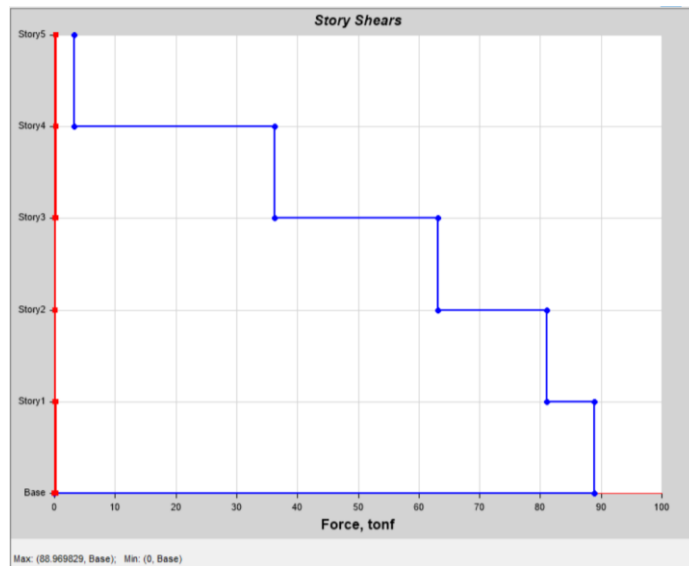
### 3.3.5 Chequeo de cortantes

**Figura 72:** Gráfica para validación de cortante estático en sentido X.



*Fuente: Etabs 2018.*

**Figura 73:** Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido X.

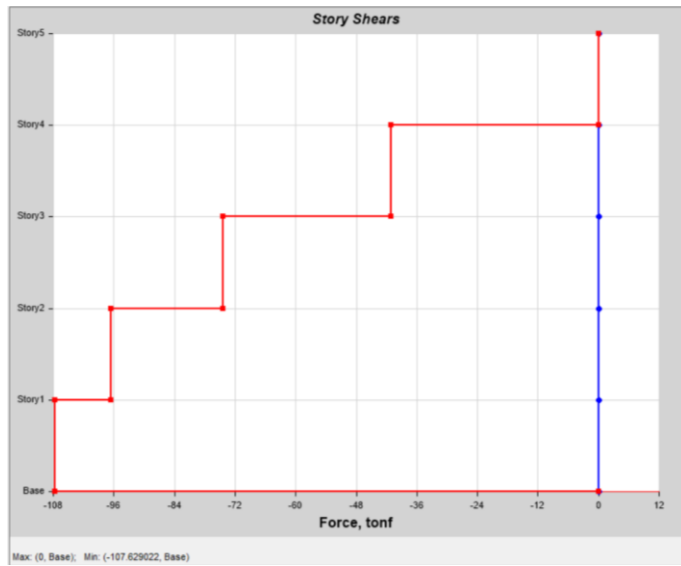


*Fuente: Etabs 2018.*

**SENTIDO X:**

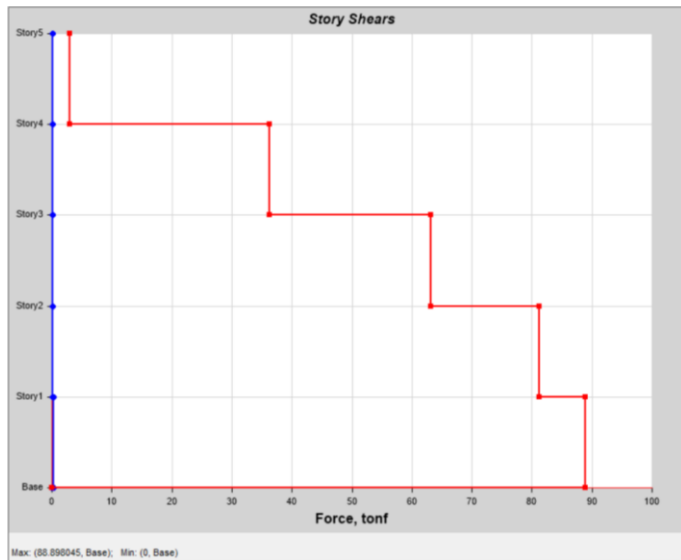
$$\frac{V_{dinámico}}{V_{estático}} = \frac{88969}{107629} * 100\% = 82.66\% \therefore \text{SI CUMPLE.}$$

**Figura 74:** Gráfica para validación de cortante estático en sentido Y.



**Fuente:** Etabs 2018.

**Figura 75:** Gráfica para validación de cortante dinámico en sentido Y.



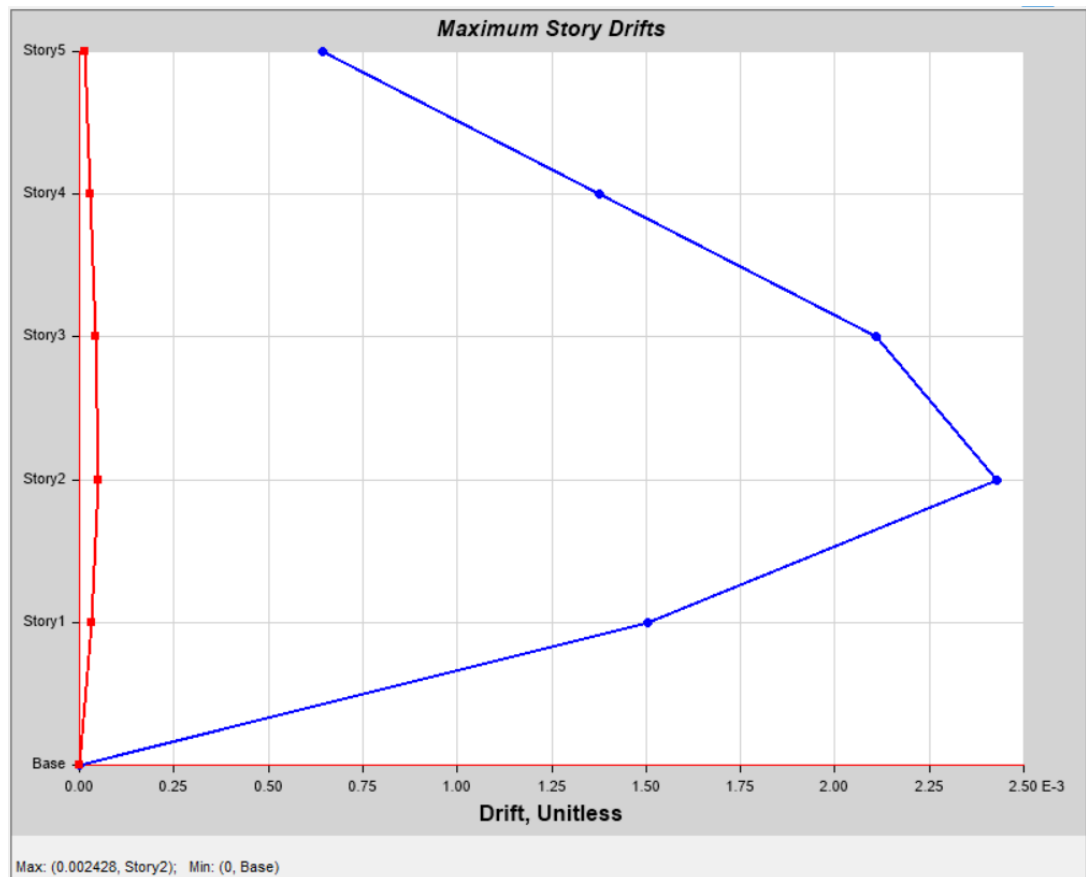
**Fuente:** Etabs 2018.

**SENTIDO Y:**

$$\frac{V_{\text{dinámico}}}{V_{\text{estático}}} = \frac{88898}{107629} * 100\% = 82.59\% \therefore \text{SI CUMPLE.}$$

### 3.3.1 Chequeo de derivas

Figura 76: Gráfica para chequeo de deriva estática en sentido X.



Fuente: Etabs 2018.

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

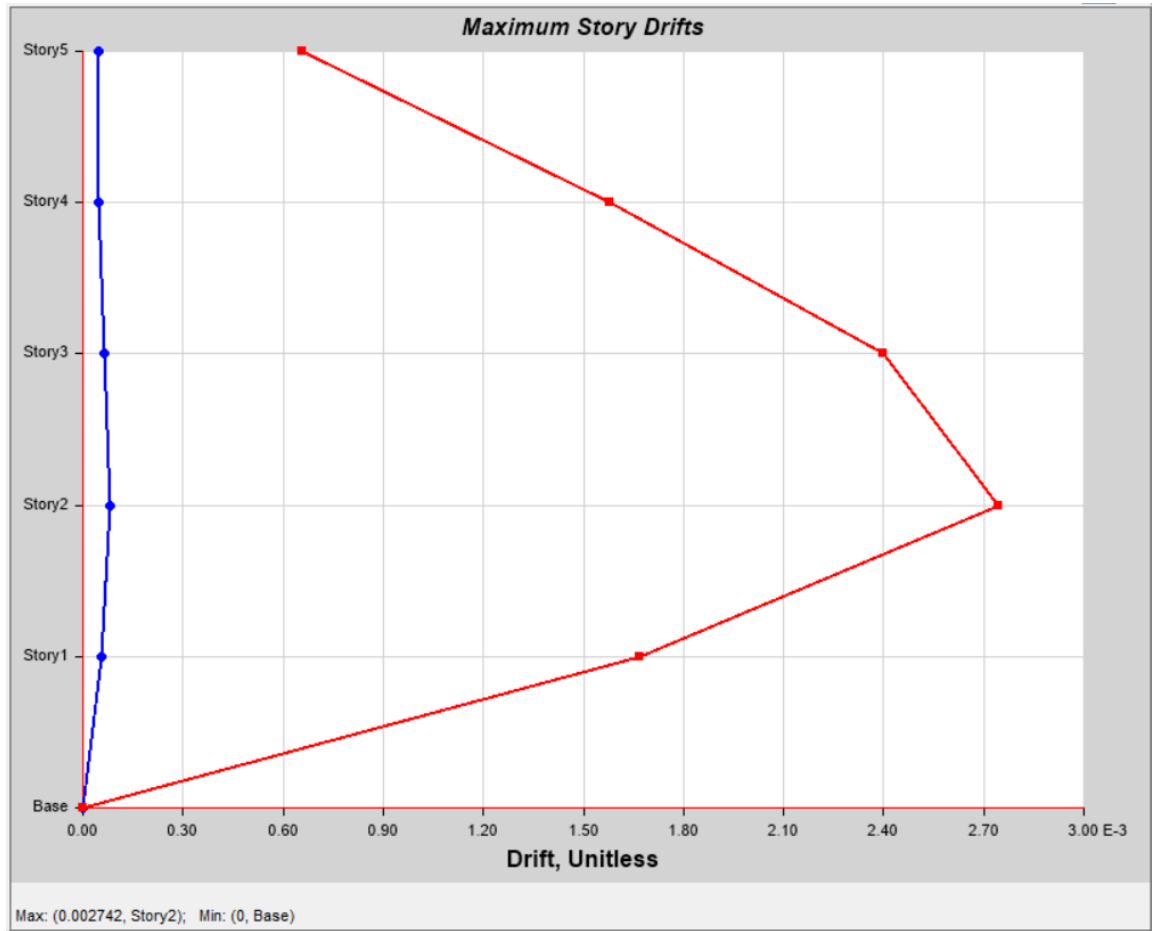
**SENTIDO X:**

$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.002428 \times 100\%$$

$$1.46\% \leq 2\% \quad \therefore \text{OK.}$$

**Figura 77:** Gráfica para chequeo de deriva estática en sentido Y.



*Fuente:* Etabs 2018.

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

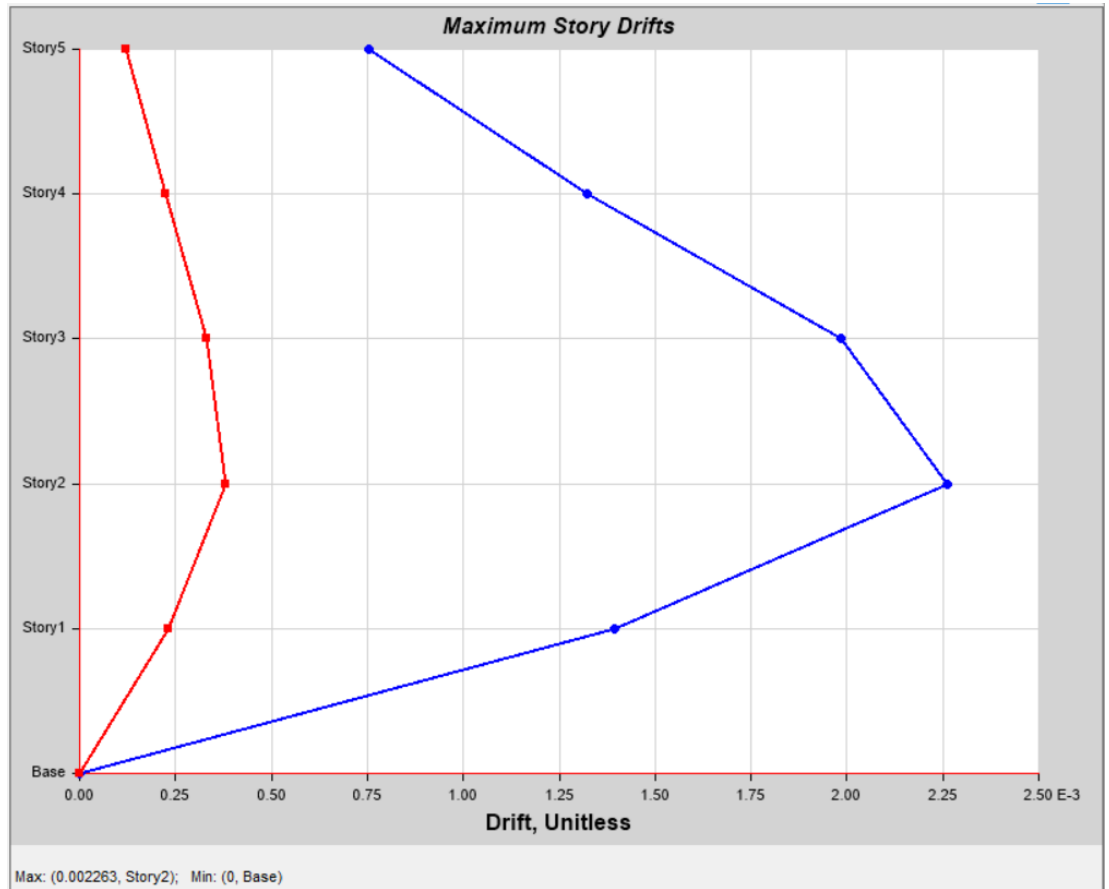
**SENTIDO Y:**

$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.002742 \times 100\%$$

$$1.65\% \leq 2\% \therefore \text{OK.}$$

**Figura 78:** Gráfica para chequeo de deriva dinámica en sentido X.



*Fuente: Etabs 2018.*

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

**SENTIDO X:**

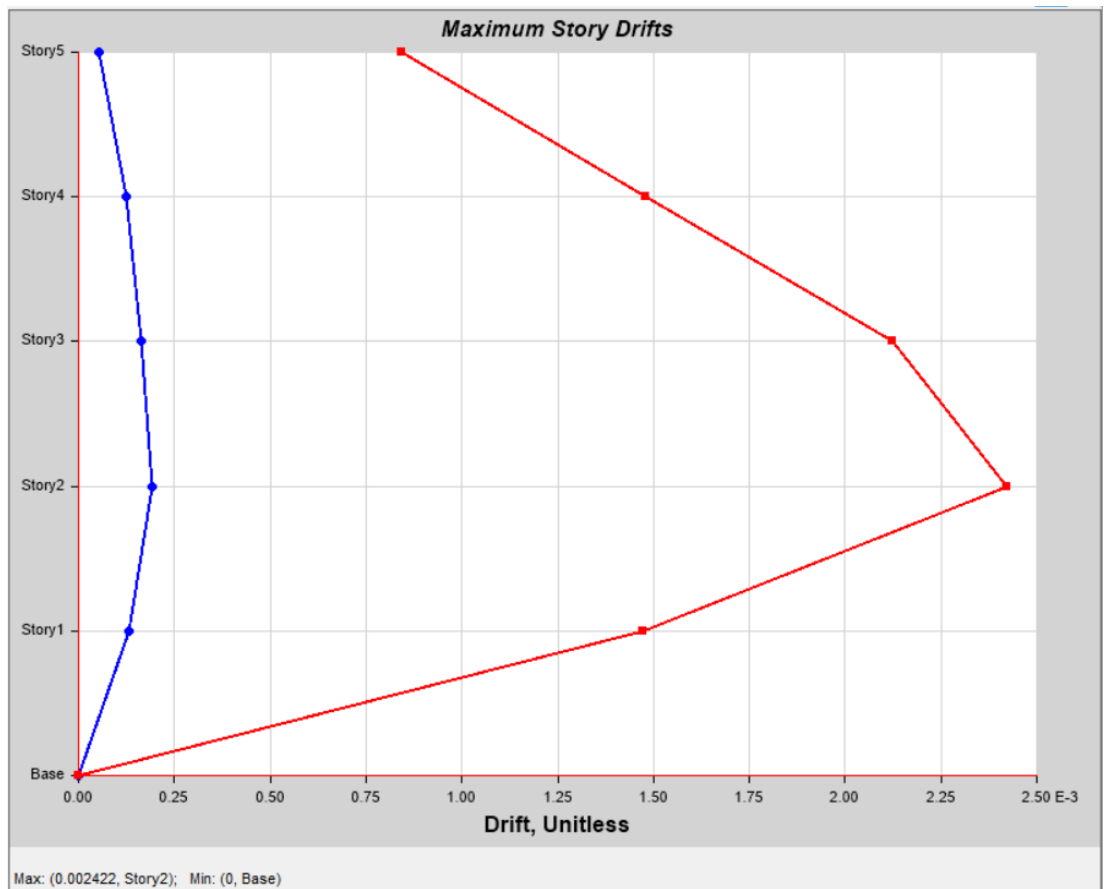
$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.002263 \times 100\%$$

$$1.36 \% \leq 2\% \quad \therefore \text{OK.}$$



**Figura 79:** Gráfica para chequeo de deriva dinámica en sentido Y.



*Fuente: Etabs 2018.*

$$D_i = 0.75 \times R \times D_e < 0.02 \text{ o } 2\%$$

**SENTIDO Y:**

$$0.75 \times R \times \Delta e \leq 2\%$$

$$0.75 \times 8 \times 0.002422 \times 100\%$$

$$1.45 \% \leq 2\% \quad \therefore \text{OK.}$$

### 3.3.2 Chequeo de deflexión

Tomando en cuenta las indicaciones antes mencionadas en el chequeo de deflexión por parte del modelado con elemento de losa tipo shell, se procede de la misma manera a realizar el chequeo de deflexión como nos indica el código ACI-318-19, en el cual podemos evidenciar que pasa el chequeo presente de manera exitosa.

*Figura 80: Deflexión máxima de la edificación por elemento tipo membrana.*



*Fuente: Etabs 2018.*

$$\delta < \delta_{max}$$

$$\delta = \frac{long. max}{240} = \frac{400 cm}{240} = 1.66 cm$$

$$0.2026 cm < 1.66 cm$$

### 3.3.3 Chequeo de asentamiento

Partiendo como referencia del chequeo de asentamiento realizado en la parte de nuestro modelado tipo shell, procedemos al chequeo de asentamiento con los datos otorgados por el software de diseño respecto a la fuerza y momentos producidos por la edificación con un elemento tipo membrana como se muestra en la tabla 11.

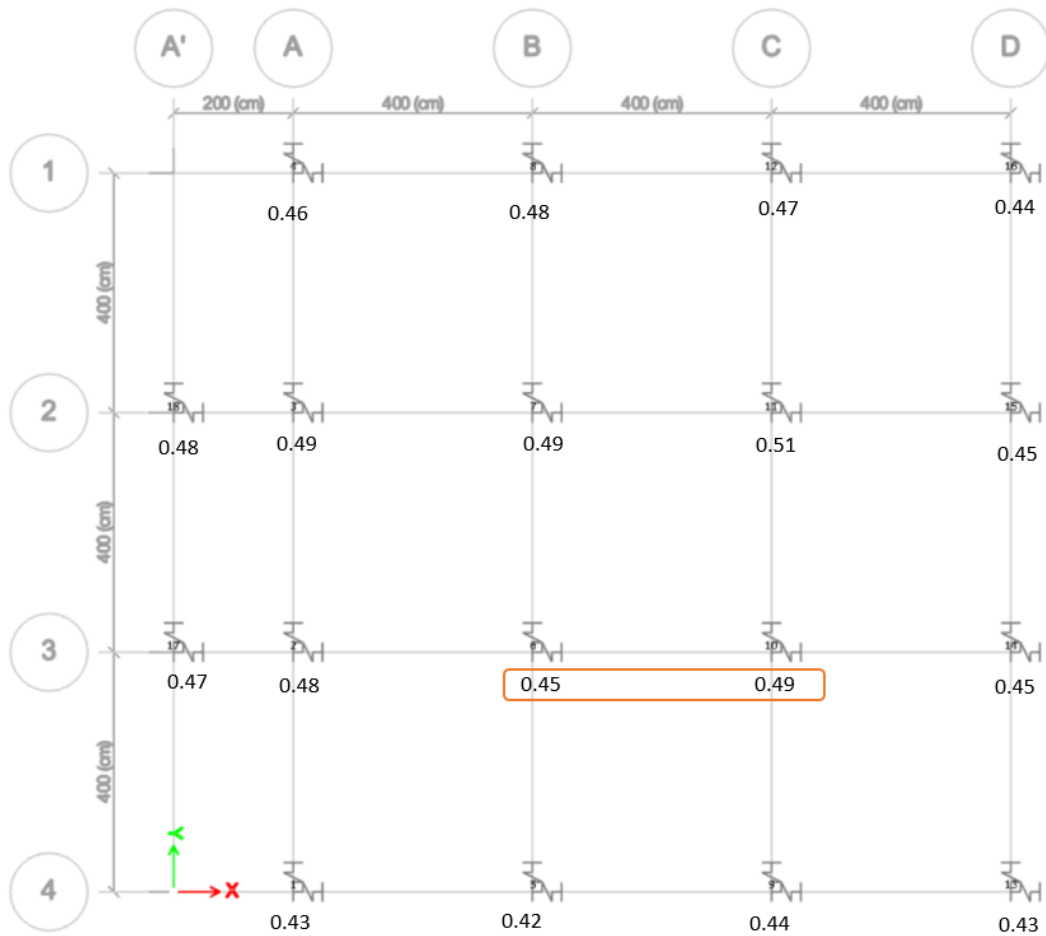
*Tabla 12. Tipo de secciones de zapata.*

Resistencia admisible del suelo					Tipos de plintos		Rx	Rz
qa	16	t/m2			P1	1.50	878	4680
					P2	1.80	1820	6739
					P3	2.20	4060	10067
					P4	2.50	6771	13000
Etiqueta	FZ	MX	MY	Área m <sup>2</sup>	Long.	Tipo de plinto	Tamaño de plinto	q1
	tonf	tonf-m	tonf- m					
1	29.26	0.46	0.43	2.65	1.63	P2	1.8	4.31
2	49.49	0.08	0.54	4.49	2.12	P3	2.2	2.50
3	51.04	0.04	0.58	4.63	2.15	P3	2.2	2.42
4	30.89	0.50	0.47	2.80	1.67	P2	1.8	4.08
5	41.36	0.55	0.03	3.75	1.94	P3	2.2	3.01
6	58.32	0.07	0.10	5.29	2.30	P4	2.5	2.09
7	65.33	0.12	0.10	5.92	2.43	P4	2.5	1.87
8	48.35	0.75	0.03	4.38	2.09	P3	2.2	2.57
9	44.99	0.67	0.02	4.08	2.02	P3	2.2	2.77
10	66.59	0.09	0.08	6.04	2.46	P4	2.5	1.83
11	68.38	0.05	0.04	6.20	2.49	P4	2.5	1.78
12	46.77	0.71	0.06	4.24	2.06	P3	2.2	2.66
13	29.42	0.46	0.48	2.67	1.63	P2	1.8	4.29
14	45.72	0.10	0.68	4.14	2.04	P3	2.2	2.72
15	45.73	0.09	0.68	4.14	2.04	P3	2.2	2.72
16	29.42	0.45	0.48	2.67	1.63	P2	1.8	4.29
17	22.25	0.22	0.09	2.02	1.42	P1	1.5	5.63
18	22.38	0.21	0.09	2.03	1.42	P1	1.5	5.59

*Fuente: Tesista Darwin Acosta.*

De igual manera procedemos a la verificación de datos por parte del desplazamiento en sentido vertical y verificamos entre los valores que posean mayor diferencia si existe un tipo de asentamiento que no sea aceptable, como se muestra en la figura 74, es así como vemos que el asentamiento presente es descartable y por ende pasa el chequeo.

**Figura 81:** Valores de asentamiento de zapata.



*Fuente: Etabs 2018.*

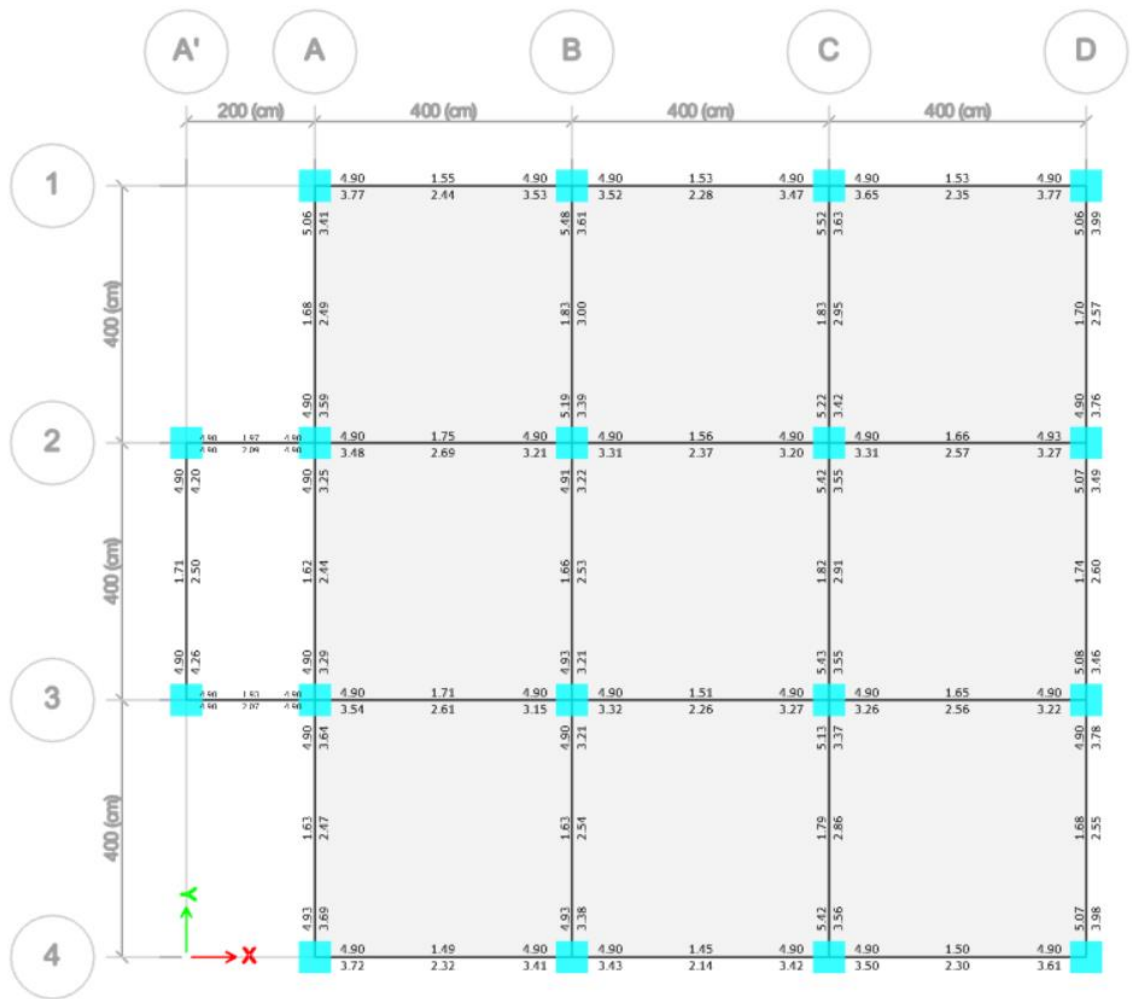
$$0.45 - 0.49 = 0.04 \text{ cm}$$

$$\frac{0.04 \text{ cm}}{400 \text{ cm}} = 0.001 * 100 = 0.01 \%$$

### 3.3.4 Diseño estructural

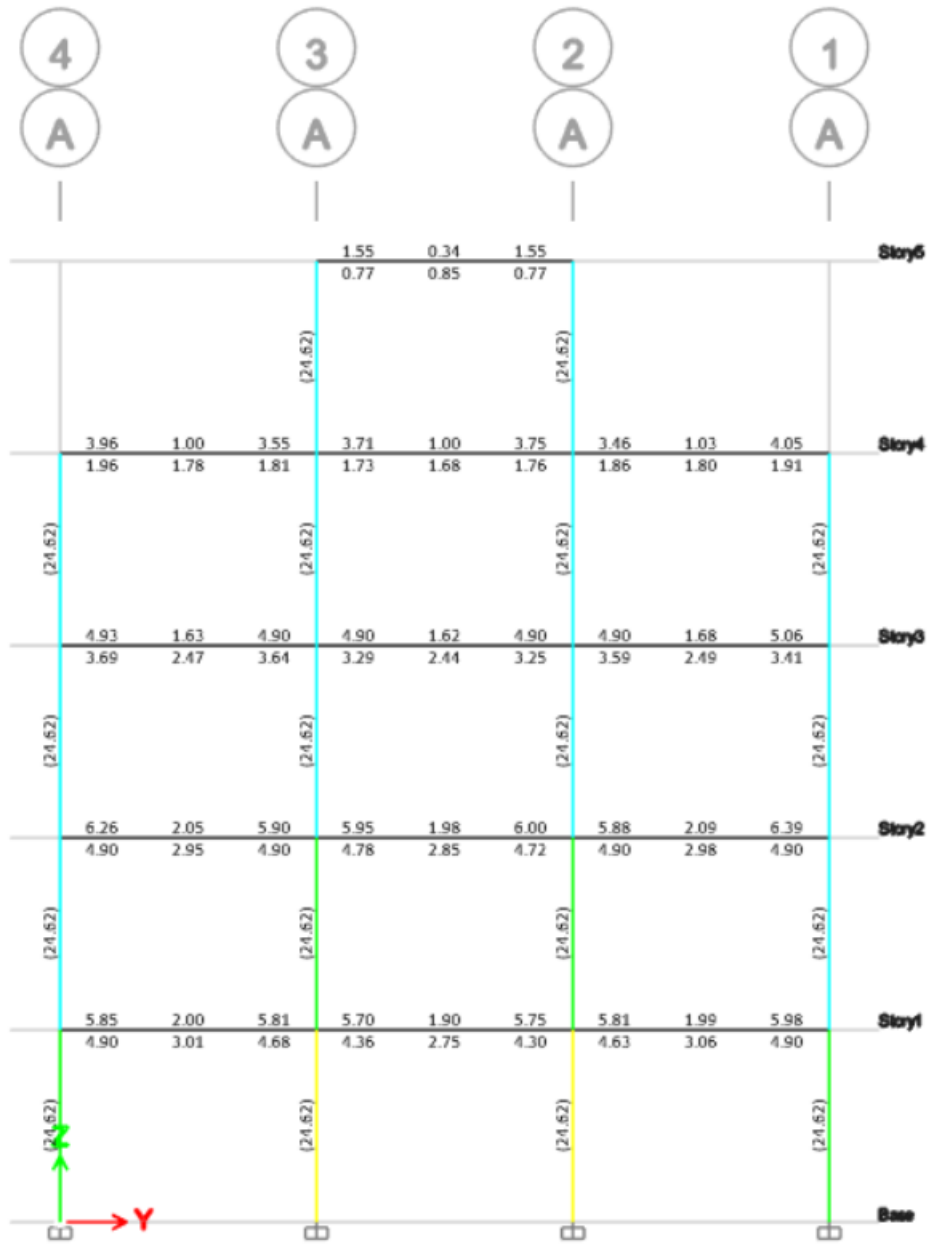
De la misma manera que en el modelado por elemento tipo shell, se procede al requerimiento de aceros por parte del modelado de losa tipo membrana, así de esta manera poder realizar una comparación de entre estos dos tipos de modelado, para poder obtener sus principales diferencias, como se puede apreciar en la figura 82.

*Figura 82: Requerimiento de acero en vigas, vista en planta.*



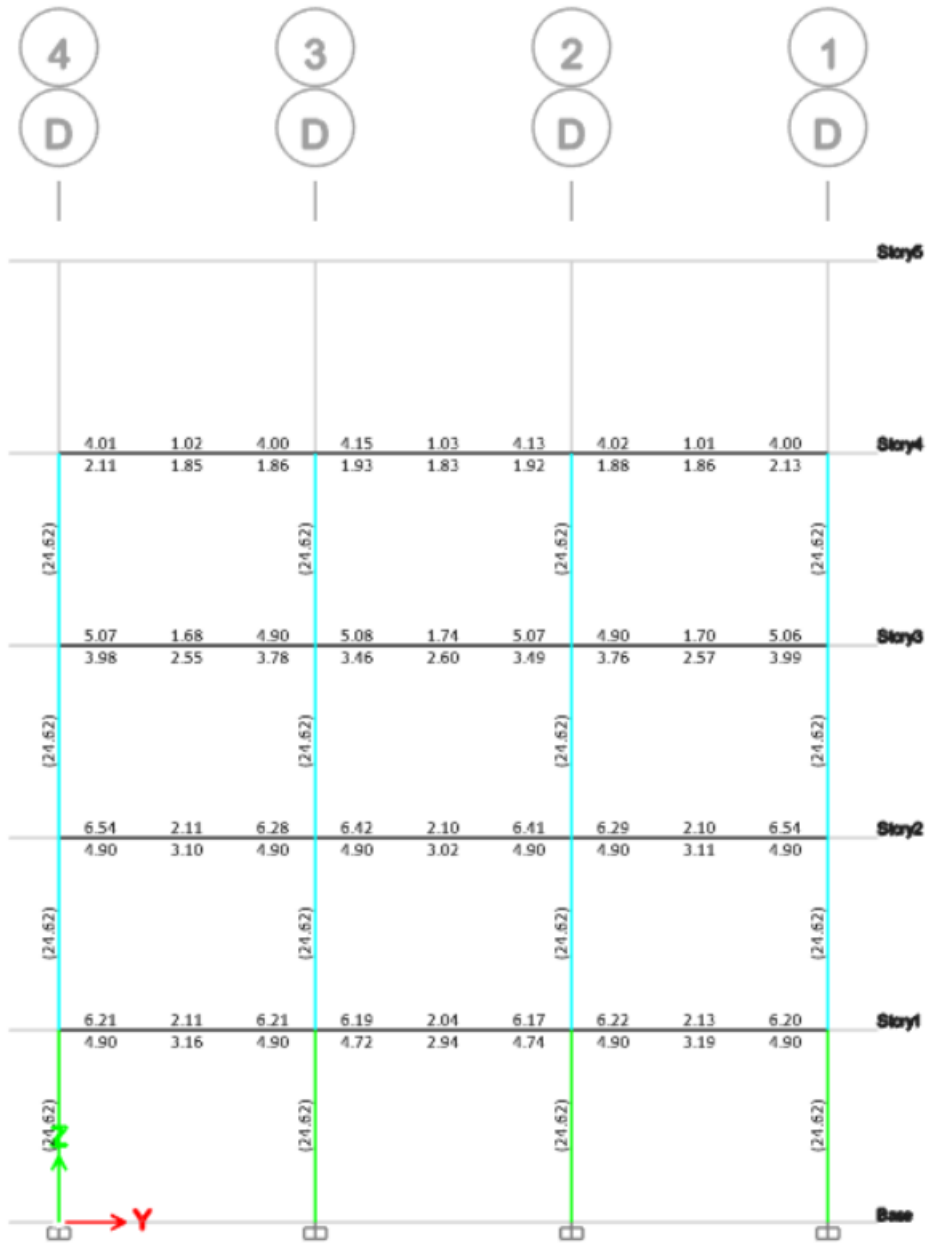
*Fuente: Etabs 2018.*

Figura 83: Requerimiento de acero en viga eje A.



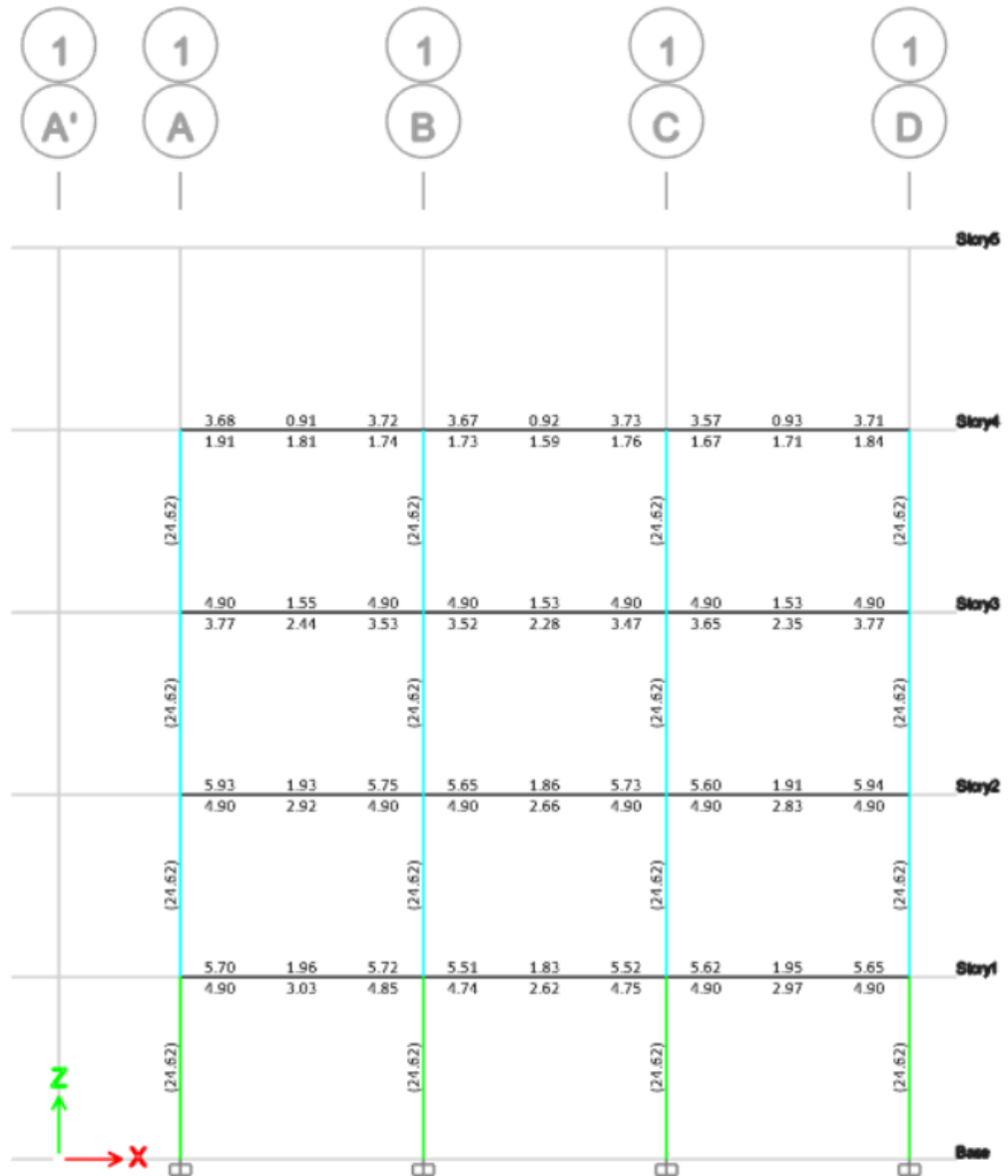
Fuente: Etabs 2018.

Figura 84: Requerimiento de acero en viga eje D.



Fuente: Etabs 2018.

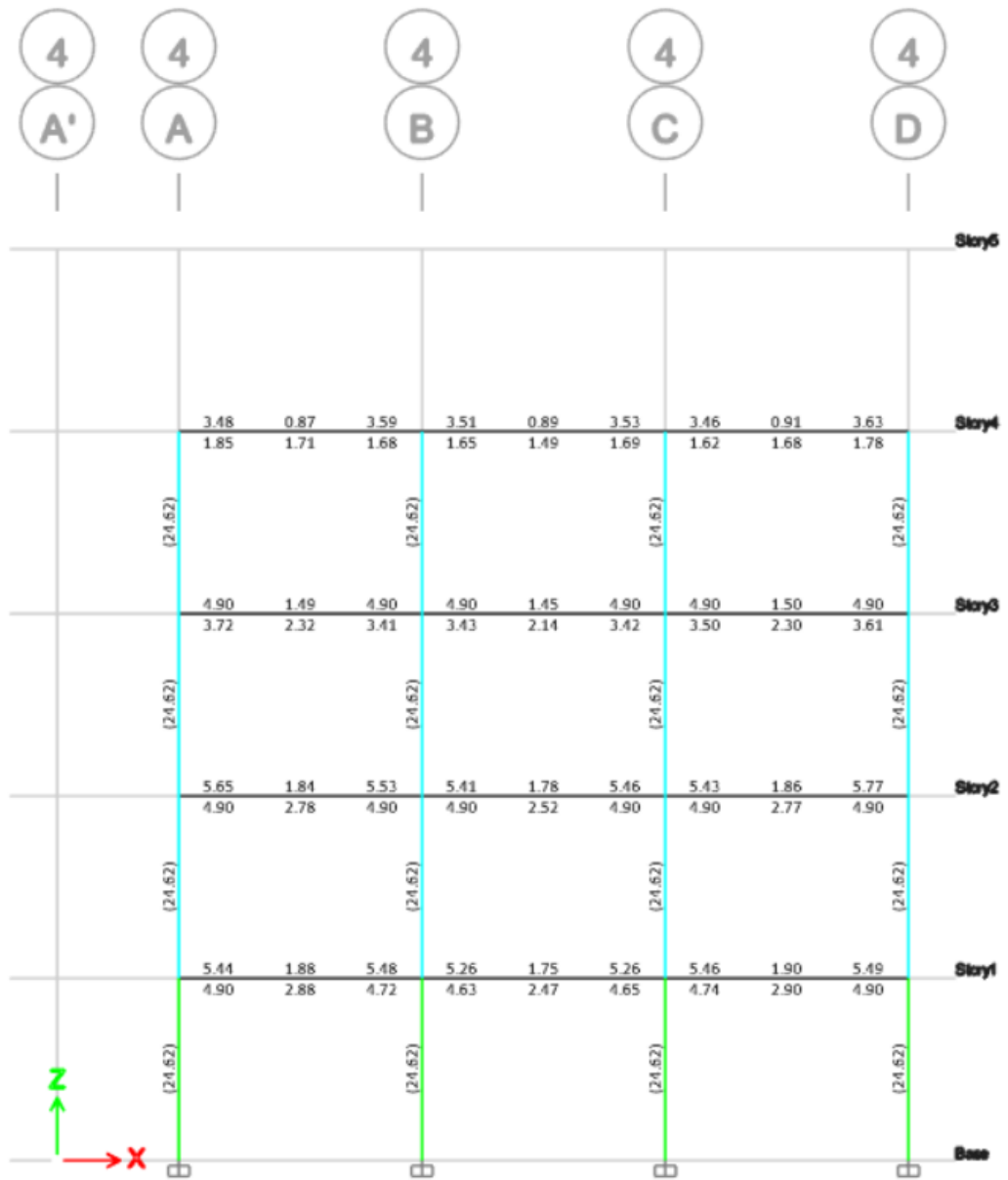
Figura 85: Requerimiento de acero en viga eje 1.



Fuente: Etabs 2018.



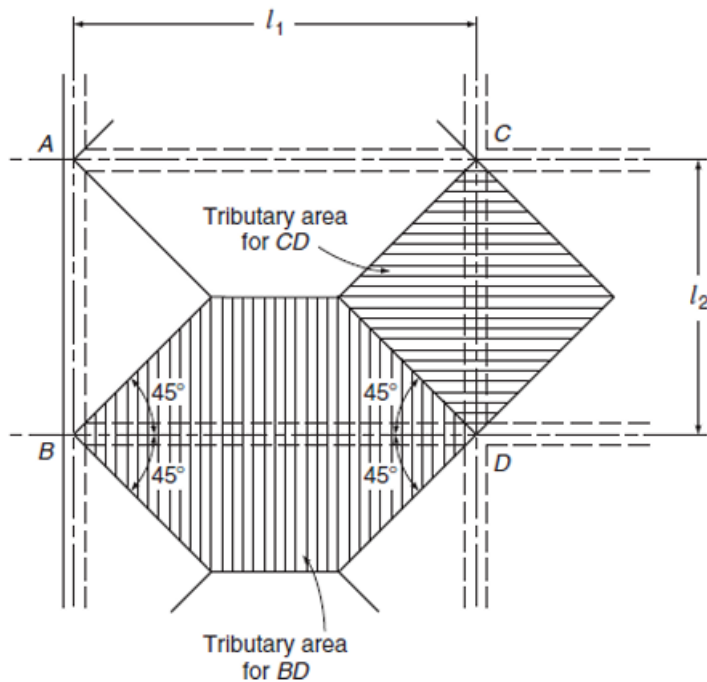
Figura 86: Requerimiento de acero en viga eje 4.



Fuente: Etabs 2018.

Partiendo del punto de vista que el diseño estructural por un elemento de losa tipo membrana no se puede realizar un diseño estructural de la losa por medio de esfuerzos en el nudo, por parte de nuestro software de diseño, ya que por su condición no posee los grados de libertad necesarios para colaborar al diseño estructural, mediante esfuerzos, ya que este tipo de elemento posee 3 grados de libertad y no posee participación desde el punto de vista de flexión, ya que este tipo de elemento realiza una distribución de carga por áreas tributarias, de esta manera su participación en la carga es casi nula ya que todo lo transfiere a vigas y columnas, como se refleja en la figura 87.

**Figura 87:** Distribución de áreas tributarias.



**Fuente:** Código de construcción ASCE.

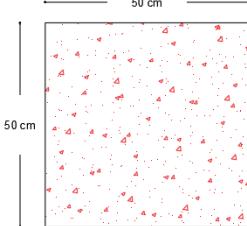
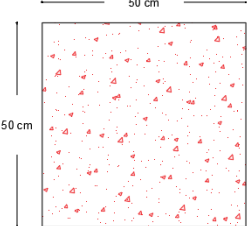
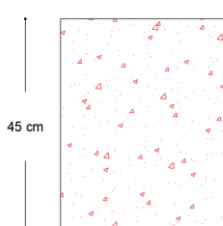
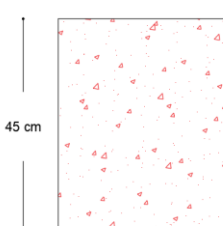
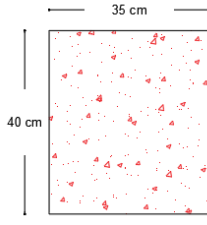
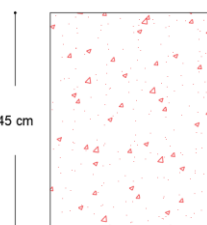
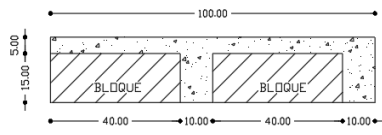
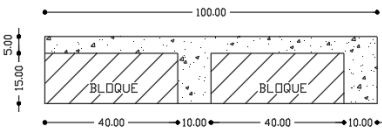
### 3.4 Tablas Comparativas

*Tabla 13. Comparación de valores, respecto a los chequeos de servicio.*

DATOS DE MODELAMIENTO					
<b>f'c</b>	240	kg/ cm2		<b>CV</b>	200 kg/ m2
<b>Fy</b>	4200	kg/ cm2		<b>CM</b>	637,28 kg/ m3
<b>E</b>	13100*Raíz(f'c)			<b>ACM</b>	198,68 kg/ m4
<b>qa</b>	16	ton/m3			
CHEQUEOS DE SERVICIO DE LA EDIFICACIÓN					
TIPO DE CHEQUEO	MODELAMIENTO TIPO SHELL		MODELAMIENTO TIPO MEMBRANA		
Periodo de vibración	0,6077	seg.	0,626	seg.	
Cortante estático	85,39	%	82,66	%	
Cortante dinámico	85	%	82,59	%	
Deriva E. sentido x	1,41	%	1,46	%	
Deriva E. sentido y	1,52	%	1,65	%	
Deriva D. sentido x	1,37	%	1,36	%	
Deriva D. sentido y	1,49	%	1,45	%	
Deflexión	0,1858	cm	0,2026	cm	
Asentamiento	0,02	%	0,01	%	

*Fuente: Tesista Darwin Acosta.*

**Tabla 14. Chequeo de resistencia.**

DATOS DE MODELAMIENTO					
<b>f'c=</b>	240	kg/ cm2		<b>CV</b>	200 kg/ m2
<b>Fy</b>	4200	kg/ cm2		<b>CM</b>	637,28 kg/ m3
<b>E</b>	13100*Raíz(f'c)			<b>ACM</b>	198,68 kg/ m4
<b>qa</b>	16	ton/m3			
SECCIONES DEFINITIVAS					
TIPO DE CHEQUEO	MODELAMIENTO TIPO SHELL		MODELAMIENTO TIPO MEMBRANA		
Columnas					
Viga (Sentido X)					
Viga (Sentido X)					
Losa					

**Fuente:** Tesista Darwin Acosta.

Tabla 15. Área de refuerzo requerida en elementos estructurales.

DATOS DE MODELAMIENTO					
$f'c$	240	kg/ cm <sup>2</sup>		CV	200 kg/ m <sup>2</sup>
$F_y$	4200	kg/ cm <sup>2</sup>		CM	637,28 kg/ m <sup>3</sup>
E	13100*Raíz( $f'c$ )			ACM	198,68 kg/ m <sup>4</sup>
qa	16	ton/m <sup>3</sup>			
ÁREAS DE ACERO POR ELEMENTO					
TIPO DE CHEQUEO	MODELAMIENTO TIPO SHELL		MODELAMIENTO TIPO MEMBRANA		
Columnas					
Viga ejemplo (Eje 2)					

Fuente: Tesista Darwin Acosta.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Una vez concluido el diseño estructural de la edificación de 4 pisos de hormigón armado, se pudo llegar a determinar que existen diferencia entre un elemento de losa tipo shell con secciones de columna de 50 x 50 cm y vigas de sección de 45 x 35 cm en sentido x y 40 x 35 cm en sentido y, mientras que para un tipo membrana se requiere columnas de 50 x 50 cm y vigas de 45 x 35 cm respectivamente, de acuerdo a las disposiciones que rigen nuestra normativa.
- Se determino que al realizar el diseño estructural de cada tipo de modelado con su respectivo elemento de losa presentan ciertas incongruencias desde un punto estructural, aumentando sus secciones definitivas por parte de un modelado con elemento tipo membrana, debido en gran parte a los chequeos de resistencia.
- Se efectuó un análisis de esfuerzos, en los nervios de losa por parte de un elemento shell, para obtener los aceros de losa requeridos, dado que este por su condición, al poseer 6 grados de libertad, posee flexión en losa y mediante el método de Marcus se pudo determinar la similitud existente entre los aceros de refuerzo que presenta el programa respecto a un cálculo manual, logrando así demostrar que el elemento tipo shell esta apto para un diseño de losa, dentro de nuestro software de diseño.
- Se concluye que un elemento tipo membrana debido a sus 3 grados de libertad que posee, implica que toda la carga aplicada dentro de este tipo de elemento lo asume los elementos estructurales como es el caso de las vigas, por lo cual esto produce un incremento en sus cuantías de acero al momento de realizar el diseño estructural, que por otra parte un elemento tipo shell por medio de su

rigidez brinda apoyo en la transmisión de cargas hacia los elementos estructurales disminuyendo de esta manera sus cuantías de acero.

- Se obtuvieron distintos valores respecto a sus chequeos de servicio, dando un periodo de vibración de 0.607 para un modelado con elemento tipo shell y 0.626 para un modelado con elemento tipo membrana, luego de que este ultimo se tuviera que cambiar de secciones a su elemento estructural viga, debido a su alto periodo y presentes torciones en viga, consiguiendo de esta manera el mejor valor que se acomode a un diseño dúctil.
- Se comprobó que entre un elemento tipo de losa tipo shell y un elemento de losa tipo membrana existe una diferencia de un 12 % a 15% entre sus cuantías de acero, al momento de un diseño estructural y que cabe destacar que esto se produce principalmente por sus grados de libertad, que entran a participar al momento de transferencias de carga hacia sus elementos estructurales.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Para evitar tiempos excesivos computacionales al momento de los chequeos de servicio utilizar un elemento tipo membrana ya que este acorta los tiempos computacionales y al momento de realizar un diseño estructural optar por un tipo de elemento a un shell, con la finalidad de obtener mejores resultados.
- Se recomienda que hay que tomar en cuenta que el software de diseño, tan solo representa una herramienta de trabajo y que las consideraciones a tomar por parte de un profesional en el campo estructural son responsabilidad del mismo.
- Se recomienda que para obtener un buen diseño estructural por parte de los elementos estructurales es necesario regirse a las normas de la construcción y códigos presentes, dentro del ámbito de la construcción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Florence, “Análisis dinámico en edificios de varios pisos mediante Etabs,” *ResearchGate*, vol. 63, no. IS 456-2000, 2020.
- [2] K. Surender Kumar, N. Lingeswaran, and S. H. Jeelani, “Analysis of residential building with STAAD. Pro & Etabs,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 33, no. October, pp. 1221–1228, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.329.
- [3] F. Abdullah, Z. Islam, and M. Sabnam, “Comparative Study of Multistoried ( G + 3 ) Residential Building using ETABS Software and Manual Calculation Comparative Study of Multistoried ( G + 3 ) Residential Building using ETABS Software and Manual Calculation,” *ResearchGate*, vol. 2, no. May-August, 2021, pp. 0–8, 2021.
- [4] P. S. Briones Sánchez and J. L. Alvarez Chiriboga, “Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los Software Etabs y Robot structural analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano),” *Universidad Peruana Unión*, 2018.
- [5] J. García, “ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICIOS ASISTIDO POR COMPUTADORAS,” *Test*, pp. 1–125, 2006.
- [6] D. Jimenez, “Identificación de la condición de diafragma rígido o flexible a partir de instrumentación sísmica y modelacion de losas tipo shell o membrana en sistemas de resistencia lateral,” p. 75, 2017.
- [7] E. A. FLORES MENA, “Modelación, Diseño Estructural Comparativo y Propuesta de Ampliación Vertical de la Edificación FLORES MENA, ubicada en la Ciudad de Quito-Ecuador, Sector Cofavi.,” *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 6, no. 11, pp. 951–952, 1967.
- [8] M. Canchig, “Análisis comparativo del diseño estructural de un proyecto de vivienda en hormigón armado aplicando las Normas del Código Ecuatoriano de Construcción (CEC 2002) y la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 2015) Autor:,” no. Cec 2002, 2015.
- [9] RAE, “estructura | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE.” <https://dle.rae.es/estructura?m=form> (accessed Jul. 09, 2021).
- [10] J. Murcia Vela, “Fundamentos para el análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado - Google Libros”.
- [11] R. Riddell C. and P. Hidalgo O., “Diseño estructural - Google Libros.” <https://books.google.com.ec/books?id=VSntDwAAQBAJ&pg=PT11&dq=pre+diseño+estructural+en+hormigon&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjF5ruVjNHwAhWGTjABHRk7A18Q6AEwBHoECAUQA#v=onepage&q=pre+diseño+estructural+en+hormigon&f=false> (accessed May 17, 2021).



- [12] J. Novas Cabrera, “Sistemas Constructivos Prefabricados Aplicables a La Construcción De Edificaciones En Países En Desarrollo,” p. 62, 2010.
- [13] E. de redactores de Arkiplus, “Hormigón armado. Características | Arkiplus.” <https://www.arkiplus.com/hormigon-armado-caracteristicas/> (accessed Jul. 14, 2021).
- [14] J. A. L. J. y L. B. B. Fco. de Borja Varona Moya, “Apuntes De Hormigón Armado,” *Apuntes De Hormigon Armado*, pp. 1–277, 2012.
- [15] D. Sánchez, M. Ramón, and G. Drigo, *Cálculo de elementos estructurales*. 2011.
- [16] ASCE, “Capítulo 2. Análisis de Cargas 2.1.,” p. 16.
- [17] A. Dominguez and D. Timias, “Universidad Central del Ecuador Universidad Central del Ecuador,” no. Figura 1, pp. 2–3, 2012.
- [18] R. Salinas, “MODELAMIENTO DE ESTRUCTURAS MEDIANTE PROGRAMAS DE COMPUTO Uso del Programa ETABS,” 2000.
- [19] A. J. Ram, “Recomendaciones para el modelado no lineal de losas planas de hormigón armado sometidas a derivas sísmicas con elementos tipo shell mediante el software comercial SAP2000 Treball,” 2020.
- [20] JAVIER ALVEAR S. JOSÉ LUIS RUALES and DIRECTOR: ING. MARCELO GUERRA A., “Diseño Por Desempeño En Edificios De Hormigón Armado, De Acero Estructural, Y Mixtos.,” pp. 1–217, 2014.
- [21] J. A. Macias, R. Aguiar, F. Ph, and E. P. R. O. Zambrano, “Flexibilización de requisitos mínimos de diseño para edificaciones de porticos de dos pisos”.