

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE UN EDIFICIO  
MULTIFAMILIAR CON Y SIN NÚCLEO CENTRAL”

Tesis para optar el título profesional de:  
Ingeniera Civil



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

**Autor:**

Fabiola La Torre Soriano

**Asesor:**

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú

2019

## **DEDICATORIA**

Le dedico esta tesis a Dios por su magnificencia y amor en mi vida, a mis grandiosos padres Esperanza y Julio, y sobre todo al hombre más maravilloso mi abuelo Roque La Torre por su apoyo y amor incondicional perfectamente mantenido en el tiempo.

## AGRADECIMIENTO

Dios es la fortaleza en tiempos de aflicción.

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios por ser mi roca y consuelo en todo momento; a mis padres por ser mi todo en esta vida, a mis primos casi hermanos Marcela, Carla, Mariana, Camila, Lorena, Lucía y Carlos. Agradezco especialmente al Ingeniero Miguel Mosqueira por compartir sus conocimientos, su apoyo, paciencia y dedicación al realizar la elaboración de esta tesis.

De igual forma al Ingeniero Orlando Aguilar Aliaga y a la plana docente por todo el apoyo brindando a través de toda la carrera.

Y a mis amigos Mirna, Raquel, Milagros, Mapi, Daniela, Bryan, Luis Fernando, Gustavo, David, Jhersson y Cristian por toda su amistad y apoyo siempre.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	3
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	8
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	9
<b>RESUMEN</b> .....	13
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>1.1. Realidad Problemática</b> .....	14
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	27
<b>1.3. Objetivos</b> .....	27
<b>1.3.1. Objetivo general</b> .....	27
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b> .....	27
<b>1.4. Hipótesis</b> .....	27
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b> .....	28
<b>2.1. Tipo de investigación</b> .....	28
<b>2.2. Población y muestra</b> .....	28
<b>2.2.1. Población</b> .....	28
<b>2.2.2. Muestra</b> .....	28
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b> .....	28
<b>2.4. Procedimiento</b> .....	29
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b> .....	30
<b>3.1. Edificio sin núcleo central</b> .....	30
<b>3.1.1. Periodo natural</b> .....	30
<b>3.1.2. Fuerza en la base</b> .....	32
<b>3.1.4. Desplazamientos</b> .....	34
<b>3.1.5. Derivas de entrepiso</b> .....	36
<b>3.1.6. Fuerzas Internas</b> .....	37
<b>3.2. Edificio con núcleo central</b> .....	38
<b>3.2.1. Periodo natural</b> .....	38
<b>3.2.2. Fuerza en la base</b> .....	40
<b>3.2.4. Desplazamientos</b> .....	42
<b>3.2.5. Derivas de entrepiso</b> .....	44
<b>3.2.6. Fuerzas internas</b> .....	45
<b>3.3. Análisis del comportamiento estructural del edificio con núcleo central y sin él</b> .....	46
<b>3.3.1. Periodo natural</b> .....	46
<b>3.3.2. Fuerza en la base</b> .....	47

3.3.3. Peso en la edificación .....	48
3.3.4. Desplazamientos .....	49
3.3.5. Derivas de entrepiso .....	53
3.3.6. Fuerzas internas .....	57
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> zonas sísmicas .....	16
<b>Tabla 2:</b> Factor de suelo “S” .....	22
<b>Tabla 3:</b> Periodos <i>TP</i> y <i>TL</i> .....	22
<b>Tabla 4:</b> Factor de uso .....	23
<b>Tabla 5:</b> Límites para la distorsión del entrepiso.....	25
<b>Tabla 6:</b> Técnica de recolección de datos.....	28
<b>Tabla 7:</b> Periodo de vibración del edificio sin núcleo central. ....	30
<b>Tabla 8:</b> Cortante basal del edificio multifamiliar sin núcleo central .....	32
<b>Tabla 9:</b> Peso del edificio multifamiliar sin núcleo central.....	33
<b>Tabla 10:</b> Desplazamiento en “X” para el sismo en X.....	34
<b>Tabla 11:</b> Desplazamiento en “Y” para el sismo en X.....	35
<b>Tabla 12:</b> Desplazamiento en “X” para el sismo en Y .....	35
<b>Tabla 13:</b> Desplazamiento en “Y” para el sismo en Y .....	35
<b>Tabla 14:</b> Derivas en dirección X para el sismo en X.....	36
<b>Tabla 15:</b> Derivas en dirección Y para el sismo en X.....	36
<b>Tabla 16:</b> Derivas en dirección X.....	37
<b>Tabla 17:</b> Derivas en la dirección Y .....	37
<b>Tabla 18:</b> Fuerzas internas en la estructura sin núcleo central .....	37
<b>Tabla 19:</b> Periodos del edificio con núcleo central .....	38
<b>Tabla 20:</b> Cortante basal del edificio multifamiliar con núcleo central .....	40
<b>Tabla 21:</b> Peso del edificio multifamiliar con núcleo central.....	41
<b>Tabla 22:</b> Desplazamiento en “X” para el sismo en X.....	42
<b>Tabla 23:</b> Desplazamiento en “Y” para el sismo en X.....	43
<b>Tabla 24:</b> Desplazamiento en “X” para el sismo en Y .....	43
<b>Tabla 25:</b> Desplazamiento en “Y” para el sismo en Y .....	43
<b>Tabla 26:</b> Derivas en dirección X para el sismo en x.....	44
<b>Tabla 27:</b> Derivas en dirección Y para el sismo en X.....	44
<b>Tabla 28:</b> Derivas en dirección X para el sismo en Y .....	44
<b>Tabla 29:</b> Derivas en dirección Y para el sismo en Y .....	45
<b>Tabla 30:</b> Fuerzas internas en la estructura sin núcleo central .....	45
<b>Tabla 31:</b> Comparación de los periodos naturales para la estructura con y sin núcleo central .....	46

<b>Tabla 32:</b> Comparación de los tres modos de vibración para la estructura con y sin núcleo central .....	46
<b>Tabla 33:</b> Variación de la cortante basal para el sismo en X e Y .....	47
<b>Tabla 34:</b> Comparación del peso en la edificación para ambas estructuras .....	48
<b>Tabla 35 :</b> Comparación de los desplazamientos “X” para el sismo dinámico en “X”. 49	
<b>Tabla 36 :</b> Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “X”. 50	
<b>Tabla 37:</b> Comparación de los desplazamientos “X” para el sismo dinámico en “Y”.. 51	
<b>Tabla 38:</b> Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “Y”. 52	
<b>Tabla 39 :</b> Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “X” .....	53
<b>Tabla 40 :</b> Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “X” .....	54
<b>Tabla 41:</b> Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y” .....	55
<b>Tabla 42:</b> Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y” .....	56
<b>Tabla 43:</b> Comparación de la cortante para la estructura con y sin núcleo central .....	57
<b>Tabla 44:</b> Comparación del momento para la estructura con y sin núcleo central .....	58
<b>Tabla 45:</b> Zonificación .....	66
<b>Tabla 46:</b> Tipo de suelo .....	66
<b>Tabla 47:</b> Factor de suelo .....	66
<b>Tabla 48:</b> Periodos $T_p$ y $T_l$ .....	66
<b>Tabla 49:</b> Factor de uso .....	67
<b>Tabla 50:</b> Cálculo de R.....	67
<b>Tabla 51:</b> Cálculo de ZUCS/R.....	67
<b>Tabla 52:</b> Resumen de valores a utilizar.....	68
<b>Tabla 53:</b> Espectro de sismo.....	69
<b>Tabla 54:</b> Periodo fundamental de la estructura.....	97
<b>Tabla 55:</b> Periodo fundamental de la estructura.....	112

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 :</b> Variación de la cortante basal para el sismo en X e Y.....	47
<b>Gráfico 2:</b> Comparación del peso en la edificación para ambas estructuras .....	48
<b>Gráfico 3:</b> Comparación de los desplazamientos “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “X” .....	49
<b>Gráfico 4:</b> Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “X”. 50	
<b>Gráfico 5:</b> Comparación de los desplazamientos “X” para el sismo dinámico en “Y”. 51	
<b>Gráfico 6:</b> Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “Y”. 52	
<b>Gráfico 7:</b> Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “X” .....	53
<b>Gráfico 8:</b> Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “X” .....	54
<b>Gráfico 9:</b> Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y” .....	55
<b>Gráfico 10:</b> Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y” .....	56
<b>Gráfico 11:</b> Comparación de la cortante para la estructura con y sin núcleo central ....	58
<b>Gráfico 12:</b> Comparación del momento para la estructura con y sin núcleo central.....	58
<b>Gráfico 13:</b> Espectro de aceleraciones .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Cinturón de fuego. Wikipedia enciclopedia libre, 2018.....	14
<b>Figura 2:</b> zonas sísmicas, recopilado por Vivienda, 2016.....	15
<b>Figura 3:</b> Tipos de deformaciones en edificaciones. Laura, 2009.....	20
<b>Figura 4:</b> Primer modo de vibración en la estructura sin núcleo central. ETABS, 2018. .....	31
<b>Figura 5:</b> Segundo modo de vibración en la estructura sin núcleo central. ETABS, 2018. .....	31
<b>Figura 6:</b> Tercer modo de vibración en la estructura sin núcleo central. ETABS, 2018. .....	32
<b>Figura 7:</b> Cargas laterales en los pisos para el edificio sin núcleo central en la dirección X. ETABS, 2018.....	33
<b>Figura 8:</b> Cargas laterales en los pisos para el edificio sin núcleo central en la dirección Y. ETABS, 2018.....	34
<b>Figura 9:</b> Primer modo de vibración en la estructura con núcleo central. ETABS 2018 .....	39
<b>Figura 10:</b> Segundo modo de vibración en la estructura con núcleo central. ETABS, 2018 .....	39
<b>Figura 11:</b> Tercer modo de vibración en la estructura con núcleo central. ETABS, 2018 .....	40
<b>Figura 12:</b> Cargas laterales en los pisos para el edificio con núcleo central en la dirección X. ETABS, 2018.....	41
<b>Figura 13:</b> Cargas laterales en los pisos para el edificio con núcleo central en la dirección Y. ETABS, 2018.....	42
<b>Figura 14:</b> Ingreso de valores en los ejes X, Y.....	71
<b>Figura 15:</b> Ingreso de valores en el eje Z. ....	71
<b>Figura 16:</b> Definición de material Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .....	72
<b>Figura 17:</b> Definición de material acero A615 Gr60.....	73
<b>Figura 18:</b> Sección de la columna Tipo 1- 0.45x0.3m .....	74
<b>Figura 19:</b> Definición de aceros para la columna N°1 .....	74
<b>Figura 20:</b> Sección de la columna Tipo 2 en L .....	75
<b>Figura 21:</b> Definición de aceros para la columna N°2 .....	75
<b>Figura 22:</b> Sección de la columna Tipo 3.....	76

<b>Figura 23:</b> Sección de la columna Tipo 4 – 0.45x 0.20 m.....	76
<b>Figura 24:</b> Definición de aceros para la columna N°4 .....	77
<b>Figura 25:</b> Sección de la columna Tipo 5- 0.15x0.35m .....	77
<b>Figura 26:</b> Definición de aceros para la columna N° 5 .....	78
<b>Figura 27:</b> Sección de la viga 100 V-0.40m x 0.30m.....	78
<b>Figura 28:</b> Sección de la viga 101 V-0.40m x 0.30m.....	79
<b>Figura 29:</b> Sección de la viga 102 V-0.40m x 0.30m.....	79
<b>Figura 30:</b> Sección de la viga 103 V-0.40m x 0.30m.....	80
<b>Figura 31:</b> Sección de la viga 104 V-0.40m x 0.30m.....	80
<b>Figura 32:</b> Sección de la viga 105 V-0.40m x 0.30m.....	81
<b>Figura 33:</b> Sección de la viga 106 V-0.40m x 0.15m.....	81
<b>Figura 34:</b> Sección de la viga B V-0.20m x 0.15m .....	82
<b>Figura 35:</b> Sección de la viga Chata V-0.20m x 0.40m .....	82
<b>Figura 36:</b> Sección de la viga D V-0.20m x 0.20m.....	83
<b>Figura 37:</b> Propiedades de reforzamiento de vigas .....	83
<b>Figura 38:</b> Definición de propiedades de Losa 1.....	84
<b>Figura 39:</b> Definición de propiedades de Losa 2.....	85
<b>Figura 40:</b> Definición de propiedades de Losa 3.....	86
<b>Figura 41:</b> Definición de propiedades de Losa 4.....	87
<b>Figura 42:</b> Definición de propiedades de Losa 5.....	88
<b>Figura 43:</b> Definición de propiedades de Losa 6.....	89
<b>Figura 44:</b> Asignación de columnas vigas y losa para la estructura sin núcleo central .	90
<b>Figura 45:</b> Vista en Isométrico del sistema estructural .....	91
<b>Figura 46:</b> Ingreso de cargas para losas .....	92
<b>Figura 47:</b> Diafragma N°1 en el primer nivel .....	93
<b>Figura 48:</b> Diafragma N°2 en el segundo nivel.....	93
<b>Figura 49:</b> Diafragma N°3 en el tercer nivel.....	94
<b>Figura 50:</b> Diafragma N°4 en el cuarto nivel.....	94
<b>Figura 51:</b> Diafragma N°5 en el quinto nivel.....	95
<b>Figura 52:</b> Definición de masas.....	95
<b>Figura 53:</b> Definición de empotramiento .....	96
<b>Figura 54:</b> Rigidizar la estructura con una factor 1 .....	96
<b>Figura 55:</b> Definición de análisis estático en X.....	98
<b>Figura 56:</b> Definición de análisis estático en Y.....	98

<b>Figura 57:</b> Espectro para el sismo en X.....	99
<b>Figura 58:</b> Espectro para el sismo en Y.....	100
<b>Figura 59:</b> Carga dinámica del sismo en la dirección X .....	101
<b>Figura 60:</b> Carga dinámica del sismo en la dirección Y .....	102
<b>Figura 61:</b> Definición de la placa central .....	103
<b>Figura 62:</b> Asignación de columnas, vigas, placas y losas. ....	104
<b>Figura 63:</b> Vista en isométrico del sistema estructural .....	104
<b>Figura 64:</b> La definición de las placas.....	105
<b>Figura 65:</b> Designación de nombre a cada una de las placas .....	105
<b>Figura 66:</b> Ingreso de las cargas .....	107
<b>Figura 67:</b> Diafragma N°1 en el primer nivel .....	108
<b>Figura 68:</b> Diafragma N°2 en el segundo nivel.....	108
<b>Figura 69:</b> Diafragma N°3 en el tercer nivel.....	109
<b>Figura 70:</b> Diafragma N°4 en el cuarto nivel .....	109
<b>Figura 71:</b> Diafragma N°5 en el quinto nivel.....	110
<b>Figura 72:</b> Definición de masas.....	110
<b>Figura 73:</b> Fuerza cortante en los pórticos .....	111
<b>Figura 74:</b> Fuerza cortante en las placas .....	111
<b>Figura 75:</b> Definición de análisis estático en X.....	113
<b>Figura 76:</b> Definición de análisis estático en Y.....	113
<b>Figura 77:</b> Espectro para el sismo en X.....	114
<b>Figura 78:</b> Espectro para el sismo en Y.....	115
<b>Figura 79:</b> Carga dinámica del sismo en la dirección X .....	116
<b>Figura 80:</b> Carga dinámica del sismo en la dirección Y .....	117

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación N° 1:</b> Factor de amplificación.....	23
<b>Ecuación N°2:</b> Factor de amplificación.....	23
<b>Ecuación N° 3:</b> Factor de amplificación.....	23
<b>Ecuación N°4:</b> Fuerza cortante en la base .....	24
<b>Ecuación N° 5:</b> Fuerza sísmica horizontal .....	24
<b>Ecuación N° 6:</b> Cálculo de k .....	24
<b>Ecuación N°7:</b> Periodo fundamental de vibración .....	25
<b>Ecuación N°8:</b> Resistencia requerida 1 .....	26
<b>Ecuación N°9:</b> Resistencia requerida 2 .....	26
<b>Ecuación N°10:</b> Resistencia requerida 3 .....	26
<b>Ecuación N°11:</b> Resistencia requerida 4 .....	26
<b>Ecuación N°12:</b> Resistencia requerida 5 .....	26

## RESUMEN

La investigación constituye un análisis comparativo del comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar con y sin núcleo central dentro de la ciudad de Cajamarca, zona de alta sismicidad, con el fin de corroborar un mejor comportamiento comparando el edificio con y sin núcleo central. Ya que es posible idealizar edificios muy cercanos a la realidad, el modelamiento se ha realizado con el programa ETABS 2016 educacional. Así mismo se consideró la norma técnica E.030 de diseño sismo resistente, la norma E.020 de cargas y la norma E.060 de concreto armado. La información recogida permitió realizar modelos para evaluar el comportamiento dinámico de las estructuras, presentando en los resultados una reducción de desplazamientos desde un 25.8% hasta el 89.6%, una reducción de derivas de entrepiso desde un 11.35% hasta en un 81.83% y una reducción de fuerzas internas del 52.67% para cortantes y 55.41% para momentos.

**Palabras clave:** núcleo central, comportamiento dinámico, edificio multifamiliar, fuerzas internas, derivas de entrepiso, desplazamientos.

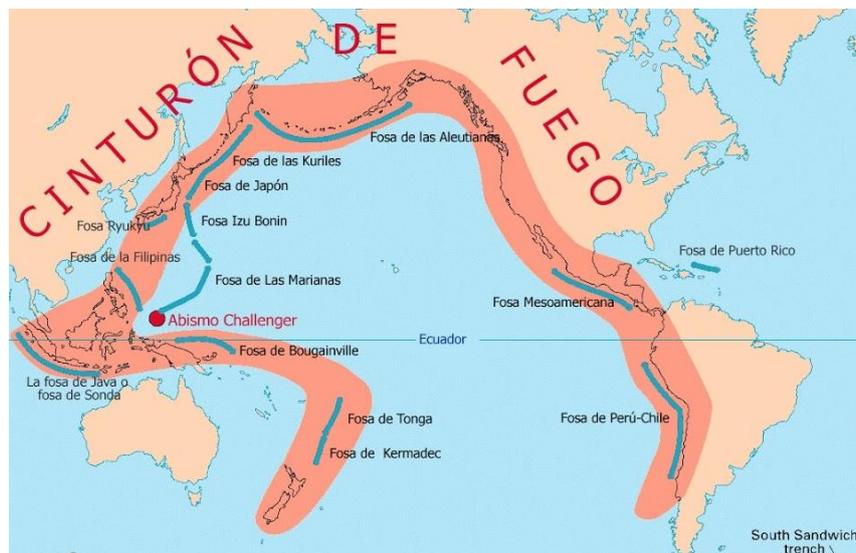
## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

“Los efectos sísmicos sobre las estructuras siempre han sido y serán materia de investigación, debido a las pérdidas económicas y de vidas humanas que provocan. El punto de partida es determinar las zonas de mayor ocurrencia sísmica, así como los daños que podría causar a la población” (Mosqueira, 2012).

Se puede apreciar una gran cantidad de sismos en muchos lugares del planeta, pero estos no ocurren con igual frecuencia e intensidad en todas las zonas. Son los países que bordean el océano pacífico los que se encuentran dentro del “Cinturón de Fuego Circumpacífico”, dentro del cual ocurren el 80% de sismos en el mundo según la (USGS Geological survey earthquakes, web <https://www.usgs.gov>, 2018)

“Nuestro país, está ubicado dentro del “Cinturón de Fuego” y es el encuentro de dos placas tectónicas; la Sudamericana y la de Nazca, las que, como explican los especialistas, alternan entre ellas, produciéndose un efecto llamado de subducción, el que ha provocado en los últimos años un gran número de sismos de gran poder destructivo en la parte occidental de nuestro territorio” (Silgado, 2007)



**Figura 1:** *Cinturón de fuego. Wikipedia enciclopedia libre, 2018.*

La teoría del silencio sísmico nos dice que “es posible identificar lugares donde no se ha liberado energía en varias décadas; en consecuencia, existe mayor probabilidad de que ésta se libere y ocurra un sismo, toda esta información es gracias a la estadística y a los sismos ocurridos anteriormente” (Kuirowa, 2002).

Debido a esto se puede considerar a Cajamarca una zona de silencio sísmico y por ende considerar su ubicación como potencia de sismos destructivos.

El territorio nacional se encuentra dividido en cuatro zonas; (véase la figura 2). La ciudad de Cajamarca, capital del departamento del mismo nombre, está ubicada en el norte del Perú (2750 msnm, 7° 30' LS, 78° 10' LO). Según el decreto supremo que modifica la Norma Técnica E.030 “Diseño sismo-resistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda. Modificada con Decreto Supremo N°002-2014 Vivienda; desde ahora referenciada como “Vivienda 2016”; se encuentra en la zona sísmica 03, zona de alta actividad sísmica. Esta zonificación ha permitido identificar, determinar el grado de peligrosidad de las posibles ocurrencias de procesos de movimientos telúricos en cada zona marcada en el mapa. “A cada zona se le asigna un factor Z según se indica en la Tabla N°1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.” (Vivienda, 2016).



**Figura 2:** zonas sísmicas, recopilado por Vivienda, 2016.

**Tabla 1.**  
*zonas sísmicas*

	4	0.45
	3	0.35
	2	0.25
	1	0.10

**Nota:** recopilado de Vivienda, 2016

“En el periodo intercensal 2007–2017, la población total del país se incrementó en 3 millones 16 mil 621 habitantes, es decir, un crecimiento de 10,7% respecto de la población total de 2007.” (INEI, 2018).

Toda la región de Cajamarca actualmente tiene aproximadamente 1 341 012 habitantes, donde la provincia de Cajamarca cuenta con 348 433 habitantes según el INEI; el déficit habitacional de viviendas gracias al incremento de habitantes genera que la población busque expandirse a lo largo de la ciudad, sobre todo en las zonas más alejadas del centro, lo que genera la construcción inmediata de, a veces, edificaciones sin ningún control ni intervención de especialistas, y sin realizar estudios de suelos respectivos para el diseño y seguridad de estas.

Pero el problema no sólo tiene que ver con las construcciones informales, sino que no se toma en cuenta que Cajamarca es una zona de alta sismicidad, y no se implementan sistemas antisísmicos dentro de las construcciones por falta de conocimiento. “La normativa nacional sólo se centra en construcciones típicas con materiales convencionales y poco nos informa acerca del uso y diseño de sistemas antisísmicos que pueden llegar a ser muy efectivos dependiendo del proyecto y las circunstancias en las que se encuentre, pues como es de conocimiento, en el último medio siglo se han propuesto interesantes alternativas de solución para controlar la respuesta sísmica de las edificaciones.” (Mercado, 2016)

Dentro de los antecedentes internacionales la tesis profesional de Bustos (2003) en Chile, denominada “Análisis Estructural de dos edificios altos en estructura de acero en la periferia y núcleo de escaleras y ascensor de muros de hormigón armado”. El segundo, con marcos de momento de acero en la periferia y núcleo de escaleras y ascensor de marcos arriostrados concéntricos de acero.

Dentro de los resultados expuestos, se concluye que la cortante basal, correspondió al mínimo de la norma. Se comprobó que, en cuanto a los desplazamientos y giros, es necesario colocar secciones de una capacidad mayor a la necesaria por resistencia ante cargas gravitacionales y los periodos en ambas estructuras son menores a los considerados lo que presenta una buena rigidez lateral para ambos casos.

En conclusión, las dos estructuras de acero, por contar con una rigidización de núcleo de escalera y ascensor, con respecto a la respuesta sísmica, son perfectamente aptas de realizar, ya que sus parámetros sísmicos son apropiados.

En la tesis profesional de Yachan (2008) desarrollada en la Universidad de Chile, denominada “Factibilidad de estructurar un edificio de oficinas en zona sísmica, con un núcleo central y tensores de acero perimetrales”, habla sobre el cumplimiento de las normativas chilenas vigentes; ya que se realizó un modelo estructural que cumple con un diseño por resistencia y que limita las deformaciones y vibraciones de los elementos estructurales presentes como vigas, losas, etc. al utilizar muros de hormigón armado solamente en el núcleo central, acompañado por cables en el perímetro anclados a la parte superior del edificio.

Se concluyó que esa tesis demuestra la factibilidad de usar nuevas alternativas para la construcción de edificios en un país sísmico, que privilegian por un lado la vista hacia el exterior, al eliminar elementos verticales perimetrales y utilizar métodos constructivos utilizados en la construcción de puentes.

Dentro de los antecedentes nacionales, nos basamos en la tesis profesional denominada “Evaluación del comportamiento dinámico de edificios de concreto armado sin y con núcleo central” desarrollada por Laura (2009) en la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima, habla que dentro de los edificios aporticados mayores a tres pisos, todos con la misma planta tendrán las mismas distorsiones máximas de entrepiso y para edificios de tres pisos a menos, las distorsiones máximas se dan en el primer piso y son mayores a los edificios de mayor número de pisos.

Al comparar dos edificios aporticados que tiene una misma planta e igual número de pisos, pero con distinto número de planos resistentes, la distorsión máxima del edificio con mayor número de planos resistentes es igual o ligeramente superior al edificio con menor número de planos resistentes, siempre que sus elementos estructurales se hayan dimensionado siguiendo la misma metodología.

Así mismo, las distorsiones máximas alcanzadas por los edificios menores a 4 pisos, resultan mucho mayores a la distorsión máxima permitidas por la norma, sobre todo para edificios de dos pisos o menos, por lo que el dimensionamiento de sus columnas para que cumplan con los límites permisibles, podrían estar alcanzando las dimensiones de las columnas de edificios de 4 o 5 pisos.

Los edificios con núcleo central y con excentricidades pequeñas tendrán desplazamientos máximos en el borde rígido y para excentricidades mayores estos máximos se trasladarán al borde flexible.

Y también, un edificio asimétrico en planta con núcleo central podría no tener irregularidad torsional al aplicar la NT E0.30. Sin embargo, este podría tener un buen grado de acoplamiento lateral-torsional, por lo que se debe poner especial atención a sus masas rotacionales activas en la dirección de análisis en los modos de vibración más bajos del edificio.

En la tesis profesional de Carmona (2015) denominada “Análisis comparativo del comportamiento sísmico dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema aporticado, del edificio de oficinas Schell de seis pisos ubicado en la Provincia de Lima – Perú, se realizó el análisis comparativo del comportamiento sísmico dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento de un sistema aporticados.

Según los resultados obtenidos de la investigación, dentro del sistema aislado ocurren menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual ayudará a un mejor comportamiento de la estructura. También al utilizar aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, por lo tanto, menores aceleraciones y como consecuencia las fuerzas sísmicas disminuirán, lo cual contribuirá a menores demandas de diseño.

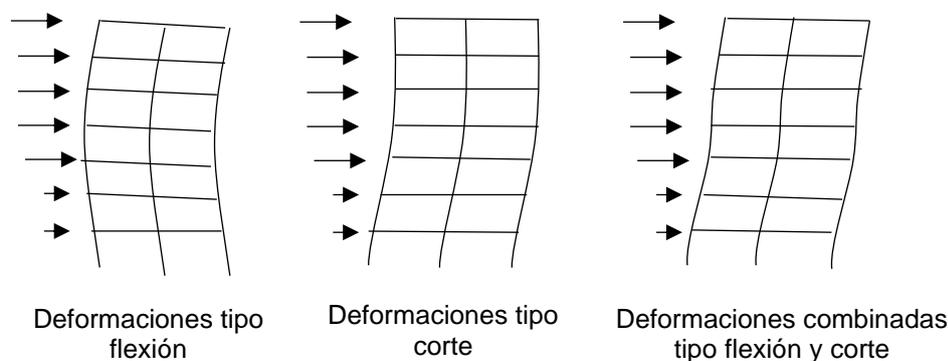
Las fuerzas cortantes máximas disminuyen en el sistema aislado, también los momentos flectores máximos, y las fuerzas axiales máximas, es decir, el edificio utilizando un sistema antisísmico como los aisladores elastoméricos mejoran notablemente el comportamiento de la edificación.

Las bases teóricas para el desarrollo de esta tesis van de la mano con la necesidad de protegernos de los efectos de los sismos, que nos han llevado a desarrollar equipos, planes de seguridad y sistemas antisísmicos que ayuden a mejorar el comportamiento de las edificaciones ante dichos efectos. Estos sistemas han sido desarrollados en diferentes partes del mundo, basándose en los principios de la física y observando el comportamiento de las edificaciones al interactuar con los fenómenos naturales, reduciendo así las pérdidas humanas y materiales.

En el Perú, la introducción de sistemas antisísmicos es escasa, aunque ha ido aumentando en los últimos años, pues no existen normativas para el diseño de estos. Sin embargo, la NT E.030 contiene diversas especificaciones técnicas para el diseño sismo-resistente inherente a los mismos sistemas estructurales que se presentan en esta norma, considerando obligatorio el diseño antisísmico mediante el análisis estático o análisis dinámico modal espectral; provocando que exista un posible aumento de sección en los elementos estructurales, ya sean columnas, vigas, placas, losas o muros a comparación del diseño estático; y aumentando los costos que podrían ser utilizados en un sistema antisísmico más fiable.

Un sismo generará fuerzas inerciales en un edificio que hará que éste se mueva en distintas direcciones. Estas fuerzas se concentrarán a nivel de los entresijos donde puede suponerse está la mayor cantidad de masa en un piso, entonces se desplazará lateralmente hasta que se deformen sus elementos.

Desde un punto de vista global, un edificio puede ser representado como un voladizo fijo en su base, sujeto a fuerzas axiales, de corte y momentos a lo largo de toda su altura. Este simple esquema es fundamental para entender su comportamiento (Laura, 2009)



**Figura 3:** *Tipos de deformaciones en edificaciones. Recuperado de Laura, 2009.*

Las deformaciones laterales de edificios generalmente son una combinación de deformaciones laterales tipo corte y deformaciones laterales tipo flexión. La figura 3 indica los tipos de deformaciones en edificios.

En el caso de edificios con gran cantidad de placas, su comportamiento se aproximará a la de una viga de flexión, es decir, las mayores deformaciones se producirán en la parte superior.

Para edificaciones mixtas o sistemas duales, es decir, conformadas por pórticos y muros de corte, ocurrirán deformaciones intermedias a los casos anteriores. La deformación del pórtico es del tipo de corte y la de muro de flexión. Bajo suposición de diafragmas rígidos en cada piso, las deformaciones de ambos tipos de estructuras están obligados a igualarse y así la deformada será en un modo intermedio. En los pisos inferiores, el pórtico se deformará mucho y el muro muy poco (Laura, 2009).

Por toda la acción sísmica que se produce en una zona de estudio, podemos resaltar que existen diversas fallas estructurales que afectan a las edificaciones.

La causa más frecuente de colapso de los edificios es la insuficiente resistencia a carga lateral de los elementos verticales de soporte de la estructura. El flujo de las fuerzas de inercia desde las partes superiores hacia la cimentación, genera fuerzas cortantes crecientes hacia los pisos inferiores de la estructura las cuales deben ser resistidas por elementos verticales. (Bazán, 2015).

Para evitar todas las fallas estructurales nos basaremos en la Norma de Diseño Sismo-resistente E.030.

Para los efectos de esta Norma, primero veremos la clasificación de los perfiles de suelo, tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_S$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación (Vivienda, 2016)

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $N_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos

Predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo (Vivienda, 2016)

Los tipos de perfiles de suelos son cinco, pero para el estudio de esta tesis, utilizaremos

### Perfil Tipo $S_2$ : Suelos intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_S$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $N_{60}$ , entre 15 y 50.

Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad. (Vivienda, 2016)

También deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los periodos,  $T_P$  y  $T_L$  dados en las tablas 2 y 3.

**Tabla 2.**  
*Factor de suelo “S”*

SUELO	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
<b>ZONA</b>				
$Z_4$	0,80	1,00	1,05	1,10
$Z_3$	0,80	1,00	1,15	1,20
$Z_2$	0,80	1,00	1,20	1,40
$Z_1$	0,80	1,00	1,60	2,00

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

**Tabla 3.**  
*Periodos  $T_P$  y  $T_L$*

	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P$	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$	3,0	2,5	2,0	1,6

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

**Ecuación N° 1:** Factor de amplificación

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

**Ecuación N° 2:** Factor de amplificación

$$T < T_L \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$$

**Ecuación N° 3:** Factor de amplificación

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo (Vivienda, 2016)

Acorde a la normar técnica NT E.030, cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la tabla N°4. El factor de uso e importancia (U), definido en la tabla N°4 se usará según la clasificación que se haga.

**Tabla 4.**

*Factor de uso*

C:	Edificaciones comunes tales como:	1,0
Edificaciones comunes	viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismo resistente deberán cumplir con lo previsto las “Disposiciones especiales para el diseño sísmico” de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

**Pórticos:** Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Dual: Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.

En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P$$

**Ecuación N°4:** Fuerza cortante en la base

Donde:

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:  $\frac{C}{R} \geq 0,125$

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, correspondientes a la dirección a la dirección considerada, se calcularán mediante

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

**Ecuación N° 5:** Fuerza sísmica horizontal

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^j}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

Para T menor o igual a 0,5 segundos:  $k = 1,0$

Para T mayor que 0,5 segundos:  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ .

**Ecuación N° 6:** Cálculo de k

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

**Ecuación N°7:** Periodo fundamental de vibración

Donde:

$C_T = 35$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, la fuerza de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evaluarán a partir del promedio de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizarán menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla 5.

Las deformaciones en los elementos no excederán de 2/3 de aquellas para las que perderían la capacidad portante para cargas verticales o para las que se tendría una pérdida de resistencia en exceso a 30%.

Para verificar la resistencia de los elementos se dividirán los resultados del análisis entre  $R = 2$ , empleándose las normas aplicables a cada material (Vivienda, 2016)

**Tabla 5.**  
*Límites para la distorsión del entrepiso*

Material predominante	$(\Delta_j / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

**Ecuación N°8:** Resistencia requerida 1

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de viento (CVi), además de lo indicado en 2.3.12.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1,25 (\text{CM} + \text{CV} \pm \text{CVi})$$

**Ecuación N°9:** Resistencia requerida 2

$$U = 0,9 \text{ CM} \pm 1,25 \text{ CVi}$$

**Ecuación N°10:** Resistencia requerida 3

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de lo indicado en 2.3.12.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1,25 (\text{CM} + \text{CV}) \pm \text{CS}$$

**Ecuación N°11:** Resistencia requerida 4

$$U = 0,9 \text{ CM} \pm \text{CS}$$

**Ecuación N°12:** Resistencia requerida 5

No será necesario considerar acciones de sismo y de viento simultáneamente. (Decreto supremo N° 011-2006 – Vivienda E0.60 Concreto Armado, 2006).

Después de todo lo expuesto, y viendo la necesidad de sistemas antisísmicos en Cajamarca, una zona de alta sismicidad, se generó la idea de evaluar un edificio multifamiliar de cinco niveles incluyendo dentro de este un sistema antisísmico como un núcleo central y compararlo con el edificio mismo sin ningún sistema antisísmico; y así conocer en cuánto y cómo mejora el comportamiento de este edificio frente a acciones sísmicas que se van a generar en la ciudad.

La razón de la investigación es verificar el mejor comportamiento antisísmico de cualquier edificio con núcleos centrales.

## 1.2. Formulación del problema

- ✓ ¿Qué edificio multifamiliar tiene mejor comportamiento dinámico, con núcleo central o si él?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Comparar el comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar con y sin núcleo central

### 1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar con núcleo central.
- ✓ Determinar el comportamiento dinámico de un edificio multifamiliar sin núcleo central.
- ✓ Comparar el modelamiento dinámico del edificio multifamiliar con y sin núcleo central.

## 1.4. Hipótesis

El edificio multifamiliar con núcleo central tiene un mejor comportamiento dinámico que el edificio sin núcleo central.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es no experimental, descriptivo.

### 2.2. Población y muestra

#### 2.2.1. Población

✚ El edificio multifamiliar de la ciudad de Cajamarca

#### 2.2.2. Muestra

✚ No probabilística, por conveniencia

Un edificio multifamiliar en la ciudad de Cajamarca, aporticado de 5 pisos con 14,4 m de altura, con un área de 205,17 m<sup>2</sup>, con un suelo intermedio S2. El proyecto será ejecutado según los planos de arquitectura (Anexo 01) y los planos de estructuras (Anexo 2)

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

**Tabla 6.**

*Técnica de recolección de datos*

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
<b>Edificio multifamiliar con núcleo central</b>	Estructura aporticada de 5 pisos	✚ Modelamiento ✚ Idealización virtual	✚ Software Etabs ✚ Planos de la edificación
<b>Edificio multifamiliar sin núcleo central</b>	Estructura aporticada de 5 pisos	✚ Modelamiento ✚ Idealización virtual	✚ Software Etabs ✚ Planos de la edificación

## 2.4.Procedimiento

- ✓ Debido a que la ciudad de Cajamarca se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, pero que también está dentro de una zona de silencio sísmico, es necesario realizar un análisis del comportamiento dinámico de un edificio con y sin núcleo central para poder comparar y analizar la respuesta sísmica de este.
- ✓ Para hacer este trabajo de investigación se realizaron la modificación de planos de arquitectura y estructuras y colocar así el sistema antisísmico agregando placas centrales.
- ✓ Se tuvo en consideración la Norma Técnica E.030 del Reglamento Nacional de edificaciones para poder desarrollar esta tesis, dentro de los parámetros a considerar, se tomó la zonificación (tabla 45), el tipo de suelo (tabla 46), el factor de suelo (tabla 47), los periodos  $T_p$  y  $T_l$  (tabla 48), el factor  $U$  (tabla 49), el cálculo del factor  $R$  (tabla 50), y el cálculo de  $ZUCS/R$  (tabla 51), todos dentro del Anexo N° 3, para poder desarrollar el espectro de sismo que simula un sismo real dentro de las dos edificaciones que se van a idealizar virtualmente.
- ✓ Para la idealización del modelo con y sin núcleo central, se utilizaron los planos de arquitectura (Anexo N° 1) y los planos de estructuras (Anexo N° 2) para poder colocar todas las especificaciones técnicas en el software ETABS 2016 educacional.
- ✓ Dentro de las especificaciones técnicas, se consideraron los materiales a utilizar, la distribución de alturas y ejes, las especificaciones para los elementos estructurales tanto para vigas, columnas, placas y losas, y también las cargas a colocar dentro de la edificación tomadas de la norma técnica E.020. (Ver procedimiento en el Anexo N° 5)
- ✓ Es así que una vez obtenidos todos los datos de la idealización, se hizo la comparación de la estructura con y sin núcleo central para la comprobación de la hipótesis formulada, obteniendo así una discusión de resultados y conclusiones.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Edificio sin núcleo central

#### 3.1.1. Periodo natural

El periodo natural del edificio es de 0.604 seg.

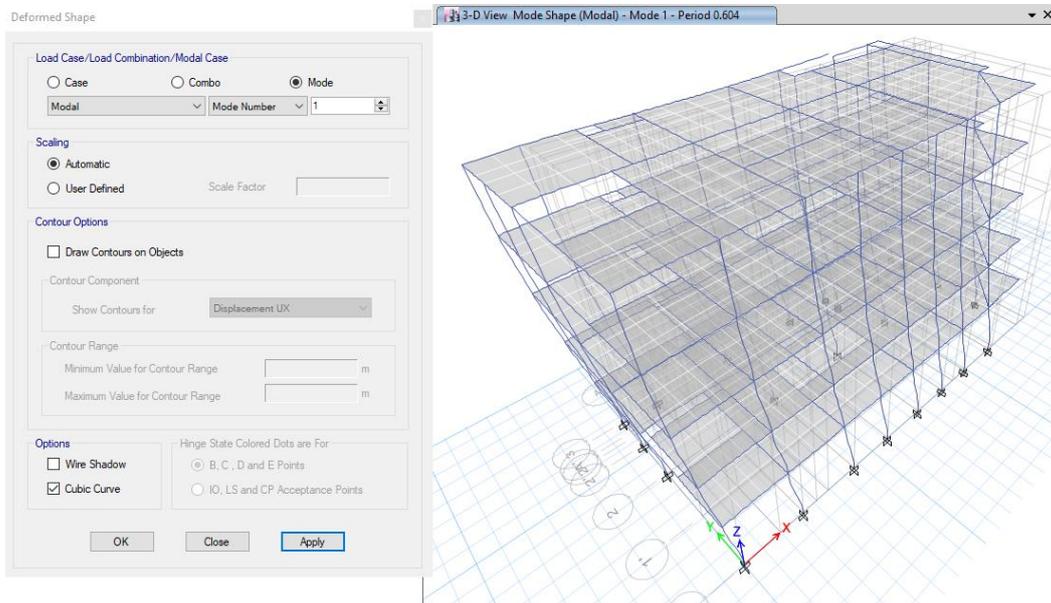
**Tabla 7.**

*Periodo de vibración del edificio sin núcleo central.*

Caso	Modal	Periodo (seg.)
<b>Modal</b>	1	0.604
<b>Modal</b>	2	0.572
<b>Modal</b>	3	0.463
<b>Modal</b>	4	0.198
<b>Modal</b>	5	0.182
<b>Modal</b>	6	0.151
<b>Modal</b>	7	0.115
<b>Modal</b>	8	0.101
<b>Modal</b>	9	0.087
<b>Modal</b>	10	0.082
<b>Modal</b>	11	0.068
<b>Modal</b>	12	0.067
<b>Modal</b>	13	0.061
<b>Modal</b>	14	0.053
<b>Modal</b>	15	0.048

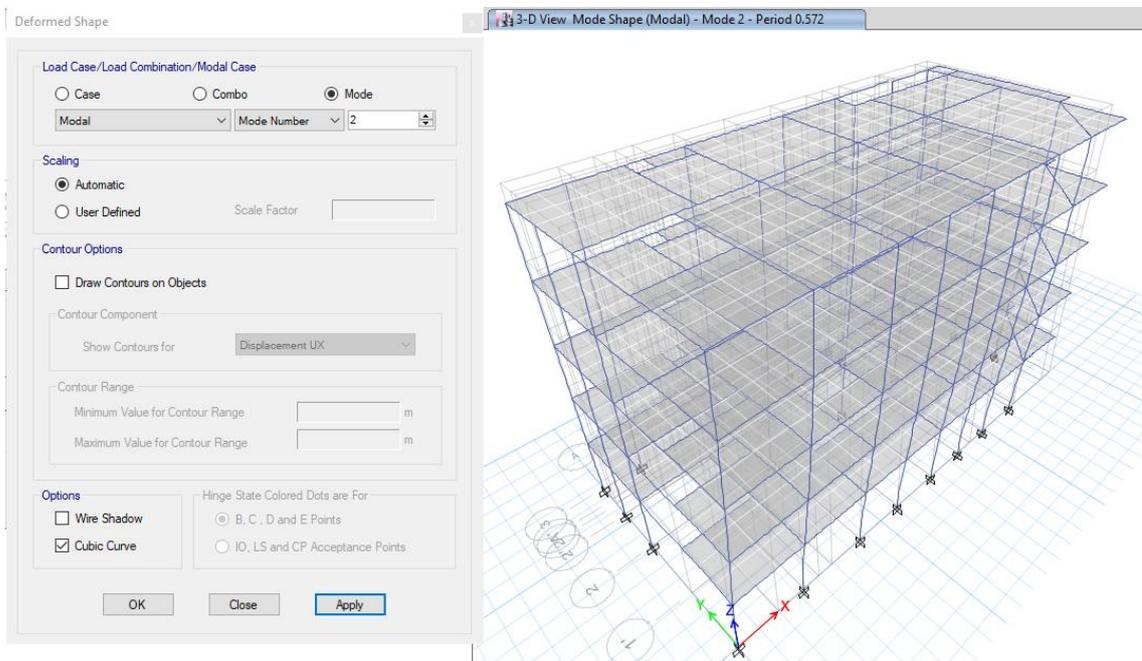
✓ **Modos de vibración**

Primer modo de vibración:  $T_1 = 0.604$  seg., nos muestra traslación en el eje X.



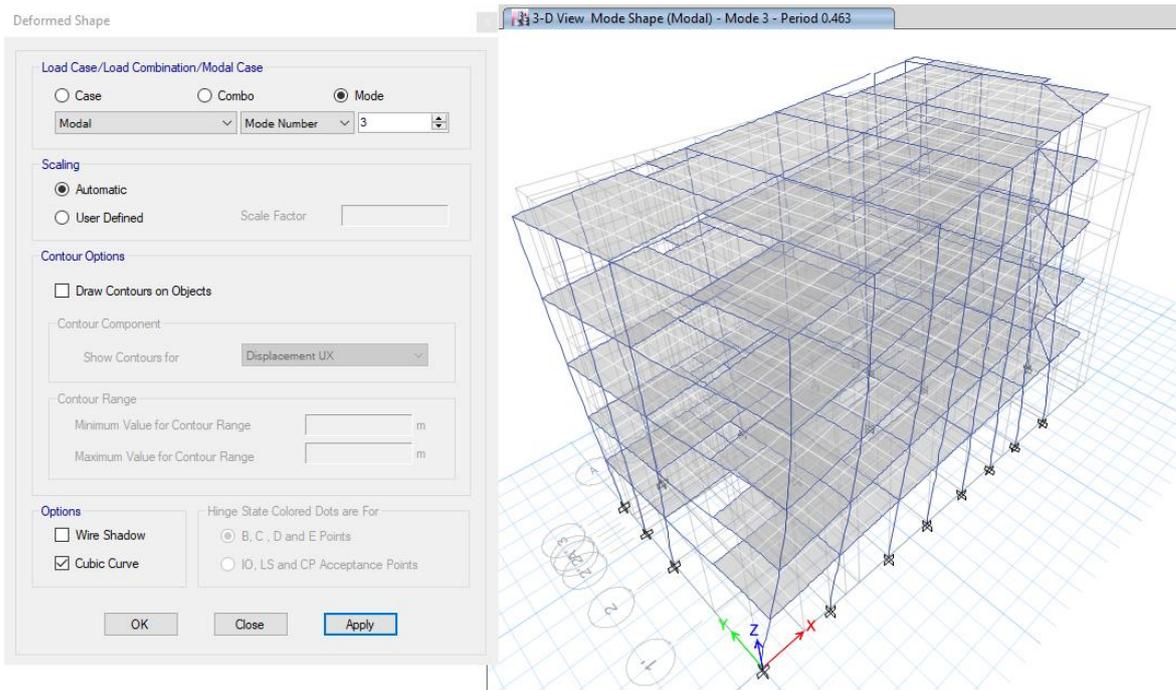
**Figura 4:** Primer modo de vibración en la estructura sin núcleo central. ETABS, 2018.

Segundo modo de vibración:  $T_2 = 0.572$  seg., nos muestra traslación en el eje Y.



**Figura 5:** Segundo modo de vibración en la estructura sin núcleo central. ETABS, 2018.

Tercer modo de vibración:  $T_3 = 0,463$  seg., nos muestra torsión en la estructura.



**Figura 6:** Tercer modo de vibración en la estructura sin núcleo central. ETABS, 2018.

### 3.1.2. Fuerza en la base

Cortante basal en las direcciones X, Y.

**Tabla 8.**

*Cortante basal del edificio multifamiliar sin núcleo central*

Combinación de carga	Tipo	Dirección	C	K	Peso tonf	Cortante Basal Tonf
<b>Sismo X</b>	Seismic	X + Ecc. Y	0.14	1.052	468.0461	65.5265
<b>Sismo Y</b>	Seismic	Y + Ecc. X	0.14	1.052	468.0461	65.5265

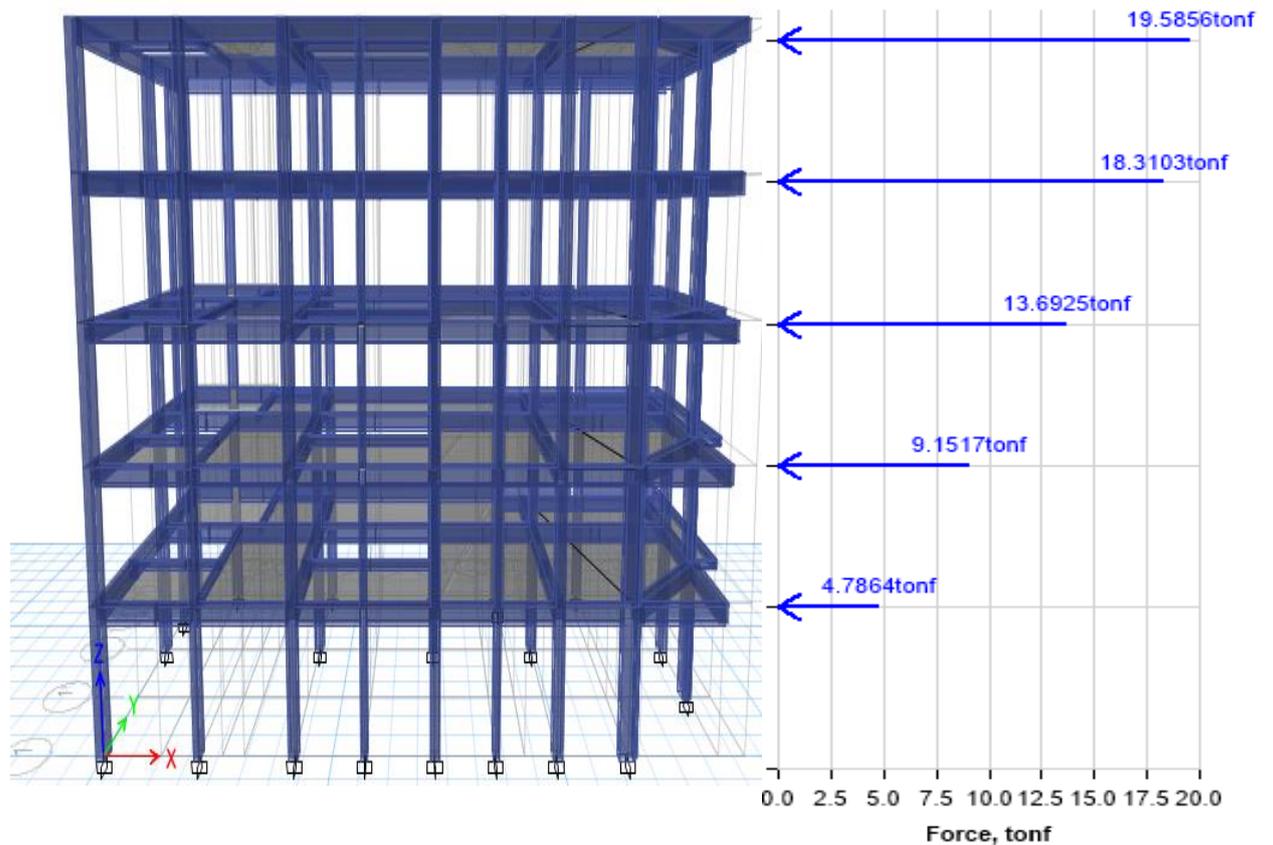
### 3.1.3. Peso de la edificación

Peso de la edificación sin núcleo central en las direcciones X, Y.

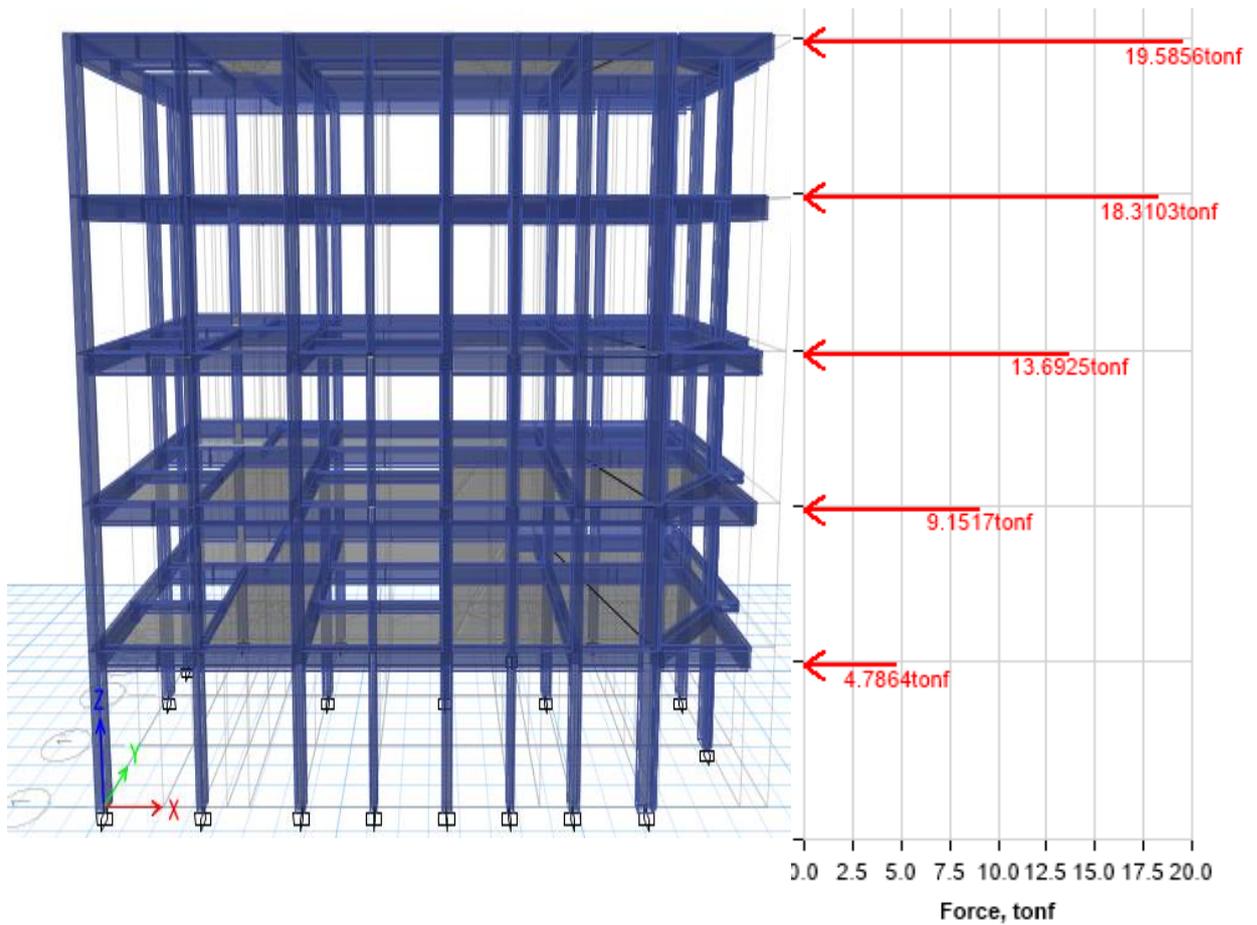
**Tabla 9.**

*Peso del edificio multifamiliar sin núcleo central*

Pisos	Elevación	Dirección X (ton-f)	Dirección Y (ton-f)
<b>Story5</b>	14.4	19.5856	19.5856
<b>Story4</b>	11.6	18.3103	18.3103
<b>Story3</b> </td <td>8.8</td> <td>13.6925</td> <td>13.6925</td>	8.8	13.6925	13.6925
<b>Story2</b>	6	9.1517	9.1517
<b>Story1</b>	3.2	4.7864	4.7864
<b>Base</b>	0	0	0



**Figura 7:** Cargas laterales en los pisos para el edificio sin núcleo central en la dirección X. ETABS, 2018.



**Figura 8:** Cargas laterales en los pisos para el edificio sin núcleo central en la dirección Y. ETABS, 2018.

### 3.1.4. Desplazamientos

- ✓ **Para el sismo en X:** el desplazamiento en “X” será 0.3028 m

**Tabla 10.**

*Desplazamiento en “X” para el sismo en X*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento X m
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.302834
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.276402
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.229253
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.164401
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.086488

- ✓ **Para el sismo en X:** el desplazamiento en “Y” será 0.0894 m

**Tabla 11.**

*Desplazamiento en “Y” para el sismo en X*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento Y m
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.089404
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.057783
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.046973
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.032399
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.015501

- ✓ **Para el sismo en Y:** el desplazamiento en “X” será 0.0645 m

**Tabla 12.**

*Desplazamiento en “X” para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento X m
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.064557
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.058668
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.048389
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.034389
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.017768

- ✓ **Para el sismo en Y:** el desplazamiento en “Y” será 0.0293 m

**Tabla 13.**

*Desplazamiento en “Y” para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento Y m
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.309594
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.277742
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.224785
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.153572
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.071583

### 3.1.5. Derivas de entrepiso

Las distorsiones máximas de entrepiso (derivas de entrepiso) no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 5 según la NT E0.30, que para el material de concreto armado es de **0,007**. Según los resultados tendremos:

✓ **Para el Sismo en X**

Deriva máxima en X:  $0.02787 \geq 0.00875$ , no cumple con la norma.

**Tabla 14.**

*Derivas en dirección X para el sismo en X*

Piso	Combinación de carga	Deriva X m	Límite max m
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.009706	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.017125	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.023327	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.02787	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.027028	0.00875

Deriva máxima en Y:  $0.00847 \leq 0.00875$ , cumple con la norma

**Tabla 15.**

*Derivas en dirección Y para el sismo en X*

Piso	Combinación de carga	Deriva Y m	Límite max m
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.003178	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.005362	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.007237	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.008475	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.006552	0.00875

✓ **Para el Sismo en Y**

Deriva máxima en X:  $0.00594 \leq 0.00875$ , cumple con la norma.

**Tabla 16.**  
*Derivas en dirección X para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Deriva X	Límite max
		m	m
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.002145	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.003713	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.005025	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.005945	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.005553	0.00875

Deriva máxima en X:  $0.02931 \geq 0.00875$ , no cumple con la norma.

**Tabla 17.**  
*Derivas en la dirección Y para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Deriva Y	Límite max
		m	m
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.011633	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.019157	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.025562	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.029311	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.02237	0.00875

### 3.1.6. Fuerzas Internas

La fuerza cortante y el momento de la estructura sin núcleo central

**Tabla 18.**  
*Fuerzas internas en la estructura sin núcleo central*

PISO	CARGAS	V3 (tonf)	M3 (tonf - m)
<b>Piso 5</b>	ENVOLVENTE Max	138.5392	202.7891
<b>Piso 4</b>	ENVOLVENTE Max	273.7093	383.8196
<b>Piso 3</b>	ENVOLVENTE Max	388.3499	551.5815
<b>Piso 2</b>	ENVOLVENTE Max	466.6318	708.3335
<b>Piso 1</b>	ENVOLVENTE Max	634.0465	771.8979

### 3.2. Edificio con núcleo central

#### 3.2.1. Periodo natural

El periodo natural del edificio es de 0.418 seg.

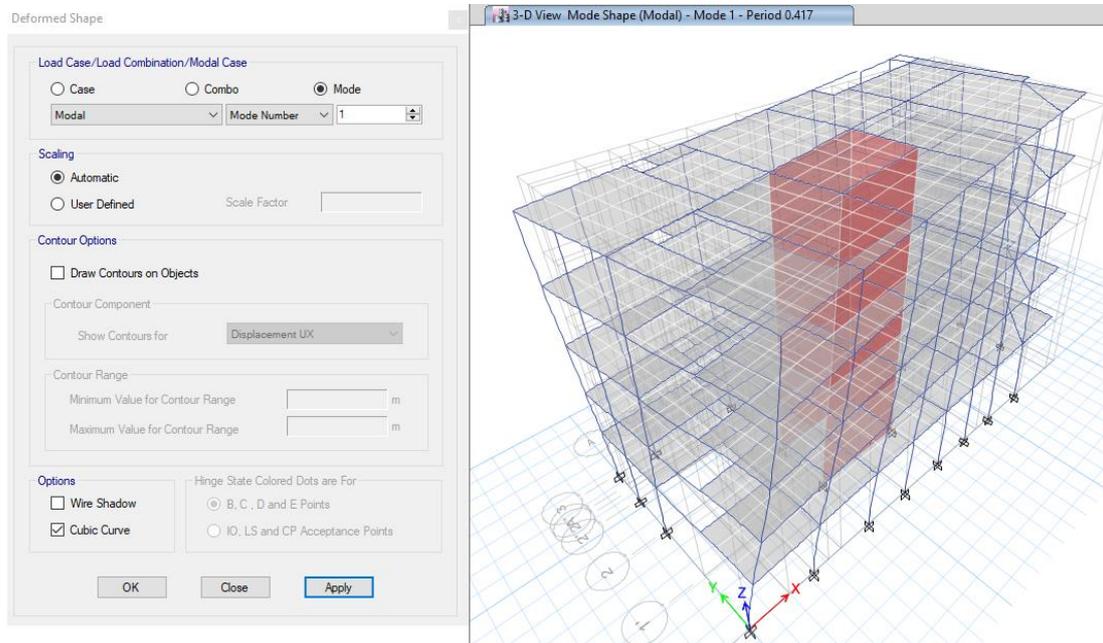
**Tabla 19.**

*Periodos del edificio con núcleo central*

Caso	Modal	Periodo (seg)
<b>Modal</b>	1	0.417
<b>Modal</b>	2	0.248
<b>Modal</b>	3	0.208
<b>Modal</b>	4	0.127
<b>Modal</b>	5	0.073
<b>Modal</b>	6	0.066
<b>Modal</b>	7	0.047
<b>Modal</b>	8	0.047
<b>Modal</b>	9	0.038
<b>Modal</b>	10	0.036
<b>Modal</b>	11	0.025
<b>Modal</b>	12	0.022
<b>Modal</b>	13	0.021
<b>Modal</b>	14	0.015
<b>Modal</b>	15	0.012

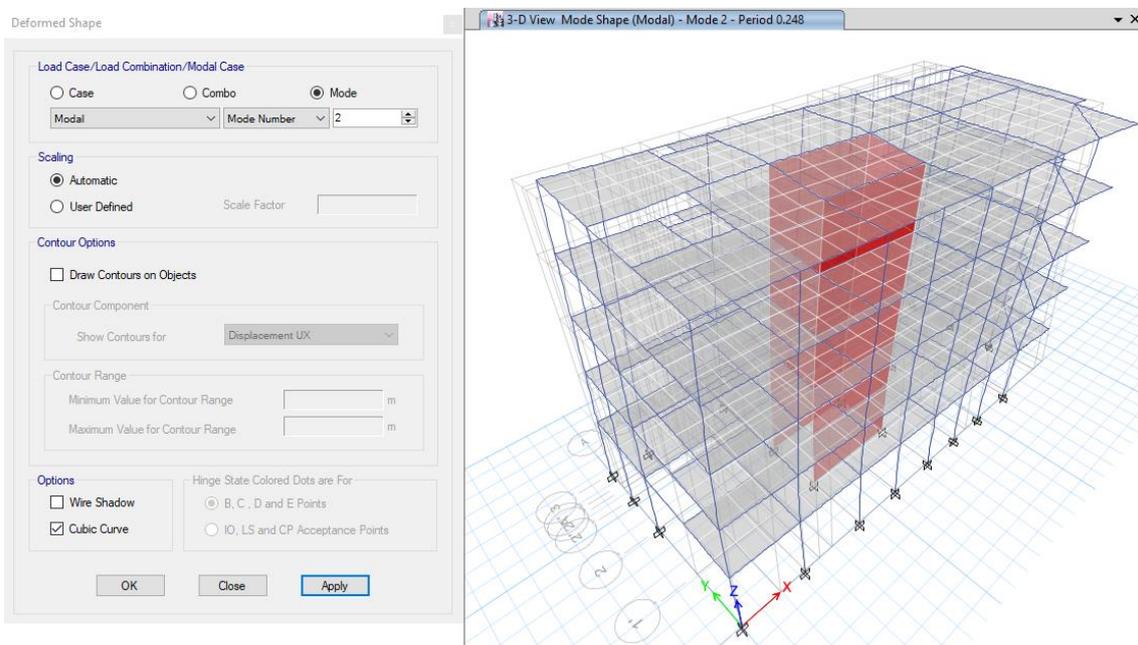
✓ **Modos de vibración**

Primer modo de vibración:  $T_1 = 417$  seg., nos muestra una torsión en la estructura



**Figura 9:** Primer modo de vibración en la estructura con núcleo central. ETABS 2018

Segundo modo de vibración:  $T_2 = 0.248$  seg. traslación en Y



**Figura 10:** Segundo modo de vibración en la estructura con núcleo central. ETABS, 2018

Tercer modo de vibración:  $T_3 = 0.208$  seg. traslación en X

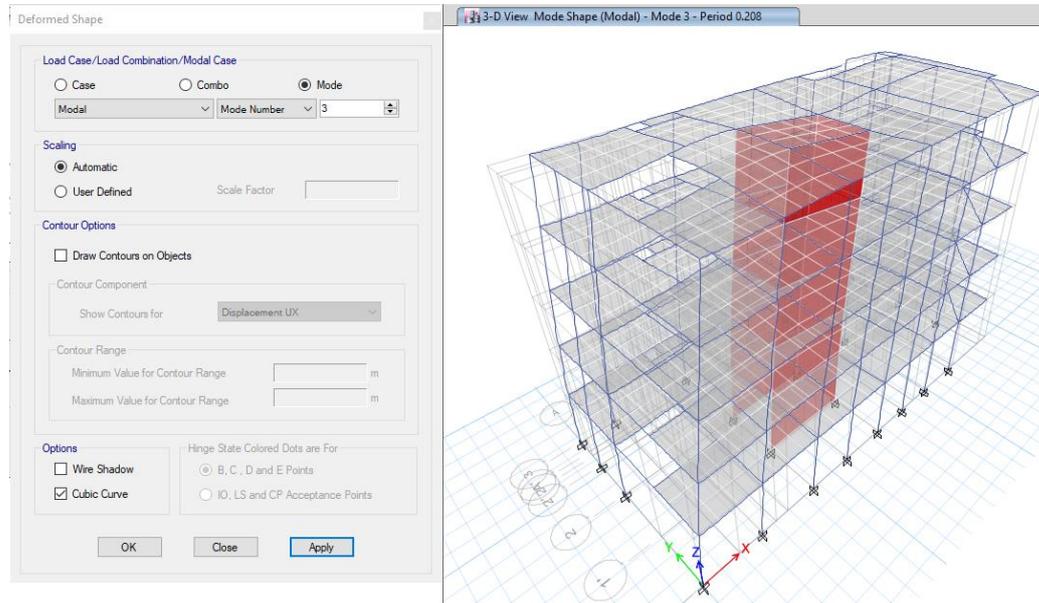


Figura 11: Tercer modo de vibración en la estructura con núcleo central. ETABS, 2018

### 3.2.2. Fuerza en la base

Cortante basal en las direcciones X, Y.

Tabla 20.

*Cortante basal del edificio multifamiliar con núcleo central*

Combinación de carga	Tipo	Dirección	C	K	Peso tonf	Cortante Basal tonf
<b>Sismo X</b>	Seismic	X + Ecc. Y	0.14	0.959	552.6125	77.3657
<b>Sismo Y</b>	Seismic	Y + Ecc. X	0.14	0.959	552.6125	77.3657

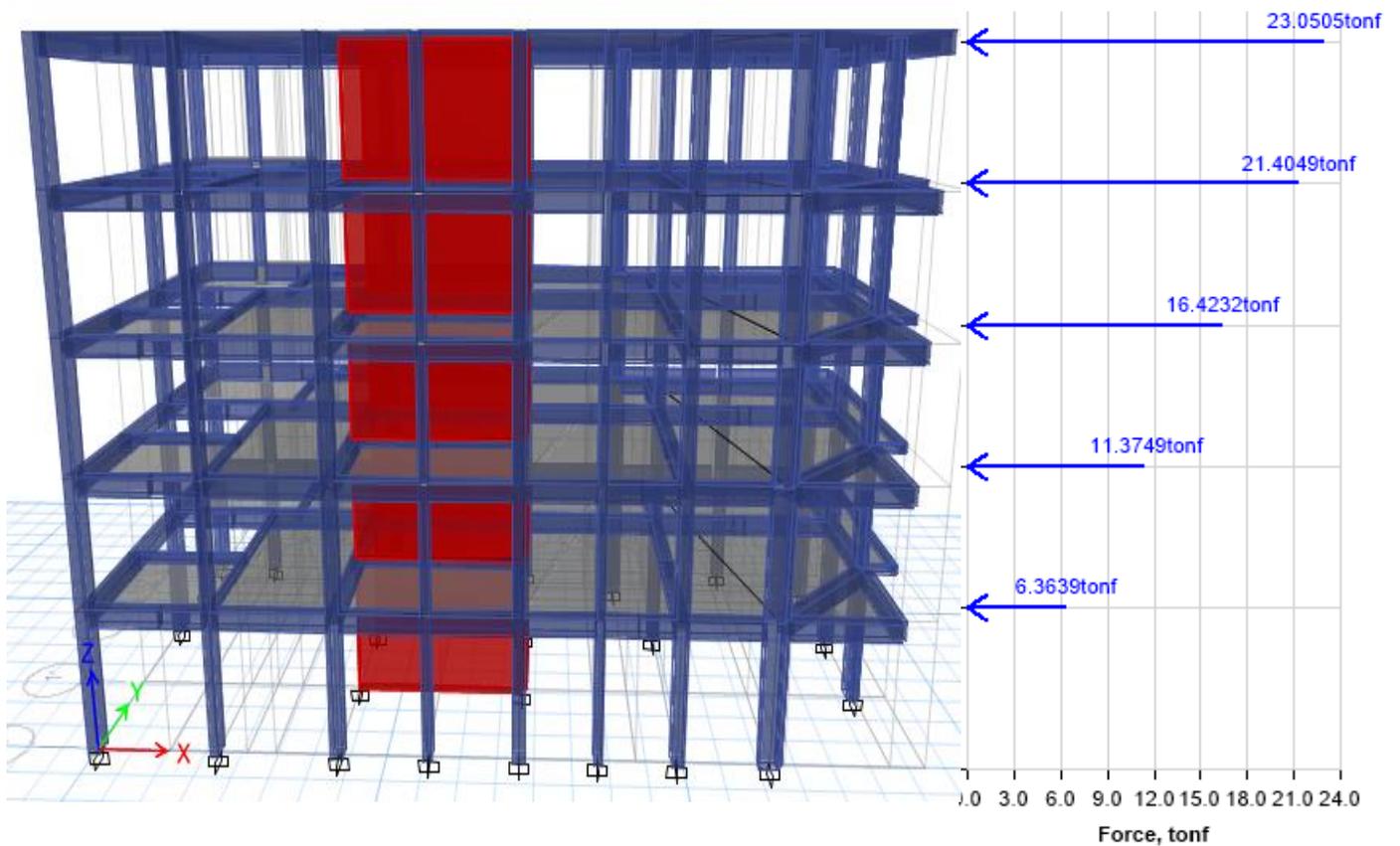
### 3.2.3. Peso en la edificación

Peso de la edificación con núcleo central en las direcciones X, Y.

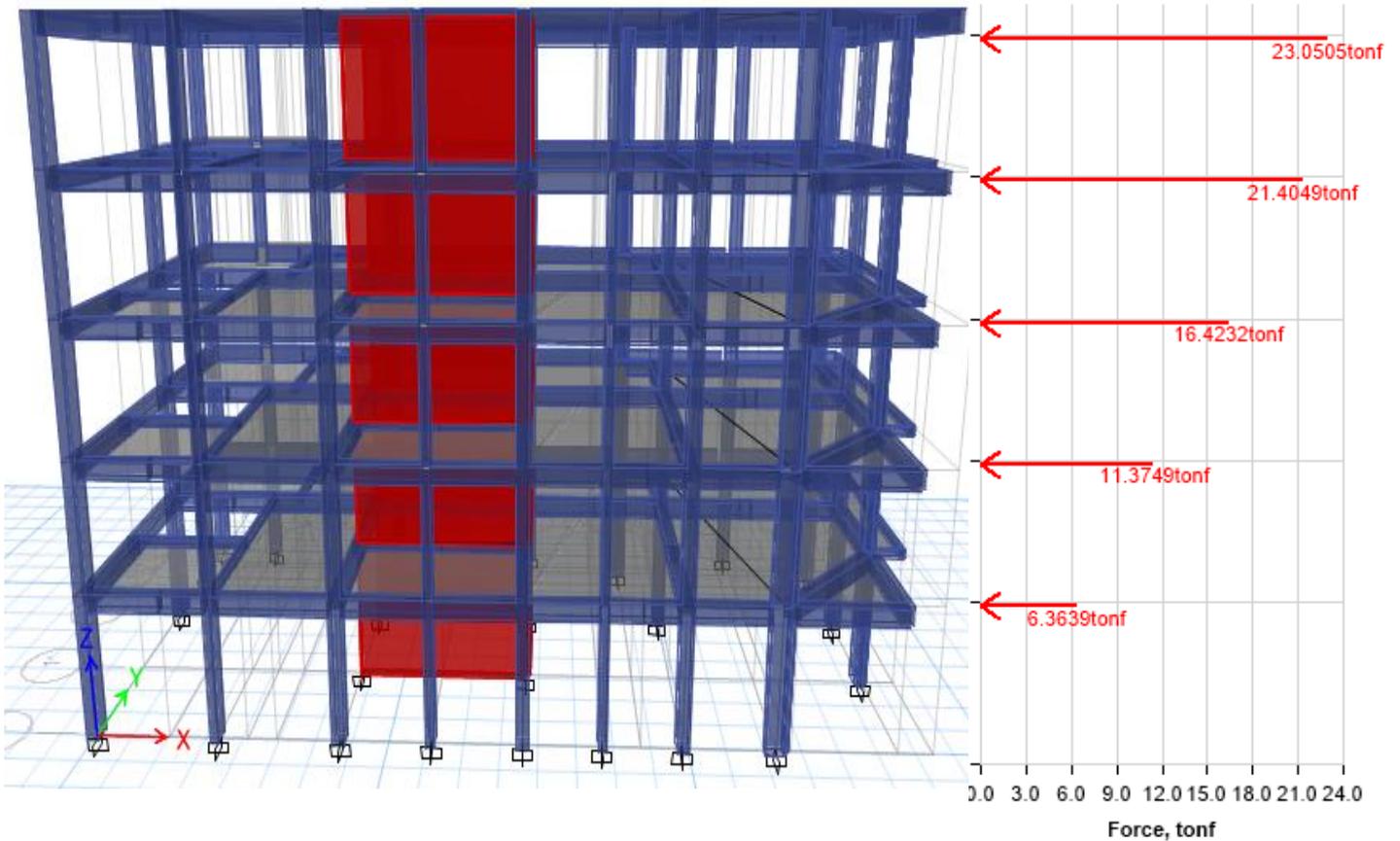
**Tabla 21.**

*Peso del edificio multifamiliar con núcleo central*

Pisos	Elevación	Dirección X (ton-f)	Dirección Y (ton-f)
<b>Piso 5</b>	14.4	23.0505	23.0505
<b>Piso 4</b>	11.6	21.4049	21.4049
<b>Piso 3</b>	8.8	16.4232	16.4232
<b>Piso 2</b>	6	11.3749	11.3749
<b>Piso 1</b>	3.2	6.3639	6.3639
<b>Base</b>	0	0	0



**Figura 12:** Cargas laterales en los pisos para el edificio con núcleo central en la dirección X. ETABS, 2018



**Figura 13:** Cargas laterales en los pisos para el edificio con núcleo central en la dirección Y. ETABS, 2018

### 3.2.4. Desplazamientos

- ✓ Para el sismo en X: el desplazamiento en “X” será 0.044 m

**Tabla 22.**

*Desplazamiento en “X” para el sismo en X*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento X m
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.04406
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.034146
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.023803
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.013825
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.005418

- ✓ **Para el sismo en X:** el desplazamiento en “Y” será 0.0294 m

**Tabla 23.**

*Desplazamiento en “Y” para el sismo en X*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento Y m
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.02945
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.025398
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.019777
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.01295
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.00582

- ✓ **Para el sismo en Y:** el desplazamiento en “X” será 0.053 m

**Tabla 24.**

*Desplazamiento en “X” para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento X
		m
Piso 5	EQ-Y Max	0.053127
Piso 4	EQ-Y Max	0.046232
Piso 3	EQ-Y Max	0.036362
Piso 2	EQ-Y Max	0.024222
Piso 1	EQ-Y Max	0.01135

- ✓ **Para el sismo en Y:** el desplazamiento en “Y” será 0.119 m

**Tabla 25.**

*Desplazamiento en “Y” para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Desplazamiento Y m
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.119053
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.101771
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.078538
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.050867
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.022617

### 3.2.5. Derivas de entrepiso

✓ **Para el Sismo en X**

Deriva máxima en X:  $0.00033717 \leq 0.00875$ , cumple con la norma

**Tabla 26.**

*Derivas en dirección X para el sismo en x*

Piso	Combinación de carga	Deriva X <b>m</b>	Límite Max <b>m</b>
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.003564	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.003717	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.003579	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.00301	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.001693	0.00875

Deriva máxima en Y:  $0.00255 \leq 0.00875$ , cumple con la norma.

**Tabla 27.**

*Derivas en dirección Y para el sismo en X*

Piso	Combinación de carga	Deriva Y <b>m</b>	Límite Max <b>M</b>
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.001503	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.002056	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.002465	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.002558	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.001819	0.00875

✓ **Para el Sismo en Y**

Deriva máxima en X:  $0.004626 \leq 0.00875$ , cumple con la norma

**Tabla 28.**

*Derivas en dirección X para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Deriva X <b>m</b>	Límite Max <b>m</b>
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.002533	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.003577	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.004378	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.004626	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.003547	0.00875

Deriva máxima en Y:  $0.0102 \geq 0.00875$ , no cumple con la norma.

**Tabla 29.**

*Derivas en dirección Y para el sismo en Y*

Piso	Combinación de carga	Deriva Y	Límite Max
		m	M
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.006572	0.00875
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.008568	0.00875
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.010073	0.00875
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.010204	0.00875
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.007068	0.00875

### 3.2.6. Fuerzas internas

La fuerza cortante y el momento de la estructura con núcleo central

**Tabla 30.**

*Fuerzas internas en la estructura sin núcleo central*

PISO	CARGAS	V3 (tonf)	M3 (tonf - m)
<b>Piso 5</b>	ENVOLVENTE Max	113.4776	141.8166
<b>Piso 4</b>	ENVOLVENTE Max	137.2	179.4498
<b>Piso 3</b>	ENVOLVENTE Max	163.2143	222.3856
<b>Piso 2</b>	ENVOLVENTE Max	169.6521	245.4459
<b>Piso 1</b>	ENVOLVENTE Max	166.0813	241.4216

### 3.3. Análisis del comportamiento estructural del edificio con núcleo central y sin él

#### 3.3.1. Periodo natural

**Tabla 31.**

*Comparación de los periodos naturales para la estructura con y sin núcleo central*

Periodo sin núcleo central	Periodo con núcleo central
seg.	seg.
0.604	0.417
0.572	0.248
0.463	0.208
0.198	0.127
0.182	0.073
0.151	0.066
0.115	0.047
0.101	0.047
0.087	0.038
0.082	0.036
0.068	0.025
0.067	0.022
0.061	0.021
0.053	0.015
0.048	0.012

**Tabla 32.**

*Comparación de los tres modos de vibración para la estructura con y sin núcleo central*

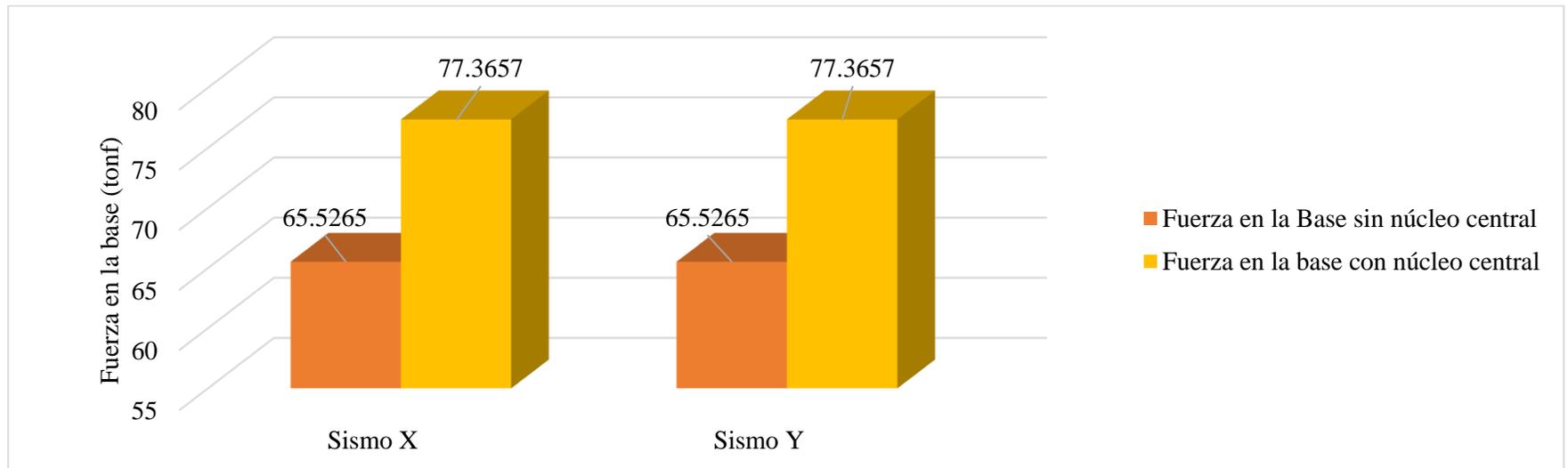
	Periodo sin núcleo central	Periodo con núcleo central	Disminución de periodo
Mode	Seg.	Seg.	(%)
<b>Traslación en X</b>	0.604	0.208	65.563
<b>Traslación en Y</b>	0.572	0.248	56.643
<b>Torsión en la estructura</b>	0.463	0.417	9.935

### 3.3.2. Fuerza en la base

**Tabla 33.**

*Variación de la cortante basal para el sismo en X e Y*

Combinación de carga	Tipo	Dirección	Sin núcleo central				Con núcleo central				Aumenta %
			C	K	Peso tonf	Cortante Basal tonf	C	K	Peso tonf	Cortante Basal tonf	
<b>Sismo X</b>	Seismic	X + Ecc. Y	0.14	1.052	468.0461	65.5265	0.14	0.959	552.6125	77.3657	18.10
<b>Sismo Y</b>	Seismic	Y + Ecc. X	0.14	1.052	468.0461	65.5265	0.14	0.959	552.6125	77.3657	18.10



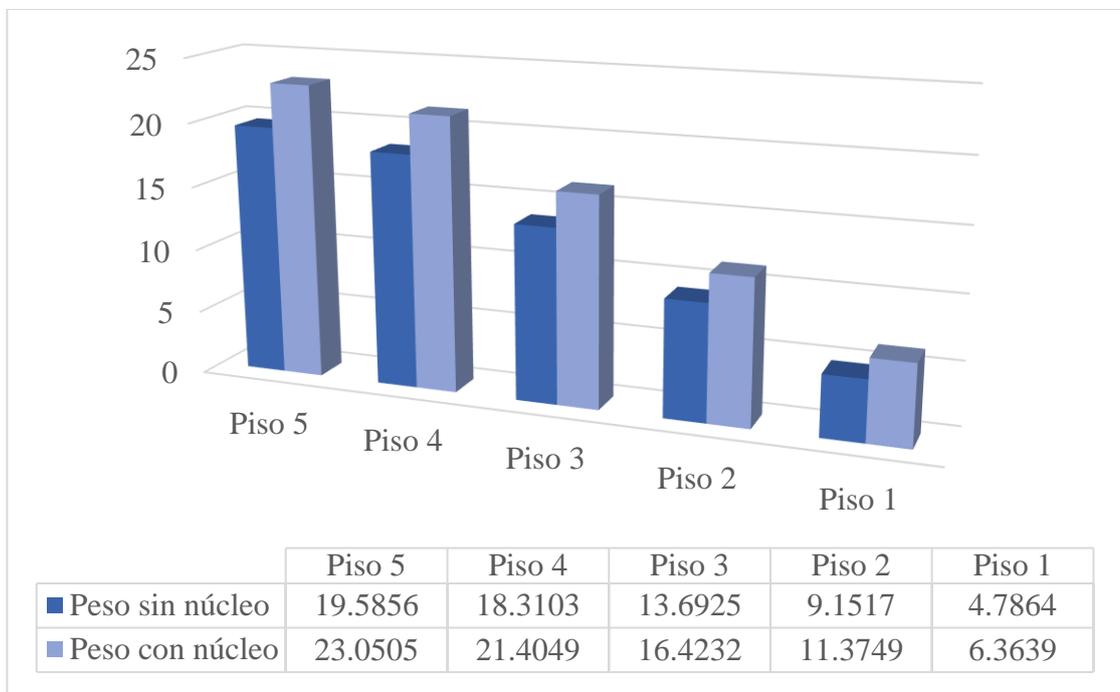
**Gráfico 1 :** Variación de la cortante basal para el sismo en X e Y

### 3.3.3. Peso en la edificación

**Tabla 34.**

*Comparación del peso en la edificación para ambas estructuras*

Pisos	Elevación	Sin núcleo		Con núcleo		Aumenta (%)
		Dirección X (ton-f)	Dirección Y (ton-f)	Dirección X (ton-f)	Dirección Y (ton-f)	
<b>Piso 5</b>	14.4	19.5856	19.5856	23.0505	23.0505	8.33
<b>Piso 4</b>	11.6	18.3103	18.3103	21.4049	21.4049	18.13
<b>Piso 3</b>	8.8	13.6925	13.6925	16.4232	16.4232	21.20
<b>Piso 2</b>	6	9.1517	9.1517	11.3749	11.3749	25.59
<b>Piso 1</b>	3.2	4.7864	4.7864	6.3639	6.3639	34.35
Promedio						21.520



**Gráfico 2:** Comparación del peso en la edificación para ambas estructuras

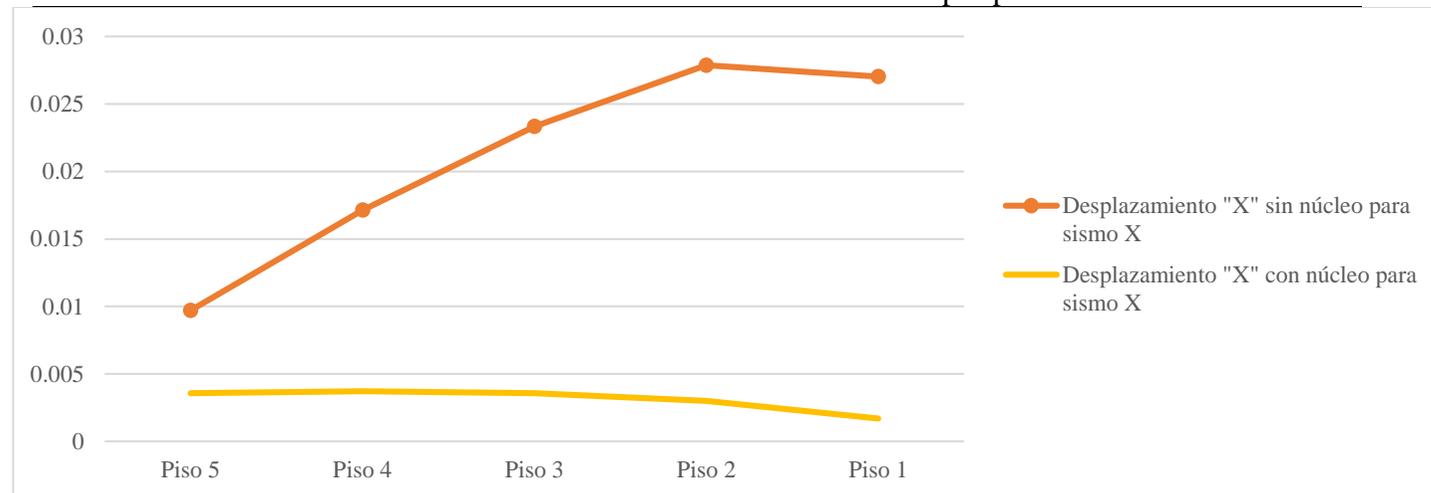
### 3.3.4. Desplazamientos

#### a. Comparación de desplazamientos para el sismo “X” del edificio

**Tabla 35.**

*Comparación de los desplazamientos “X” para el sismo dinámico en “X”*

Piso	Load Case/Combo	Sin núcleo	Con núcleo	Representa	Disminuye
		Desplazamiento X m	Desplazamiento X m	%	%
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.302834	0.04406	14.549	85.451
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.276402	0.034146	12.354	87.646
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.229253	0.023803	10.383	89.617
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.164401	0.013825	8.409	91.591
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.086488	0.005418	6.264	93.736
Promedio por piso					89.60808163

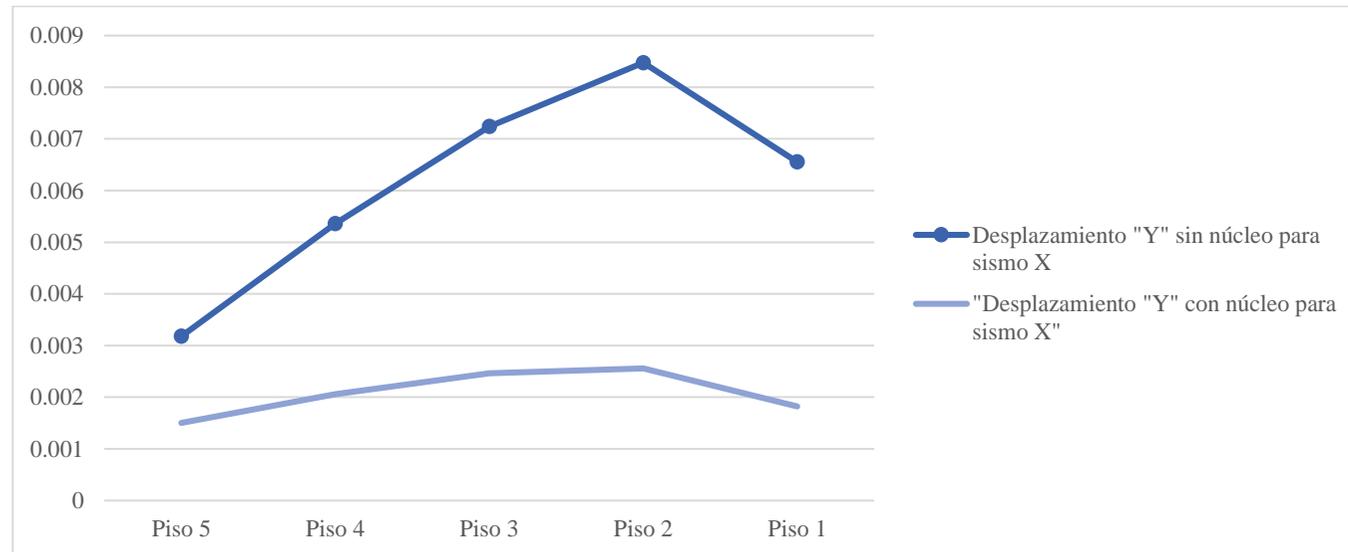


**Gráfico 3:** Comparación de los desplazamientos “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “X”

**Tabla 36.**

*Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “X”*

Piso	Load Case/Combo	Sin núcleo	Con núcleo	Representa	Disminuye
		Desplazamiento Y m	Desplazamiento Y m	%	%
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.089404	0.02945	32.940	67.060
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.057783	0.025398	43.954	56.046
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.046973	0.019777	42.103	57.897
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.032399	0.01295	39.970	60.030
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.015501	0.00582	37.546	62.454
Promedio por piso					60.69725817



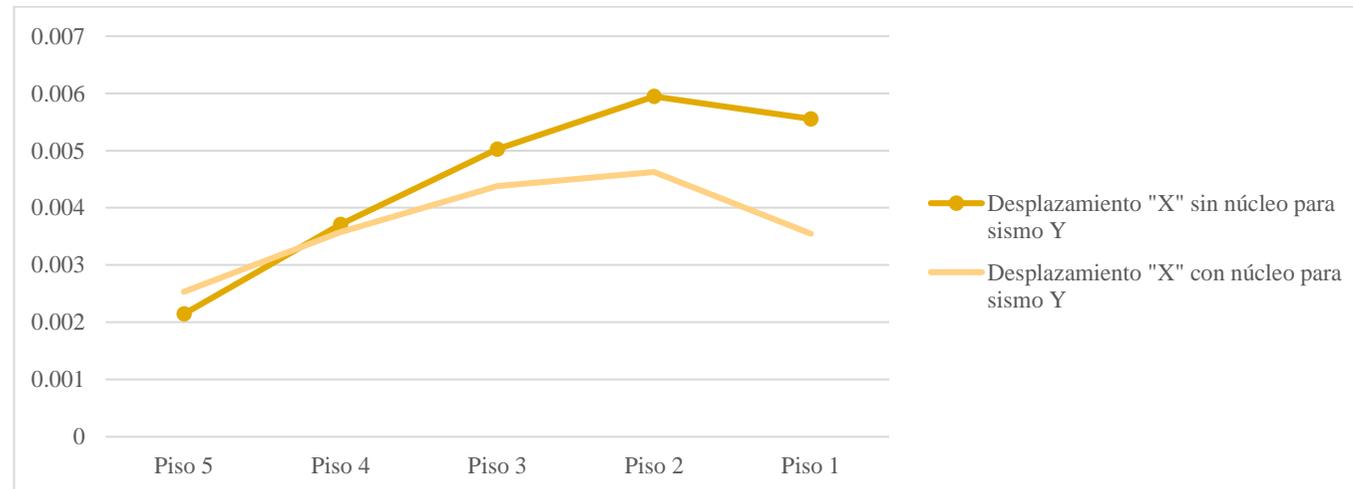
**Gráfico 4:** Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “X”

**b. Comparación de desplazamientos para el sismo “Y” del edificio**

**Tabla 37.**

*Comparación de los desplazamientos “X” para el sismo dinámico en “Y”*

Piso	Load Case/Combo	Sin núcleo	Con núcleo	Representa	Disminuye
		Desplazamiento X m	Desplazamiento X m	%	%
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.064557	0.053127	82.295	17.705
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.058668	0.046232	78.803	21.197
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.048389	0.036362	75.145	24.855
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.034389	0.024222	70.435	29.565
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.017768	0.01135	63.879	36.121
Promedio por piso					25.88863092

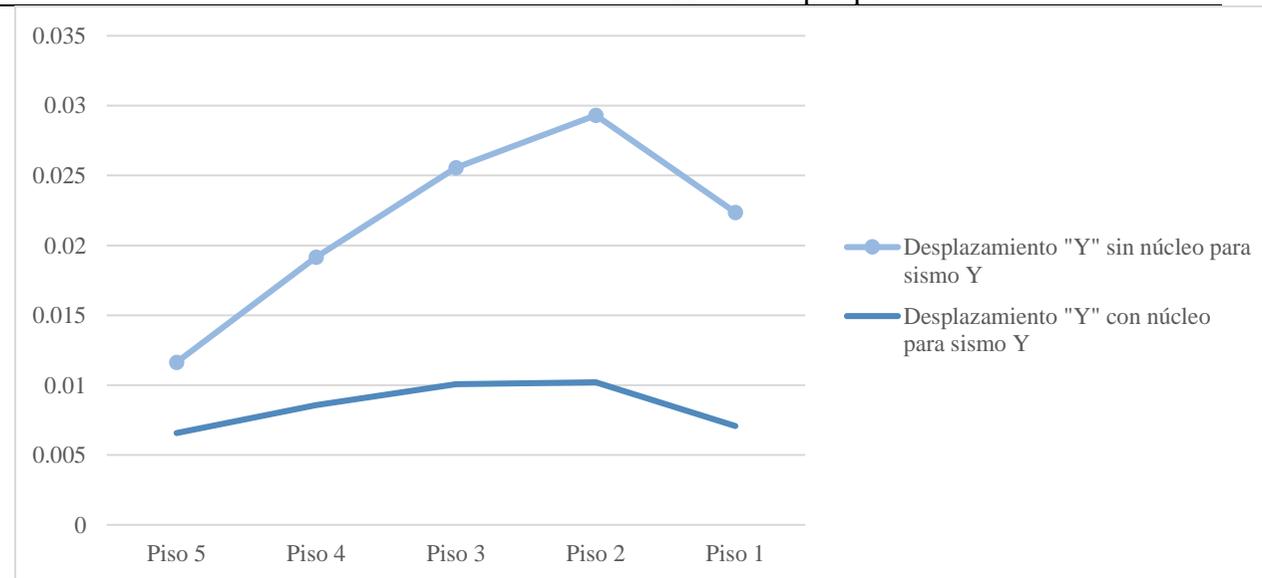


**Gráfico 5:** Comparación de los desplazamientos “X” para el sismo dinámico en “Y”

**Tabla 38.**

*Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “Y”*

Piso	Load Case/Combo	Sin núcleo	Con núcleo	Representa	Disminuye
		Desplazamiento Y m	Desplazamiento Y m	%	%
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.309594	0.119053	38.455	61.545
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.277742	0.101771	36.642	63.358
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.224785	0.078538	34.939	65.061
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.153572	0.050867	33.123	66.877
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.071583	0.022617	31.595	68.405
Promedio por piso					65.049



**Gráfico 6:** Comparación de los desplazamientos “Y” para el sismo dinámico en “Y”

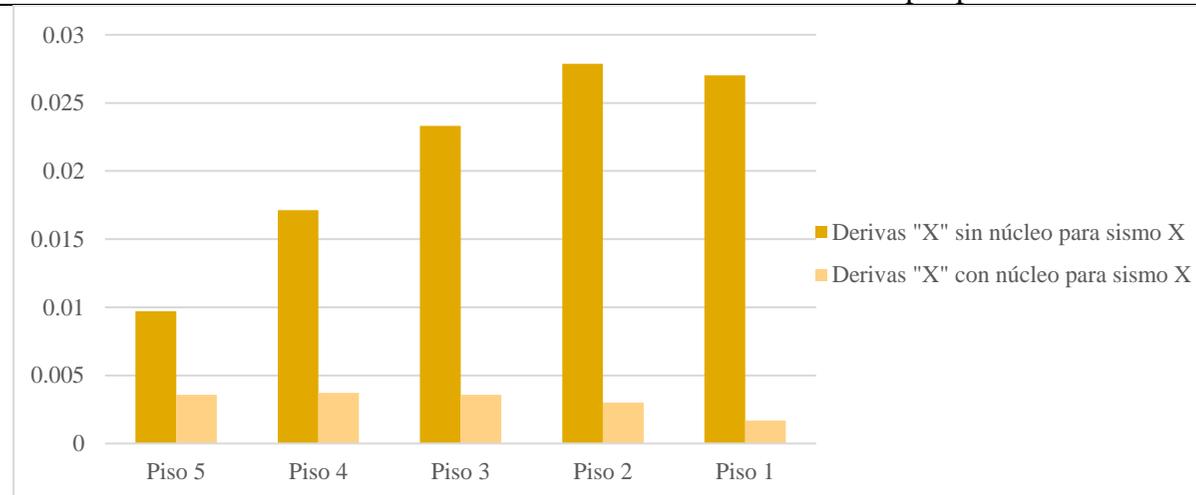
### 3.3.5. Derivas de entrepiso

#### a. Comparación de derivas para el sismo X del edificio

**Tabla 39.**

*Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “X”*

Piso	Combinación de carga	Sin núcleo	Con núcleo	Representa	Disminuye
		Deriva X M	Deriva X m	%	%
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.009706	0.003564	36.720	63.280
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.017125	0.003717	21.705	78.295
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.023327	0.003579	15.343	84.657
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.02787	0.00301	10.800	89.200
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.027028	0.001693	6.264	93.736
Promedio por piso					81.83371634

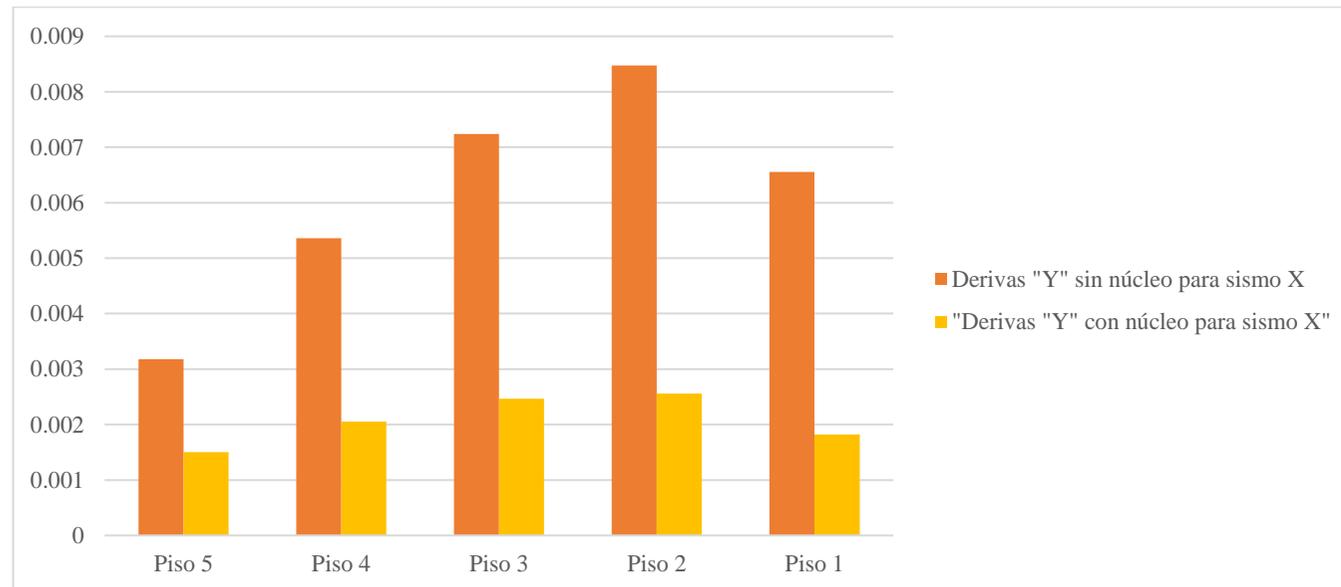


**Gráfico 7:** Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “X”

**Tabla 40.**

*Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “X”*

Piso	Combinación de carga	Sin núcleo Deriva Y m	Con núcleo Deriva Y m	Representa %	Disminuye %
<b>Piso 5</b>	EQ-X Max	0.003178	0.001503	47.294	52.706
<b>Piso 4</b>	EQ-X Max	0.005362	0.002056	38.344	61.656
<b>Piso 3</b>	EQ-X Max	0.007237	0.002465	34.061	65.939
<b>Piso 2</b>	EQ-X Max	0.008475	0.002558	30.183	69.817
<b>Piso 1</b>	EQ-X Max	0.006552	0.001819	27.763	72.237
Promedio por piso					64.47114436



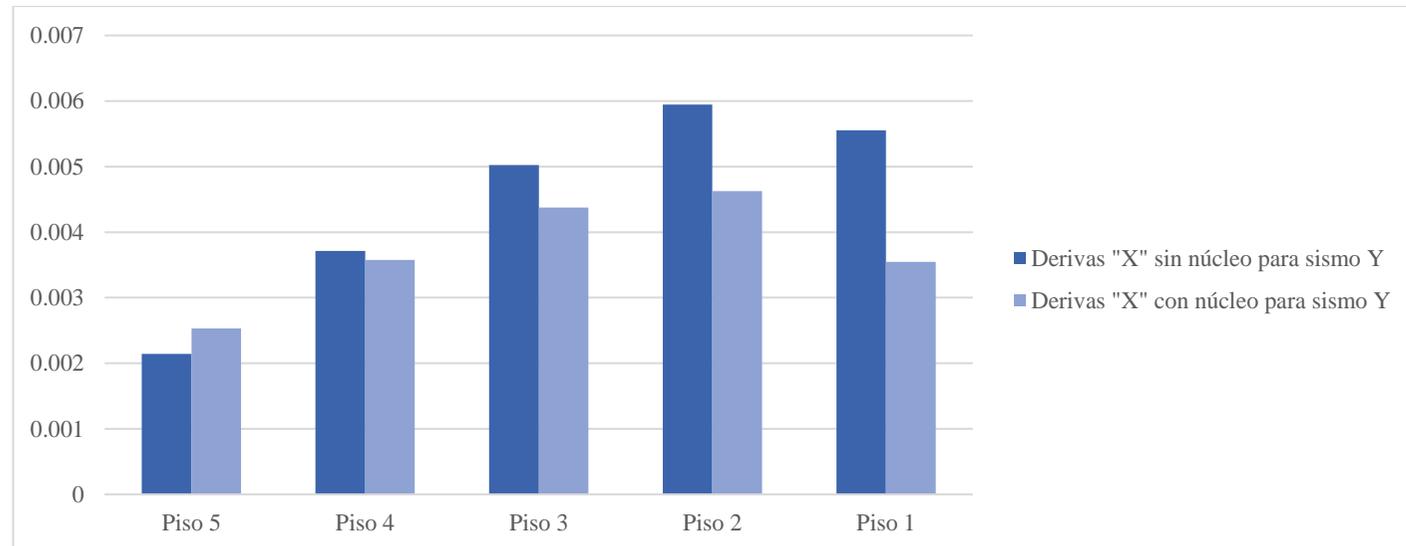
**Gráfico 8:** Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “X”

**b. Comparación de derivas para el sismo Y del edificio**

**Tabla 41.**

*Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y”*

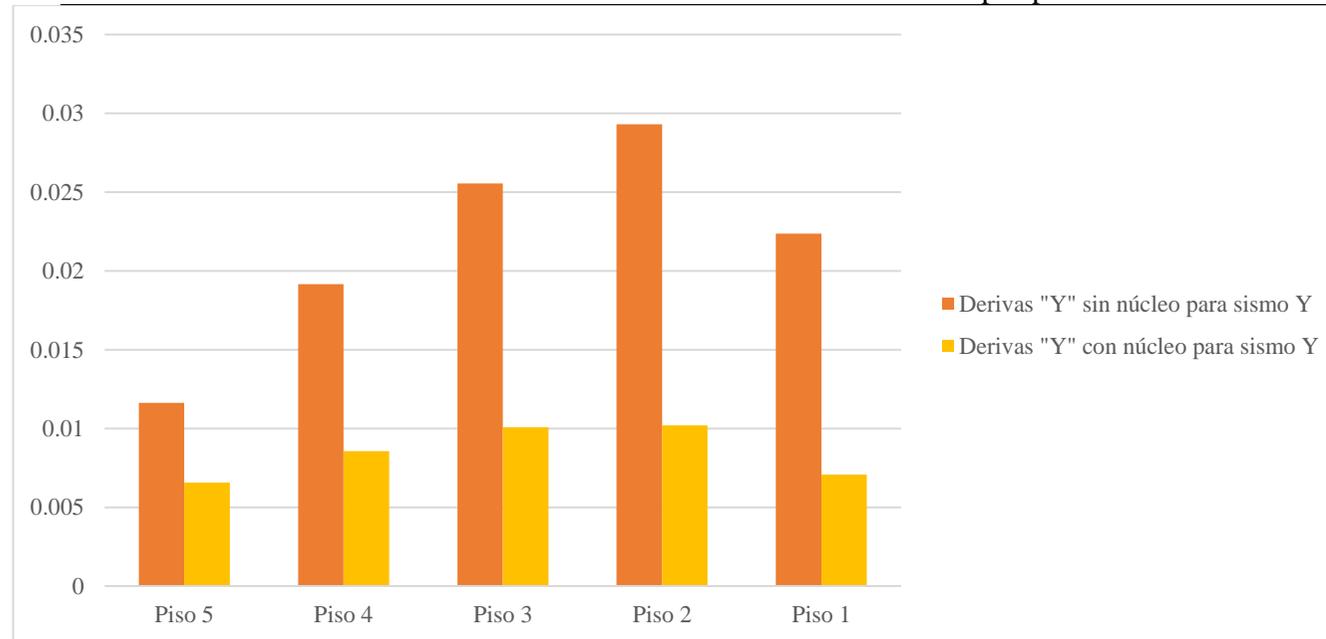
Piso	Combinación de carga	Sin núcleo Deriva X m	Con núcleo Deriva X m	Representa %	Disminuye %
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.002145	0.002533	118.089	-18.089
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.003713	0.003577	96.337	3.663
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.005025	0.004378	87.124	12.876
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.005945	0.004626	77.813	22.187
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.005553	0.003547	63.875	36.125
Promedio por piso					11.3522358



**Gráfico 9:** Comparación de las derivas “X” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y”

**Tabla 42:** Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y”

Piso	Combinación de carga	Sin núcleo Deriva Y m	Con núcleo Deriva Y m	Representa %	Disminuye %
<b>Piso 5</b>	EQ-Y Max	0.011633	0.006572	56.494	43.506
<b>Piso 4</b>	EQ-Y Max	0.019157	0.008568	44.725	55.275
<b>Piso 3</b>	EQ-Y Max	0.025562	0.010073	39.406	60.594
<b>Piso 2</b>	EQ-Y Max	0.029311	0.010204	34.813	65.187
<b>Piso 1</b>	EQ-Y Max	0.02237	0.007068	31.596	68.404
Promedio por piso					58.593



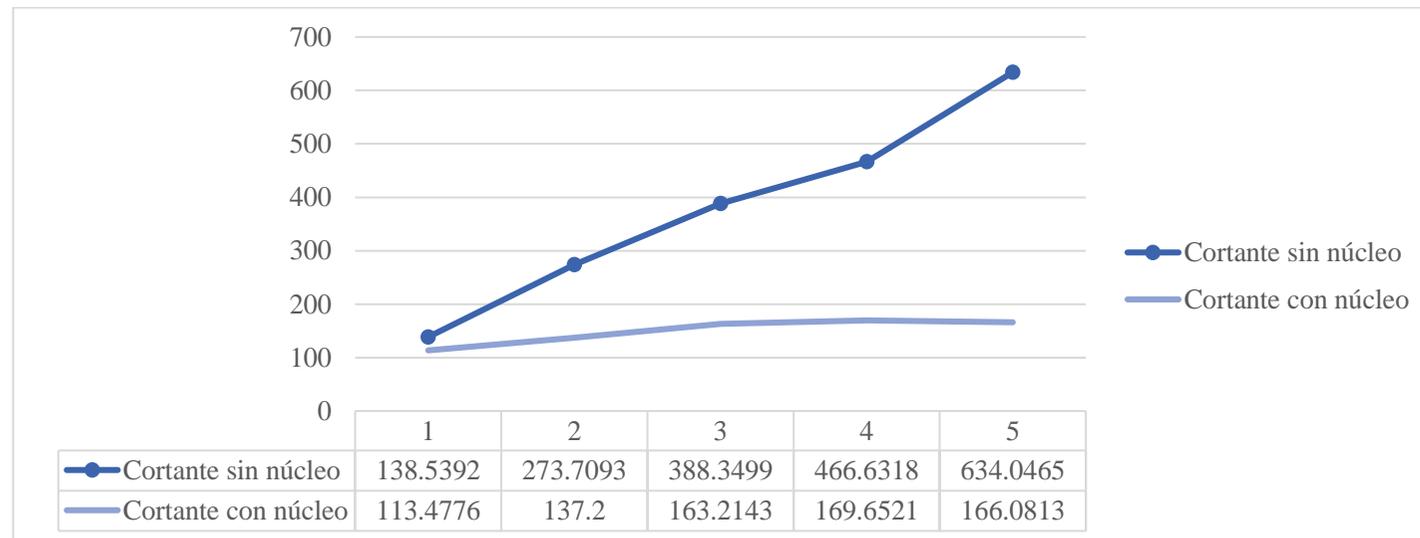
**Gráfico 10:** Comparación de las derivas “Y” de entrepiso para el sismo dinámico en “Y”

### 3.3.6. Fuerzas internas

**Tabla 43.**

*Comparación de la cortante para la estructura con y sin núcleo central*

PISO	CARGAS	Sin núcleo	Con núcleo	Representa	Disminuye
		V3 (tonf)	V3 (tonf)	(%)	(%)
<b>Piso 5</b>	ENVOLVENTE Max	138.5392	113.4776	81.910	18.090
<b>Piso 4</b>	ENVOLVENTE Max	273.7093	137.2	50.126	49.874
<b>Piso 3</b>	ENVOLVENTE Max	388.3499	163.2143	42.028	57.972
<b>Piso 2</b>	ENVOLVENTE Max	466.6318	169.6521	36.357	63.643
<b>Piso 1</b>	ENVOLVENTE Max	634.0465	166.0813	26.19	73.806
Promedio por piso					52.677

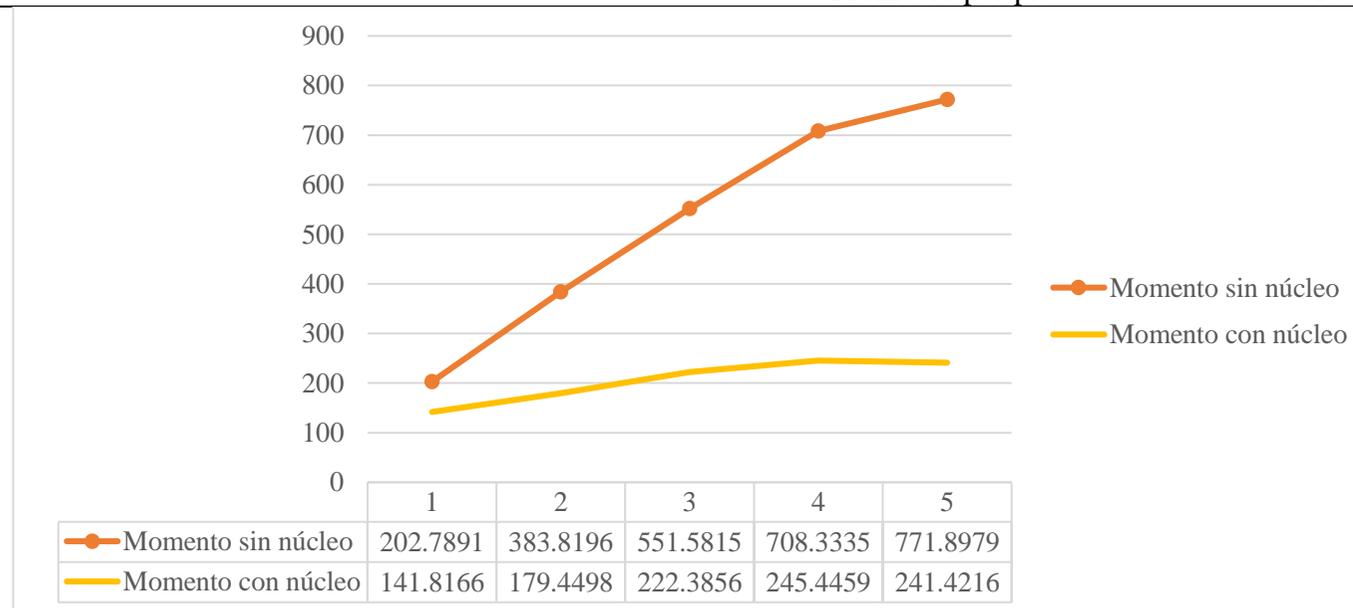


**Gráfico 11:** Comparación de la cortante para la estructura con y sin núcleo central

**Tabla 44.**

*Comparación del momento para la estructura con y sin núcleo central*

PISO	CARGAS	Sin núcleo M3 (tonf - m)	Con núcleo M3 (tonf - m)	Representa (%)	Disminuye (%)
<b>Piso 5</b>	ENVOLVENTE Max	202.7891	141.8166	69.933	30.067
<b>Piso 4</b>	ENVOLVENTE Max	383.8196	179.4498	46.754	53.246
<b>Piso 3</b>	ENVOLVENTE Max	551.5815	222.3856	40.318	59.682
<b>Piso 2</b>	ENVOLVENTE Max	708.3335	245.4459	34.651	65.349
<b>Piso 1</b>	ENVOLVENTE Max	771.8979	241.4216	31.276	68.724
Promedio por piso					55.414



**Gráfico 12:** Comparación del momento para la estructura con y sin núcleo central

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según los resultados mostrados en la **tabla N° 31**, el periodo fundamental de vibración principal de la estructura convencional sin núcleo central es de 0,604 seg., pero al implementar el núcleo central el periodo fundamental es de 0.417 seg, lo cual disminuye en un 30.9%.

Según Bustos (2003), en la tesis Análisis Estructural de dos edificios altos en estructura de acero en la periferia y núcleo de escaleras y ascensor de muros de hormigón armado dice que los periodos en ambas estructuras son menores a los considerados lo que presenta una buena rigidez lateral para ambos casos”

Según la **tabla N° 32**, al comparar los modos de vibración, se visualiza la disminución de estas notablemente, por ejemplo, en la traslación en “X” el periodo de vibración del edificio con núcleo central disminuye en un 65.563% con respecto al edificio convencional, la traslación en “Y” el periodo de vibración del edificio con núcleo central disminuye en un 56.643% con respecto al edificio convencional, y por último la disminución de la torsión en la estructura con núcleo central con respecto al convencional es de un 9.935%.

Se concluye que las placas están distribuidas de una manera irregular, con mayores longitudes y número de placas en el eje “X”, por lo tanto, se tiene una mayor rigidez en esa dirección, lo que genera que el primer modo de vibración sea torsional.

**Para la cortante basal y el peso de la edificación, según las tablas N° 33 y 34; y los gráficos N° 1 y 2.**

Ya que, en el edificio multifamiliar con núcleo central se colocaron placas centrales, la cortante basal en este edificio aumenta en un 18.10% tanto para el sismo en “X” como para el sismo en “Y” en comparación con el edificio convencional sin núcleo central.

Al igual que con la cortante basal, el peso de la edificación aumenta en un 21.52% al agregar el núcleo central en este.

La cortante basal se ve reflejada en la cimentación de la estructura, y si aumenta, como es el caso, entonces el costo de esta será mayor al momento de la construcción de la estructura.

En la tesis profesional de Yachan (2008) Factibilidad de estructurar un edificio de oficinas en zona sísmica, con un núcleo central y tensores de acero perimetrales, se concluyó que demuestra la factibilidad de usar nuevas alternativas para la construcción de edificios ya que limita las deformaciones, es decir son menores.

Las deformaciones se dividen en dos grupos: los desplazamientos y las derivas.

**Para los desplazamientos**, estos se han clasificado por los dos tipos de sismos que aplican en la estructura, y por los ejes X e Y que se tiene. Es por ello, que, al comparar los desplazamientos en las dos estructuras, tanto la convencional como la estructura con núcleo central, se han obtenido cuatro resultados.

**En las tablas 35 y 36, y los gráficos 3 y 4;** para el sismo en “X”, el desplazamiento del edificio con núcleo central en comparación con el edificio convencional para el eje “X” disminuye en un 89.60 %, y para el eje “Y” disminuye en un 60.69 %.

**En las tablas 37 y 38, y los gráficos 5 y 6;** para el sismo en “Y”, el desplazamiento del edificio con núcleo central en comparación con el edificio convencional para el eje “X” disminuye en un 25.88 %, y para el eje “Y” disminuye en un 65.049 %.

**Para las derivas de entrepiso**, dentro del análisis para la estructura sin núcleo central, las tablas N° 14 y 17 no cumplen con la normativa, ya que sobrepasa el límite establecido por esta.

Y para el análisis de la estructura con núcleo central, sólo el resultado de la tabla N° 29, no cumple con la normativa por sobrepasar el límite establecido.

Al igual que para los desplazamientos, se obtuvieron cuatro resultados al comparar los dos edificios, con respecto a los sismos y ejes correspondientes.

**En las tablas 39 y 40, y los gráficos 7 y 8;** para el sismo en “X”, las derivas de entrepiso del edificio con núcleo central en comparación con el edificio convencional para el eje “X” disminuye en un 81.833 %, y para el eje “Y” disminuye en un 64.471 %.

**En las tablas 41 y 42, y los gráficos 9 y 10;** para el sismo en “Y”, el desplazamiento del edificio con núcleo central en comparación con el edificio convencional para el eje “X” disminuye en un 11.352 %, y para el eje “Y” disminuye en un 58.593 %.

De acuerdo a las deformaciones, ya sean desplazamientos y derivas, se refleja una disminución en ambos casos, pero existe mucha mayor disminución en el eje X para el edificio con núcleo central, debido a que se ha colocado mayor número de placas en este sentido.

Respecto a las fuerzas internas, se dividen en dos grupos, fuerzas y momentos

**En la tabla N° 43 y el gráfico 11,** la fuerza cortante de la estructura con núcleo central en comparación a la estructura convencional tiene una disminución del 52.677%

**Y n la tabla N° 44 y el gráfico 12,** el momento de la estructura convencional disminuye en un 55.414% al agregar el núcleo central.

## CONCLUSIONES

- La hipótesis formulada acerca del funcionamiento del núcleo central dentro de la vivienda multifamiliar de cinco niveles cumple, generando así un sistema antisísmico ideal, mejorando la respuesta estructural dinámica de una manera considerable.
- Se determinó el comportamiento dinámico del edificio multifamiliar con núcleo central, obteniendo una muy buena respuesta estructural con valores dentro de la norma.
- Se determinó el comportamiento dinámico del edificio multifamiliar con núcleo central, obteniendo una respuesta estructural con algunos valores que no cumplen con la norma.
- Al comparar el modelamiento dinámico del edificio multifamiliar con y sin núcleo central, se concluyó que el edificio con núcleo central tiene un mejor comportamiento dinámico reflejado en los resultados y la comparación de estos.
- Al comparar ambos edificios el edificio multifamiliar con núcleo central tiene una reducción de desplazamientos desde un 25.8% hasta el 89.6%, una reducción de derivas de entrepiso desde un 11.35% hasta en un 81.83% y una reducción de fuerzas internas del 52.67% para cortantes y 55.41% para momentos.
- Al colocar el núcleo central como un sistema antisísmico, este genera una mayor rigidización en el edificio, reflejándose en la disminución de las fuerzas internas como la cortante y el momento con respecto a las fuerzas del edificio convencional.

## REFERENCIAS

- ✚ USGS (Geological survey earthquakes). (Noviembre de 2018). Obtenido de USGS (Geological survey earthquakes): <https://earthquake.usgs.gov/>
- ✚ Bustos, A. (2003). Análisis Comparativo de la Respuesta Sísmica Entre Edificios en Altura de Acero en Base a Marcos de Momento y Marcos Arriostrados en el Núcleo y en Base a Marcos de Momento y Núcleo de Hormigón Armado. Valdivia, Chile.
- ✚ Carmona Ramírez, P. ., (2015). Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema aporticado, del Edificio de Oficinas Schell de seis. Lima, Perú.
- ✚ Enrique Bazán, R. M. (2015). Diseño sísmico de edificios. Zurita - Mexico: Editorial Limusa S.A.
- ✚ Enrique Bazán, R. M. (2015). Diseño sísmico de edificios. Zurita - Mexico: Editorial Limusa S.A.
- ✚ INEI. (2018). Censos 2018. Lima.
- ✚ Kuirowa, J. (2002). Reducción de Desastres (2ª Edición). Lima: Bruño.
- ✚ Laura, R. (2009). Evaluación del comportamiento dinámico de edificios de concreto armado con y sin nucleo central. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- ✚ Luisa, B. S. (s.f.). Edificios en Altura. Universidad Politécnica de Valencia.
- ✚ Mercado, C. (2016). Comparación de la respuesta estructural del sector E del hospital regional de Cajamarca con y sin el sistema antisísmico Tuned Mass Damper. Cajamarca.
- ✚ Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). Norma E0.20 (Cargas). Lima, Perú: El Peruano.
- ✚ Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). NORMA E 0.60 Concreto Armado. Lima, Perú: El Peruano.
- ✚ Ministerio de Vivienda, C. y. (2018). NORMA TÉCNICA E.030 “Diseño Sismoresistente”. Lima, Perú: El Peruano.
- ✚ Mosqueira, M. (2012). RIESGO SISMICO EN LAS EDIFICACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. TRUJILLO, TRUJILLO.

- ✚ Ruiz, L. Á. (2016). EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN SUELOS MUY RÍGIDO, INTERMEDIO Y BLANDO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO CLINICA LOS FRESNOS, CAJAMARCA. Cajamarca, Perú.
- ✚ Silgado, E. (15 de Agosto de 2007). "Historia Sismica de los sismos mas notables del Peru" La República. Recuperado el Octubre de 2018, de "Historia Sismica de los sismos mas notables del Peru" La República: <https://larepublica.pe/archivo/246637-historia-de-los-sismos-en-el-peru>
- ✚ Yachan, M. (2008). FACTIBILIDAD DE ESTRUCTURAR UN EDIFICIO DE OFICINAS EN ZONA SÍSMICA, CON NÚCLEO CENTRAL Y TENSORES DE ACERO PERIMETRALES. Santiago de Chile.

## **ANEXOS**

**Anexo N° 1:** Planos de Arquitectura

**Anexo N° 2:** Planos de estructuras

**Anexo N° 3:** Espectro de sismo

**Anexo N° 4:** Pasos para el modelamiento en ETABS

### Anexo N° 3: Espectro de sismo

**Tabla 45.**

*Zonificación*

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

**Tabla 46.**

*Tipo de suelo*

S1	Roca o suelo muy rígido
S2	Suelo intermedio
S3	Suelo blando
S4	Condiciones excepcionales

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

**Tabla 47.**

*Factor de suelo*

	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

**Tabla 48.**

*Periodos  $T_p$  y  $T_l$*

	S0	S1	S2	S3
$T_p$ (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
$T_l$ (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

**Tabla 49.**

*Factor de uso*

Para edificaciones comunes ( C )	Viviendas, oficinas, hoteles restaurantes, depósitos, cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios y fugas de contaminantes	1.00
----------------------------------	--	------

**Nota:** Recuperado de Vivienda, 2016.

**Tabla 50.**

*Cálculo de R*

PÓRTICOS (R0)	8
Ia=	1
Ip=	0.9
R=	7.2

**Tabla 51.**

*Cálculo de ZUCS/R*

Factor de zona	Z =	0.35
Categoría	U =	1.00
Factor de amplificación sísmica	C =	2.500
Factor de suelo	S =	1.15
Factor de reducción	Ro =	7.2
		0.140

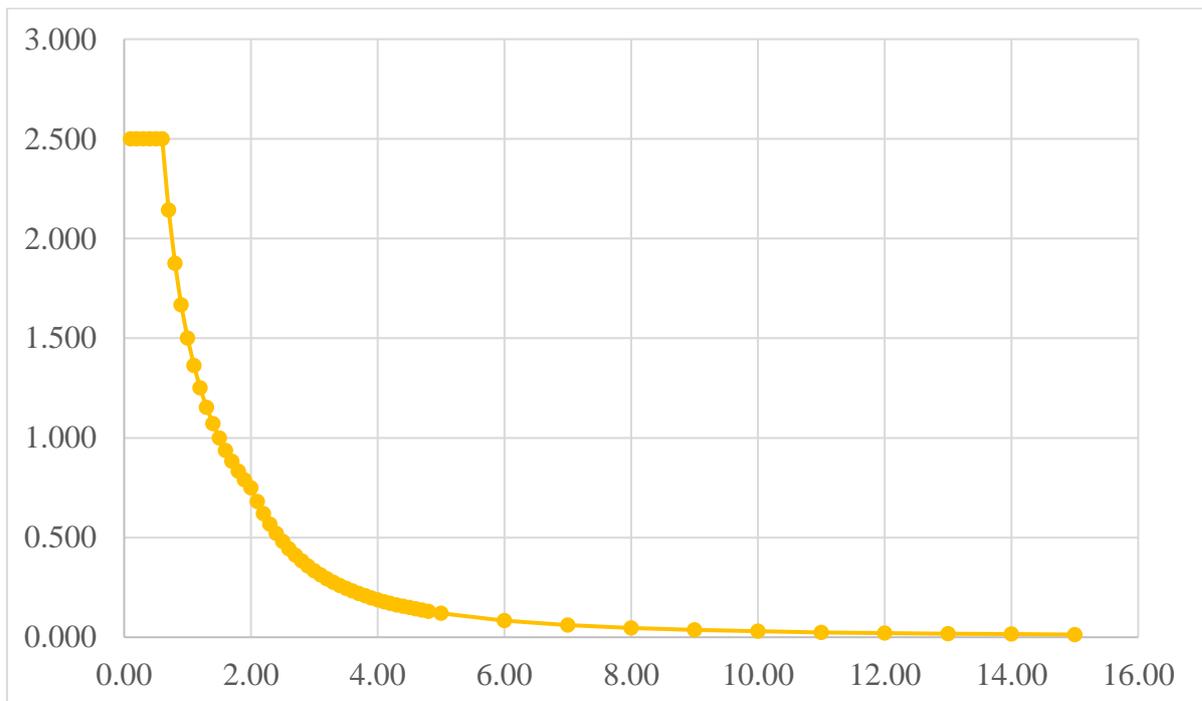
**Tabla 52.**  
*Resumen de valores a utilizar*

Factor de zona	Z	0.35
Categoría	U	1
Factor de amplificación sísmica	C	2.5
Factor de suelo	S	1.15
Coefficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas	Ro	8
Peso de la edificación	P	115.51
Periodo de vibración fundamental de la estructura	T	0.417
Periodo que define el inicio de la zona del factor C	Tp	0.60
Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante	TL	2.00
	k	0.9585
Fuerza cortante en la base de la estructura	V	14.529

**Tabla 53.**  
*Espectro de sismo*

T	C	$\frac{S_a}{g}$	S <sub>a</sub>	S <sub>v</sub>	S <sub>Δ</sub>
0	2.50	0.140	1.37		
<b>0.10</b>	2.500	0.140	1.37	0.022	0.00035
<b>0.20</b>	2.500	0.140	1.37	0.044	0.00139
<b>0.30</b>	2.500	0.140	1.37	0.065	0.00313
<b>0.40</b>	2.500	0.140	1.37	0.087	0.00556
<b>0.50</b>	2.500	0.140	1.37	0.109	0.00868
<b>0.60</b>	2.500	0.140	1.37	0.131	0.01250
<b>0.70</b>	2.143	0.120	1.18	0.131	0.01459
<b>0.80</b>	1.875	0.105	1.03	0.131	0.01667
<b>0.90</b>	1.667	0.093	0.91	0.131	0.01875
<b>1.00</b>	1.500	0.084	0.82	0.131	0.02084
<b>1.10</b>	1.364	0.076	0.75	0.131	0.02292
<b>1.20</b>	1.250	0.070	0.69	0.131	0.02500
<b>1.30</b>	1.154	0.065	0.63	0.131	0.02709
<b>1.40</b>	1.071	0.060	0.59	0.131	0.02917
<b>1.50</b>	1.000	0.056	0.55	0.131	0.03126
<b>1.60</b>	0.938	0.052	0.51	0.131	0.03334
<b>1.70</b>	0.882	0.049	0.48	0.131	0.03542
<b>1.80</b>	0.833	0.047	0.46	0.131	0.03751
<b>1.90</b>	0.789	0.044	0.43	0.131	0.03959
<b>2.00</b>	0.750	0.042	0.41	0.131	0.04167
<b>2.10</b>	0.680	0.038	0.37	0.125	0.04167
<b>2.20</b>	0.620	0.035	0.34	0.119	0.04167
<b>2.30</b>	0.567	0.032	0.31	0.114	0.04167
<b>2.40</b>	0.521	0.029	0.29	0.109	0.04167
<b>2.50</b>	0.480	0.027	0.26	0.105	0.04167
<b>2.60</b>	0.444	0.025	0.24	0.101	0.04167
<b>2.70</b>	0.412	0.023	0.23	0.097	0.04167
<b>2.80</b>	0.383	0.021	0.21	0.094	0.04167
<b>2.90</b>	0.357	0.020	0.20	0.090	0.04167
<b>3.00</b>	0.333	0.019	0.18	0.087	0.04167
<b>3.10</b>	0.312	0.017	0.17	0.084	0.04167
<b>3.20</b>	0.293	0.016	0.16	0.082	0.04167
<b>3.30</b>	0.275	0.015	0.15	0.079	0.04167
<b>3.40</b>	0.260	0.015	0.14	0.077	0.04167
<b>3.50</b>	0.245	0.014	0.13	0.075	0.04167
<b>3.60</b>	0.231	0.013	0.13	0.073	0.04167
<b>3.70</b>	0.219	0.012	0.12	0.071	0.04167

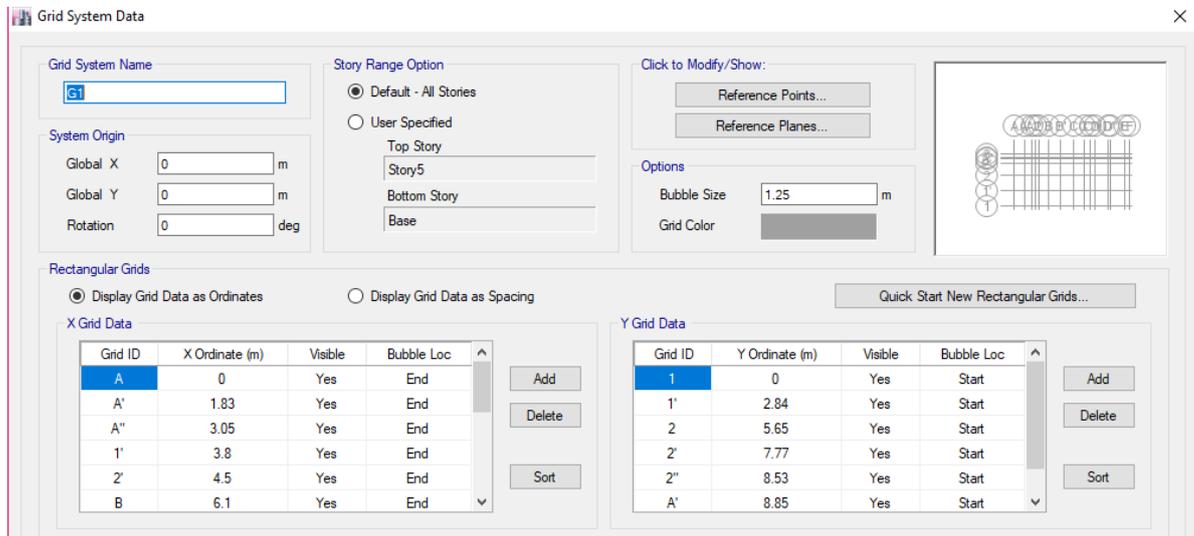
<b>3.80</b>	0.208	0.012	0.11	0.069	0.04167
<b>3.90</b>	0.197	0.011	0.11	0.067	0.04167
<b>4.00</b>	0.188	0.010	0.10	0.065	0.04167
<b>4.10</b>	0.178	0.010	0.10	0.064	0.04167
<b>4.20</b>	0.170	0.010	0.09	0.062	0.04167
<b>4.30</b>	0.162	0.009	0.09	0.061	0.04167
<b>4.40</b>	0.155	0.009	0.08	0.060	0.04167
<b>4.50</b>	0.148	0.008	0.08	0.058	0.04167
<b>4.60</b>	0.142	0.008	0.08	0.057	0.04167
<b>4.70</b>	0.136	0.008	0.07	0.056	0.04167
<b>4.80</b>	0.130	0.007	0.07	0.055	0.04167
<b>5</b>	0.120	0.007	0.07	0.052	0.04167
<b>6</b>	0.083	0.005	0.05	0.044	0.04167
<b>7</b>	0.061	0.003	0.03	0.037	0.04167
<b>8</b>	0.047	0.003	0.03	0.033	0.04167
<b>9</b>	0.037	0.002	0.02	0.029	0.04167
<b>10</b>	0.030	0.002	0.02	0.026	0.04167
<b>11</b>	0.025	0.001	0.01	0.024	0.04167
<b>12</b>	0.021	0.001	0.01	0.022	0.04167
<b>13</b>	0.018	0.001	0.01	0.020	0.04167
<b>14</b>	0.015	0.001	0.01	0.019	0.04167
<b>15</b>	0.013	0.001	0.01	0.017	0.04167



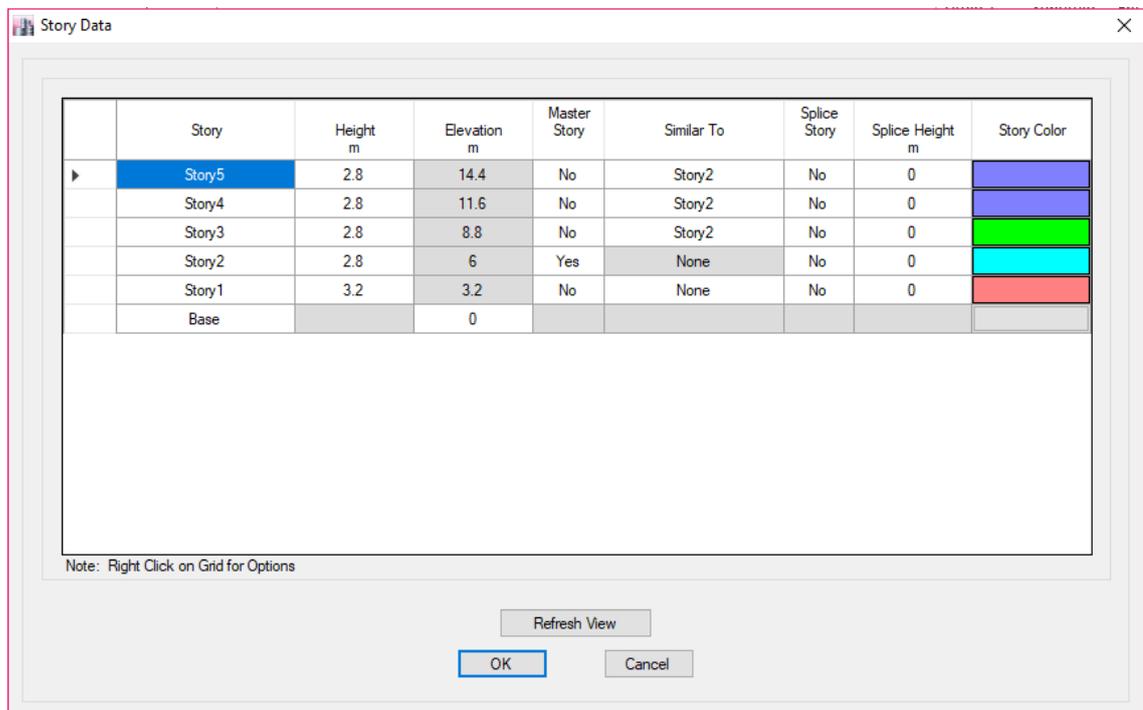
**Gráfico 13:** Espectro de aceleraciones

## Anexo N°6: Pasos para el modelamiento en ETABS

- ✓ El proyecto tiene una estructura mixta, por lo cual se procederá a generar los ejes mediante la cuadrícula de espaciamiento para el sistema de coordenadas globales (eje x, y, z).

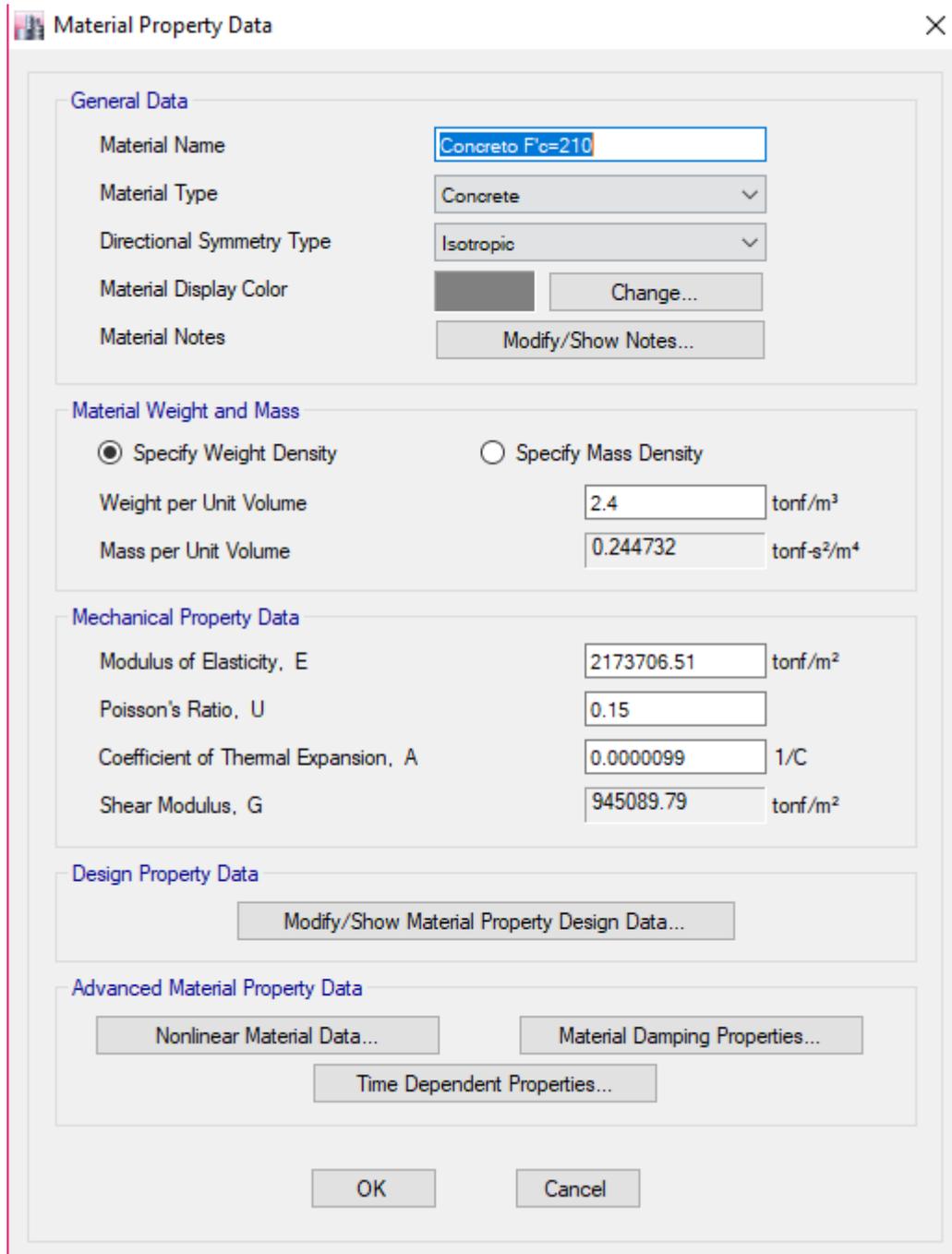


**Figura 14:** Ingreso de valores en los ejes X, Y.



**Figura 15:** Ingreso de valores en el eje Z.

- ✓ Luego se definen los materiales de acuerdo a los planos de diseño



**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  tonf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  tonf/m<sup>2</sup>

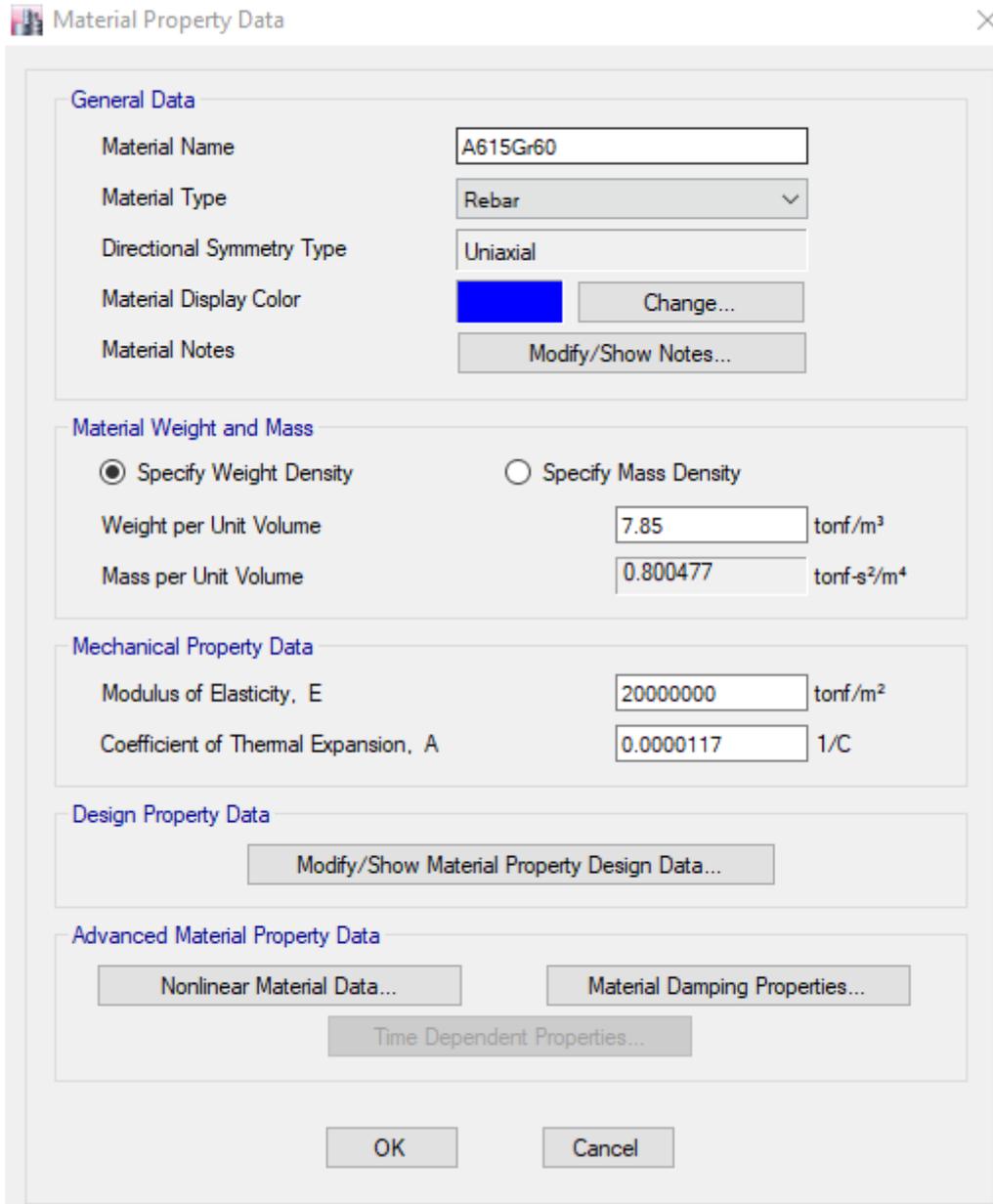
**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

**Figura 16:** Definición de material Concreto  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



Material Property Data

**General Data**

Material Name: A615Gr60

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

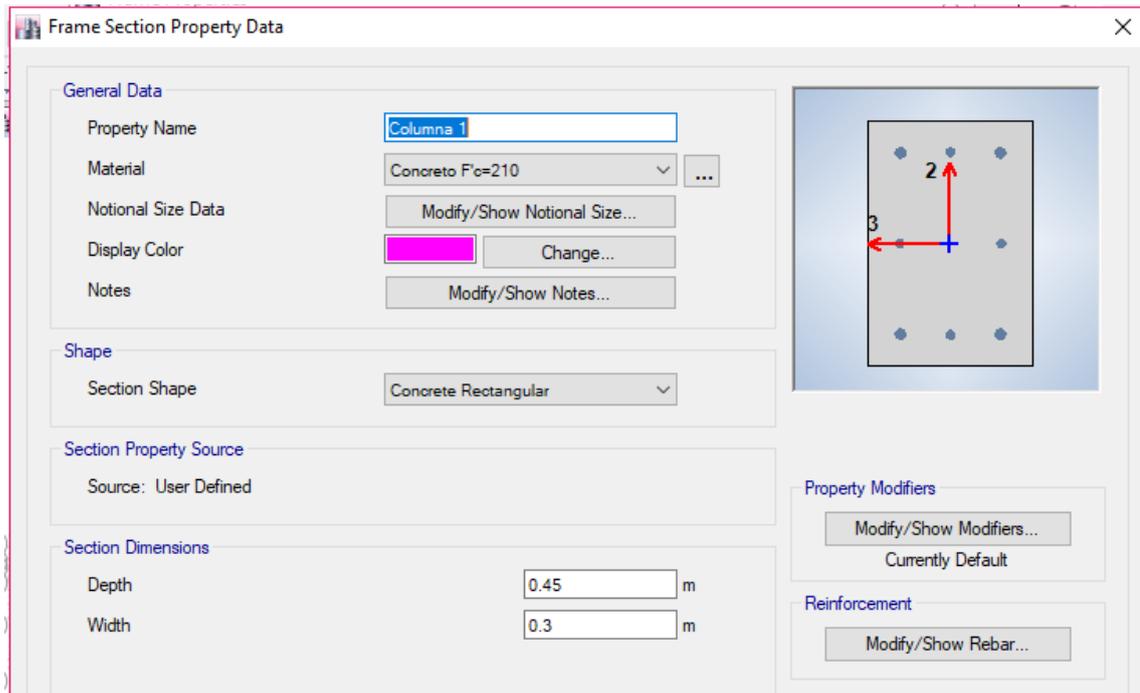
Nonlinear Material Data...      Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

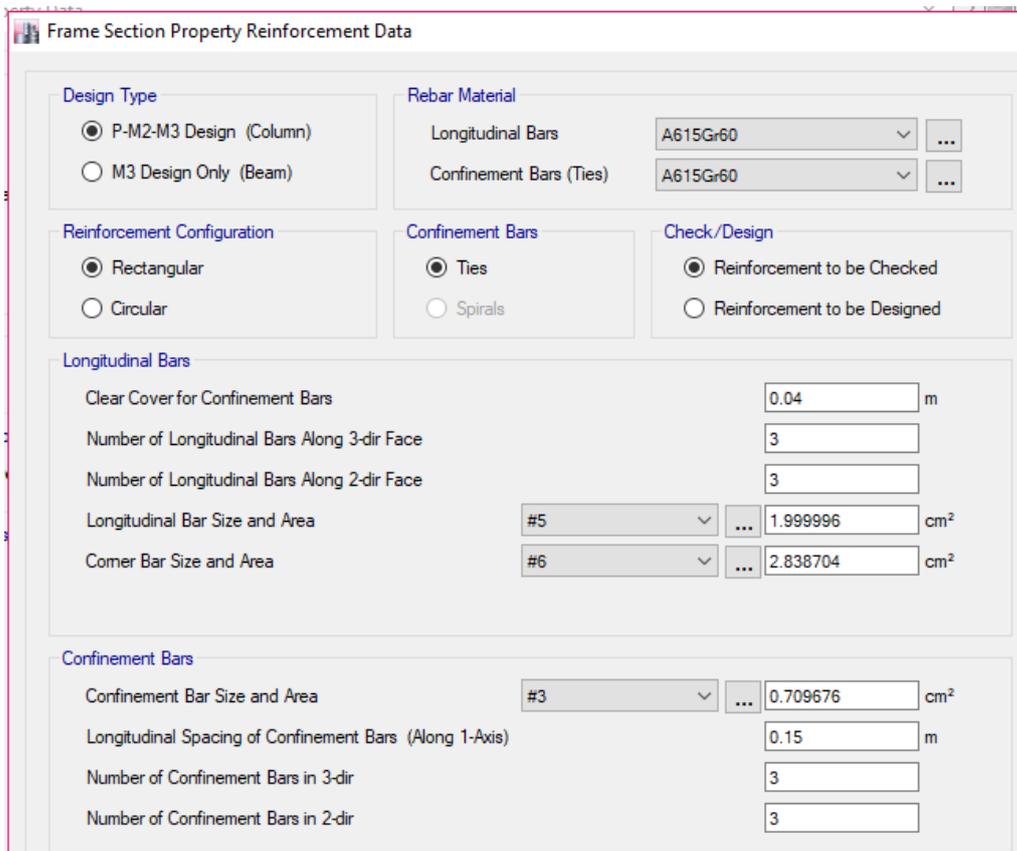
OK      Cancel

**Figura 17:** Definición de material acero A615 Gr60

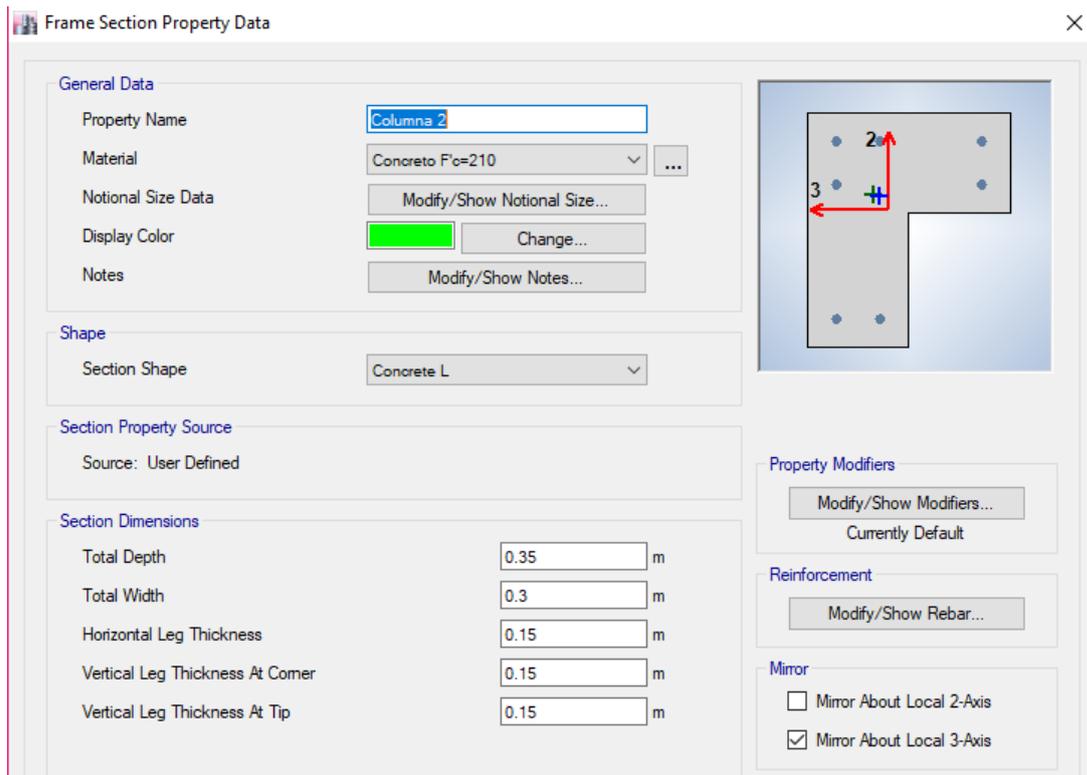
- ✓ Luego de haber definido los materiales se procederá con la inserción de las secciones de columnas y vigas.



**Figura 18:** Sección de la columna Tipo 1- 0.45x0.3m



**Figura 19:** Definición de aceros para la columna N°1



**Frame Section Property Data**

**General Data**

Property Name:

Material:

Notional Size Data:

Display Color:

Notes:

**Shape**

Section Shape:

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Total Depth:  m

Total Width:  m

Horizontal Leg Thickness:  m

Vertical Leg Thickness At Comer:  m

Vertical Leg Thickness At Tip:  m

**Property Modifiers**

Currently Default

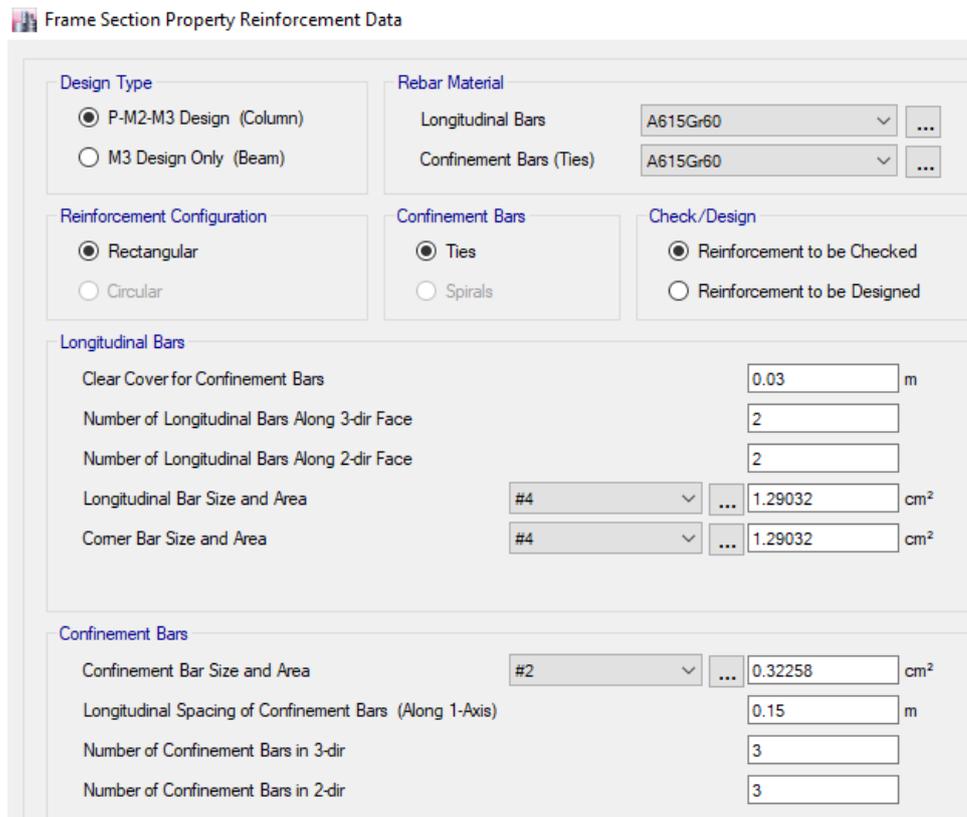
**Reinforcement**

**Mirror**

Mirror About Local 2-Axis

Mirror About Local 3-Axis

**Figura 20:** Sección de la columna Tipo 2 en L



**Frame Section Property Reinforcement Data**

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars:

Confinement Bars (Ties):

**Reinforcement Configuration**

Rectangular

Circular

**Confinement Bars**

Ties

Spirals

**Check/Design**

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

**Longitudinal Bars**

Clear Cover for Confinement Bars:  m

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face:

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face:

Longitudinal Bar Size and Area:   cm<sup>2</sup>

Comer Bar Size and Area:   cm<sup>2</sup>

**Confinement Bars**

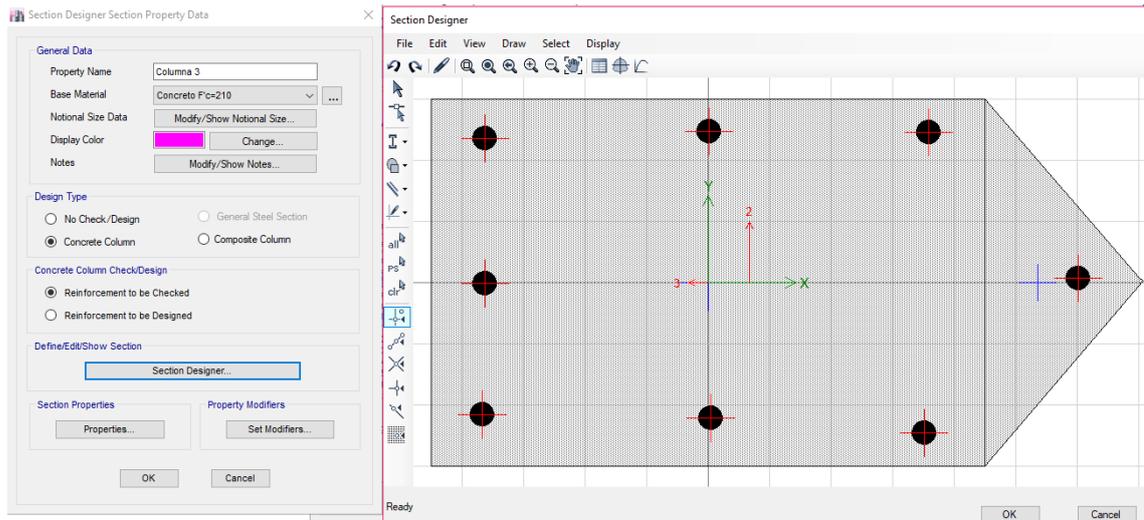
Confinement Bar Size and Area:   cm<sup>2</sup>

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis):  m

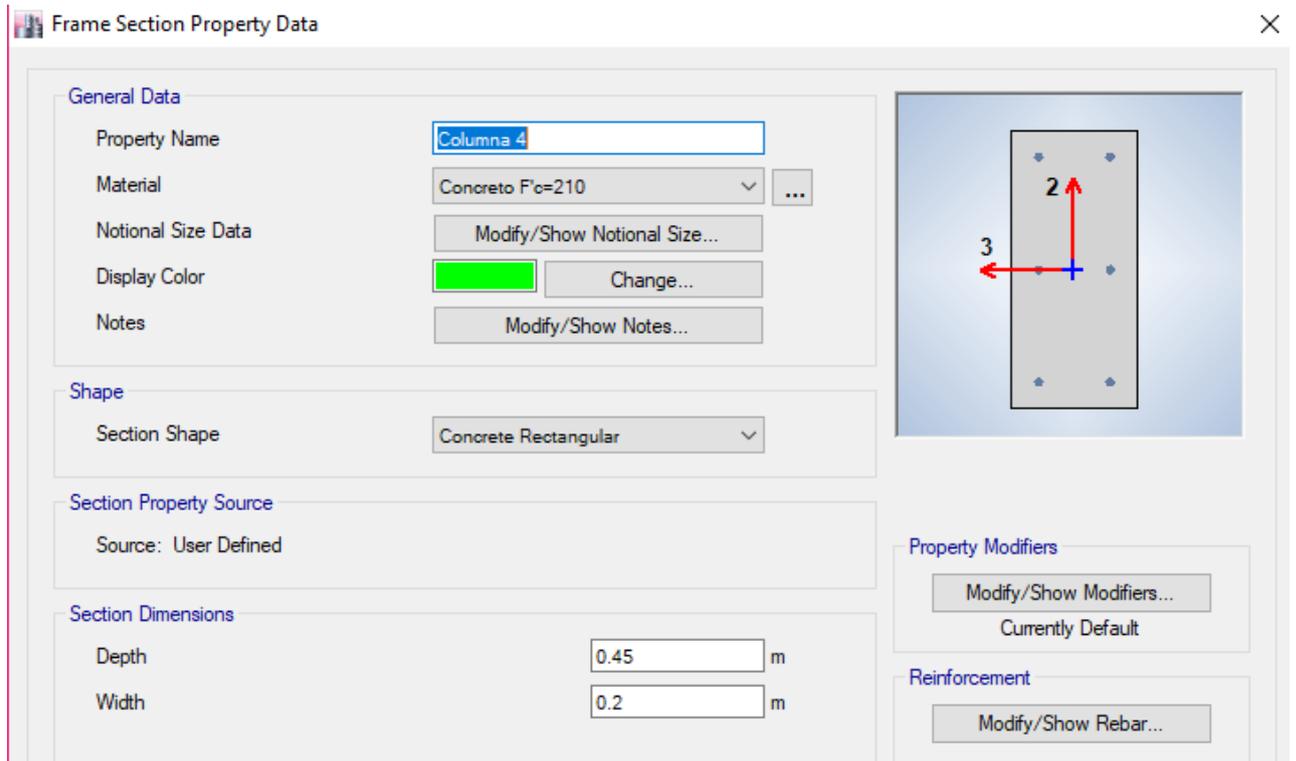
Number of Confinement Bars in 3-dir:

Number of Confinement Bars in 2-dir:

**Figura 21:** Definición de aceros para la columna N°2



**Figura 22:** Sección de la columna Tipo 3



**Figura 23:** Sección de la columna Tipo 4 – 0.45x 0.20 m

Frame Section Property Reinforcement Data

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)  
 M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: A615Gr60  
 Confinement Bars (Ties): A615Gr60

**Reinforcement Configuration**

Rectangular  
 Circular

**Confinement Bars**

Ties  
 Spirals

**Check/Design**

Reinforcement to be Checked  
 Reinforcement to be Designed

**Longitudinal Bars**

Clear Cover for Confinement Bars: 0.03 m  
 Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 2  
 Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 3  
 Longitudinal Bar Size and Area: #4 1.29032 cm<sup>2</sup>  
 Corner Bar Size and Area: #4 1.29032 cm<sup>2</sup>

**Confinement Bars**

Confinement Bar Size and Area: #2 0.32258 cm<sup>2</sup>  
 Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 0.15 m  
 Number of Confinement Bars in 3-dir: 3  
 Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

**Figura 24:** Definición de aceros para la columna N°4

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: Columna 5  
 Material: Concreto F'c=210  
 Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...  
 Display Color: Change...  
 Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

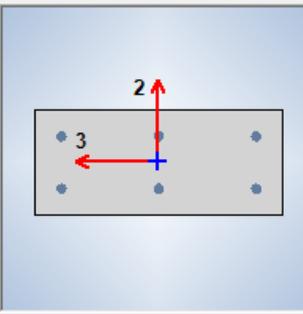
Depth: 0.15 m  
 Width: 0.35 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
 Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...



**Figura 25:** Sección de la columna Tipo 5- 0.15x0.35m

Frame Section Property Reinforcement Data

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)  
 M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: A615Gr60  
Confinement Bars (Ties): A615Gr60

**Reinforcement Configuration**

Rectangular  
 Circular

**Confinement Bars**

Ties  
 Spirals

**Check/Design**

Reinforcement to be Checked  
 Reinforcement to be Designed

**Longitudinal Bars**

Clear Cover for Confinement Bars: 0.025 m  
Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3  
Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 2  
Longitudinal Bar Size and Area: #4 1.29032 cm<sup>2</sup>  
Corner Bar Size and Area: #4 1.29032 cm<sup>2</sup>

**Confinement Bars**

Confinement Bar Size and Area: #2 0.32258 cm<sup>2</sup>  
Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 0.15 m  
Number of Confinement Bars in 3-dir: 3  
Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

**Figura 26:** Definición de aceros para la columna N° 5

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: Viga 100  
Material: Concreto F'c=210  
Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...  
Display Color: Change...  
Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

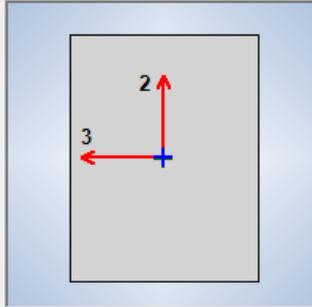
Depth: 0.4 m  
Width: 0.3 m

**Property Modifiers**

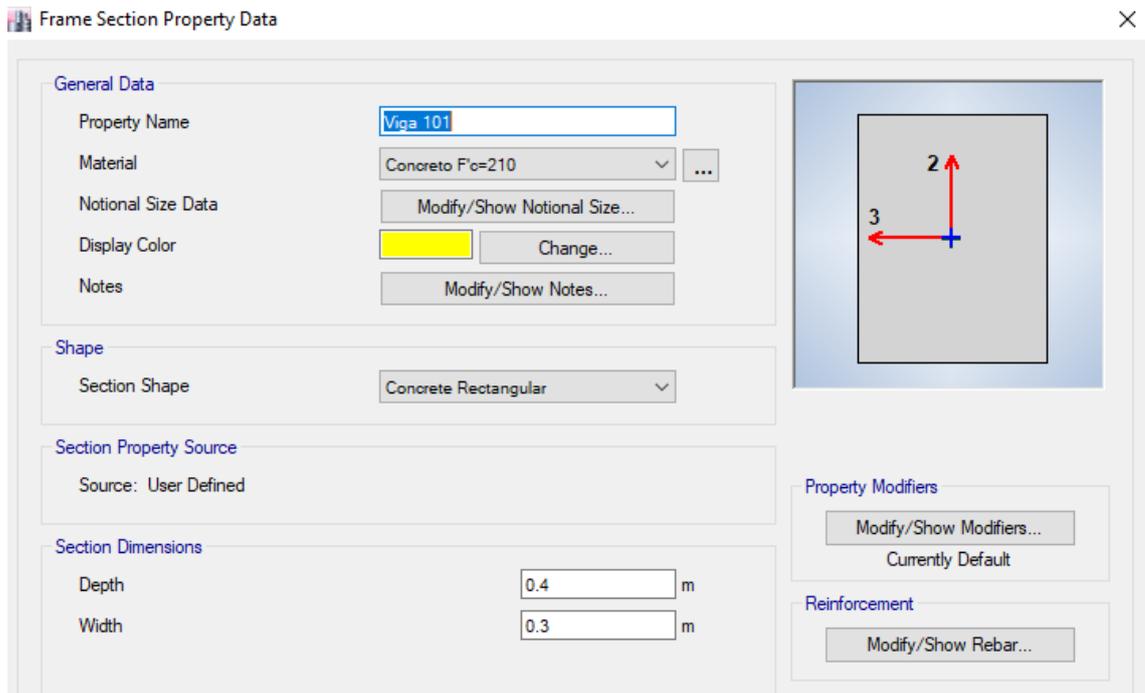
Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

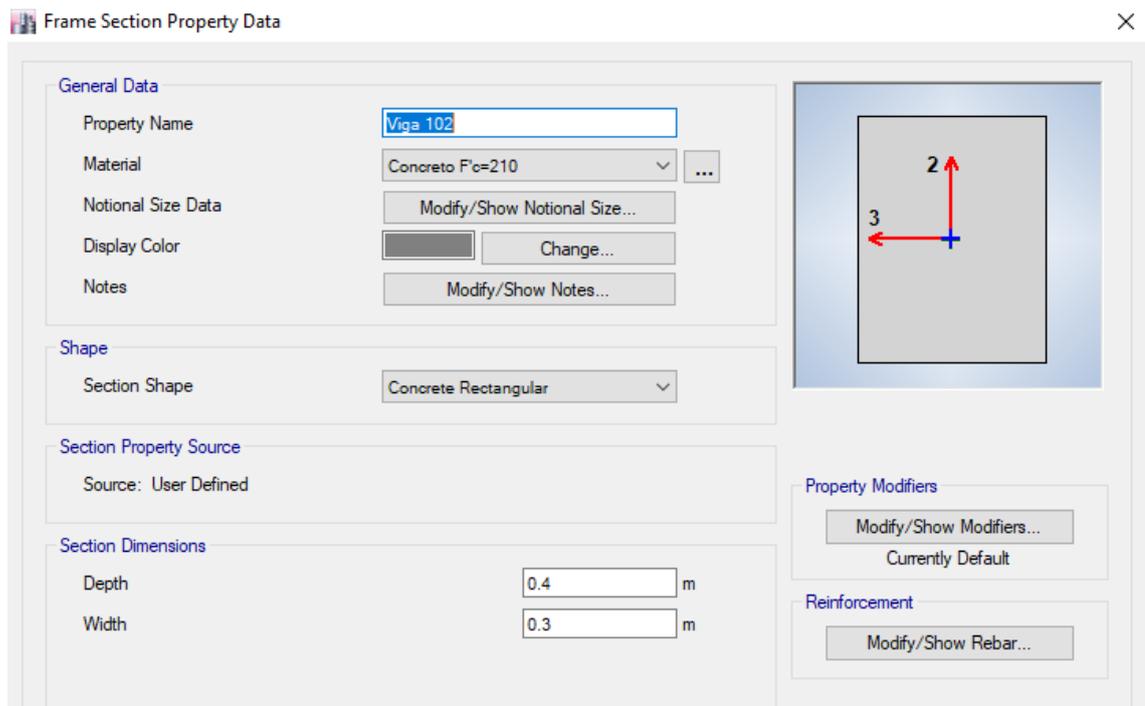
Modify/Show Rebar...



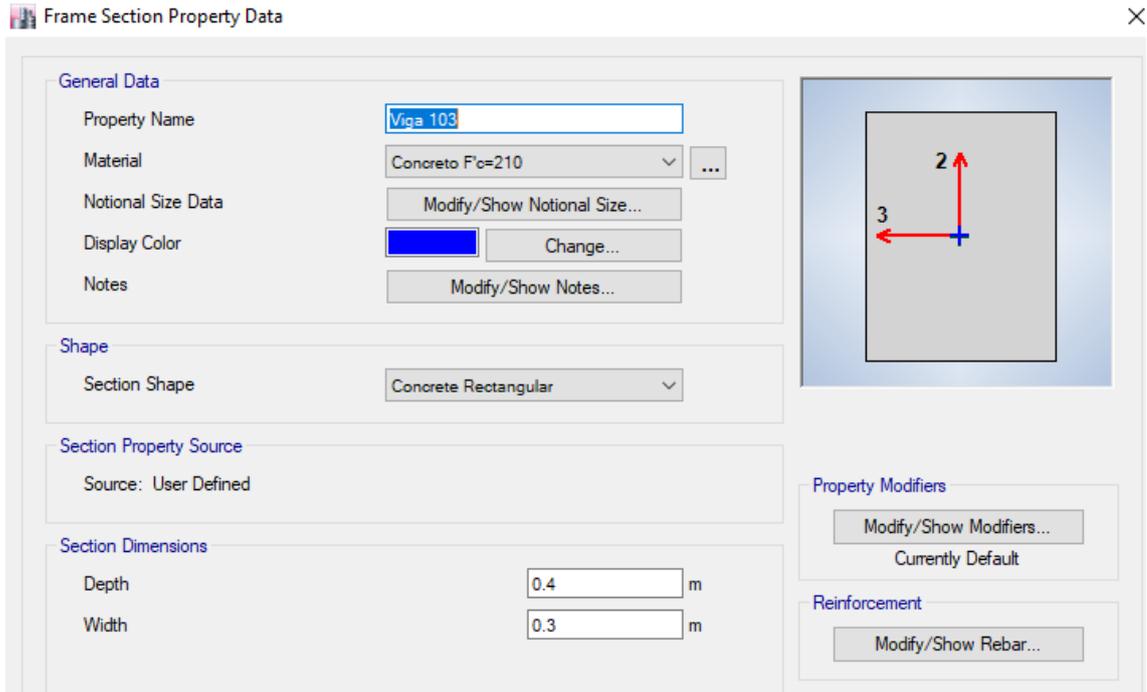
**Figura 27:** Sección de la viga 100 V-0.40m x 0.30m



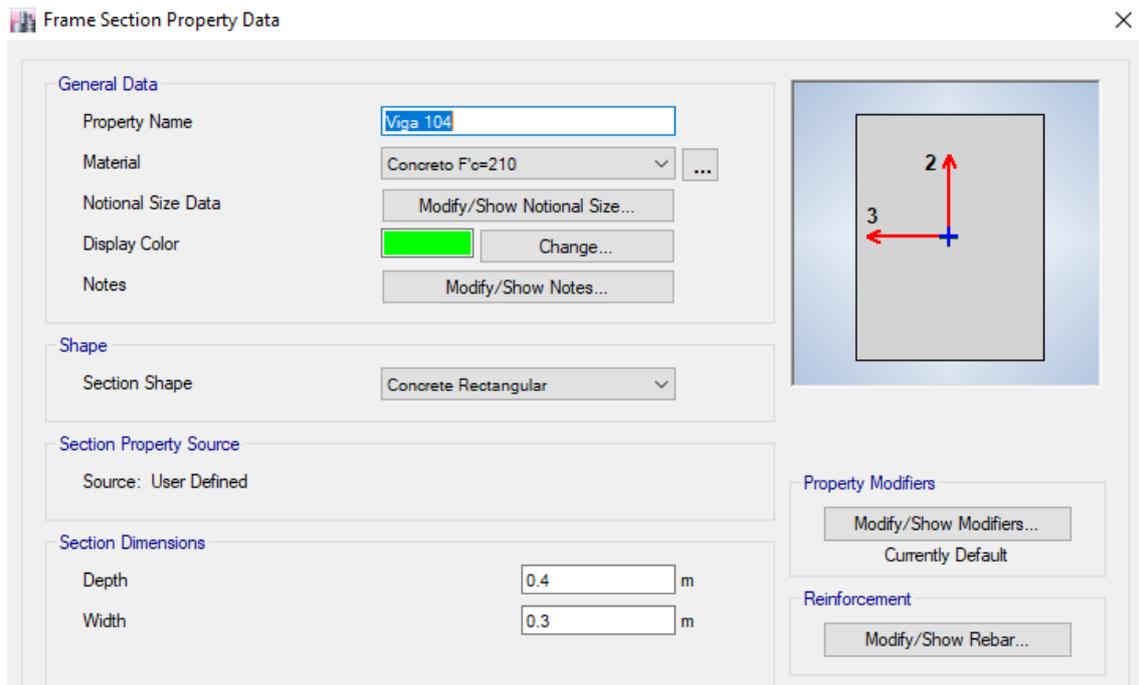
**Figura 28:** Sección de la viga 101 V-0.40m x 0.30m



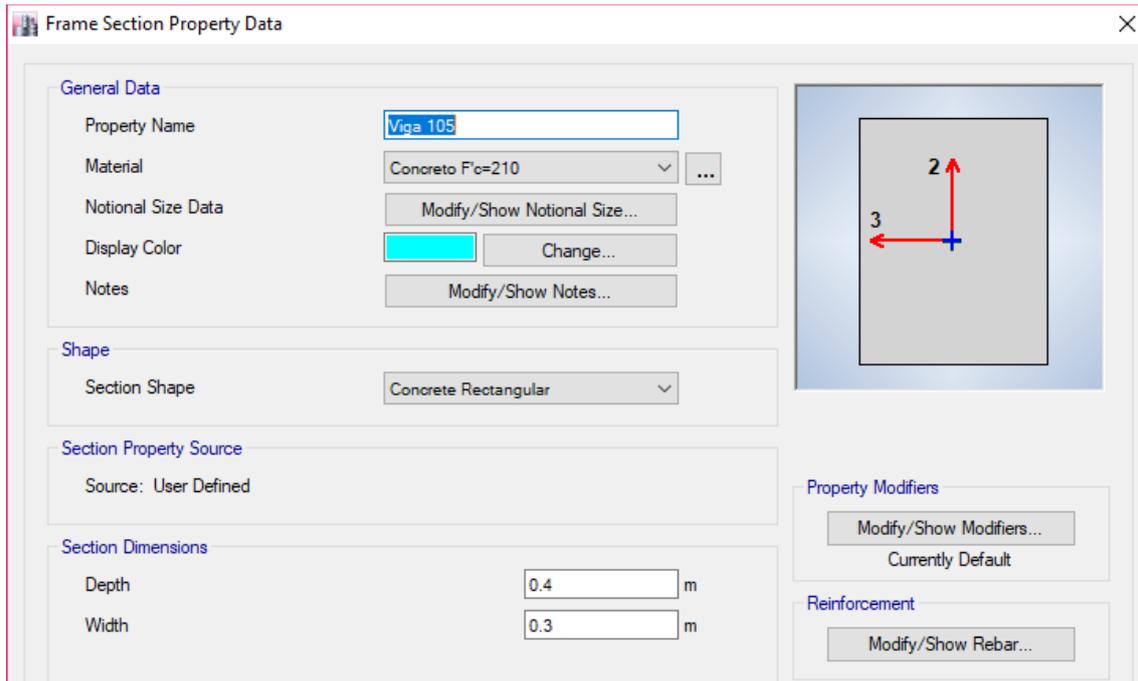
**Figura 29:** Sección de la viga 102 V-0.40m x 0.30m



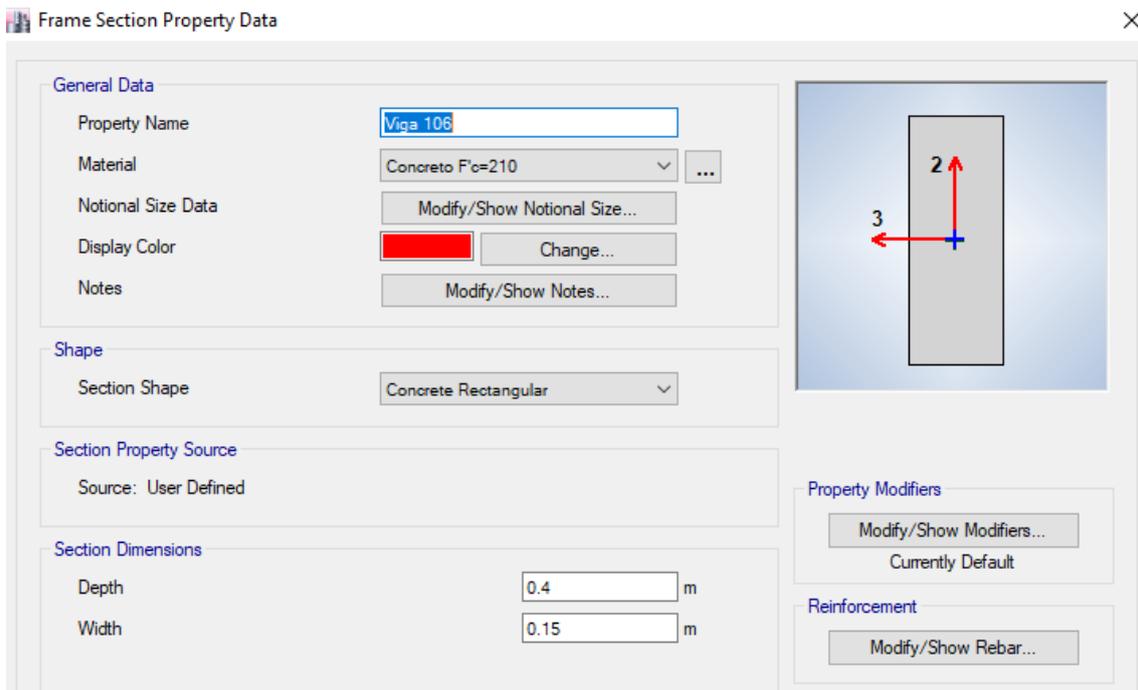
**Figura 30:** Sección de la viga 103 V-0.40m x 0.30m



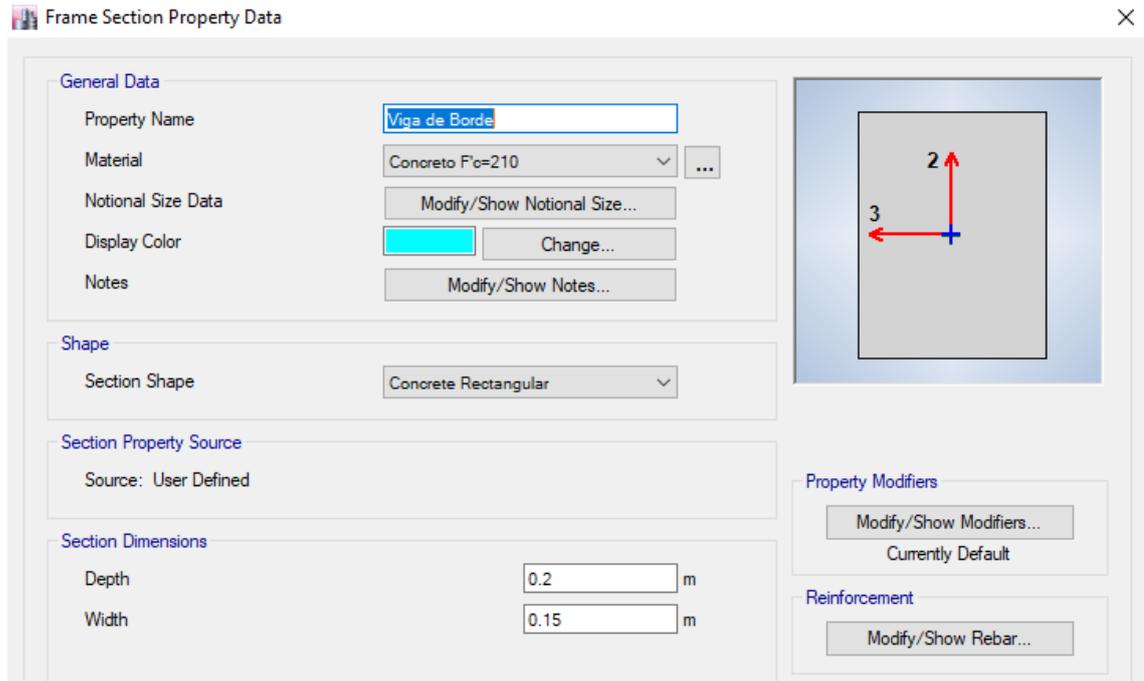
**Figura 31:** Sección de la viga 104 V-0.40m x 0.30m



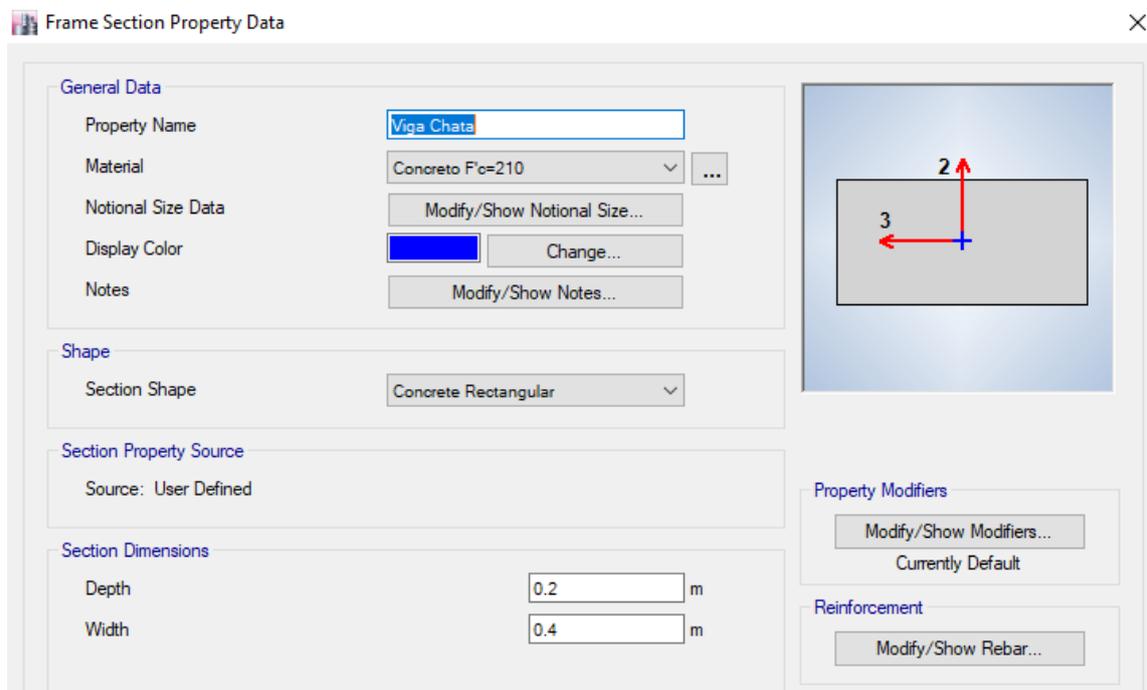
**Figura 32:** Sección de la viga 105 V-0.40m x 0.30m



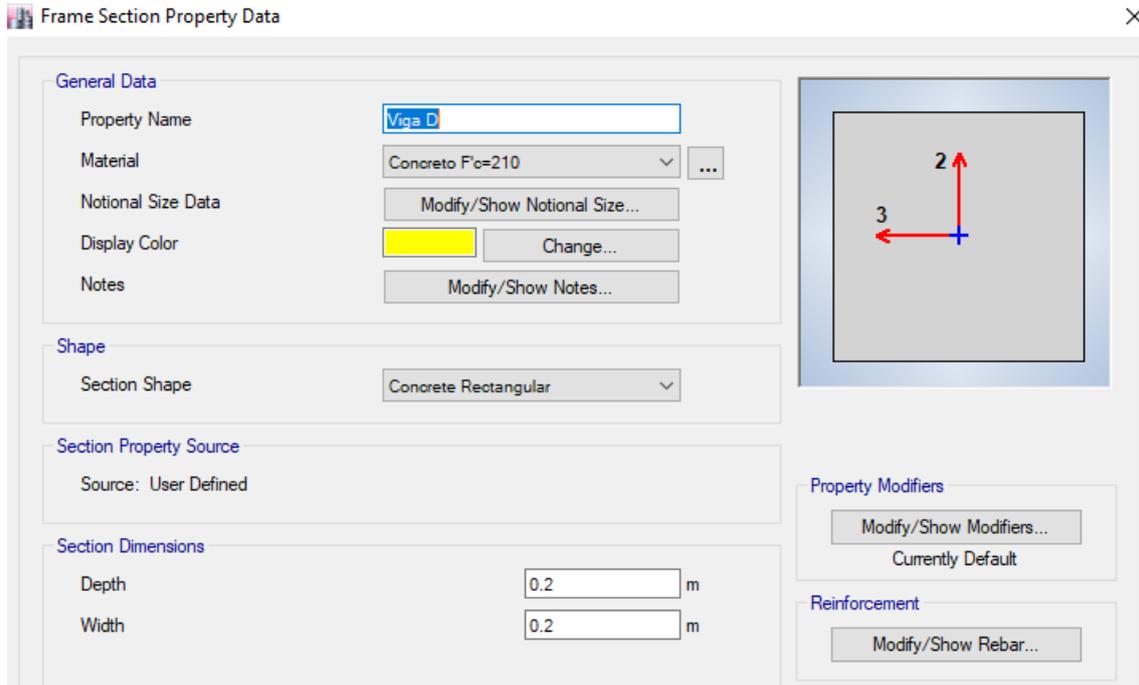
**Figura 33:** Sección de la viga 106 V-0.40m x 0.15m



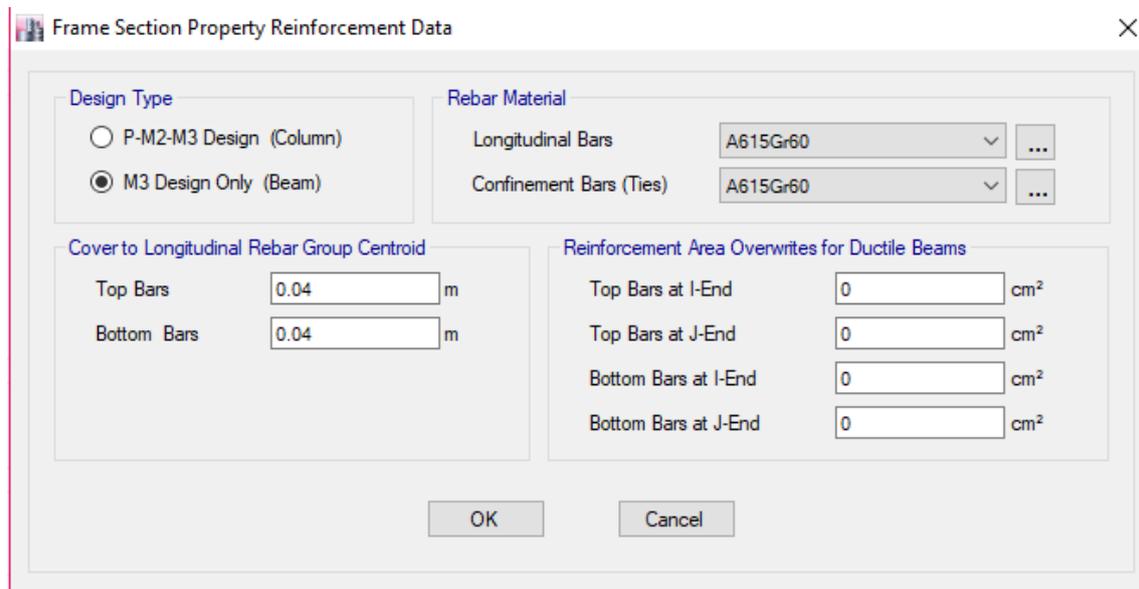
**Figura 34:** Sección de la viga B V-0.20m x 0.15m



**Figura 35:** Sección de la viga Chata V-0.20m x 0.40m



**Figura 36:** Sección de la viga D V-0.20m x 0.20m



**Figura 37:** Propiedades de reforzamiento de vigas

- ✓ Para el edificio en estudio se ha realizado el modelamiento con 6 tipos de losas aligeradas; con un espesor  $e=0.20\text{m}$ . (véase anexo N°2)

Slab Property Data ×

**General Data**

Property Name	<input type="text" value="Losa 1"/>
Slab Material	Concrete F'c=210 <span>...</span>
Notional Size Data	<input type="button" value="Modify/Show Notional Size..."/>
Modeling Type	Shell-Thin <span>...</span>
Modifiers (Currently Default)	<input type="button" value="Modify/Show..."/>
Display Color	<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> <input type="button" value="Change..."/>
Property Notes	<input type="button" value="Modify/Show..."/>

**Property Data**

Type	Ribbed <span>...</span>
Overall Depth	<input type="text" value="0.2"/> m
Slab Thickness	<input type="text" value="0.05"/> m
Stem Width at Top	<input type="text" value="0.1"/> m
Stem Width at Bottom	<input type="text" value="0.1"/> m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	<input type="text" value="0.4"/> m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis <span>...</span>

**Figura 38:** Definición de propiedades de Losa 1

Slab Property Data ×

**General Data**

Property Name	<input type="text" value="Losa 2"/>
Slab Material	Concrete F'c=210 <span>...</span>
Notional Size Data	<input type="button" value="Modify/Show Notional Size..."/>
Modeling Type	Shell-Thin <span>...</span>
Modifiers (Currently Default)	<input type="button" value="Modify/Show..."/>
Display Color	<span style="background-color: red; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></span> <input type="button" value="Change..."/>
Property Notes	<input type="button" value="Modify/Show..."/>

**Property Data**

Type	Ribbed <span>...</span>
Overall Depth	<input type="text" value="0.2"/> m
Slab Thickness	<input type="text" value="0.05"/> m
Stem Width at Top	<input type="text" value="0.1"/> m
Stem Width at Bottom	<input type="text" value="0.1"/> m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	<input type="text" value="0.4"/> m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis <span>...</span>

**Figura 39:** Definición de propiedades de Losa 2

Slab Property Data ×

**General Data**

Property Name	<input type="text" value="Losa 3"/>
Slab Material	Concrete F'c=210 <span>...</span>
Notional Size Data	<input type="button" value="Modify/Show Notional Size..."/>
Modeling Type	Shell-Thin <span>...</span>
Modifiers (Currently Default)	<input type="button" value="Modify/Show..."/>
Display Color	<input type="color" value="#FF00FF"/> <input type="button" value="Change..."/>
Property Notes	<input type="button" value="Modify/Show..."/>

**Property Data**

Type	Ribbed <span>...</span>
Overall Depth	<input type="text" value="0.2"/> m
Slab Thickness	<input type="text" value="0.05"/> m
Stem Width at Top	<input type="text" value="0.1"/> m
Stem Width at Bottom	<input type="text" value="0.1"/> m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	<input type="text" value="0.4"/> m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis <span>...</span>

**Figura 40:** Definición de propiedades de Losa 3

Slab Property Data ×

**General Data**

Property Name	<input type="text" value="Losa 4"/>
Slab Material	Concrete F'c=210 <span>...</span>
Notional Size Data	<input type="button" value="Modify/Show Notional Size..."/>
Modeling Type	Shell-Thin <span>...</span>
Modifiers (Currently Default)	<input type="button" value="Modify/Show..."/>
Display Color	<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 15px;"></span> <input type="button" value="Change..."/>
Property Notes	<input type="button" value="Modify/Show..."/>

**Property Data**

Type	Ribbed <span>...</span>
Overall Depth	<input type="text" value="0.2"/> m
Slab Thickness	<input type="text" value="0.05"/> m
Stem Width at Top	<input type="text" value="0.1"/> m
Stem Width at Bottom	<input type="text" value="0.1"/> m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	<input type="text" value="0.4"/> m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis <span>...</span>

**Figura 41:** Definición de propiedades de Losa 4

Slab Property Data ×

**General Data**

Property Name	<input type="text" value="Losa 5"/>
Slab Material	Concrete F'c=210 <span>▼</span> <span>...</span>
Notional Size Data	<input type="button" value="Modify/Show Notional Size..."/>
Modeling Type	Shell-Thin <span>▼</span>
Modifiers (Currently Default)	<input type="button" value="Modify/Show..."/>
Display Color	<input type="button" value="Change..."/>
Property Notes	<input type="button" value="Modify/Show..."/>

**Property Data**

Type	Ribbed <span>▼</span>
Overall Depth	<input type="text" value="0.2"/> m
Slab Thickness	<input type="text" value="0.05"/> m
Stem Width at Top	<input type="text" value="0.1"/> m
Stem Width at Bottom	<input type="text" value="0.1"/> m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	<input type="text" value="0.4"/> m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis <span>▼</span>

*Figura 42:* Definición de propiedades de Losa 5

Slab Property Data ×

**General Data**

Property Name	<input type="text" value="Losa 6"/>
Slab Material	Concreto F'c=210 <span>▼</span> <span>...</span>
Notional Size Data	<input type="button" value="Modify/Show Notional Size..."/>
Modeling Type	Shell-Thin <span>▼</span>
Modifiers (Currently Default)	<input type="button" value="Modify/Show..."/>
Display Color	<span style="background-color: blue; color: black;"> </span> <input type="button" value="Change..."/>
Property Notes	<input type="button" value="Modify/Show..."/>

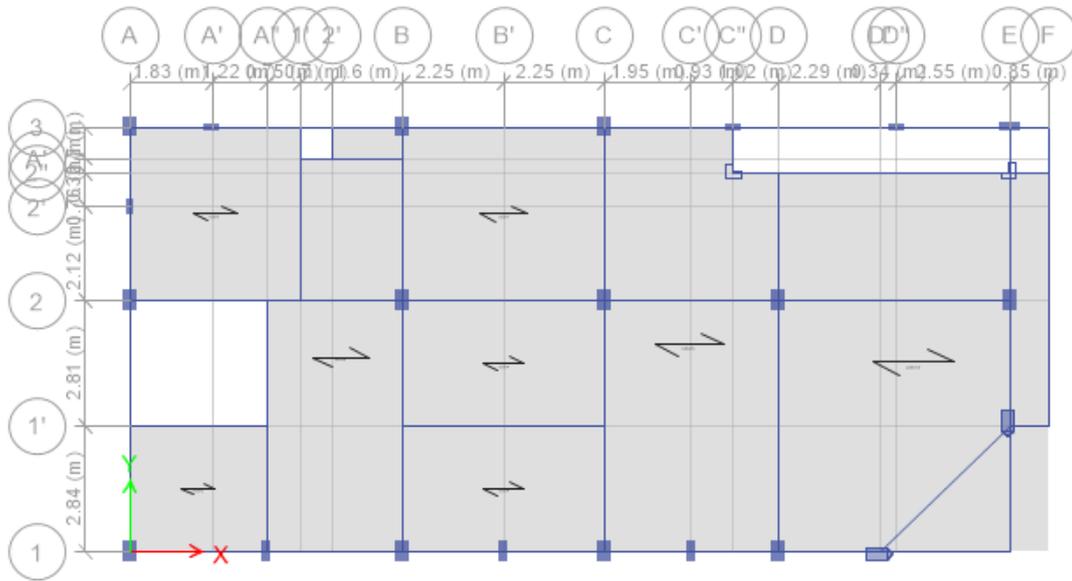
**Property Data**

Type	Ribbed <span>▼</span>
Overall Depth	<input type="text" value="0.2"/> m
Slab Thickness	<input type="text" value="0.05"/> m
Stem Width at Top	<input type="text" value="0.1"/> m
Stem Width at Bottom	<input type="text" value="0.1"/> m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	<input type="text" value="0.4"/> m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis <span>▼</span>

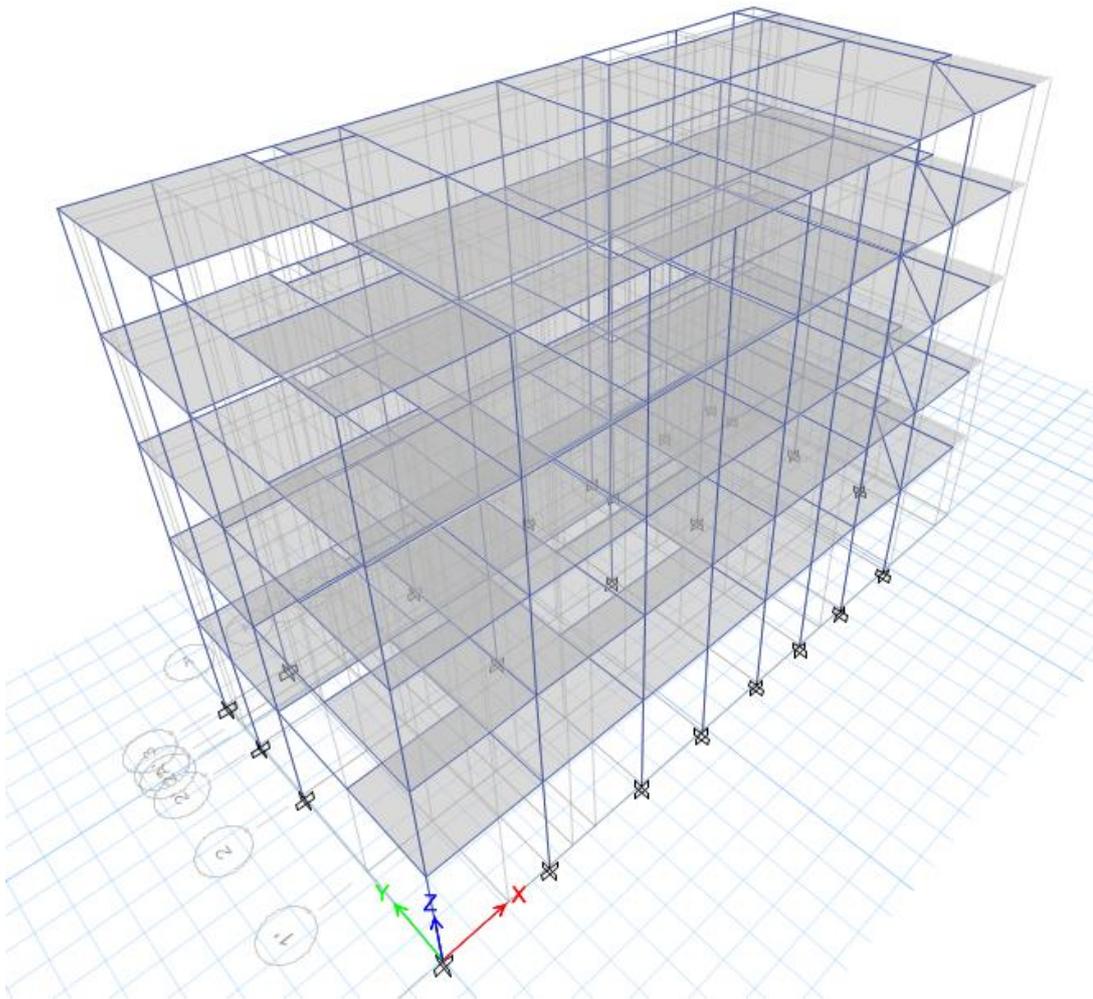
**Figura 43:** Definición de propiedades de Losa 6

#### 4.1.1.1. Modelamiento de la estructura sin núcleo central

- ✓ Una vez definidas las secciones de los elementos estructurales se procederá a asignar las columnas, los muros, las vigas y finalmente las losas según la figura 57



**Figura 44:** Asignación de columnas vigas y losa para la estructura sin núcleo central



**Figura 45:** Vista en Isométrico del sistema estructural

✓ Luego de haber asignado los elementos estructurales se procede a asignar las cargas sobre las losas aligeradas de la siguiente manera.

**a) Carga Muerta**

Piso terminado  $0.1 \text{ ton} / \text{m}^2$

Losa Aligerada  $0.18 \text{ ton} / \text{m}^2$

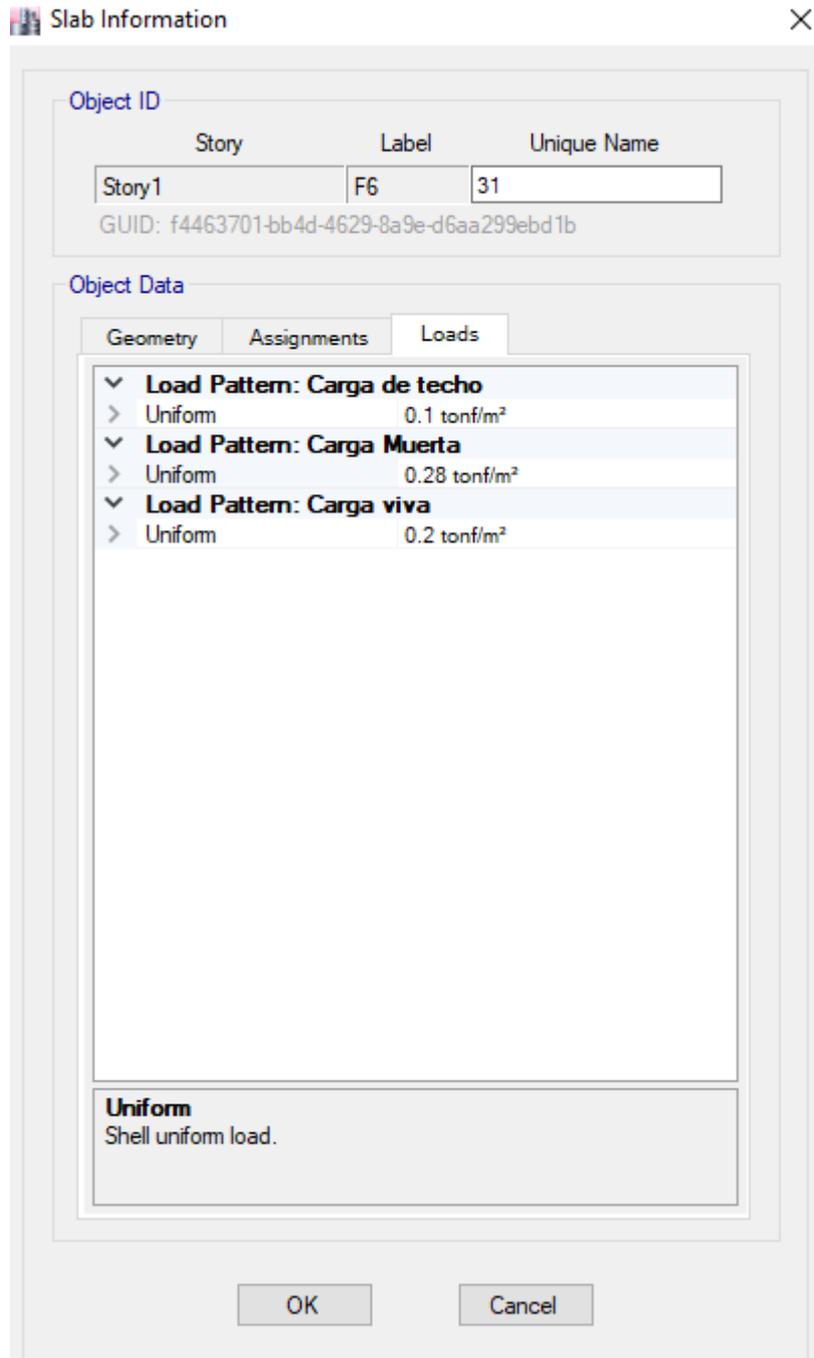
$$\mathbf{CM} = 0.28 \text{ tonf} / \text{m}^2$$

**b) Carga Viva**

$$\mathbf{CV} = 0.2 \text{ tonf} / \text{m}^2$$

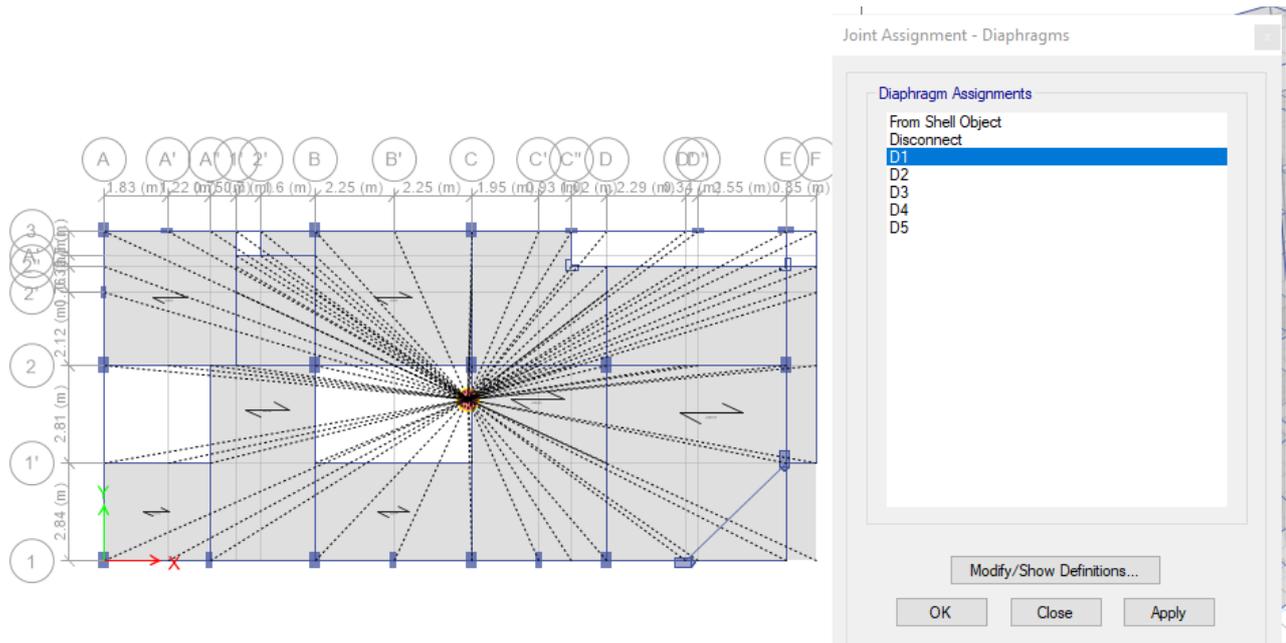
**c) Carga de Techo**

$$\mathbf{CVT} = 0.1 \text{ tonf} / \text{m}^2$$

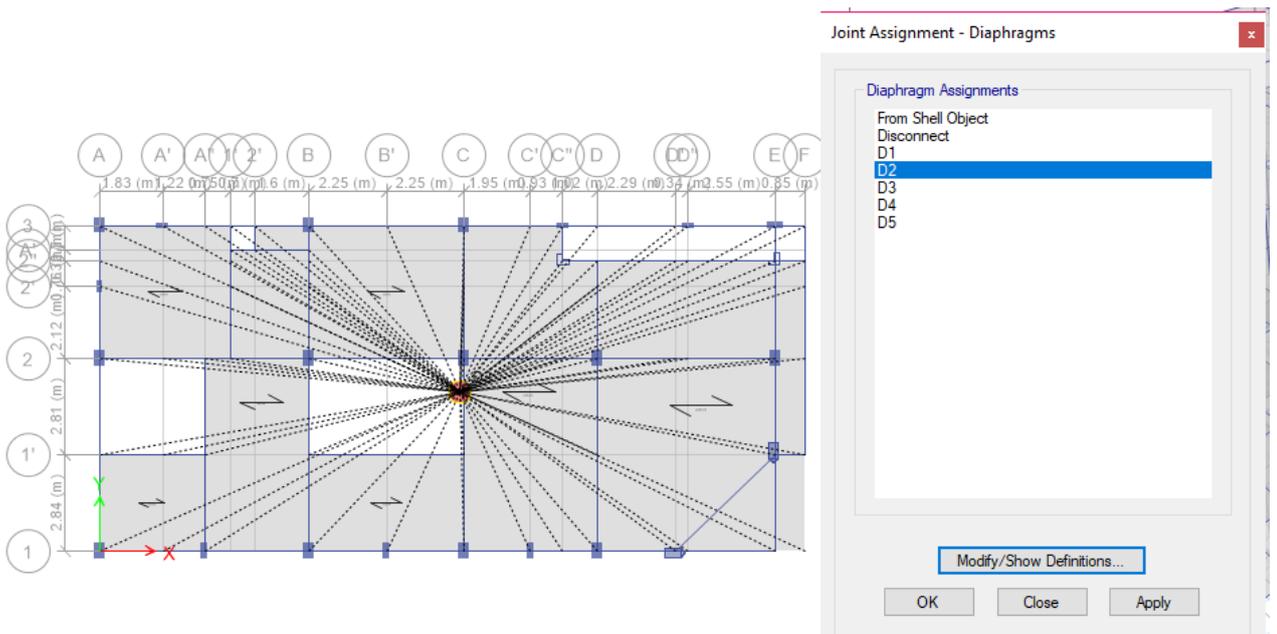


**Figura 46:** Ingreso de cargas para losas

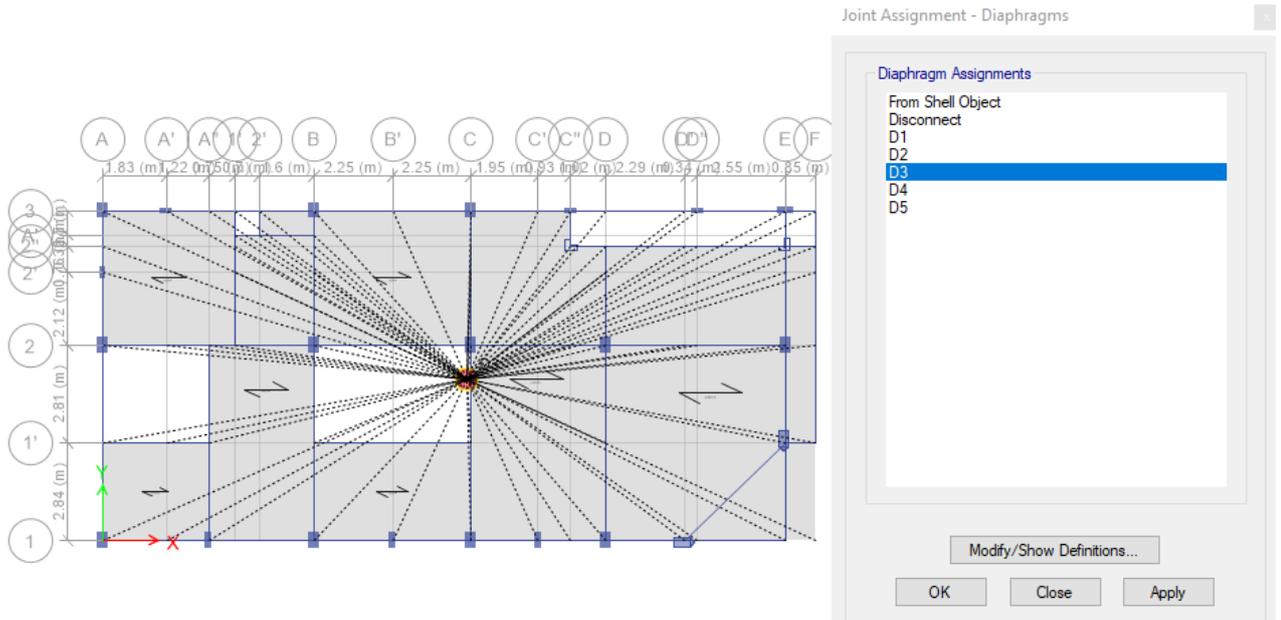
- ✓ También para el modelamiento se considera la asignación de los diafragmas rígidos.



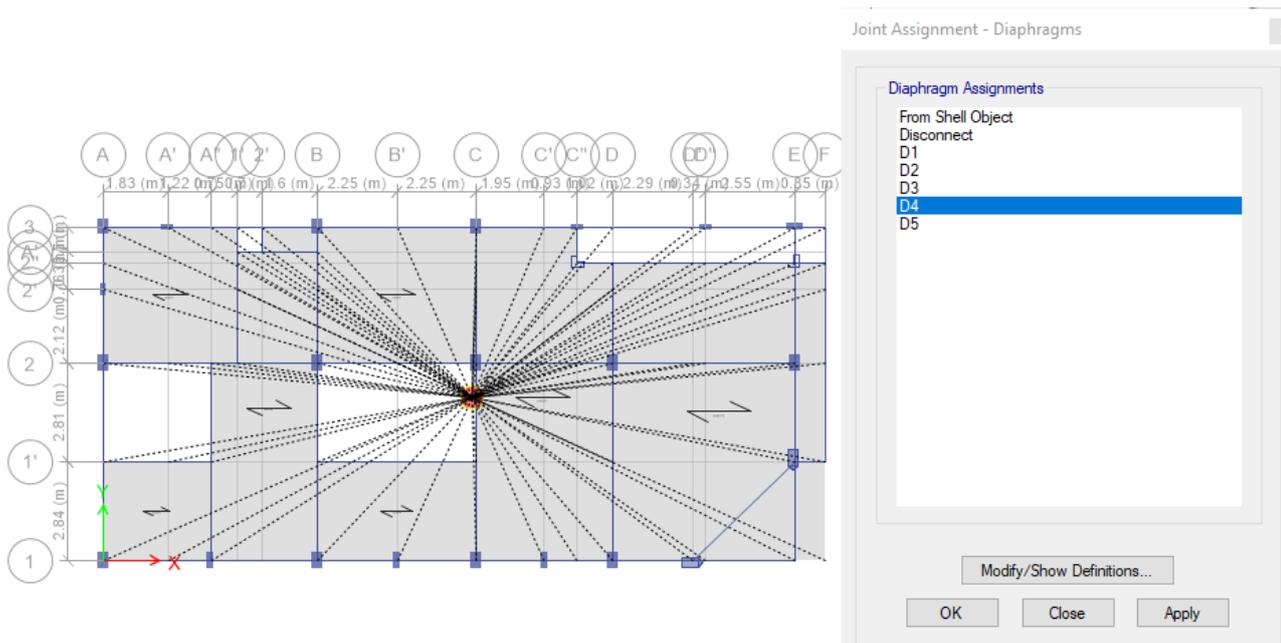
**Figura 47:** Diafragma N°1 en el primer nivel



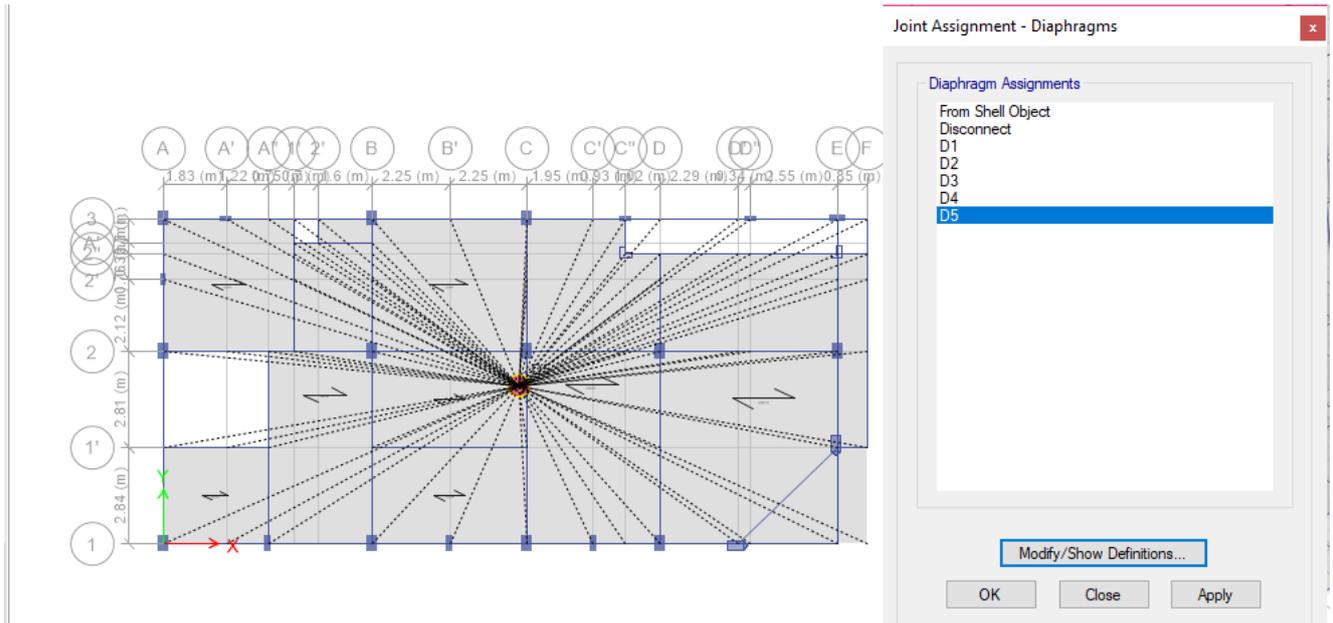
**Figura 48:** Diafragma N°2 en el segundo nivel



**Figura 49:** Diafragma N°3 en el tercer nivel



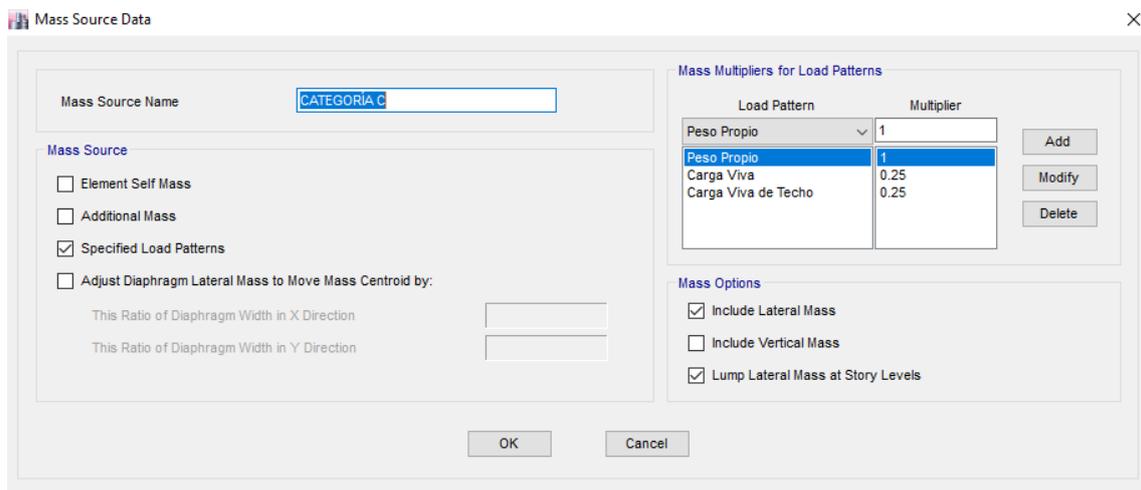
**Figura 50:** Diafragma N°4 en el cuarto nivel



**Figura 51:** Diafragma N°5 en el quinto nivel

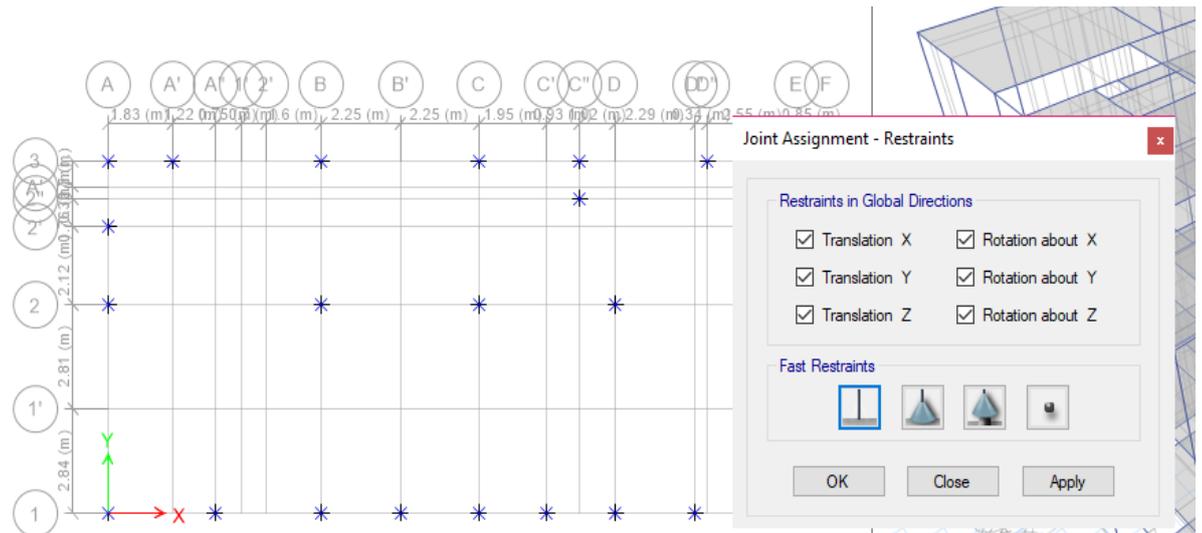
**PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA SIN NÚCLEO CENTRAL**

- ✓ Definición de masas considerando 25% de carga viva para edificaciones comunes.

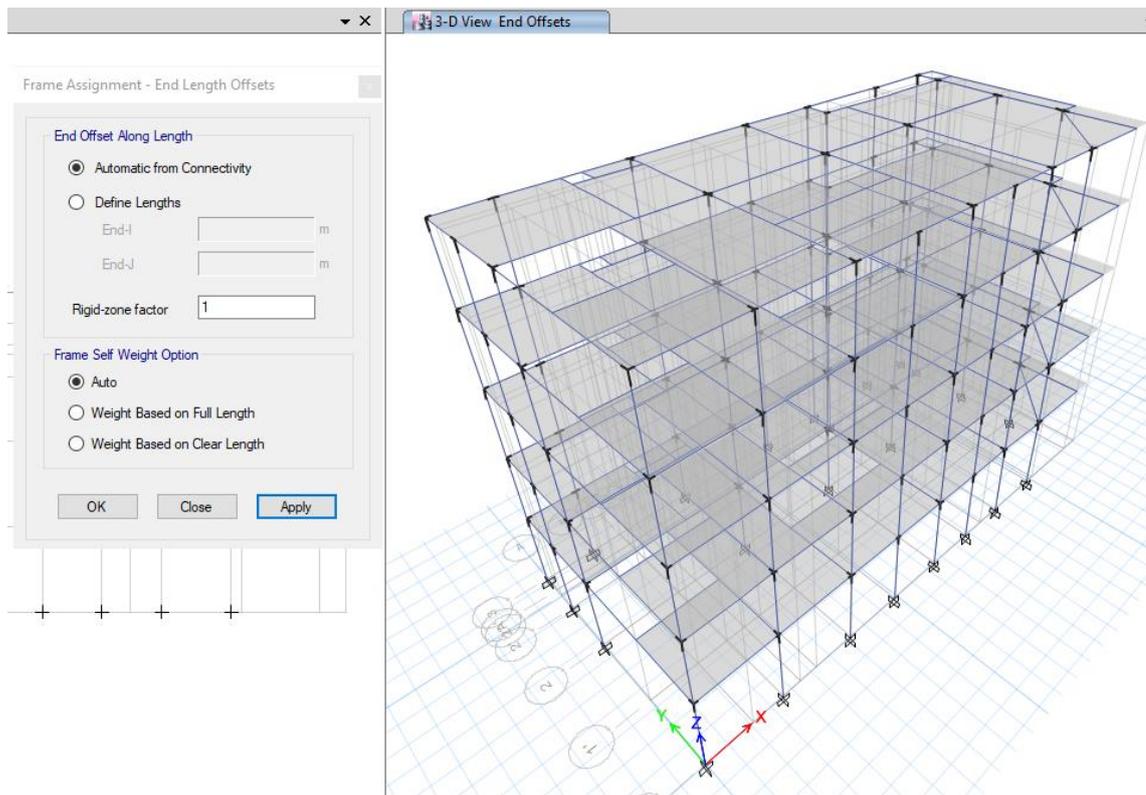


**Figura 52:** Definición de masas

- ✓ Para el siguiente análisis se considerará un tipo de suelo intermedio con las condiciones de empotramiento perfecto según la figura 59.



**Figura 53:** Definición de empotramiento



**Figura 54:** Rigidizar la estructura con una factor 1

**a. Análisis Estático**

Para el periodo fundamental, se tomará el dato recolectado del software

**Tabla 54:** *Periodo fundamental de la estructura*

	Mode	Period
		sec
T	1	0.604
T <sub>p</sub>	-	0,6
T <sub>L</sub>	-	2,0

Para el factor de amplificación sísmica se tiene **Ecuación N°14**

$$T_p < T < T_L; C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

Factor de zona	Z =	0.35
Categoría	U =	1.00
Factor de amplificación sísmica	C =	2.479
Factor de suelo	S =	1.15
Factor de reducción	R <sub>o</sub> =	7.2

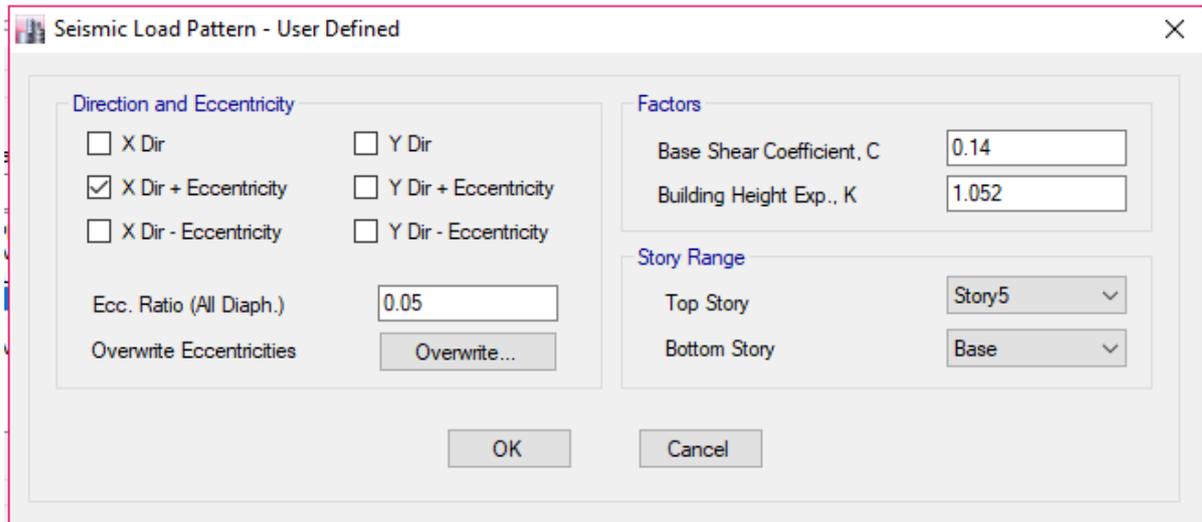
$$f_e = \frac{ZUCS}{R}$$

$$f_e = \frac{0,35 * 1 * 2,479 * 1,15}{7,2} = 0,139$$

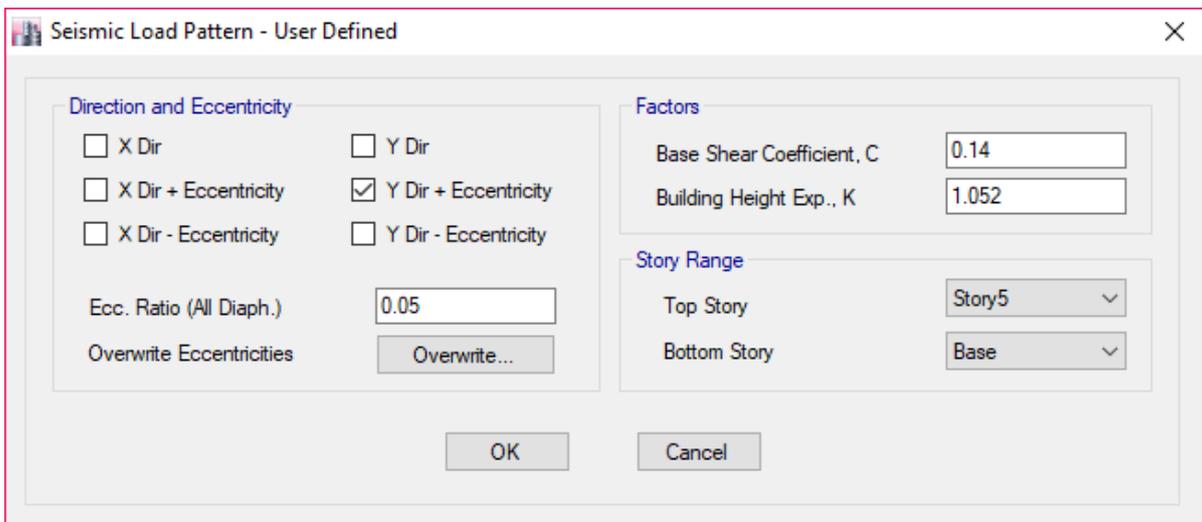
Para el cálculo del factor “k” se tiene la **Ecuación N°18:**  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$

$$k = (0,75 + 0,5 * 2,479)$$

$$k = 1,0525$$



**Figura 55:** Definición de análisis estático en X

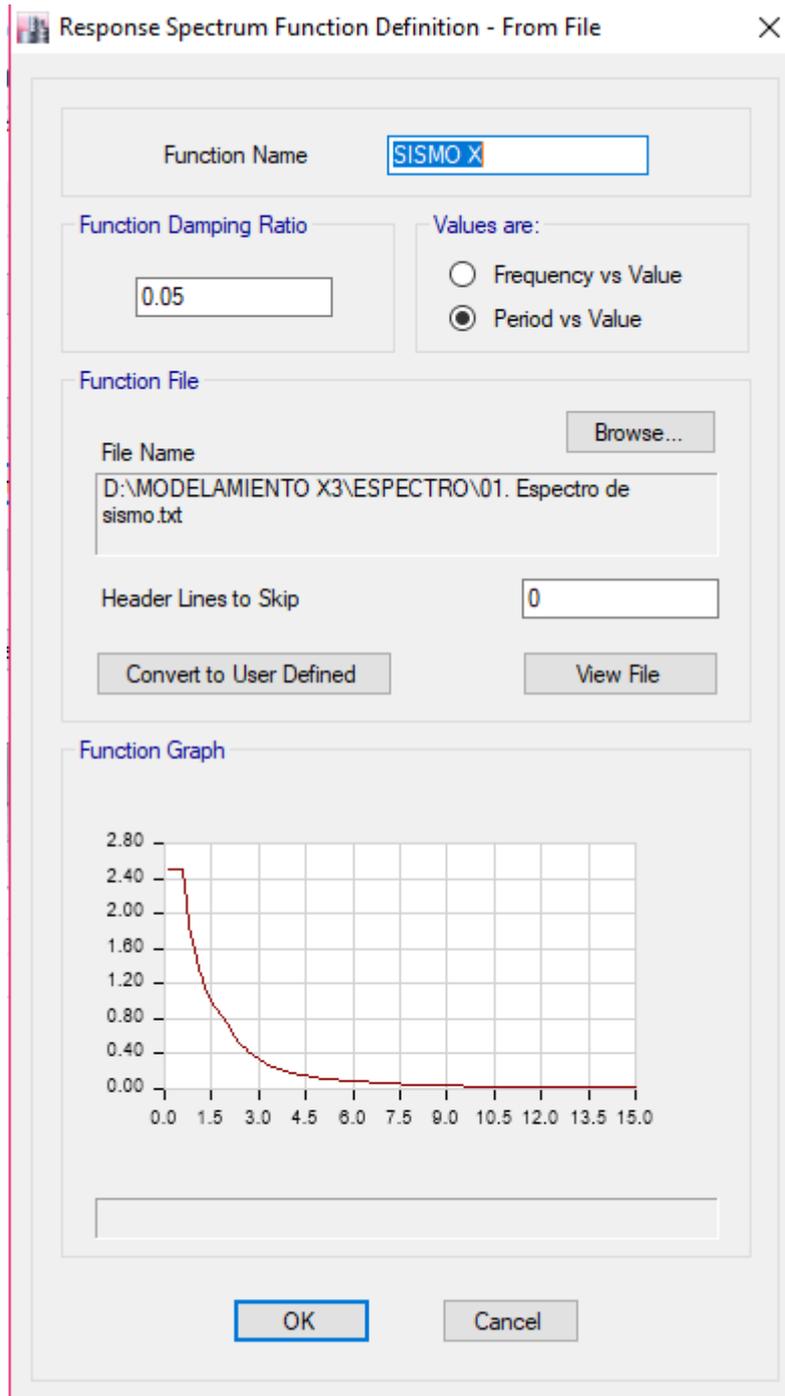


**Figura 56:** Definición de análisis estático en Y

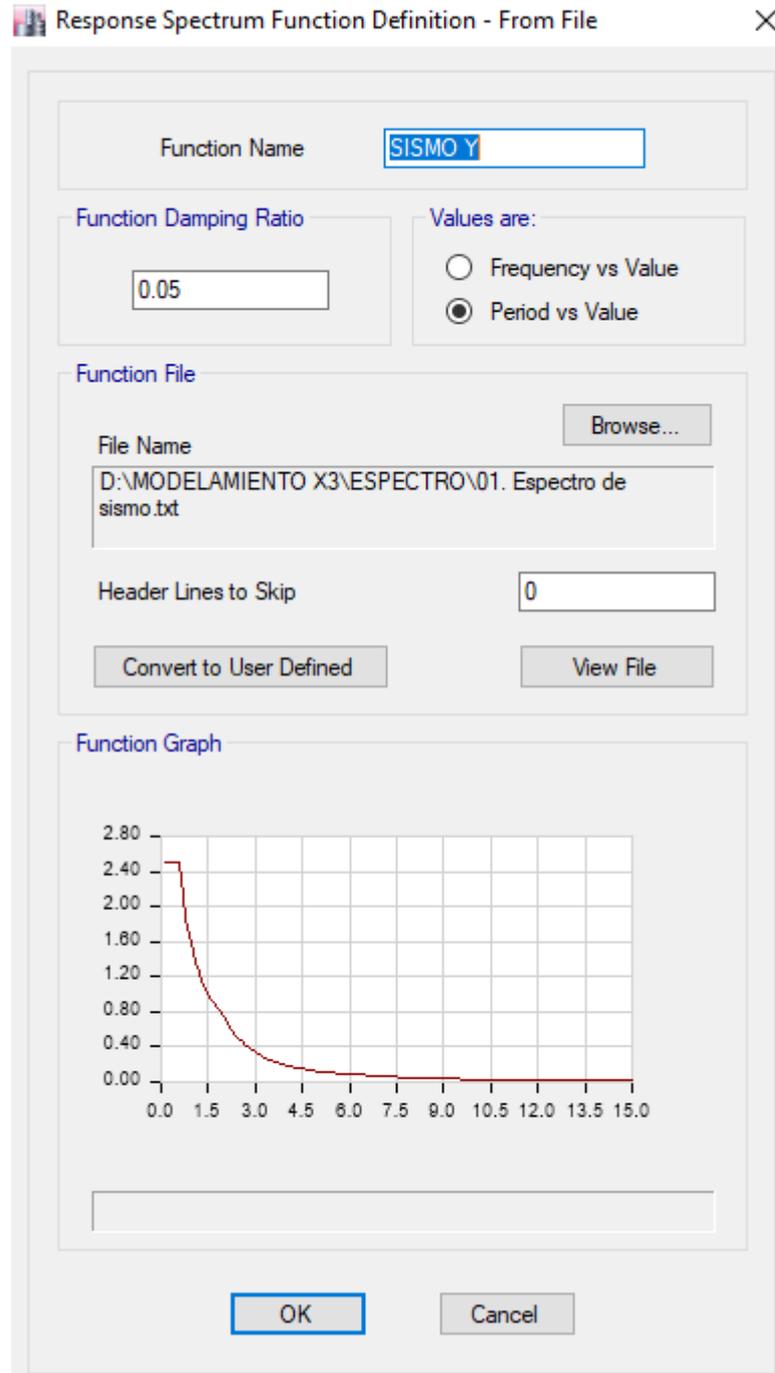
## b. Análisis Dinámico

### ✓ Análisis Espectral

Se ingresa los espectros de diseño según la NT E.030 (Anexo N°3), para los sismos en X e Y.

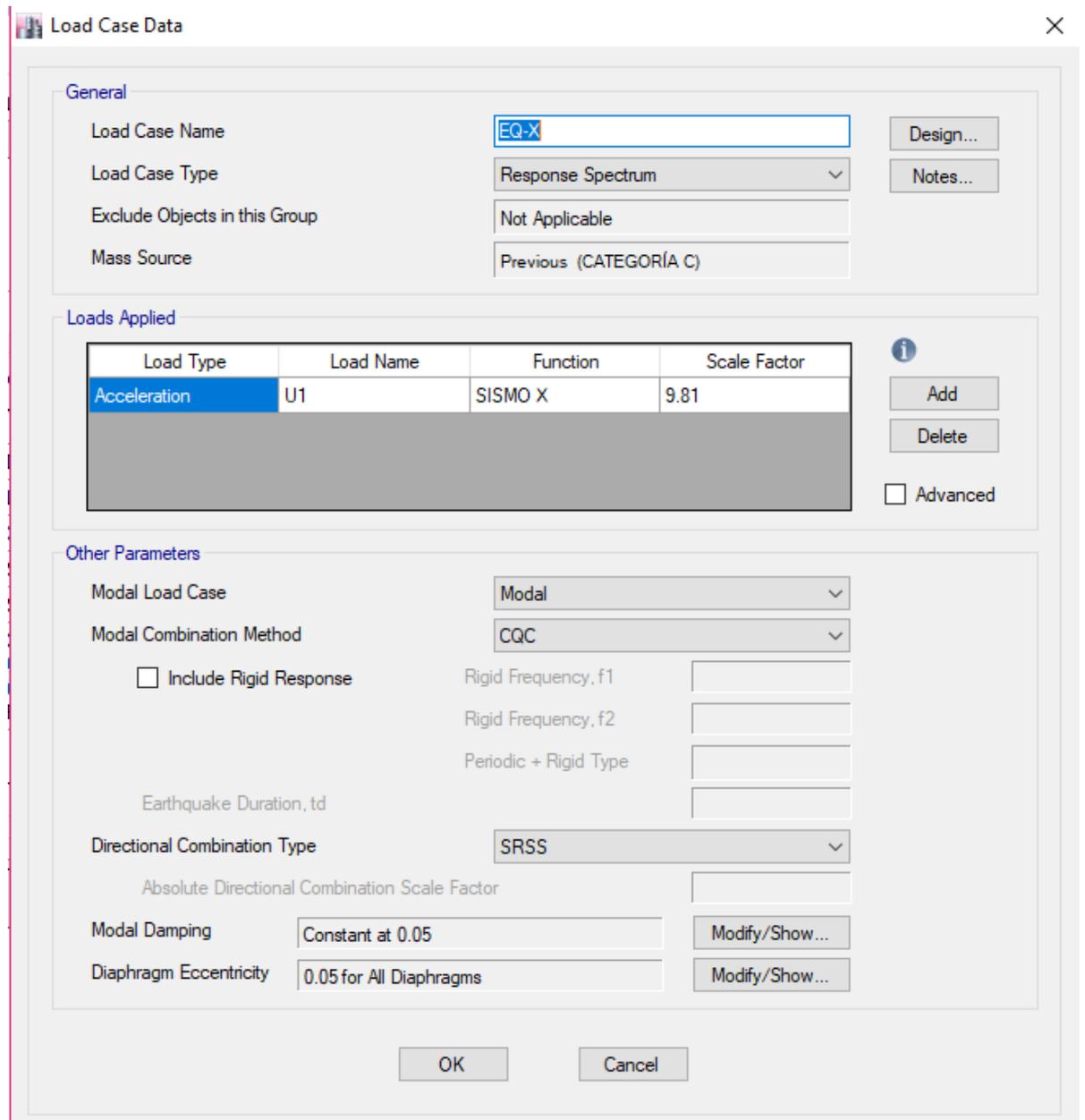


*Figura 57:* Espectro para el sismo en X



**Figura 58:** Espectro para el sismo en Y

Para el análisis dinámico, se agregarán dos respuestas espectrales, una para la dirección en Y y otra para la dirección en X, aparte de las cargas sísmicas antes agregadas. Para ambos espectros se les agregará una excentricidad del 5%



**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: EQ-X

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (CATEGORÍA C)

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SISMO X	9.81

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

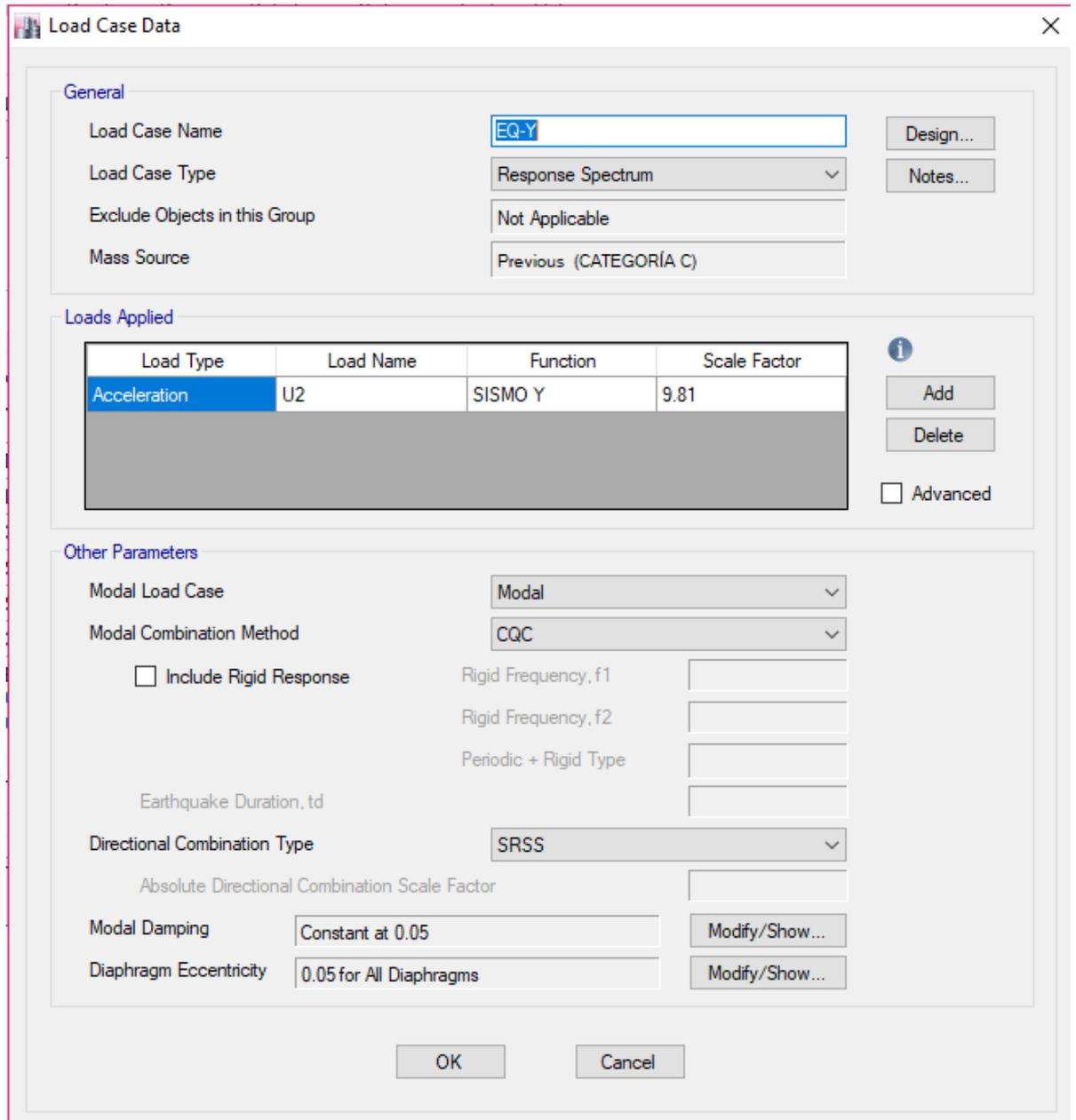
Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms

OK Cancel

**Figura 59:** Carga dinámica del sismo en la dirección X



**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: EQ-Y

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (CATEGORÍA C)

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SISMO Y	9.81

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

Modal Damping: Constant at 0.05

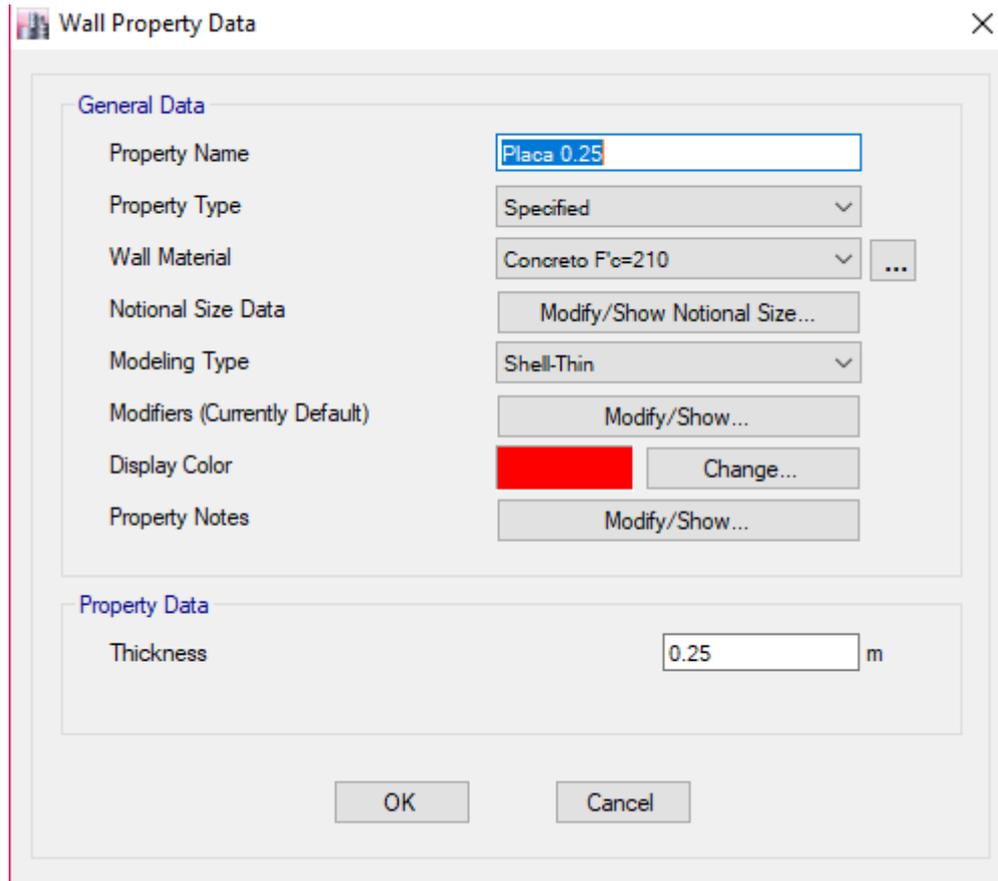
Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms

OK Cancel

**Figura 60:** Carga dinámica del sismo en la dirección Y

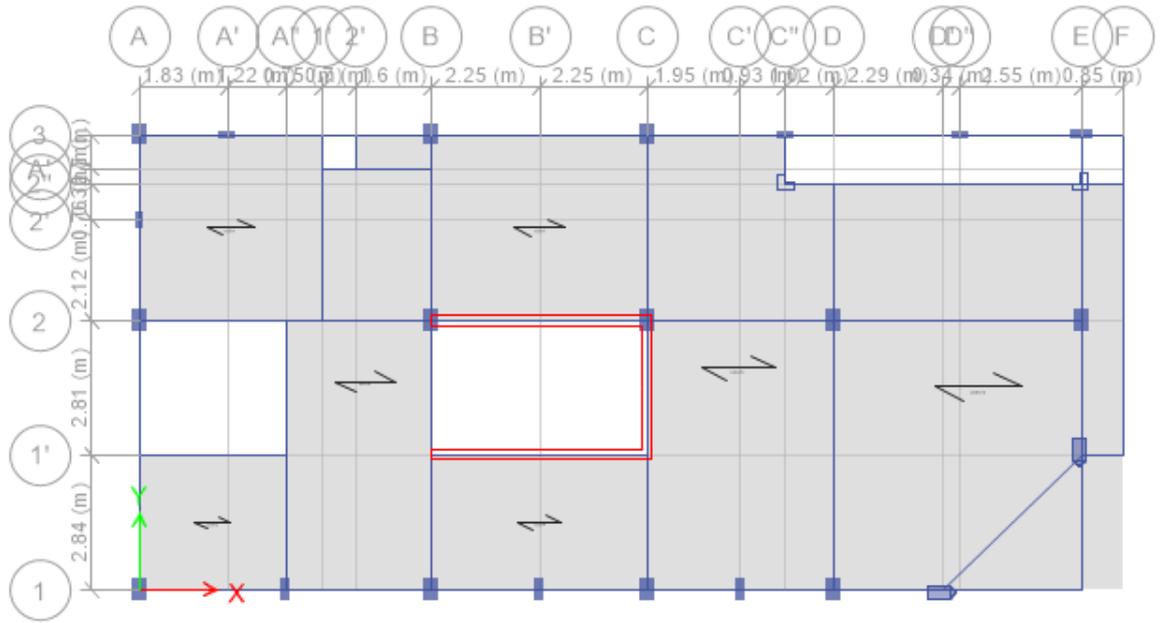
#### 4.1.1.2. Modelamiento de la estructura con núcleo central

- ✓ Definición de la placa de 25 cm.

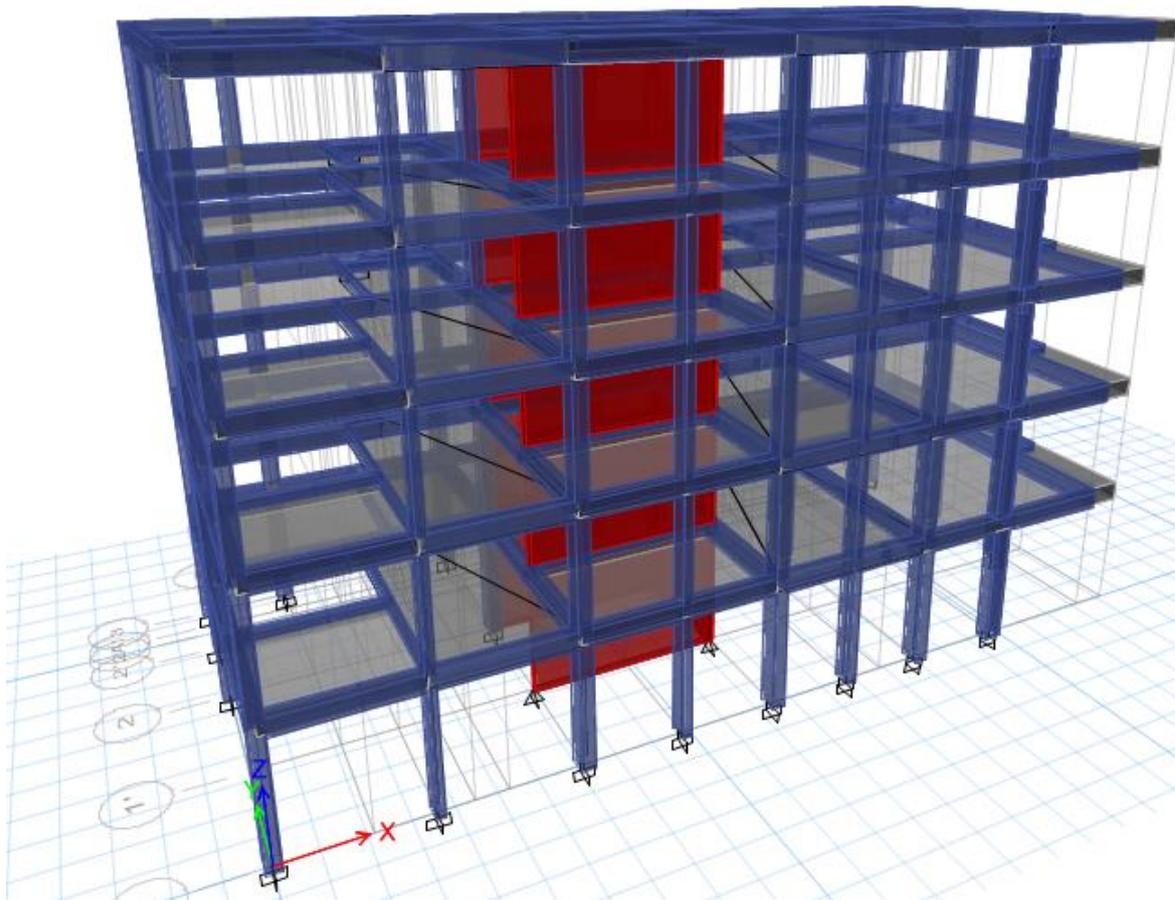


**Figura 61:** Definición de la placa central

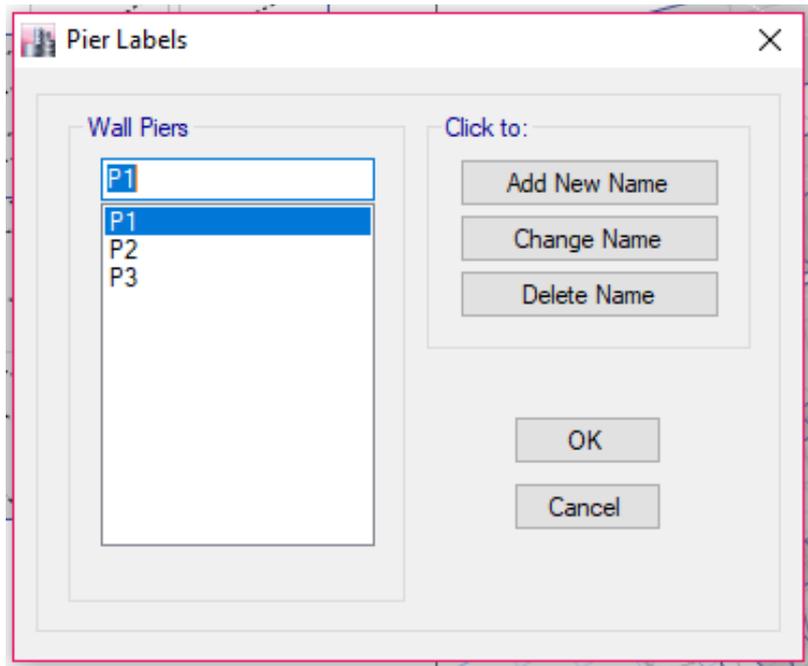
- ✓ Una vez definidas las secciones de los elementos estructurales se procederá a asignar las columnas, los muros, las vigas, las placas y finalmente las losas según la figura 62.



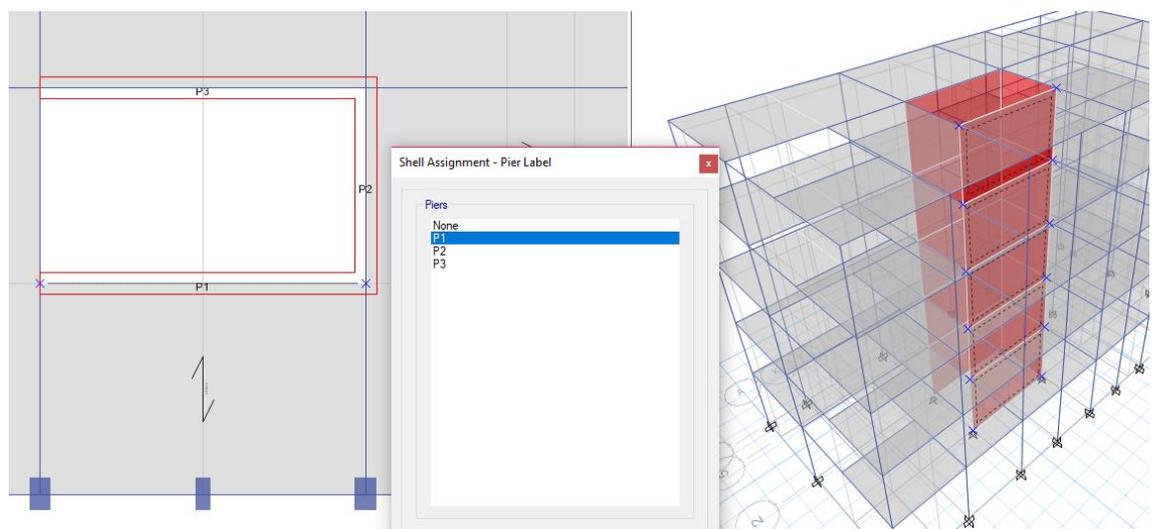
**Figura 62:** Asignación de columnas, vigas, placas y losas.



**Figura 63:** Vista en isométrico del sistema estructural



**Figura 64:** La definición de las placas



**Figura 65:** Designación de nombre a cada una de las placas

- ✓ Luego de haber asignado los elementos estructurales se procede a asignar las cargas sobre las losas aligeradas de la siguiente manera.

**d) Carga Muerta**

Piso terminado  $0.1 \text{ ton} / \text{m}^2$

Losa Aligerada  $0.18 \text{ ton} / \text{m}^2$

$$\mathbf{CM} = 0.28 \text{ tonf} / \text{m}^2$$

**e) Carga Viva**

$$\mathbf{CV} = 0.2 \text{ tonf} / \text{m}^2$$

**f) Carga de Techo**

$$\mathbf{CVT} = 0.1 \text{ tonf} / \text{m}^2$$

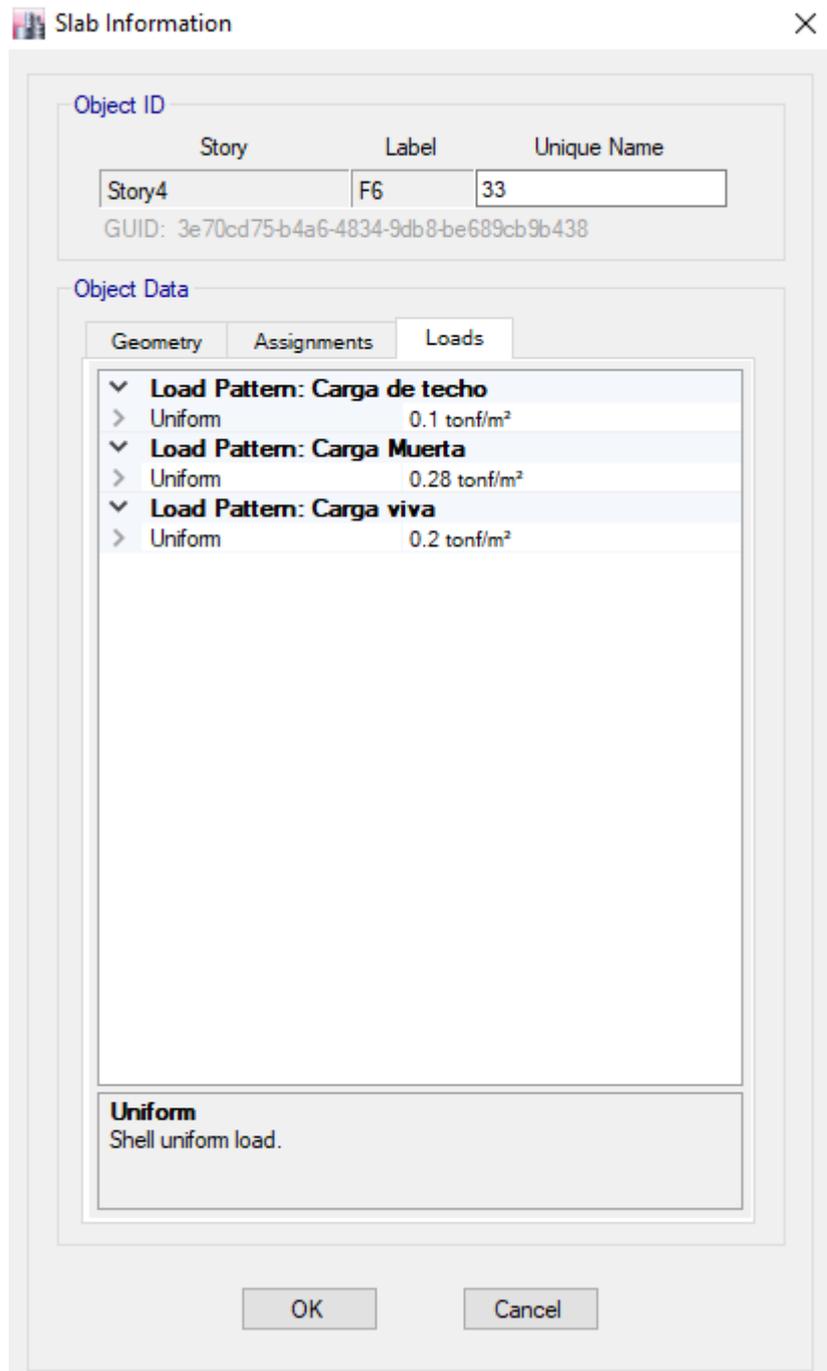
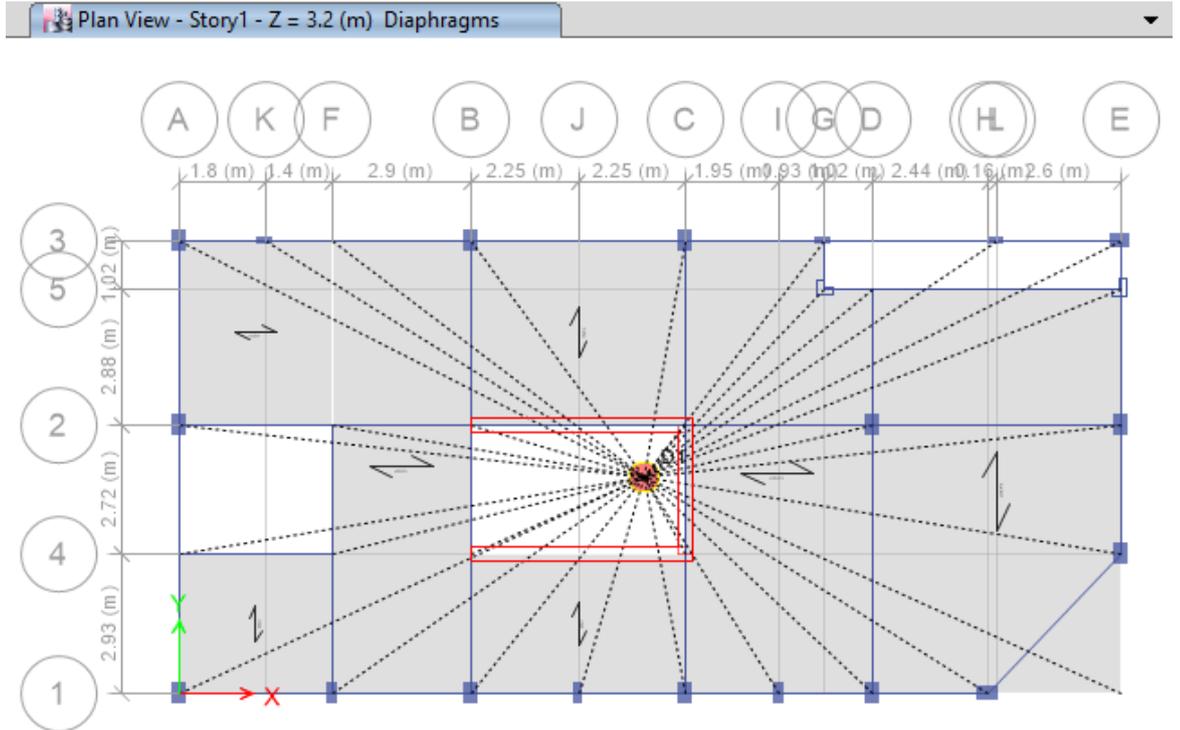
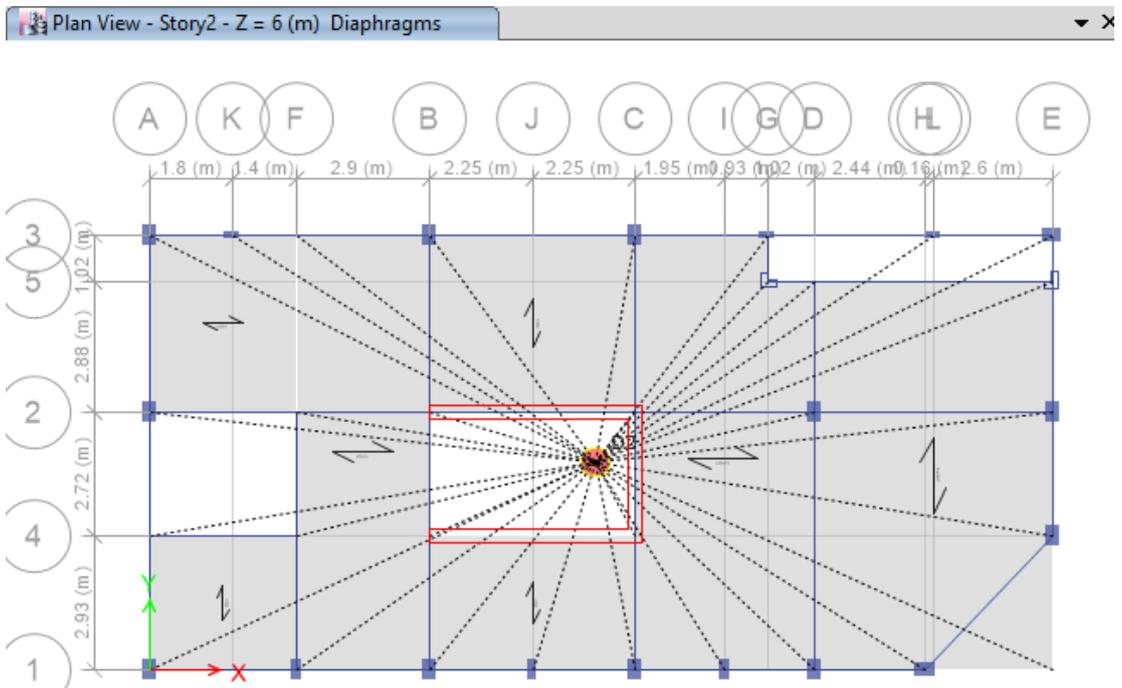


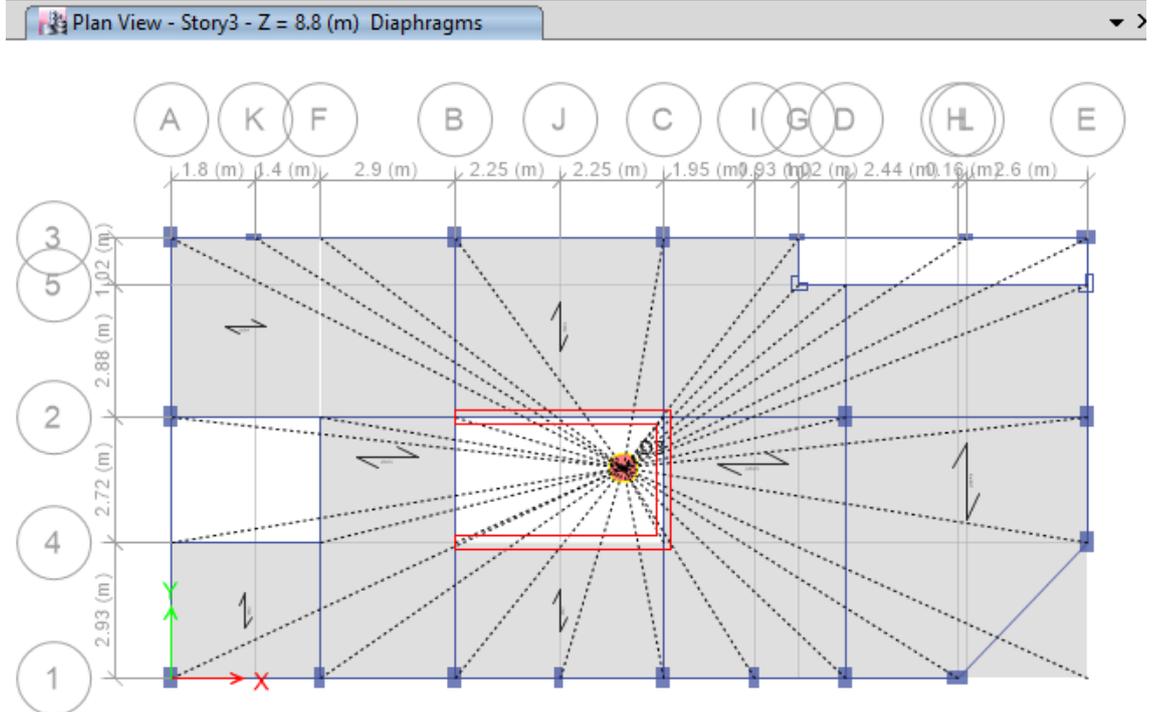
Figura 66: Ingreso de las cargas



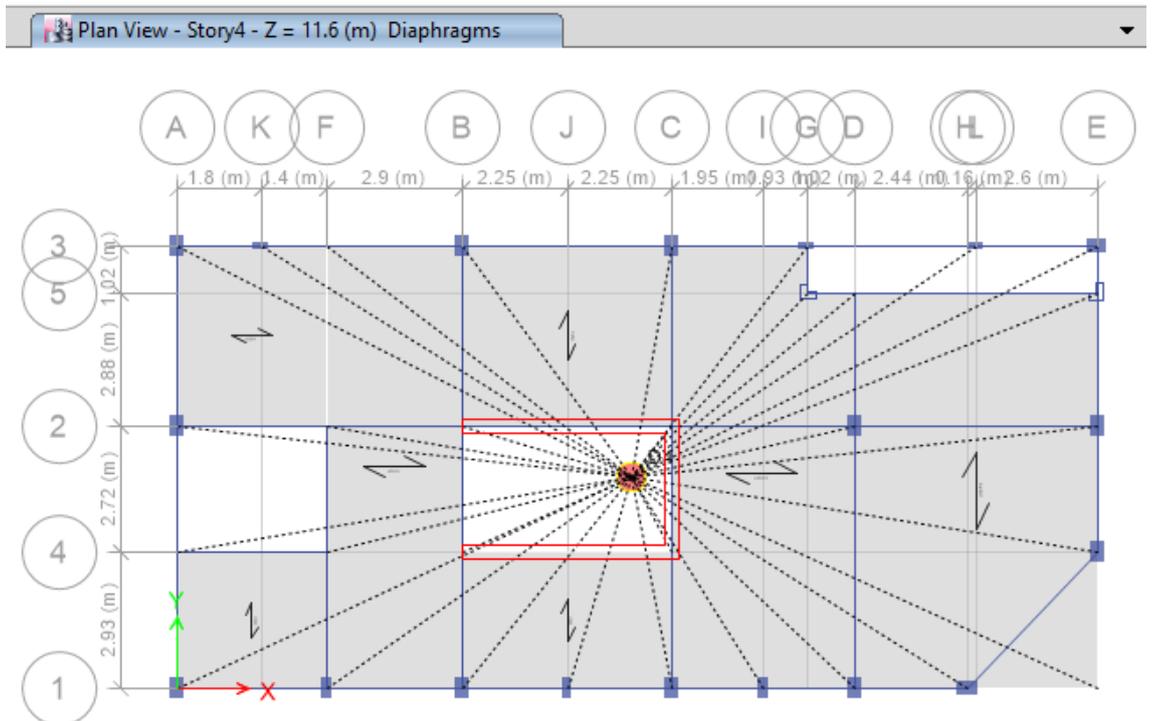
**Figura 67:** Diafragma N°1 en el primer nivel



**Figura 68:** Diafragma N°2 en el segundo nivel



**Figura 69:** Diafragma N°3 en el tercer nivel



**Figura 70:** Diafragma N°4 en el cuarto nivel

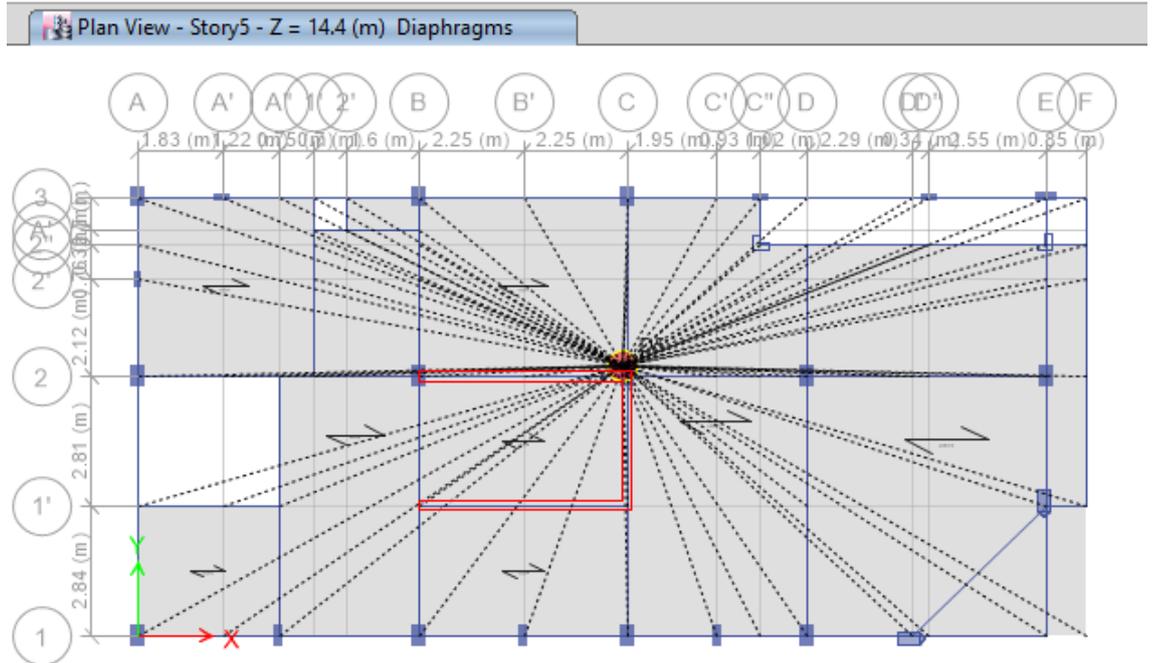


Figura 71: Diafragma N°5 en el quinto nivel

## PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA CON NÚCLEO CENTRAL

- ✓ Definición de masas considerando 25% de carga viva para edificaciones comunes.

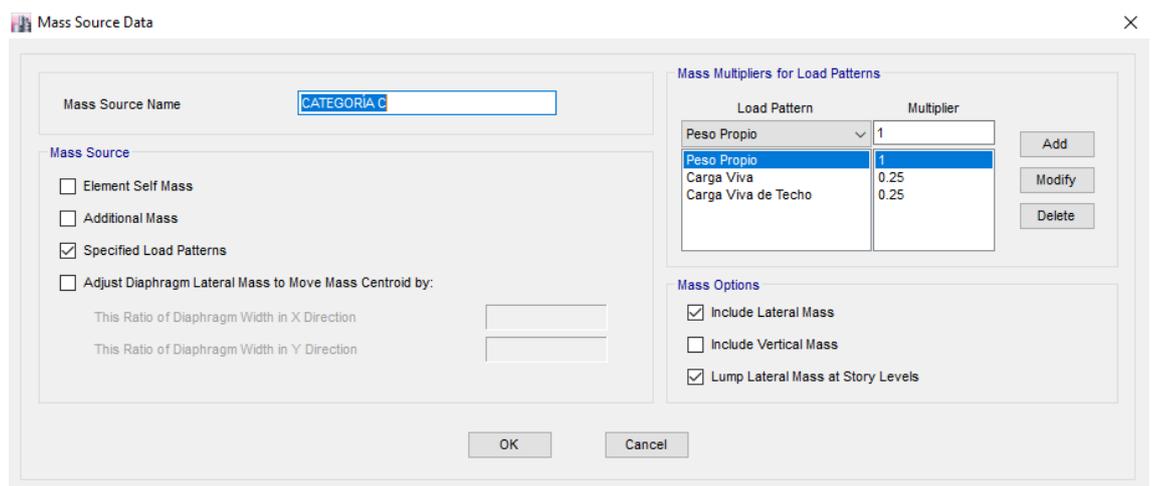
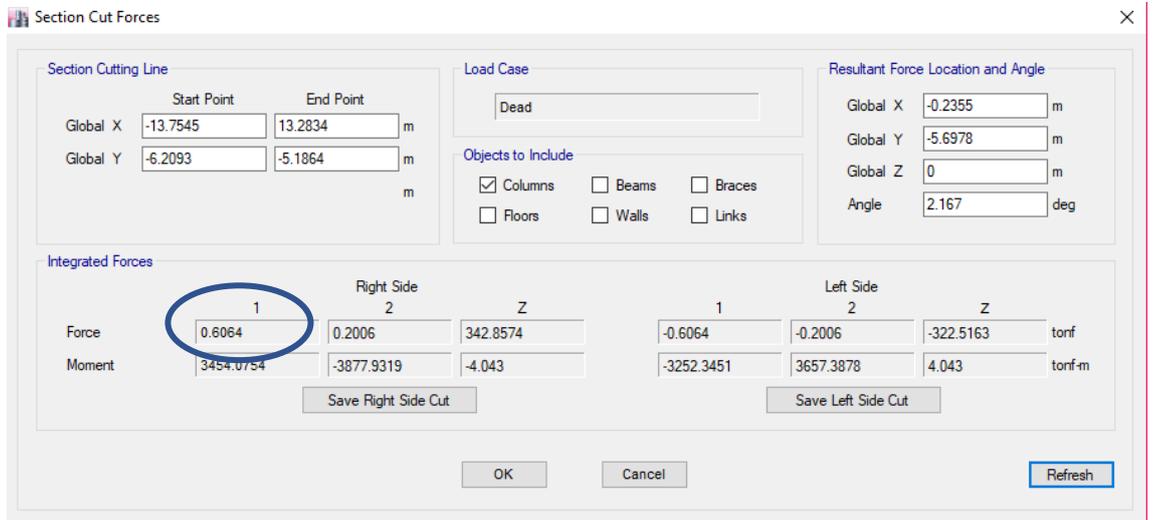


Figura 72: Definición de masas

- ✓ Según el párrafo 2.3.11.12, se considera un sistema dual si la fuerza de los muros está entre el 20% y el 70% de la cortante de la base del edificio; y los pórticos deberán resistir por lo menos el 30% de la cortante.



The screenshot shows the 'Section Cut Forces' dialog box with the following data:

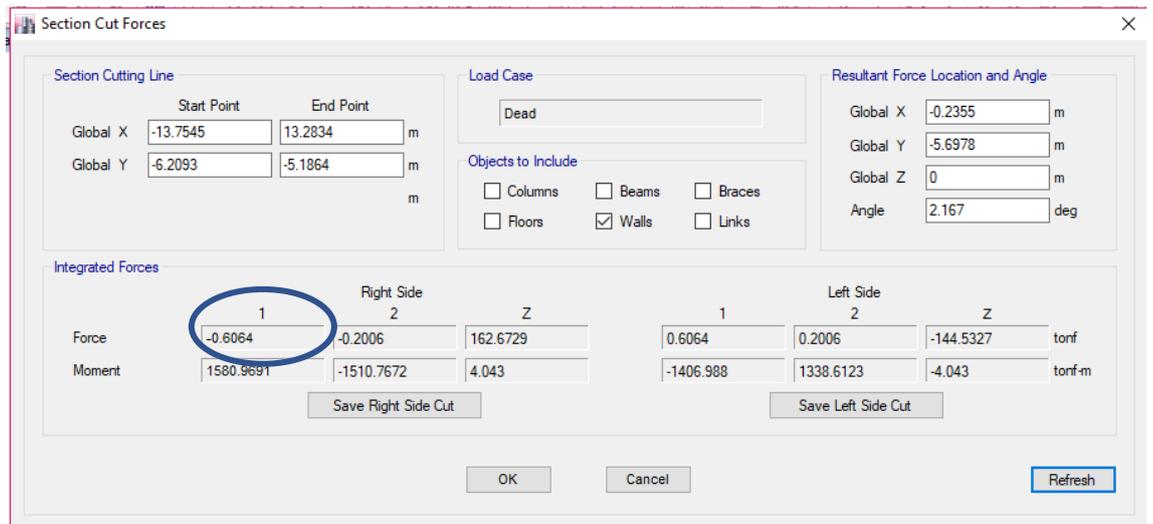
Section Cutting Line		Start Point		End Point		Load Case		Resultant Force Location and Angle	
Global X	-13.7545	13.2834	m			Dead		Global X	-0.2355 m
Global Y	-6.2093	-5.1864	m					Global Y	-5.6978 m
								Global Z	0 m
								Angle	2.167 deg

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	0.6064	0.2006	342.8574	-0.6064	-0.2006	-322.5163
Moment	3454.0754	-3877.9319	-4.043	-3252.3451	3657.3878	4.043

Buttons: Save Right Side Cut, Save Left Side Cut, OK, Cancel, Refresh

**Figura 73:** Fuerza cortante en los pórticos



The screenshot shows the 'Section Cut Forces' dialog box with the following data:

Section Cutting Line		Start Point		End Point		Load Case		Resultant Force Location and Angle	
Global X	-13.7545	13.2834	m			Dead		Global X	-0.2355 m
Global Y	-6.2093	-5.1864	m					Global Y	-5.6978 m
								Global Z	0 m
								Angle	2.167 deg

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	-0.6064	-0.2006	162.6729	0.6064	0.2006	-144.5327
Moment	1580.9691	-1510.7672	4.043	-1406.988	1338.6123	-4.043

Buttons: Save Right Side Cut, Save Left Side Cut, OK, Cancel, Refresh

**Figura 74:** Fuerza cortante en las placas

**c. Análisis Estático para suelo intermedio**

Para el periodo fundamental, se tomará el dato recolectado del software

*Tabla 55: Periodo fundamental de la estructura*

	Mode	Period
		sec
T	1	0.417
T <sub>p</sub>	-	0,6
T <sub>L</sub>	-	2,0

Para el factor de amplificación sísmica se tiene **Ecuación N°14**

$$T_p < T < T_L ; C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

Factor de zona	Z =	0.35
Categoría	U =	1.00
Factor de amplificación sísmica	C =	2.5
Factor de suelo	S =	1.15
Factor de reducción	R <sub>o</sub> =	7.2

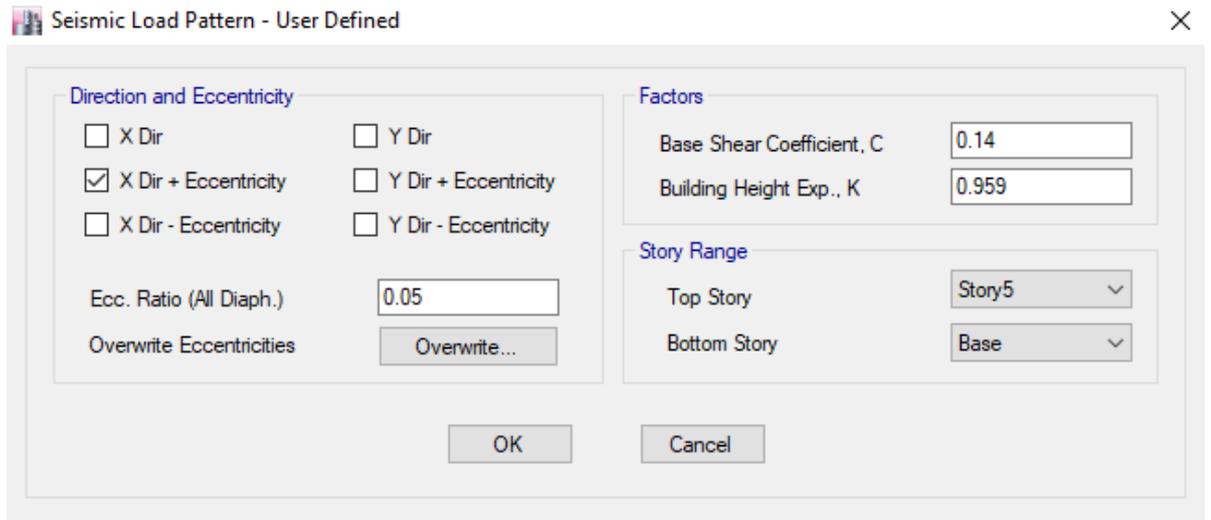
$$f_e = \frac{ZUCS}{R}$$

$$f_e = \frac{0,35 * 1 * 1,398 * 2.5}{7,2} = 0,14$$

Para el cálculo del factor “k” se tiene la **Ecuación N°18**:  $k = (0,75 + 0,5 T)$

$$k = (0,75 + 0,5 * 0.418)$$

$$k = 0.959$$

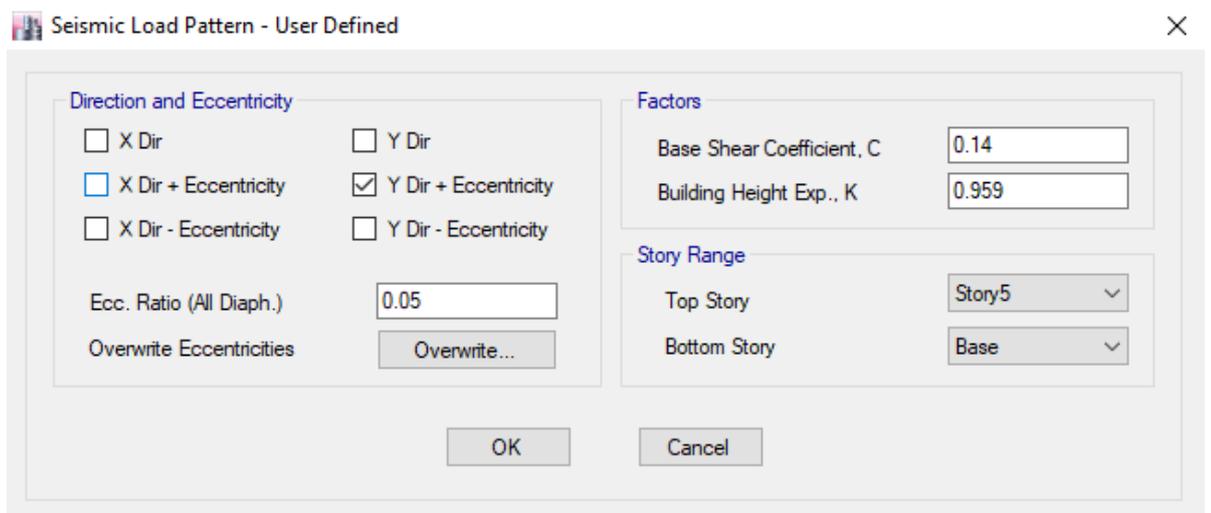


The dialog box is titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It contains the following settings:

- Direction and Eccentricity:**
  - X Dir
  - X Dir + Eccentricity
  - X Dir - Eccentricity
  - Y Dir
  - Y Dir + Eccentricity
  - Y Dir - Eccentricity
  - Ecc. Ratio (All Diaph.): 0.05
  - Overwrite Eccentricities: Overwrite...
- Factors:**
  - Base Shear Coefficient, C: 0.14
  - Building Height Exp., K: 0.959
- Story Range:**
  - Top Story: Story5
  - Bottom Story: Base

Buttons: OK, Cancel

**Figura 75:** Definición de análisis estático en X



The dialog box is titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It contains the following settings:

- Direction and Eccentricity:**
  - X Dir
  - X Dir + Eccentricity
  - X Dir - Eccentricity
  - Y Dir
  - Y Dir + Eccentricity
  - Y Dir - Eccentricity
  - Ecc. Ratio (All Diaph.): 0.05
  - Overwrite Eccentricities: Overwrite...
- Factors:**
  - Base Shear Coefficient, C: 0.14
  - Building Height Exp., K: 0.959
- Story Range:**
  - Top Story: Story5
  - Bottom Story: Base

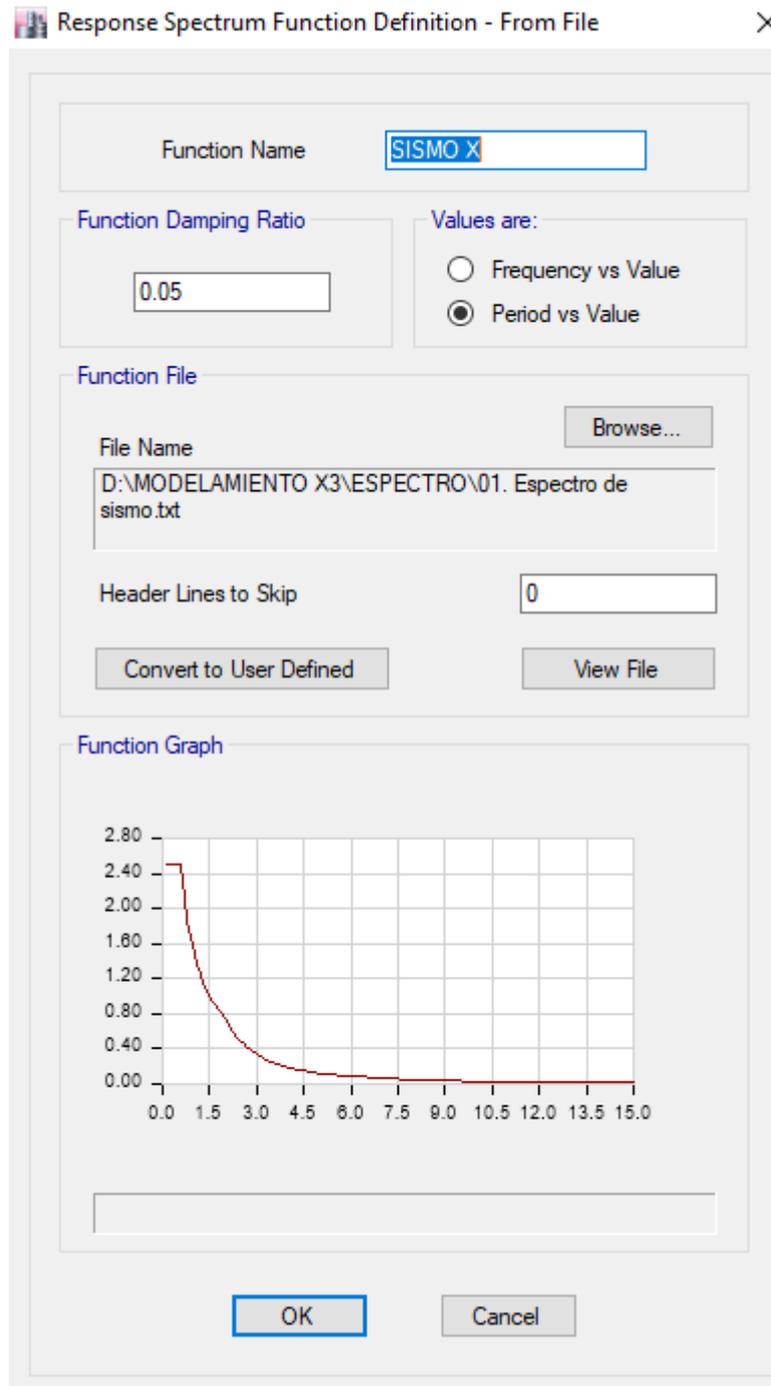
Buttons: OK, Cancel

**Figura 76:** Definición de análisis estático en Y

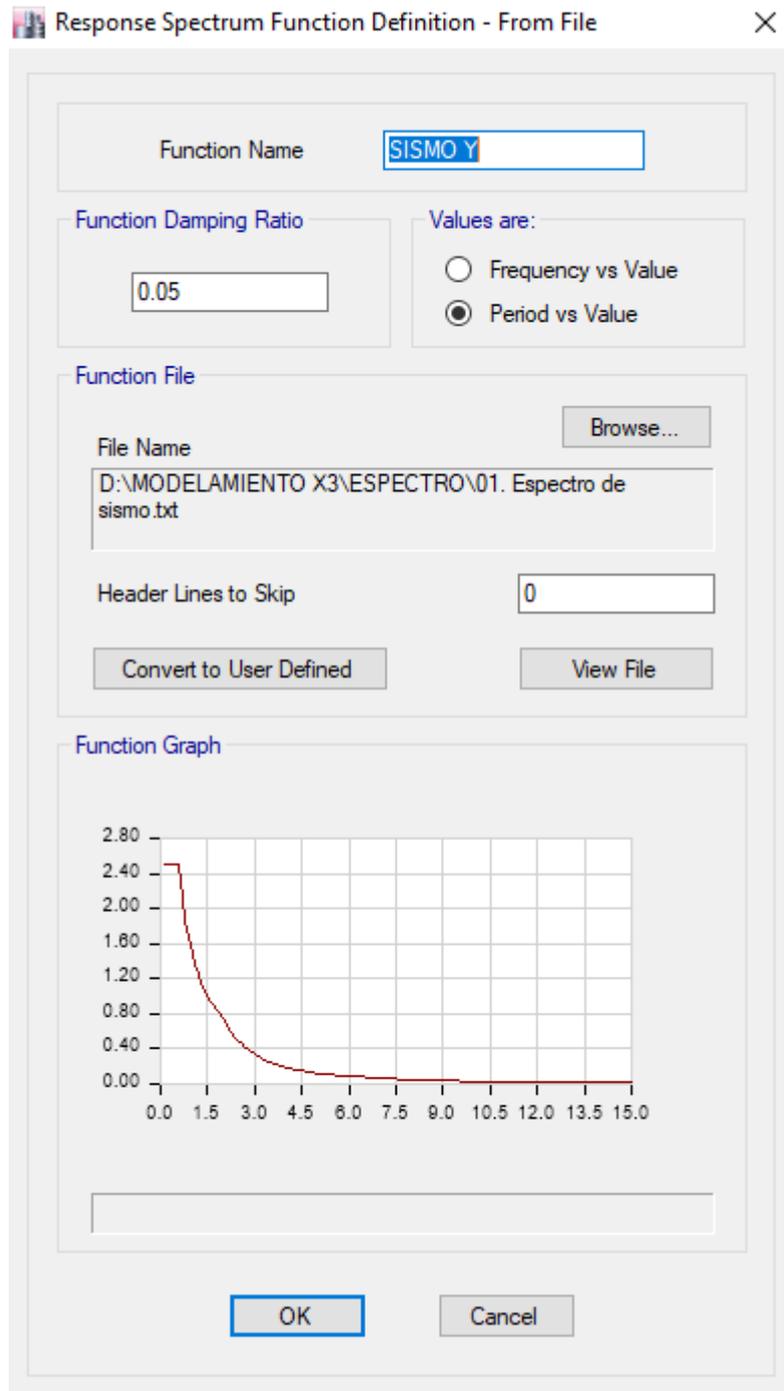
#### d. Análisis Dinámico

##### ✓ Análisis Espectral

Se ingresan los espectros de diseño para los sismos en X e Y según la NT E.030 (Anexo N°3)



**Figura 77:** Espectro para el sismo en X



**Figura 78:** Espectro para el sismo en Y

Para el análisis dinámico, se agregarán dos respuestas espectrales, una para la dirección en Y y otra para la dirección en X, aparte de las cargas sísmicas antes agregadas. Para ambos espectros se les agregará una excentricidad del 5%

Load Case Data ✕

---

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type:  Notes...

Exclude Objects in this Group:

Mass Source:

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SISMO X	9.81

Add  
Delete  
 Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping:  Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity:  Modify/Show...

OK
Cancel

**Figura 79:** Carga dinámica del sismo en la dirección X

Load Case Data ✕

**General**

Load Case Name: EQ-Y Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (CATEGORÍA C)

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SISMO Y	9.81

Add  
Delete  
 Advanced

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK
Cancel

**Figura 80:** Carga dinámica del sismo en la dirección Y