



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificios aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Estrada Núñez, Gilmer Isaías (ORCID:0000-0001-5167-9453)

Núñez Calle, Melder Eladio (ORCID: 0000-0001-6701-4317)

ASESOR:

Mgtr. Contreras Velásquez, José Antonio (ORCID:0000-0001-5630-1820)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

CHICLAYO - PERÚ

2021

Dedicatoria

A nuestros padres por habernos forjado como la persona que somos actualmente, muchos de vuestros logros se los debemos a ustedes que nos formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas nos motivaron constantemente para alcanzar nuestros anhelos.

Gilmer y Melver

Agradecimiento

A nuestro amado Dios por las inmensas oportunidades que me ha ofrecido para aprender, desde los libros hasta las grandes personas que me ha permitido conocer. Por la familia con que me ha bendecido, permitiéndome lograr las metas

Gilmer y Melver

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	8
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	34
3.1.1 Tipo de investigación.....	34
3.1.2 Diseño de investigación.....	34
3.2 Variables y operacionalización.....	34
3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	36
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.5 Procedimientos.....	37
3.6 Método de análisis de datos.....	39
3.7 Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Periodos modales y frecuencia edificio con sistema aporticado	40
Tabla 2: Periodo modales y frecuencia edificio con sistema dual	42
Tabla 3: Comparativo de periodos de edificio con sistema aporticado y sistema dual	44
Tabla 4: Secciones de columnas de edificio aporticado	46
Tabla 5: Periodo inicial y final del edificio con sistema aporticado	47
Tabla 6: Secciones de columna edificio con sistema dual.....	48
Tabla 7: Periodo inicial y final del edificio con sistema dual.....	49
Tabla 8: Periodo fundamental de vibración con alturas modificadas.....	50
Tabla 9: Periodo fundamental considerando inercia completa y reducida de edificio con sistema aporticado	52
Tabla 10: Periodo fundamental considerando inercia completa y reducida de edificio con sistema dual	54
Tabla 11: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema aporticado dirección X	56
Tabla 12: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema aporticado dirección Y	56
Tabla 13: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema dual dirección X	57
Tabla 14: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema dual dirección Y	57
Tabla 15: Análisis comparativo de agrietamiento sistema aporticado vs sistema dual dirección X.....	58
Tabla 16: Análisis comparativo de agrietamiento sistema aporticado vs sistema dual dirección Y.....	58
Tabla 17:Operacionalización de la variable.....	72
Tabla 18: Matriz de consistencia.....	73
Tabla 19:Propiedades de los materiales	78
Tabla 20: Factores de predimensionamiento.....	78
Tabla 21: Cargas según tipo de edificación	80
Tabla 22: Predimensionamiento de columnas edificio aporticado	82
Tabla 23: Materiales a usarse en la presente investigación.....	89
Tabla 24:Factores para predimensionamiento	89
Tabla 25: Cargas según tipo de edificación	91
Tabla 26: Cuadro de Predimensionamiento de columnas	93
Tabla 27: Centro de masa y rigidez de edificio con sistema dual.....	122
Tabla 28: Capacidad portante del suelo del edificio con sistema dual	124
Tabla 29: Periodo TP y TL para el edificio con sistema dual	124
Tabla 30: Coeficiente de amplificación sísmica.....	125
Tabla 31: Factor de zona para el edificio con sistema dual.....	126
Tabla 32: Categoría de edificaciones y factor U.....	126
Tabla 33: Factor de suelo S para el edificio con sistema dual.....	127
Tabla 34: Sistemas estructurales para el coeficiente Ro del edificio con sistema dual ...	127
Tabla 35: Fuente de masa para cálculo del peso del edificio con sistema dual art. 26 de la (Norma E0.30, 2020)	130
Tabla 36: Distorsiones estáticas en Dirección X del edificio con sistema dual	134

Tabla 37: Distorsiones estáticas en Dirección Y del edificio con sistema dual	134
Tabla 38: Distorsión dinámica en X para el edificio con sistema dual	139
Tabla 39: Distorsión dinámica en X para el edificio con sistema dual	139
Tabla 40: Distorsión estática en el eje X Edificio con sistema dual	142
Tabla 41: Distorsión estática en el eje Y de Edificio con sistema dual	142
Tabla 42: Distorsión dinámica en el eje X de Edificios con sistema dual	143
Tabla 43: Distorsión dinámica en el eje Y de Edificio con sistema dual	143
Tabla 44: Periodo fundamental de vibración 30 modos	145
Tabla 45: Cortante en muros y columnas del edificio con sistema dual	146
Tabla 46: Verificación del centro de masa y rigidez sin cargas	156
Tabla 47: Capacidad portante del suelo para el edificio con sistema aporticado	159
Tabla 48: Periodo TP y TL	159
Tabla 49: Coeficiente de amplificación sísmica edificio	159
Tabla 50: Factor de zona para el edificio con sistema aporticado	160
Tabla 51: Categoría de edificaciones y factor U para el edificio con sistema aporticado	161
Tabla 52: Factor de suelo S	161
Tabla 53: Sistemas estructurales	162
Tabla 54: Distorsión o deriva estática en X sistema aporticado	168
Tabla 55: Distorsión o deriva estática en Y sistema aporticado	168
Tabla 56: Nueva distorsión estática en X por cambio de secciones de elementos estructurales para el edificio con sistema aporticado	179
Tabla 57: Nueva distorsión estática en Y por cambio de secciones de elementos estructurales del edificio con sistema aporticado	179
Tabla 58: Nueva distorsión dinámica en X por cambio de secciones de elementos estructurales del edificio con sistema aporticado	180
Tabla 59: Nueva distorsión dinámica en Y por cambio de secciones de elementos estructurales del edificio con sistema aporticado	180
Tabla 60: Cortante basal estática y dinámica en X-Y	181
Tabla 61: Cortante en columnas y muros del edificio con sistema aporticado	182
Tabla 62: Periodo fundamental de vibración 30 modos	183
Tabla 63: Cambio de secciones para aumentar la rigidez	185

Índice de gráficos

Gráfico 1: Periodo fundamental de edificio con sistema aporticado	41
Gráfico 2: Periodo fundamental de edificio con sistema dual	43
Gráfico 3: Periodo fundamental de vibración edificio aporticado y dual	45
Gráfico 4: Comparativo de los periodos del edificio inicial y final	48
Gráfico 5: Comparativo de los periodos del edificio con sistema dual inicial y final	50
Gráfico 6: Periodo por niveles	51
Gráfico 7: Periodo fundamental con inercia completa y reducción de inercia de edificio aporticado	53
Gráfico 8: Periodo fundamental con inercia completa y reducción de inercia de edificio dual	55

Índice de figuras

Figura 1: Curva típica de respuesta estructural para sistemas sujetos a cargas horizontales	13
Figura 2: Definición del momento de inercia a flexión I para elementos de hormigón armado	15
Figura 3: Variaciones del área A y del momento de inercia de flexión I para elementos de viga (izquierda) y columna (derecha)	16
Figura 4: Grietas por punzonamiento	19
Figura 5: Desarrollo de grieta por flexión	19
Figura 6: Grietas por flexión	20
Figura 7: Desarrollo de una grieta por fuerza cortante	20
Figura 8: Grietas por torsión	21
Figura 9: Grietas por compresión	21
Figura 10: Grietas de adherencia entre el concreto y el acero	22
Figura 11: Grieta por corrosión	22
Figura 12: Grietas por asentamiento plástico del concreto fresco	23
Figura 13: Fisuración en vigas por asentamiento de una columna interior de un pórtico	24
Figura 14: Agrietamiento por retracción en una viga	24
Figura 15: Sistema de un grado de libertad: (a) fuerza aplicada $p(t)$; (b) movimiento	26
Figura 16: Diagrama de cuerpo libre	27
Figura 17: Relación fuerza desplazamiento	28
Figura 18: Relación de fuerza interna con la rigidez lateral	28
Figura 19: Modelos de marco de aluminio y plexiglás montados en una mesa vibradora	29
Figura 20: Registro de la vibración libre del modelo de aluminio	29
Figura 21: Registro de la vibración libre del modelo plexiglás	29
Figura 22: Modos básicos de vibración: dos formas de modo traslacional y uno rotacional	30
Figura 23: Modos de oscilación traslacionales fundamentales y dos superiores a lo largo de la dirección X de un edificio de referencia de cinco pisos: la forma del primer modo tiene un cruce por cero de la posición no deformada, el segundo dos y el tercero tres	31
Figura 24: Modos diagonales de vibración: primeros tres modos de oscilación de un edificio simétrico en ambas direcciones en planta; primero y segundo son modos de traslación diagonales y tercero rotacional	31
Figura 25: Efecto de los modos de oscilación en la flexión de la columna: las columnas se dañan gravemente al doblarse en su dirección diagonal	32
Figura 26: Diagrama de procedimientos	38
Figura 27: Comparativo de la modificación del agrietamiento sistema aporticado y sistema dual dirección X	59
Figura 28: Comparativo de la modificación del agrietamiento sistema aporticado y sistema dual dirección X	59
Figura 29: Ubicación	85
Figura 30: Ubicación de la edificación	86
Figura 31: Zonificación del suelo de Ancash	86
Figura 32: Plano arquitectónico edificio dual	88
Figura 33: Luz crítica para predimensionar la losa aligerada	90
Figura 34: Definición de unidades de medida edificio con sistema dual	117

Figura 35: Ingreso de datos al software Etabs del edificio dual.....	117
Figura 36: Fuerza de compresión del concreto para el edificio con sistema dual	118
Figura 37: Límite de fluencia del acero para el edificio con sistema dual	119
Figura 38: Definición inicial de secciones de acuerdo al predimensionamiento del edificio con sistema dual.....	120
Figura 39:Definición de patrón de cargas de edificio con sistema dual.....	120
Figura 40: Asignación de cargas de cargas en el edificio con sistema Dual.....	121
Figura 41: Carga sísmica en X definido por el usuario para el edificio con sistema dual	131
Figura 42: Carga sísmica en Y definido por el usuario para el edificio con sistema dual	131
Figura 43: Fuente de masa para la estimación del peso del edificio con sistema dual ...	132
Figura 44:Distorsión estática en X para el edificio con sistema dual	132
Figura 45: Distorsión estática en Y para el edificio con sistema dual.....	133
Figura 46: Espectro de respuesta para el edificio con sistema dual.....	135
Figura 47: Definición del Caso modal para el edificio con sistema dual	136
Figura 48:Caso de carga de sismo dinámico en X para el edificio con sistema dual	136
Figura 49: Caso de carga sismo dinámico en Y para el edificio con sistema dual.....	137
Figura 50: Combinación de carga para la distorsión dinámica en el eje X para el edificio con sistema dual.....	138
Figura 51: Combinación de carga para la distorsión dinámica en el eje Y para el edificio con sistema dual.....	138
Figura 52: Nueva sección de columnas C1-C2	140
.....Figura 53: Definición de muro estructural para sistema dual	141
Figura 54: Fuerza cortante dinámica mínima	144
Figura 55: Corte de sección eje X del edificio dual.....	146
Figura 56: Corte de sección eje Y del edificio dual.....	146
Figura 57: Edificio con sistema dual.....	147
Figura 58: Inicialización de modelo	148
Figura 59: Nuevo Modelo de plantillas rápidas.....	148
Figura 60: Definición de materiales (concreto)	149
Figura 61: Definición de material (Acero)	150
Figura 62:Definición de secciones (C1)	151
Figura 63: Definición de secciones (C2).....	151
Figura 64:Definición de secciones (C3)	152
Figura 65: Definición de secciones (VP).....	152
Figura 66:Definición de losa aligerada en dos direcciones	153
Figura 67: Definición de la geometría en planta.....	154
Figura 68: Definición de geometría (3D).....	154
Figura 69: Asignación de condición de diafragma rígido	155
Figura 70: Definición de patrón de cargas.....	157
Figura 71: Centro de masa y rigidez con cargas.....	157
Figura 72: carga sísmica estática en X.....	164
Figura 73: Carga sísmica estática en Y	165
Figura 74: Definición de la masa sísmica para el edificio con sistema aporticado	166
Figura 75: Combinación para la distorsión estática en X del sistema aporticado.....	167
Figura 76: Combinación para Distorsión estática en Y del sistema aporticado	167
Figura 77:Definición del espectro de respuesta para el sistema aporticado	169

Figura 78:Definición de sismo dinámico en X sistema aporticado	170
Figura 79: Definición de sismo dinámico en Y sistema aporticado	171
Figura 80: Datos de casos modal sistema aporticado.....	172
Figura 81: Combinaciones de cargas-Distorsión dinámica en x sistema aporticado	172
Figura 82: Combinaciones de cargas-Distorsión dinámica en Y	173
Figura 83: Distorsión dinámica máxima en X sistema aporticado	174
Figura 84: Distorsión dinámica máxima en Y sistema aporticado	174
Figura 85: Nueva sección de columna de 200x50 para el sistema aporticado	175
Figura 86: Nueva sección de columna de 300x50para el sistema aporticado	176
Figura 87: Nueva sección de columna de 60x60 para el sistema aporticado	176
Figura 88: Nueva sección de columna de 200x50 para el sistema aporticado	177
Figura 89: Nueva sección de columna de 300x50 para el sistema aporticado	177
Figura 90:Nueva sección de viga de 90x50 para el sistema aporticado	178
Figura 91: Fuerza cortante sección X	182
Figura 92: Fuerza cortante sección Y	182
Figura 93: Cinco Edificios con sistema dual	187
Figura 94: Reducción de momentos de inercia de Columna 1 edificio con sistema aporticado	188
Figura 95: Reducción de momentos de inercia de Columna 2 edificio con sistema aporticado	188
Figura 96: Reducción de momentos de inercia de Columna 3 edificio con sistema aporticado	189
Figura 97: Reducción de momentos de inercia de Columna 4 edificio con sistema aporticado	189
Figura 98: Reducción de momentos de inercia de Columna 5 edificio con sistema aporticado	190
Figura 99: Viga Peraltada 90x60 edificio con sistema aporticado	190
Figura 100:Columna 1 de 80x80 edificio con sistema dual	191
Figura 101: Columna 2 de 70x70 edificio con sistema dual	191
Figura 102: Viga peraltada de 60x30 edificio con sistema dual.....	192
Figura 103: Muro estructural de 30 cm edificio con sistema dual.....	192

Resumen

Cuando hablamos del periodo fundamental de vibración, nos estamos refiriendo a aquel parámetro clave que es usado en el análisis y diseño sísmico de una determinada estructura; así mismo es un valor numérico que nos ayuda a determinar las condiciones de seguridad estructural en construcciones existentes de seguridad estructural. En otras palabras, podemos mencionar que el periodo fundamental de vibración viene a ser el lapso de tiempo que tarda una estructura en hacer una oscilación completa, por otro lado, entendamos que la frecuencia es el número de oscilaciones que hace una estructura en un determinado tiempo.

El cálculo del periodo fundamental de vibración en edificios se efectúa para saber cómo este reaccionará dinámicamente ante un evento sísmico; siendo este afectado por la rigidez, masa, altura y el agrietamiento. Es por ello que en la presente investigación se analizaran dos edificaciones con sistemas estructurales diferentes uno son sistema aporticado y otro con sistema dual cada una con diez niveles; el objetivo general de este estudio es poder Determinar la influencia de la modificación de la rigidez, altura y el agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración en edificios aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021. Para el parámetro de la rigidez se tuvo de cambiar las secciones de los elementos estructurales, para el parámetro de la altura se usó cinco modelos de edificaciones desde el sexto al décimo piso y finalmente para el parámetro del agrietamiento se usó los coeficientes de reducción de momentos de inercia de la **(Norma E0.60, 2020, p. 79)**. Para la realización del análisis estático y dinámico se usó el software Etabs con el cual se obtuvieron los **resultados** de la investigación los cuales muestran que para el parámetro de la rigidez del edificio con sistema aporticado se tiene con el modelo inicial un periodo de 1.895 s en la dirección X, 1.748 s en la dirección Y y 1.63 s en la dirección Z, el cual después de la modificación de la rigidez el periodo en la dirección X es de 0.606, en la dirección Y es 0.583 y en la dirección Z 0.461; para el edificio con sistema dual se tiene un periodo en la dirección X de 1.112 s, en la dirección Y un periodo de 1.001 s y en la dirección Z de 0.865 s, quien después de la modificación de su rigidez se aprecia que para la dirección X un periodo de 0.5841 s, para la dirección Y 0.5162 s y para la dirección Z 0.3927 s; observándose así que dicho parámetro influye directamente en el cálculo del periodo fundamental de vibración.

Como resultado del parámetro de la altura se observa que debido a la modificación de la altura los periodos de cada edificio con sistema estructural han sufrido variaciones, los edificios aporticado presentan periodos que van desde 0.360 s hasta 0.606 s, mientras que los periodos del edificio dual están entre 0.3292 s hasta 0.584 s, observándose que a medida que la altura varía los periodos disminuyen.

Como resultado del parámetro del agrietamiento se tiene como resultado que existe diferencias en la dirección X entre los dos sistemas estructurales, el periodo fundamental para el edificio con sistema aporticado tiene un aumento del 40%, con un desplazamiento máximo del último nivel excedido en 40%, así mismo con 40% en la deriva máxima y con una disminución de un 28% de la cortante basal, frente

a un 26% de periodo fundamental del edificio con sistema dual, 38% de aumento en el máximo desplazamiento del último nivel, 29% como deriva máxima y una disminución de 20% de la cortante basal. Observando que la mayor incidencia en el sistema aporticado.

Para la dirección Y se tiene un periodo fundamental para el edificio con sistema aporticado tiene un aumento del 37%, con un desplazamiento máximo del último nivel excedido en 42%, así mismo con 44% en la deriva máxima y finalmente una disminución de un 25% de la cortante basal, frente a un 24% de periodo fundamental del edificio con sistema dual, 48% de aumento en el máximo desplazamiento del último nivel, 46% como deriva máxima y una disminución de 7% de la cortante basal. Observando que la mayor incidencia también se da en el sistema aporticado.

El problema para el presente estudio es ¿De qué manera influye la modificación de la rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021?, cuya hipótesis que ha sido puesta a prueba de que La modificación de la rigidez, altura y agrietamiento influyen significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021.

Palabras clave: Rigidez, altura, agrietamiento, periodo fundamental, Edificio con sistema aporticado, Edificio con sistema dual.

Abstract

When we speak of the fundamental period of vibration, we are referring to that key parameter that is used in the seismic analysis and design of a certain structure; Likewise, it is a numerical value that helps us determine the structural safety conditions in existing structural safety constructions. In other words, we can mention that the fundamental period of vibration is the time it takes for a structure to make a complete oscillation, on the other hand, let's understand that the frequency is the number of oscillations that a structure makes in a certain time.

The calculation of the fundamental period of vibration in buildings is carried out to know how it will react dynamically to a seismic event; this being affected by stiffness, mass, height and cracking. That is why in this research two buildings with different structural systems will be analyzed, one is a contributed system and the other with a dual system, each with ten levels; The general objective of this study is to be able to determine the influence of the modification of stiffness, height and cracking in the calculation of the fundamental period of vibration in contributed and dual buildings, Nuevo Chimbote 2021. For the stiffness parameter, it was necessary to change the sections of the structural elements, for the height parameter, five building models were used from the sixth to the tenth floor and finally, for the cracking parameter, the coefficients of reduction of moments of inertia of the (Standard E0.60, 2020, p. 79). To carry out the static and dynamic analysis, the Etabs software was used with which the results of the investigation were obtained, which show that for the parameter of the stiffness of the building with a contributed system, with the initial model, there is a period of 1,895 s in the X direction, 1.748 s in the Y direction and 1.63 s in the Z direction, which after modifying the stiffness the period in the X direction is 0.606, in the Y direction it is 0.583 and in the Z direction 0.461; for the building with a dual system there is a period in the X direction of 1,112 s, in the Y direction a period of 1,001 s and in the Z direction of 0.865 s, which after modifying its stiffness it can be seen that for the X direction a period of 0.5841 s, for the Y direction 0.5162 s and depart the Z direction 0.3927 s; thus observing that said parameter directly influences the calculation of the fundamental period of vibration.

As a result of the height parameter, it is observed that due to the modification of the height the periods of each building with a structural system have undergone variations, the contributed buildings present periods ranging from 0.360 s to 0.606 s, while the periods of the dual building They are between 0.3292 s to 0.584 s, observing that as the height varies, the periods decrease.

As a result of the cracking parameter, the result is that there are differences in the X direction between the two structural systems, the fundamental period for the building with a built-in system has an increase of 40%, with a maximum displacement of the last level exceeded by 40%. , likewise with 40% in the maximum drift and with a decrease of 28% in the basal shear, compared to a 26% fundamental period of the building with dual system, 38% increase in the maximum displacement

of the last level, 29 % as maximum drift and a 20% decrease in basal shear. Noting that the greatest incidence in the system contributed.

For the Y direction, there is a fundamental period for the building with a contributed system, it has an increase of 37%, with a maximum displacement of the last level exceeded by 42%, likewise with 44% in the maximum drift and finally a decrease of 25 % of the basal shear, compared to a 24% fundamental period of the building with dual system, 48% increase in the maximum displacement of the last level, 46% as maximum drift and a 7% decrease in the basal shear. Observing that the highest incidence also occurs in the provided system.

The problem for the present study is, in what way does the modification of the stiffness, height, and cracking influence the calculation of the fundamental period of vibration of the contributed and dual building, Nuevo Chimbote 2021 ?, whose hypothesis that has been tested after The modification of stiffness, height and cracking significantly influence the calculation of the fundamental period of vibration in a built-in and dual building, Nuevo Chimbote 2021.

Keywords: Rigidity, height, cracking, fundamental period, Building with a built-in system, Building with a dual system.

I. INTRODUCCIÓN

Como es sabido, en todo el mundo la ingeniería civil es un campo de la ingeniería, el cual utiliza los conocimientos que tienen que ver con cálculo de la hidráulica, mecánica y la física para luego enfocarse en el análisis y posteriormente en el diseño, la construcción y sobre todo en el mantenimiento preventivo y correctivo de las diversas infraestructuras como son carreteras, puentes, ferrocarriles, presas, puertos, diques, aeropuertos y otras construcciones relacionadas. Su evolución ha sido formidable en gran parte gracias a la tecnología el cual ha sido aplicada con sus normas pertinentes, esto ha generado una enorme demanda en cuanto a las construcciones. Las edificaciones vienen a ser estructuras elásticas las cuales están constantemente en vibración, particularmente estas vibraciones raramente son percibidas, estas vibraciones son consecuencias principalmente de las acciones de los vientos, actividad sísmica, y el tránsito de pesados vehículos.

(Peralta, Reyes López y Godínez Muñoz, 2009) en su artículo titulado “**El fenómeno de la resonancia**” define textualmente que la “Elasticidad es la propiedad que tienen los cuerpos de deformarse bajo la acción de fuerzas externas y de recuperar su forma una vez que desaparecen estas fuerzas; dentro de ciertos rangos la deformación para todos los cuerpos es proporcional a la fuerza deformante aplicada. Por tanto, antes de alcanzar otra vez su estado de equilibrio, los cuerpos desarrollarán un cierto número de oscilaciones; y cada cuerpo, dependiendo de su forma, de su masa, del material de que esté hecho, así como de las restricciones a que esté sometido, oscilará con ciertas frecuencias propias a las que, como se ha indicado, se les denomina frecuencias naturales.”.

Las vibraciones más devastadoras son los sismos y son los más frecuentes en las edificaciones. **(Tavera et al., 2014)** menciona que el Perú se encuentra situado en la zona que lleva por nombre anillo o también llamado círculo de fuego, la referida zona tiene como característica principal la de presentar actividad de alta demanda sísmica, aquí sucede el 80% de todos los sismos del mundo según el servicio geológico de los Estados Unidos.

Según **(Tavera Huarache, 2019)** menciona que durante el año 2019 se han registrado cerca de 20 eventos de actividad sísmica por cada día, de tal manera que un 10% de los sismos se han llegado a sentir por los pobladores.

Del mismo modo **(Montserrat Navarro, 2013)** hace de conocimiento que cuando ocurre un evento sísmico de gran magnitud, un buen número de estructuras pueden verse afectadas por los excesivos o desmesurados esfuerzos a los que son sometidos los elementos o componentes estructurales resistentes que lo conforman, en los cuales suceden daños que son leves y que se pueden reparar, incluso daños que son irreparables que pueden llegar al colapso.

Así mismo **(Domínguez Caicedo, 2014)** nos menciona que en una edificación mientras ocurre un sismo la respuesta sísmica dependerá de cómo se relaciona el periodo de vibración de ondas sísmicas con su periodo propio de vibración. En lo que concierne a la etapa en las cuales los dos períodos tengan sus valores iguales y por consiguiente su relación vaya aproximándose a la unidad. Esta edificación entrará en resonancia, incrementando de modo significativo la deformación y la aceleración de dicha edificación, y finalmente esforzando sus elementos estructurales. Es necesario conocer el valor del período para detectar como será la respuesta frente a los eventos sísmicos que suelen ocurrir en una determinada localidad.

También **(Cárdenas Hernández y Cepeda Isidro, 2016)** hace de conocimiento que la totalidad de estructuras con masa y también elasticidad tiene la capacidad de vibrar. Dichas vibraciones logran ser excitadas por fuentes diversas como compresores, motores, terremotos y vientos. De tal manera que cuando la frecuencia de dichas fuentes que originan las vibraciones logra coincidir con una de sus frecuencias vibratorias naturales, cierta estructura entrará en resonancia, haciendo que amplitud de vibración alcance magnitudes grandes para causar daño o destrucción.

Del mismo modo **(Peralta, Reyes López y Godínez Muñoz, 2009)** menciona que las ciudades están llenas de estructuras que son elásticas siendo de

mediana, pequeña y de altura grande, entre ellos los edificios y también los puentes; el rango de frecuencia con que se mueve el suelo está en los 0.5 - 2 Hertz y son relativamente bajas, los edificios de grandes masas que tienen más de cinco niveles de altura llegan a tener frecuencias bajas por su misma inercia ocasionando el fenómeno de resonancia. Aquí se observa que las oscilaciones mecánicas amplificadas en las edificaciones llegan a crecer mucho en cada ciclo que podrían llegar hasta su ruptura, ejemplo de ello tenemos lo sucedido en los edificios que sucumbieron al gran terremoto en México 1985 (2009, p. 4).

Por otro lado (**Reboredo, 1996**) nos dice que periodo fundamental es el más grande modo de vibración existentes posibles que hay y frecuentemente se presenta primero, medir este tipo de parámetro en una determinada estructura viene a ser el principal procedimiento del diseño sísmico; consecuencia de ello se puede llegar a saber la respuesta que tiene la estructura frente a movimientos posibles que se presenten.

También (Espinoza Barreras, 1999) indica que el modo de vibración primero, se puede usar en determinar el índice de daño que experimenta la edificación luego de haber sufrido un evento sísmico, así como utilizarlo en el control de la calidad de una obra. Esta particularidad en estos edificios va a depender de la rigidez y de la masa de la estructura, siendo afectada por varios factores como el agrietamiento, la altura, dimensiones de las secciones de los elementos o componentes estructurales, carga axial, cuantías de acero y la regularidad estructural.

(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020) nos muestra una igualdad matemática para poder hallar el periodo fundamental de la estructura de acuerdo a su sistema estructural, dirección de análisis así como la altitud de la edificación; la formula del periodo fundamental es inexacta, proporciona datos menores a la realidad; razón por la cual en estos últimos diez años se están desarrollando investigaciones en donde se han encontrado nuevas fórmulas como la propuesta por **(Chalah et al., 2014)** o también la formulada **(Espinoza Poves, 2016)** que ofrecen resultados un poco más a la realidad en el momento del diseño de los edificios duales.

La **(Norma E0.30, 2020)** no detalla si el análisis sísmico deba realizarse teniendo en cuenta el agrietamiento en los elementos o componentes estructurales, razón por la cual siempre se ejecuta el análisis de sismicidad considerando las secciones de sus elementos con su respectiva rigidez total. Debemos de entender que el agrietamiento estará siempre presente en la respuesta de la estructura, cuando este bajo acción de cargas sísmicas o de gravedad.

En este sentido, **(Priestley, 2003)** menciona que las variaciones de rigidez relativa divergirán de los valores elásticos a medida que se desarrolle una respuesta inelástica. Por lo cual parece haberse infringido el principio de crudeza constante. De poco sirve un análisis sofisticado si se basa en datos muy toscos e inexactos. La aspereza en las estimaciones de rigidez utilizadas en el diseño sísmico es evidente cuando se consideran diferentes códigos de diseño. En algunos casos, la rigidez es considerado como la rigidez de la sección bruta (no agrietada). Esto parecería inapropiado, ya que el agrietamiento de elementos críticos como las vigas normalmente se habrá producido bajo carga por gravedad. Incluso si no se ha producido ningún agrietamiento previo al nivel de excitación sísmica de diseño (poco probable, ya que la probabilidad es que el nivel de diseño de excitación sísmica esté precedido por una serie de eventos de menor intensidad), el agrietamiento se producirá temprano y la rigidez Reducirá rápidamente. La rigidez no agrietada nunca se recuperará por completo durante o después de la respuesta sísmica y, por lo tanto, no es una estimación útil de la rigidez efectiva.

Por ultimo **(Burgos Namuche y Piqué del Pozo, 2020)** resalta que si no se considera el agrietamiento en el diseño, se va a obtener un edificio con periodos bajos y con una cortante basal alta. Resultado de ello la edificación presentara altas distorsiones los cuales son inaceptables.

La utilización del sistema estructural y sus respectivas secciones de sus componentes estructurales son las determinan su rigidez; en la ciudad de Nuevo Chimbote abundan el sistema dual y aporticados. Esta es una razón fundamental de nuestro trabajo pues creemos que lograr hacer el cálculo del

periodo de vibración fundamental en una estructura es muy importante y más aún poder saber que la rigidez, la altura y el agrietamiento influyen en su respectivo calculo.

Es por ello que en esta investigación se ha formulado el problema de investigación denominado “**¿De qué manera influye la modificación de la rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporricado y dual, Nuevo Chimbote 2021?**”

La referida investigación tiene una **Justificación Metodológica** en la cual **(Bernal Torres, 2010, p. 107)** señala que “La justificación metodológica se efectúa cuando el proyecto que se va a efectuar plantea un nuevo método o estrategia para originar entendimiento valido y veraz”. En esta investigación se realizará un estudio comparativo de dos edificaciones y demostrar la incidencia de ciertos factores en el periodo fundamental de vibración de la estructura.

Este estudio también tiene una **Justificación Practica** que de acuerdo a **(Bernal Torres, 2010, p. 106)** “estima que una justificación practica se da cuando su avance ayuda a solucionar un problema o al menos plantea estrategias que al emplearse ayudaran a resolverlo”. Razón por la cual en esta investigación se observará el comportamiento estructural frente a cargas de servicio y de sismo, proporcionando datos sobre el análisis de la estructura de una edificación de 10 pisos y que servirá como un protocolo que contribuya al análisis estructural que serán demostrados en los resultados materia de esta presente investigación.

La presente investigación tiene una **justificación teórica** que según **(Bernal Torres, 2010, p. 106)** indica que “existe una justificación teórica cuando el objetivo del estudio es originar deliberación y controversia sobre el entendimiento autentico, confrontar una hipótesis, comprobar resultados o hacer teoría del conocimiento cierto”. Es por ello que resulta de gran importancia la investigación pues nos va a otorgar datos muy técnicos del análisis de la estructura cumpliendo con el Reglamento Nacional de

Edificaciones y obteniendo su desempeño a través de software de computación.

Esta investigación también tiene una **Justificación Social** pues va a ser muy beneficiosa a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, cuando deseen realizar una evaluación del desempeño estructural de una determinada edificación la cual haya sido construida de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones. Pues así permitirá proteger las vidas antes eventos sísmicos.

También tiene una **Justificación Económica**, pues al realizarse un mejor análisis y posteriormente un diseño correcto de la estructura permitirá que dicha edificación sea construida con los materiales adecuados y con la cantidad necesaria para que sea resistent a cualquier evento de la naturaleza.

El presente trabajo tiene como objetivo general **Determinar la influencia del cambio de la rigidez, altura y el agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración en edificios con sistema estructural aporticado y dual Nuevo Chimbote 2021**. Con lo cual se dará cumplimiento a los siguientes objetivos específicos tales como:

Determinar el periodo fundamental de vibración considerando el cambio de rigidez en las secciones de las columnas en edificios con sistema estructural aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021.

Determinar el periodo fundamental de vibración considerando diferentes cambios de altura en edificios con sistema estructural aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021.

Determinar el periodo fundamental de vibración considerando el agrietamiento en edificios con sistema estructural aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021.

En este sentido el presente trabajo propone la hipótesis que se denomina **El cambio de la rigidez, altura y de agrietamiento influyen significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificios con sistema estructural aporticado y dual Nuevo Chimbote 2021.**

II. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de esta investigación se estudiaron informes de tesis, así como diversa documentación ligada con las variables objeto de estudio, tales como el que corresponde a la **variable X** “Rigidez, altura y Agrietamientos” y también a la **variable Y** “Periodo fundamental de vibración”, pues son las más importantes a las que se añade un fundamento primordial y que se presentaran a continuación. La elección de este tema resulta de mucha ayuda al desarrollo de mi trabajo de investigación, ya que favorecerá el poder saber más, permitiéndome desarrollarme dentro del mundo cálculo estructural y del diseño estructural.

En los **antecedentes internacionales** podemos mencionar a **(Román Bermúdez, 2017)** quien en su tesis “**Efecto de la variación de la carga viva sobre el desempeño sísmico de edificios regular en altura y en planta**” tiene por **objetivo** dar a conocer las consecuencias de las variaciones en las cargas de las edificaciones ya sean regulares tanto en planta como en altura. Como **metodología** usada se tiene a la dinámica estructural el cual se aplica a cualquier tipo de obra; así mismo se observa los efectos ocasionados por el periodo al variar su carga y la ductilidad que sufren los componentes o elementos al variar su carga. Se modelo dos estructuras una de diez y otra de quince pisos en hormigón armado y muros de corte; como **resultado** se obtuvo derivas a través de cálculos que se mencionan en el Código sísmico del país Costa Rica.

También **(López y Music, 2016)** quien en su artículo “**Análisis del período y desplazamiento de edificios de hormigón armado considerando distintos grados de rigidez en sus elementos resistentes**” estudia primordialmente la correlación entre períodos con masa traslacional considerable en condiciones o situaciones agrietadas y las no agrietadas, correspondientes a edificios de concreto armado de diez niveles en la ciudad de Antofagasta del país de Chile. La **metodología** usada se basa en calcular los períodos de modos que tiene más cantidad de masa traslacional, así como desplazamientos de nivel de techo a través de un análisis de sismo, mediante la NCh433 en la cual se considera secciones no agrietadas es decir

secciones brutas de los elementos. Luego se hace una modificación de la rigidez a flexión en los muros estructurales por medio de factores que reducen momento de inercia en secciones brutas considerando su agrietamiento o condición agrietada). Como resultados se tiene que la correlación que hay entre períodos llamados agrietados y los periodos no agrietados de las edificaciones es menor a un periodo de 1.5.

Del mismo modo (**Amaguaña Amagua y Yumbay Agualongo, 2016**) en sus **tesis** “Análisis de la influencia del número de modos de vibración en la respuesta total de estructuras de hormigón armado” tiene por **objetivo** llevar a cabo un análisis sobre cómo influye la cantidad de modos de vibración en la réplica total de las estructuras de concreto, usando para ello el espectro de aceleraciones en un análisis modal espectral en base a la NEC. La **metodología** se fundamenta en la utilización de software computacional para el análisis de las respuestas sísmicas considerando varios modos de vibración. Como **resultado** se observa que la cantidad de modos de vibración generalmente no corresponde a la cantidad de niveles por los grados de libertad, pero si incide las máximas respuestas de las estructuras de concreto armado. El estudio da importancia al análisis modal de la estructura, pero a la vez pretende ser un aporte a la normativa y profesionales de la industria de la construcción.

Finalmente (**Salazar, 2015**) en su disertación “**Impacto producido por la variación en rigidez, masa sísmica y coeficiente del módulo elástico en el comportamiento dinámico de edificios con sistemas de pórticos resistentes a momento y sistemas duales**” tiene como finalidad de hacer una reducción de subjetividad con respecto al efecto dinámico ocasionado gracias al coeficiente que corresponde al módulo elástico en correspondencia a una estructura frente a un sismo. Para ello se analizará edificaciones con varias alturas, con diferentes distribuciones de masa y de rigidez aplicadas a los elementos estructurales de sistemas aporticados y duales. Como **conclusión** final se tiene que cuando el módulo de elasticidad disminuye, aumentan los periodos y las deformaciones y estos sin importar

su altura. Además, el módulo elástico tiende a decrecer junto a los cortes dinámicos desde el quinto piso del edificio.

Con respecto a los antecedentes nacionales podemos mencionar a **(Morales Guerrero, 2020)** quien en su tesis “**Influencia del efecto de sitio en el periodo de vibración de una edificación de concreto armado en la Molina**” tiene por objetivo poder conocer cómo influye el efecto denominado de sitio para el cálculo de periodos de vibración en estructuras de hormigón armado del Distrito de la Molina. La **metodología** usada consistió en llevar un registro de vibración ambiental con respecto a la amplitud, frecuencia y vibración del factor de suelo y con respecto a esto se reconoció periodos fundamentales de modos de vibrar en una estructura de cuatro pisos de concreto armado, a través de la comprobación de derivas de entrepiso, los desplazamientos, ya las fuerzas cortantes producto de un análisis estático y dinámico. Como **resultado** se tiene que para la zona 1 que tiene un periodo de 0.10 s no existe efecto de sitio, pero para la zona 2 si existe la probabilidad de efecto de sitio con un periodo de vibración en X de 0.286 s y en Y de 0.249 s; estos se encuentran dentro de la familia espectral III con un rango de 0.225 a 0.427, las demás zonas se descartan por la presencia de un alto peligro sísmico

También **(Valdivia Chilón, 2019)** en su tesis “**Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación de tres niveles de estructura irregular según las normas de sismorresistencia E.030 -2006 y la E.030-2016, en la ciudad de Cajamarca**” que por objetivo tiene hacer una confrontación de la E.030-2006 con la norma E.030-2016 diseño sismorresistente para conocer cuál de ellas generara mayor respuesta estructural en una estructura de 03 niveles de forma irregular en Cajamarca. La **metodología** usada radica en la utilización del Software ETABS con el cual se ejecutó un análisis sísmico de la estructura dando como **resultado** fuerzas internas de componentes estructurales, periodos de vibración y las distorsiones de entrepiso determinados a por los desplazamientos de cada nivel en base a parámetros de la norma E.030 – 2006 y de la también norma la E.030 – 2016.

También (**Ramirez Flores, 2018**) en sus tesis **“Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica de edificios de concreto armado con sistema dual”**, que tiene por objetivo poder determinar de que forma influye el agrietamiento en la respuesta de sismo en una edificación con sistema dual de concreto armado. Como **metodología** usada se basó en introducir coeficientes de inercia de 0.1 a 1 en el software Etabs. Para medir como influye el agrietamiento se tuvo que analizar “El periodo fundamental de vibración, el cortante en la base, la deriva máxima y por último la distribución de fuerzas internas”. Los **resultados** demostraron que al reducir los momentos de inercia se incrementa en un 30% el periodo fundamental de vibración, mientras que en un 5% disminuye la cortante basal mientras que en un 60% se incrementa la deriva máxima de entrepiso.

También (**Terrones Muñoz y Vilca Ticia, 2017**) en su tesis **“Análisis comparativo del comportamiento estructural basado en solicitaciones sísmicas de una edificación de concreto armado según NTP-E030-2018, NCH433-2012 y NEC-SE- DS-2015”** tiene por objetivo llevar a cabo un análisis confrontacional de la norma E.030-2018, NEC-SE-DS-2015 y NCH 433-2012 a partir de una estructura que tiene estructurales muros y que está situado en las zonas de límites de Perú-Chile y Perú-Ecuador de concreto reforzado. La **metodología** usada se basó en la realización de un análisis sísmico, en la realización de dos tipos de comparaciones cualitativo y cuantitativo, también se usó el software el Etabs y el Excel. Como resultado se obtuvo que la norma E0.30 del año 2018 exige más en cuanto a datos de diseño, pero no en metodología de análisis en cuanto al coeficiente de reducción sísmica (R), las normas de Chile y del Ecuador tiene mayor consideración en el coeficiente (R) considerando a la estructura con una capacidad mayor para poder disipar de forma inelásticamente la energía. También se introduce el parámetro que es el agrietamiento a los componentes estructurales generando que las estructuras tengan un comportamiento más flexible a los eventos sísmicos que actúan.

Finalmente tenemos a **(Muñoz Pelaez, 2015)** quien llevo a cabo el estudio de como el agrietamiento influye directamente en la respuesta sísmica de edificaciones de concreto armado, para lo cual se tuvo que generar cuatro modelos en computación de cada 10 edificios usados en el estudio resolviéndose en total de 40 de ellos. Los análisis realizados se hicieron para cada dirección haciéndose un total de ochenta análisis dinámicos. Se realizo una contrastación de como el agrietamiento tiene influencia en el periodo fundamental de vibración de la estructura, desplazamientos, índice de giro, juntas de separación y fuerzas internas de los elementos estructurales. Por lo que se **concluye** que el agrietamiento tiene incidencia directa en la respuesta sísmica, así como en el periodo fundamental y la fuerza cortante de diseño.

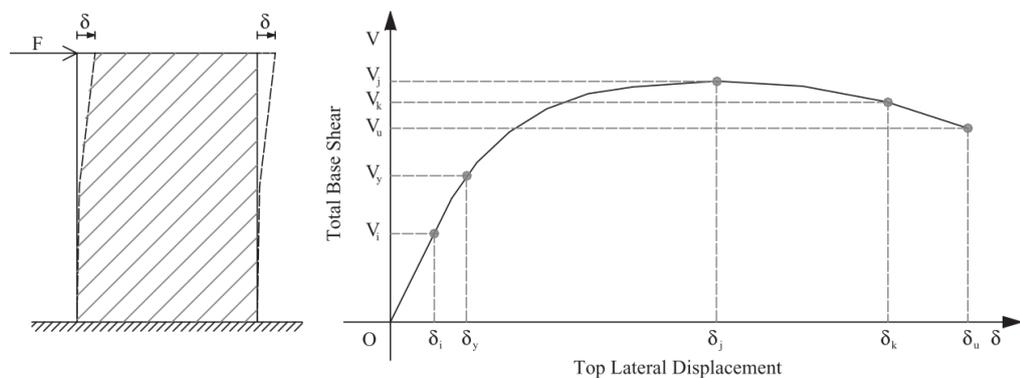
Con respecto a las **teorías de la rigidez** encontramos la siguiente definición en página web **(www.definicion.de, 2021)** que menciona que para la ingeniería se entiende por rigidez a la capacidad que tiene una determinada pieza estructural o un particular material a poder soportar una fuerza vertical, sin que esta pueda sufrir o tener deformaciones ni mucho menos desplazamientos. Cuando se realiza diversas configuraciones de carga la cuantificación de la rigidez se expresa por medio d ellos coeficientes de rigidez las cuales con magnitudes físicas.

También cabe mencionar que la rigidez se suele calcular identificando la causa, que resulta de comparar la fuerza aplicada y el desplazamiento que se ha producido debido a los efectos de esa fuerza. La rigidez axial de una viga o varilla se conoce como la capacidad de resistir intentos de expansión o compresión debido a la fuerza aplicada en base a su eje.

La rigidez a la flexión de una varilla, por otro lado, describe la relación entre el momento de flexión aplicado en un extremo y el ángulo girado durante la deformación en este extremo.

También (**Marte Jiménez, 2014, p. 5-14**) define que la rigidez como la propiedad que posee un determinado elemento o varios elementos estructurales de poder soportar desplazamientos cuando estos están sujetos a fuerzas de compresión. La rigidez se expresa como la relación de fuerza y de desplazamiento, pero este dato no es un valor constante en una determinada estructura. K_i es la rigidez para un desplazamiento o espacio δ requerido y la fuerza de resistencia V_i . Gráficamente la rigidez es la derivada de esa función en un determinado punto tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 1: Curva típica de respuesta estructural para sistemas sujetos a cargas horizontales



Fuente: (Elnashai y Di Sarno, 2008)

(Elnashai y Di Sarno, 2008) señala que En general, algunos tipos de rigidez se definen en función de las cargas a las que están sometidos. De esta forma, las estructuras que se ven afectadas principalmente por cargas verticales tienen rigidez vertical, y las estructuras que se ven afectadas por cargas laterales requieren rigidez lateral; este último tipo de rigidez se requiere para estructuras sísmicas. Por otro lado (2014, p. 6) indica que “La rigidez de un sistema busca satisfacer la funcionalidad de la estructura bajo cargas dinámicas. Alta deformabilidad (y por consiguiente baja rigidez) reduce la funcionalidad de la estructura”.

Factores que influyen en la rigidez:

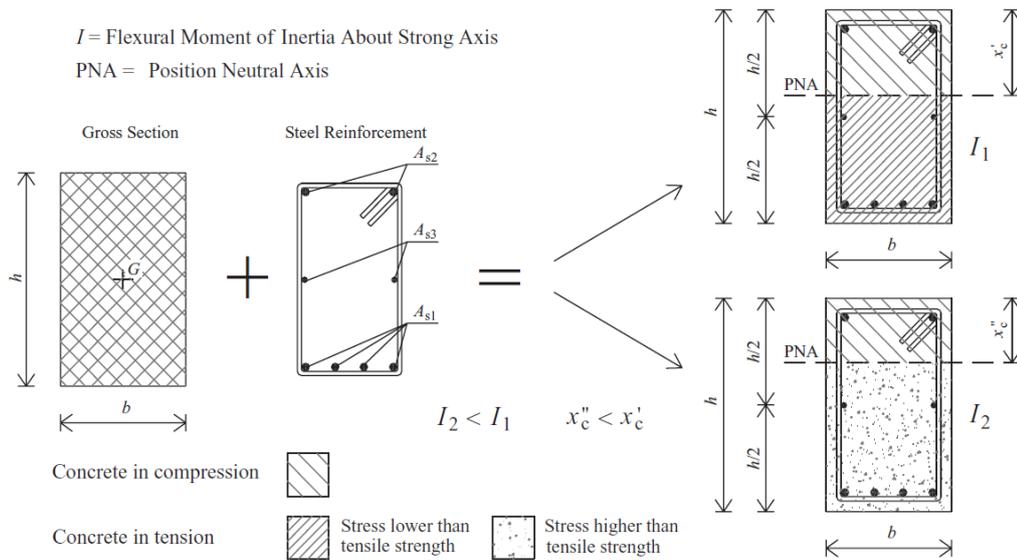
✓ Propiedades del material

Las propiedades del material que influyen en la rigidez estructural son el módulo de Young elástico E y el módulo de corte elástico G . En el rango inelástico, la rigidez lateral depende todavía de los módulos E y G , no en valores iniciales, sino tangentes. La rigidez del material a menudo se evalúa a través de la relación del módulo de elasticidad E al peso γ . Los valores de E/γ son $20 - 30 \times 10^4$ m para mampostería y $200 - 300 \times 10^4$ m para metales. La elasticidad específica E/γ del hormigón es de aproximadamente $100-150 \times 10^4$ m. Los materiales de construcción con valores bajos de E/γ dan lugar a estructuras rígidas, ejemplo de ellos tenemos que los edificios de mampostería son más rígidos que el acero.

✓ Propiedades de la sección

Las propiedades de la sección que afectan la rigidez estructural son el área de la sección transversal A , el momento flexural de inercia I y el momento de inercia de torsión J . El área de sección y la inercia flexural influyen principalmente la rigidez axial, a la flexión y al cortante del sistema, para el área de estructuras metálicas (A) y el momento de inercia (I y J) no cambian con los tipos y niveles de cargas aplicadas. Por el contrario, para mampostería y RC, el las propiedades anteriores son una función de las condiciones de carga y de contorno. Por ejemplo, el flexural El momento de inercia I de los miembros rectangulares RC alrededor del eje fuerte se puede definir como se muestra en la Figura al final de este texto; de manera similar, para la definición del área A de las secciones transversales de RC. Para elementos en tensión, generalmente se asumió que solo las barras de refuerzo de acero son efectivas debido a la baja resistencia a la tracción de hormigón.

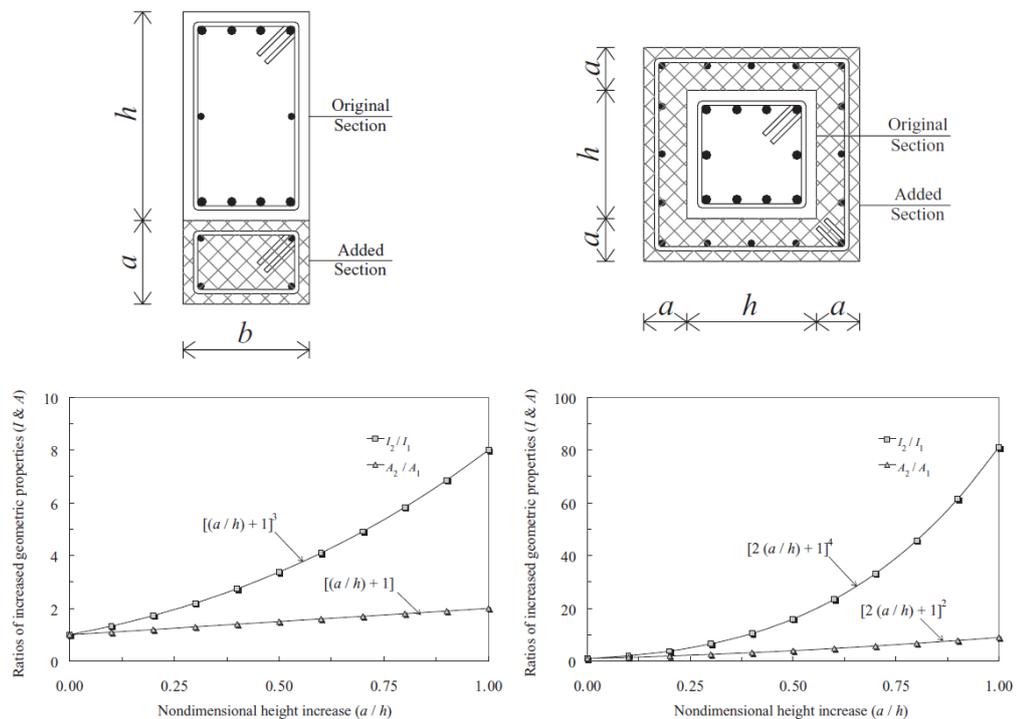
Figura 2: Definición del momento de inercia a flexión I para elementos de hormigón armado



Fuente: (Elnashai y Di Sarno, 2008, p. 58)

La rigidez de la sección se ve significativamente afectada por las modificaciones de su geometría. La figura al final nos muestra la variación del área A y el momento de inercia a flexión al alrededor del eje fuerte I obtenido por aumentando el tamaño de los miembros de vigas y columnas. En la figura, el subíndice 1 se refiere a la original sección, mientras que el subíndice 2 es para la nueva sección (componente original y agregado). Los adimensionales resultados trazados en la siguiente figura demuestran que el aumento de la inercia I es mayor que el área A . Los resultados enfatizan que, al encamisar los miembros, el equilibrio previo entre axiales, torsionales y La rigidez y la resistencia a flexión se altera, por lo que se requiere una reevaluación completa del diseño original.

Figura 3: Variaciones del área A y del momento de inercia de flexión I para elementos de viga (izquierda) y columna (derecha)



Fuente: (Elnashai y Di Sarno, 2008, p. 58)

Con respecto a la variable **Altura** rescatamos lo definido por la (**Norma Técnica G.40, 2021**) que establece que la altura de una edificación es la cota vertical expresada en metros esto es medido desde el medio punto de la vereda, si no hay vereda se mide desde la calzada más 15 centímetros.

Por otro lado (**Grados Fabian y Olortegui Cubas, 2017**) mencionan que la altura de una determinada edificación influye directamente en las variaciones o cambios de las fuerzas internas de los componentes estructurales y de los desplazamientos en un procedimiento de análisis estructural en el cual se incluye la no linealidad geométrica, la rigidez efectiva, y las imperfecciones iniciales, todo ello respecto al análisis estructural elástico.

También (**Cevallos Barzallo, 2017, p. 35**) nos hace de conocimiento que la altura es un condicionante del periodo de vibración, pues a mas altura mas es el periodo de vibración de dicha estructura. Así mismo señala que los periodos cortos procedentes de estructuras de altura menor rígidas y los periodos lagos de edificios de altura grande, estos tienden a tener problemas

frente a eventos sísmicos, pues al tener periodos cortos hay la probabilidad de que estos tengan amplificaciones muy elevadas en la aceleración o resonancia y para los edificios altos que tengan deformaciones considerables.

Ahora bien, si períodos cortos son producto de estructuras rígidas o estructuras de menor altura, y períodos largos son producto de estructuras flexibles o estructuras de gran altura (Gráfico 7), una y otra presentan problemas ante una acción sísmica, ya que al tratarse de períodos cortos existe la probabilidad de amplificaciones muy grandes en aceleración (resonancia) y, por otro lado, deformaciones muy grandes en el caso de períodos largos.

Con respecto a la variable **Agrietamiento** la página web (www.blogrehabilitacionedificios.com, 2021) define a las grietas son fracturas que no solo afectan la superficie de la chapa, sino que también pueden extenderse por todo el espesor. Se producen principalmente en elementos de carga como columnas, muros de carga y suelos. La aparición de grietas en un edificio puede tener varias causas. El más común de ellos puede ser un mal cálculo de la estructura, lo que obliga a los elementos a soportar más cargas de las que realmente calcularon. Este es un problema muy peligroso para la seguridad estructural del edificio, pero sobre todo para la seguridad de sus residentes. Como solución a las grietas estructurales, podemos hacer un socavado que funciona de dos maneras. En la propia cimentación, por ejemplo, reforzando la cimentación actual con micropilotes, o en la propiedad adyacente mediante la inyección de resinas hinchables.

También (**Crespo Sánchez et al., 2016**) nos indica que el hormigón es uno de los materiales más utilizados en estructuras como puentes, presas y edificios. Estas estructuras están sujetas a degradaciones que afectan las condiciones y su desempeño a lo largo de la vida útil. Uno de los deterioros más comunes en el hormigón es causado por el agrietamiento y es uno de los mayores problemas de construcción y durabilidad. Este fenómeno está estrechamente relacionado con la naturaleza heterogénea del material y es producto de una reacción natural a las condiciones de estrés desarrolladas

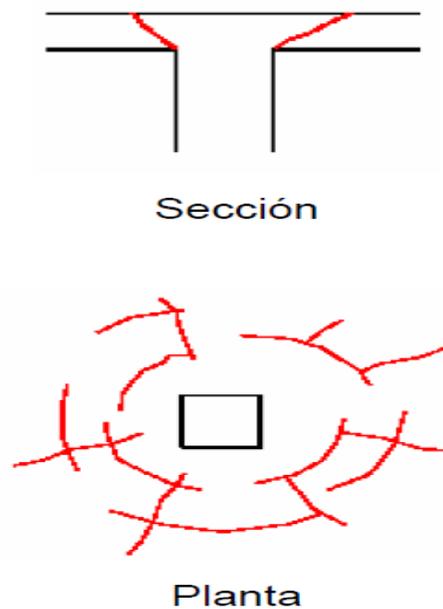
en el proceso. Estas tensiones pueden deberse principalmente a condiciones ambientales o de carga.

Por otro lado (**Stuardo Pérez, 2008, p. 4**) nos dice que las fisuras son generalmente se producen en la superficie del hormigón, debido a la existencia de tensiones que superan su capacidad de resistencia. Cuando la grieta cruza el grosor de una pieza de lado a lado, se convierte en grieta. Las fisuras de origen mecánico son aquellas que aparecen en elementos estructurales cuando el hormigón se ha agotado. Sin embargo, el agrietamiento no es en sí mismo una señal alarmante, ya que las partes de concreto generalmente se agrietan en condiciones de servicio. De hecho, el estudio de las deformaciones en estructuras de hormigón plegadas presenta dos estados que se diferencian porque la pieza pasa de un primer estado no fisurado a un segundo estado fisurado, sin que ello implique problemas patológicos. Para comprobar si realmente corresponde a una situación de alarma, es necesario prestar atención a su evolución.

El agrietamiento afecta a elementos estructurales y a los no estructurales, el origen del agrietamiento tiene que ver con acciones mecánicas, física y biológicas o químicas. A continuación, presentamos diversos tipos de agrietamiento:

- a) **Grietas por punzonamiento:** se observan en ábacos con forjados reticulares. También en los nudos de vigas con columnas planas y son muy peligrosas.

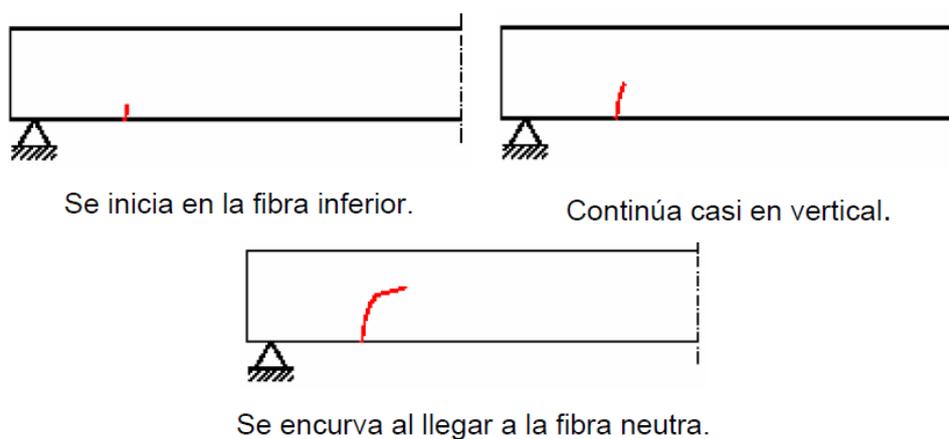
Figura 4: Grietas por punzonamiento



Fuente: (Carreño Carreño y Serrano Rodriguez, 2005, p. 119)

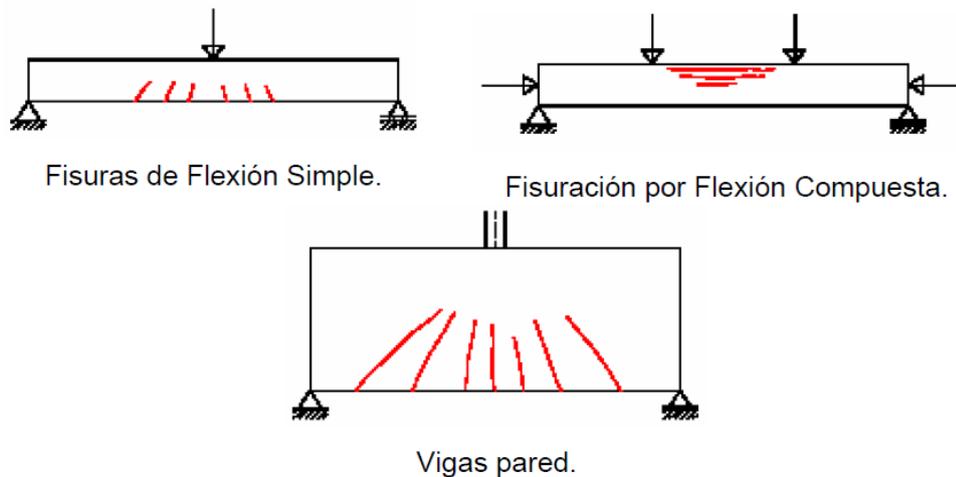
- b) **Grietas por flexión:** Estas grietas tiene su inicio en la parte inferior de la fibra y posteriormente van hacia arriba verticalmente para luego hacerse una curva cuando llega a la parte neutra. Se desarrollan en forma lenta, se muestran varias y juntas, en conclusión, aparecen cuando el elemento está cargado y desaparece cuando estas cargas no están presentes.

Figura 5: Desarrollo de grieta por flexión



Fuente: (Carreño Carreño y Serrano Rodriguez, 2005, p. 117)

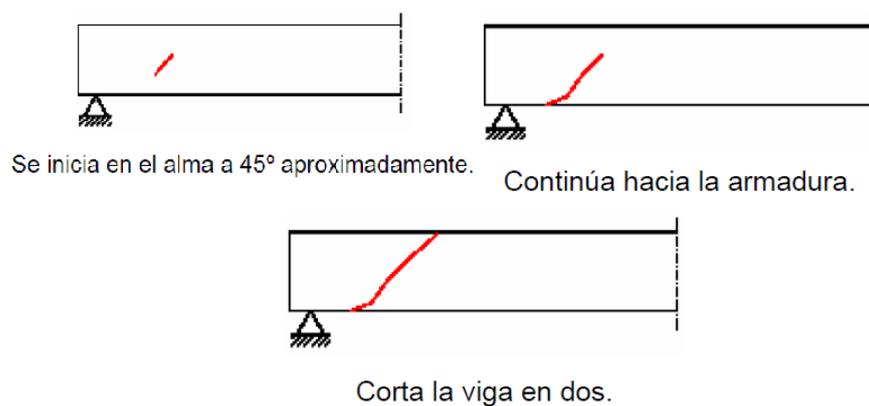
Figura 6: Grietas por flexión



Fuente: **(Carreño Carreño y Serrano Rodriguez, 2005, p. 117)**

- c) **Grietas por cortante:** Las grietas por cortante van hacia la armadura de acero y después a la carga. Parten el elemento en dos originando el colapso, esta falla se desarrolla velozmente y es muy peligrosa, se muestran en pocas cantidades y otras una sola, ante la presencia u observancia de estos se aconseja salir de dicha estructura, hacer apuntalamiento y proceder con el reforzamiento

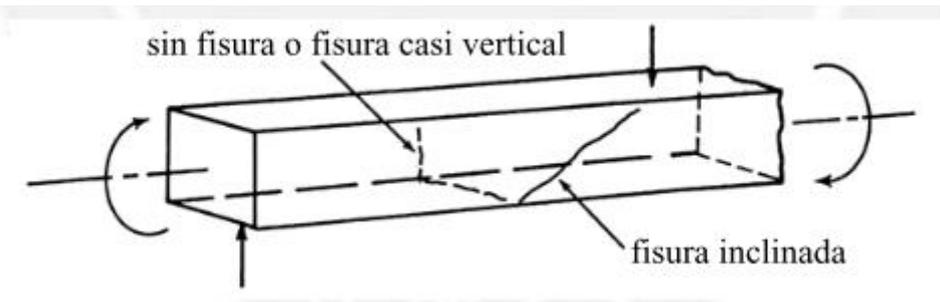
Figura 7: Desarrollo de una grieta por fuerza cortante



Fuente: **(Carreño Carreño y Serrano Rodriguez, 2005, p. 118-119)**

- d) **Grietas por torsión:** Según (Ottazzi Pasino, 2004, p. 83) las grietas causadas por torsión pura tienden a girar alrededor del elemento. Sin en el elemento, como es habitual en la mayoría de los casos, hay flexión y cizallamiento además de torsión, las fisuras son en la cara, donde se suman las fuerzas de cizallamiento generadas por torsión y cizallamiento y menos pronunciadas o ausentes, más pronunciadas en el lado opuesto donde se contrarrestan los fillos.

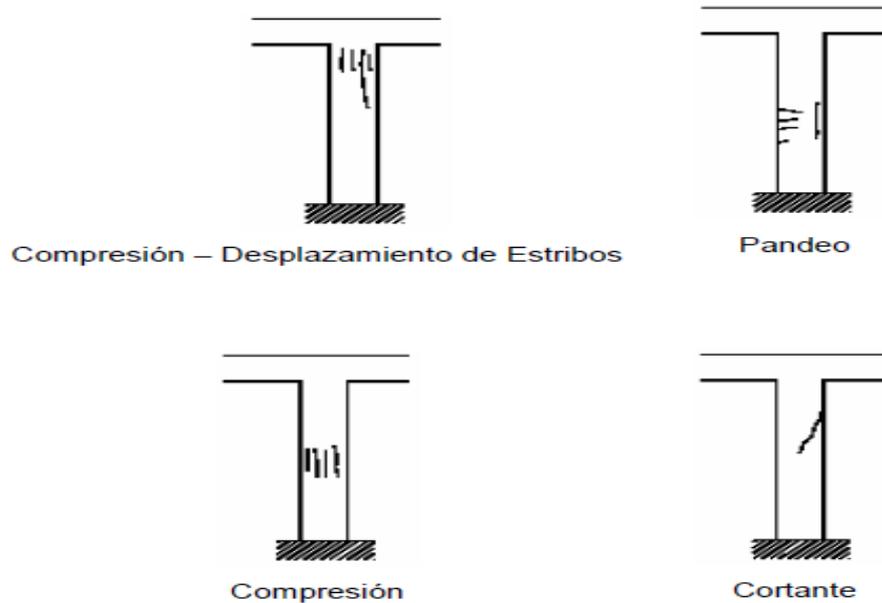
Figura 8: Grietas por torsión



Fuente: (Ottazzi Pasino, 2004)

- e) **Grietas por compresión:** Estas fallas se presentan en columnas que están sujetas a carga axial es difícil de identificarlas y son muy peligrosas ya que se desarrollan rápidamente.

Figura 9: Grietas por compresión



Fuente: (Carreño Carreño y Serrano Rodriguez, 2005)

- f) **Grietas de adherencia entre el concreto y el acero:** Tienen a formarse a lo largo del acero de refuerzo debido a recubrimientos inadecuados o altas resistencias de unión. La grieta corre paralela al refuerzo (partición) o splitting.

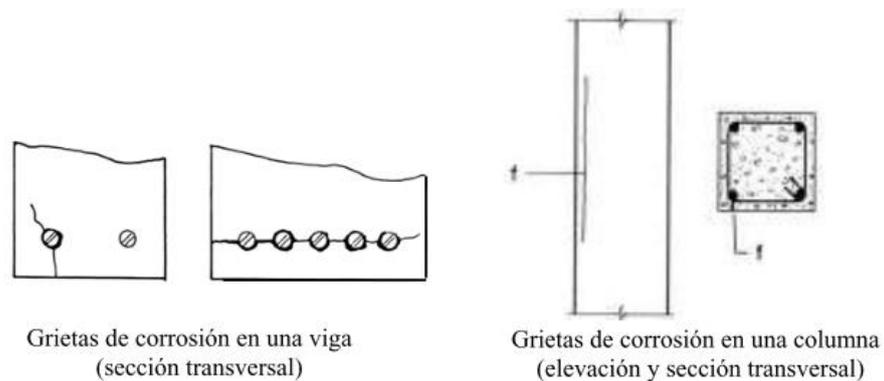
Figura 10: Grietas de adherencia entre el concreto y el acero



Fuente: (Ottazzi Pasino, 2004)

- g) **Grietas por corrosión:** Para este caso (Ottazzi Pasino, 2004) expresa que “El óxido ocupa varias veces el volumen del metal a partir del cual se formó, en consecuencia las barras corroídas generan presiones radiales que empujan el concreto que las circunda, este empuje puede conducir a la pérdida del recubrimiento. Las grietas por corrosión suelen ser paralelas al refuerzo y similares a las grietas de adherencia (splitting). Normalmente, cuando el estado de corrosión es avanzado, las fisuras vienen acompañadas de manchas en la superficie del concreto que las hacen fácilmente identificables”.

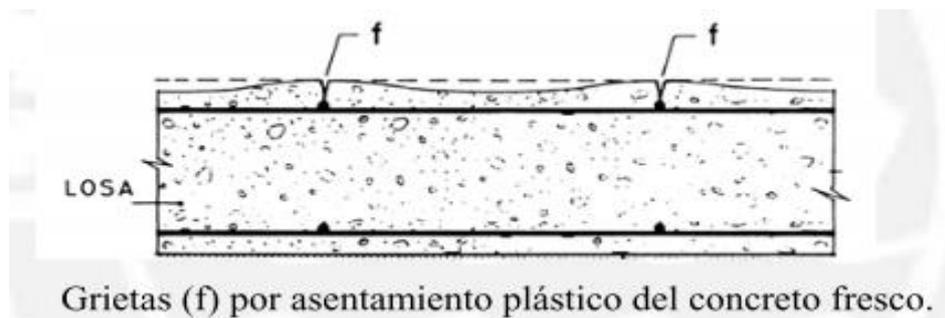
Figura 11: Grieta por corrosión



Fuente: (Ottazzi Pasino, 2004)

h) Grietas por asentamiento plástico del concreto fresco: “Se producen por el asentamiento plástico que experimenta el concreto fresco cuando se produce la exudación. Cuando las barras de refuerzo no pueden desplazarse verticalmente, el asentamiento plástico del concreto se encuentra restringido y en consecuencia se forman grietas paralelas al refuerzo, generalmente de poca profundidad. Este tipo de agrietamiento también se produce en la parte superior de las columnas, se manifiesta como grietas horizontales que son producidas por el asentamiento plástico restringido por los estribos de la columna. Una correcta dosificación del concreto y recubrimientos adecuados eliminan este tipo de agrietamiento” (Ottazzi Pasino, 2004)

Figura 12: Grietas por asentamiento plástico del concreto fresco



Fuente: (Ottazzi Pasino, 2004)

- i) **Grietas por deformaciones impuestas:** Estas grietas se originan cuando los apoyos se asientan, cuando el concreto se retrae y por cambios de temperatura.

Figura 13: Fisuración en vigas por asentamiento de una columna interior de un pórtico

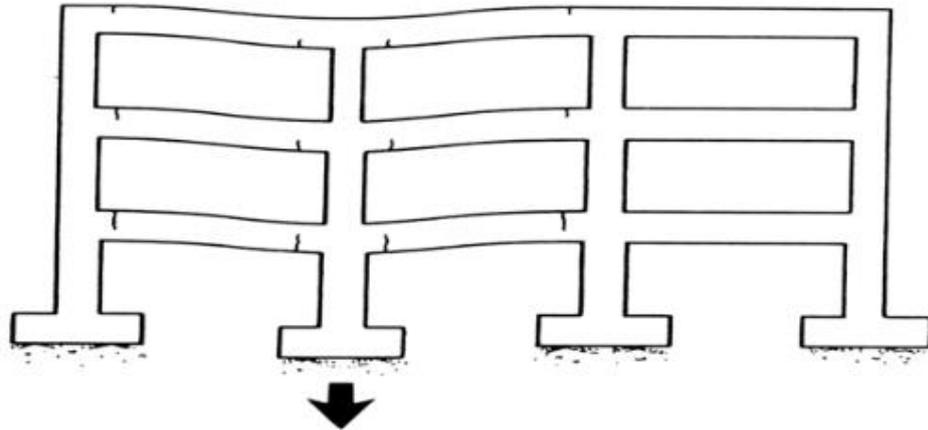
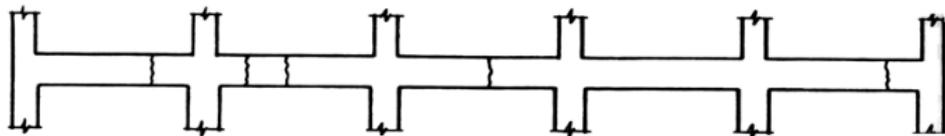


Figura 14: Agrietamiento por retracción en una viga



(Ottazzi Pasino, 2004)

Con respecto a la variable dependiente **Periodo fundamental de vibración** citamos a **(Peralta Gálvez, Sánchez Tizapa y Arroyo Matus, 2015)** quien define que el periodo fundamental de vibración de una determinada edificación viene a ser un parámetro principal para poder diseñar sísmicamente una estructura. Para el caso de edificaciones que ya existen es correspondiente a un valor capaz de poder hallar las condiciones más actuales en cuanto a seguridad estructural. Particularmente para la estimación del periodo fundamental los códigos de construcción proveen fórmulas que son empíricas, estas expresiones se sustentan en los registros que sufren los edificios durante el movimiento que experimenta el suelo a través de modelos por elementos finitos.

También (Díaz Segura, 2017) en su artículo menciona que el periodo particular de un suelo T_0 es una característica grandemente utilizada para determinar el periodo fundamental de vibración, en la que una amplificación sísmica mayor está a la espera. Se necesita realizar un análisis bidimensional para calcular el T_0 para los suelos que son inclinados y contrarios a los planos.

Así mismo (Ritta, Suárez y Pando, 2012) en su artículo nos dice que el grado del movimiento del suelo está en función de ciertos parámetros entre ellos la distancia epicentral, la magnitud del terremoto, las características de la fuente sísmica y las condiciones locales del suelo. En cambio, la geología local es el parámetro más importante, ya que afecta en gran medida el tipo de respuesta del sitio para un sitio determinado. En otras palabras, para un terremoto dado, la intensidad sísmica depende en gran medida de dónde se mide. Los estudios de la extensión de los daños de los terremotos recientes y su distribución espacial confirman la importancia de los impactos locales de la ubicación, ya que la gravedad de los daños suele estar relacionada con las extensiones locales debido a las condiciones geológicas y geotécnicas de la ubicación. Por lo tanto, es necesario anticipar el daño que este fenómeno puede causar. Esto puede llevar a una investigación previa al desastre para determinar cómo y dónde las señales sísmicas pueden ser modificadas por las condiciones geológicas o morfológicas locales.

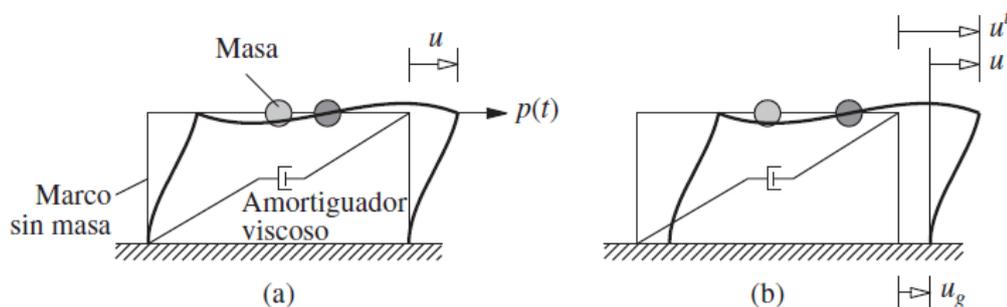
Finalmente (Muría Vila y González Alcorta, 1995) en su revista después de haber analizado 60 edificios en la ciudad de en los años 1986 y 1994. Da como resultados que los distintos periodos naturales de vibración se encuentran sensibles a los parámetros del suelo y sistemas estructurales. Estableciéndose que hay una relación en los periodos fundamentales de vibración en diferentes sistemas estructurales, los cuales están condicionados por la densidad de muros, altura de la edificación y la cantidad de pisos.

Cuando se trata de realizar un **análisis estructural**, las estructuras deben de **idealizarse considerando sus grados de libertad** con o sin **amortiguamiento**, entre ellos tenemos:

- a) **Sistemas de un grado de libertad:** Son los sistemas que se encuentran en libre vibración y necesitan de una coordenada generalizada. El resorte el cual es producto de la fuente de energía alguna como el caso de la gravedad, tiene presencia de deflexiones estáticas.

En la siguiente figura se está siendo considerada como idealización una estructura con un solo nivel. En donde cierto componente estructural (columna, viga, muro) contribuyen a las propiedades elásticas (rigidez o flexibilidad), inerciales (masa), así como de la disipación de la energía en este caso el amortiguamiento de la estructura. Por lo tanto, en el modelo idealizado, estas propiedades están concentradas en 3 distintos componentes puros como: componente de rigidez, masa y amortiguamiento.

Figura 15: Sistema de un grado de libertad: (a) fuerza aplicada $p(t)$; (b) movimiento

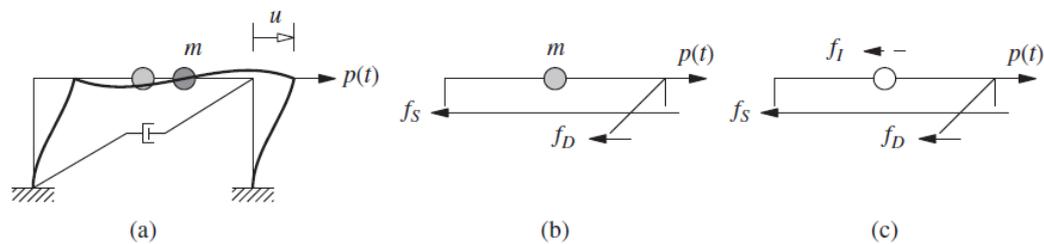


Fuente: (Anil Kumar, 2014, p. 7)

En la figura 15 se toma en cuenta dos excitaciones dinámicas, una por fuerza externa $p(t)$ lateral y el movimiento del terreno $U_g(t)$ que es inducido por sismo. Para los dos casos el desplazamiento relativo es representado por u y se da entre la masa y la base de la estructura.

Al usar la segunda ley de movimiento de Newton se tiene que dichas fuerzas están actuando en la masa en un determinado lapso de tiempo, comprende la fuerza externa $p(t)$, fuerza restauradora elástica (o inelástica) f_s y por último la fuerza de amortiguamiento f_D . En la dirección X la fuerza externa es positiva como lo es el desplazamiento $u(t)$, la velocidad $\dot{u}(t)$ y la aceleración $\ddot{u}(t)$ también. En dirección opuesta se tiene a las fuerzas de amortiguamiento y a las elásticas puesto que dichas fuerzas internas están opuestas a la velocidad y deformación.

Figura 16: Diagrama de cuerpo libre



Fuente:(Anil Kumar, 2014, p. 14)

La fórmula de la ecuación elástica es $f_s = Ku$, en la que K representa la rigidez lateral y u al desplazamiento relativo.

La fuerza que corresponde al amortiguamiento es $f_D = c\dot{u}$, aquí c viene a ser el coeficiente de amortiguamiento para la estructura y la \dot{u} representa a una velocidad relativa entre pisos.

En la figura N° 17 d y d la fuerza elástica se encuentra relacionada de manera directa al desplazamiento relativo y la fuerza de amortiguación relacionado a la velocidad relativa

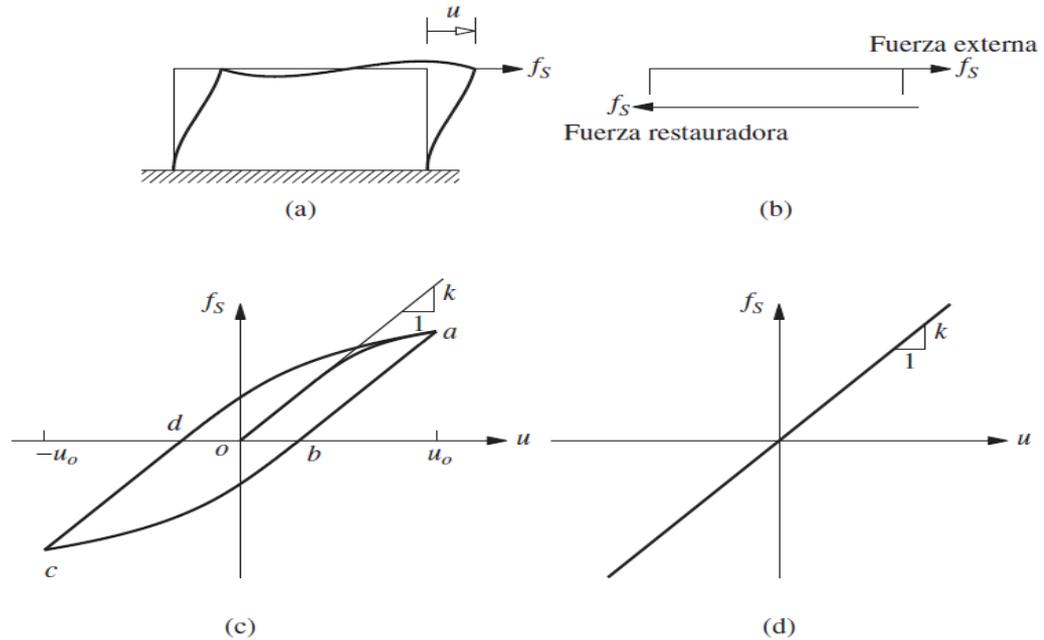
Si aplicamos la fórmula de la segunda ley de Newton en la fuerza de inercia y en la fuerza de aceleración se tiene:

$$f_I = m\ddot{u}$$

Por lo que al sustituirlo en la ecuación $f_I + f_D + f_s = p(t)$ la siguiente ecuación $f_I = m\ddot{u}$ se tiene finalmente:

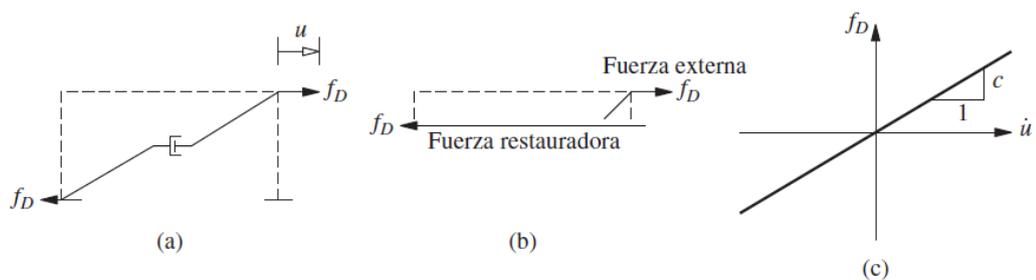
$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t)$$

Figura 17: Relación fuerza desplazamiento



Fuente: (Anil Kumar, 2014, p. 9)

Figura 18: Relación de fuerza interna con la rigidez lateral



Fuente: (Anil Kumar, 2014, p. 13)

- b) Libre vibración:** Con respecto a este concepto “Se dice que una estructura experimenta vibración libre cuando es perturbada de su posición de equilibrio estático y después se deja vibrar sin ninguna excitación dinámica externa” (Anil Kumar, 2014, p. 39). El periodo natural de vibración es el tiempo que necesita una estructura no amortiguada en completar su fase de vibración se denota por T_n cuyas unidades son segundos.

Figura 19: Modelos de marco de aluminio y plexiglás montados en una mesa vibradora

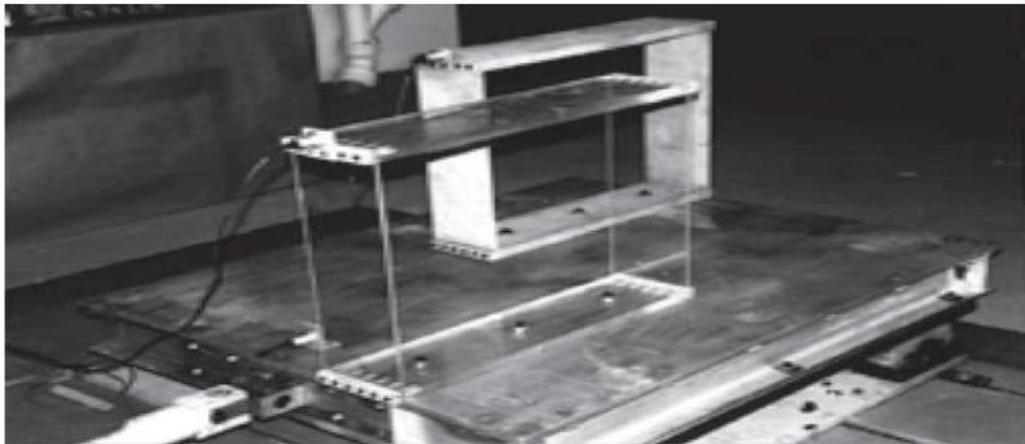


Figura 20: Registro de la vibración libre del modelo de aluminio

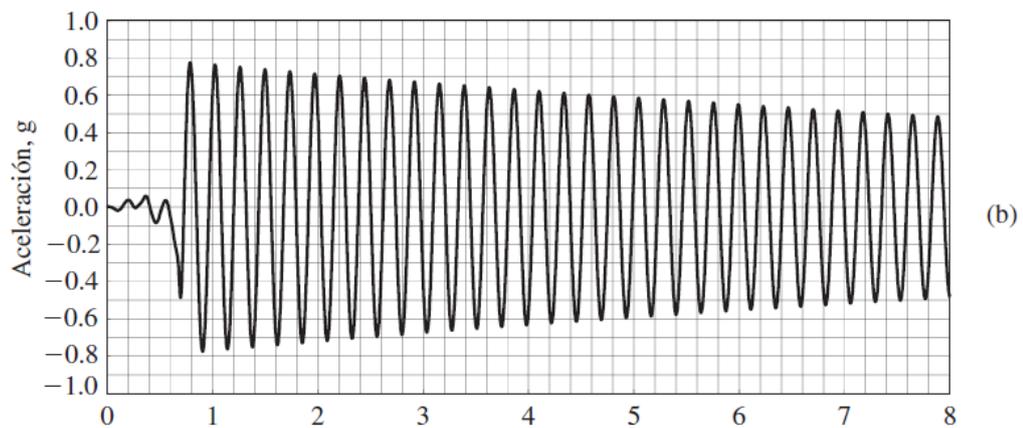
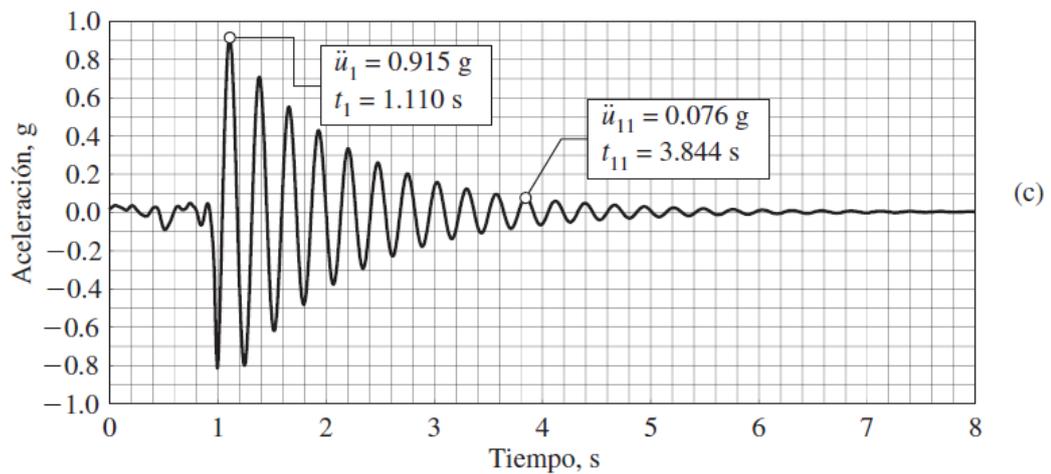


Figura 21: Registro de la vibración libre del modelo plexiglás



c) **Modos de vibración:** Según (Murty et al., 2012) en su libro menciona que existe tres modos de vibración que son básicos, traslación pura en X, traslación pura en Y así como el de rotación en Z. Ciertas estructuras regulares poseen formas de modo puro. Las estructuras que poseen geometría o forma irregular, asignación no uniforme de rigidez y masa en el plano y en toda la altura tiene varias formas modales los cuales son una mezcla de las formas modales puras. Cada forma modal es única lo cual implica que no puede obtenerse por combinaciones de cualesquiera formas de modo. La respuesta de una edificación frente a un evento sísmico es la suma de todos sus modos. Se deben de regularizar los edificios en lo posible. En las estructuras regulares hay que tener cuidado en la ubicación y dimensionamiento de los componentes estructurales para que los modos de vibración mixta y torsional no tenga mucha participación durante el movimiento oscilatorio del edificio. “Una forma de evitar que los modos torsionales sean los primeros modos de oscilación en los edificios es aumentar la rigidez torsional del edificio. Esto se logra agregando rigidez en el plano en el plano vertical en bahías seleccionadas a lo largo del perímetro del edificio; esta adición de rigidez debe realizarse a lo largo de ambas direcciones del plano del edificio, de modo que el edificio no tenga excentricidad de rigidez. Agregar tirantes o introducir muros estructurales en bahías seleccionadas son algunas formas comunes de hacerlo”.

Figura 22: Modos básicos de vibración: dos formas de modo traslacional y uno rotacional

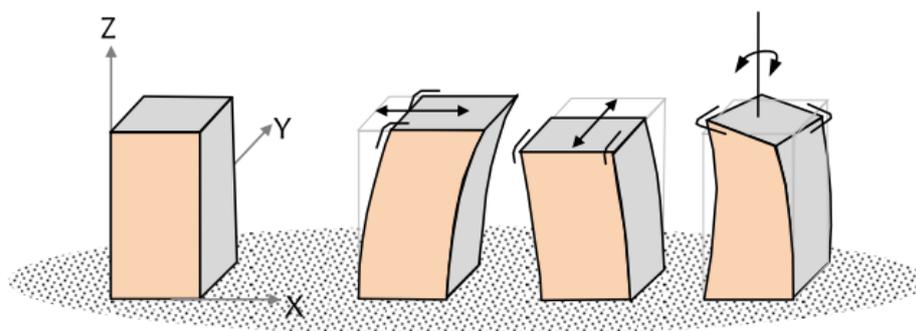


Figura 23: Modos de oscilación traslacionales fundamentales y dos superiores a lo largo de la dirección X de un edificio de referencia de cinco pisos: la forma del primer modo tiene un cruce por cero de la posición no deformada, el segundo dos y el tercero tres

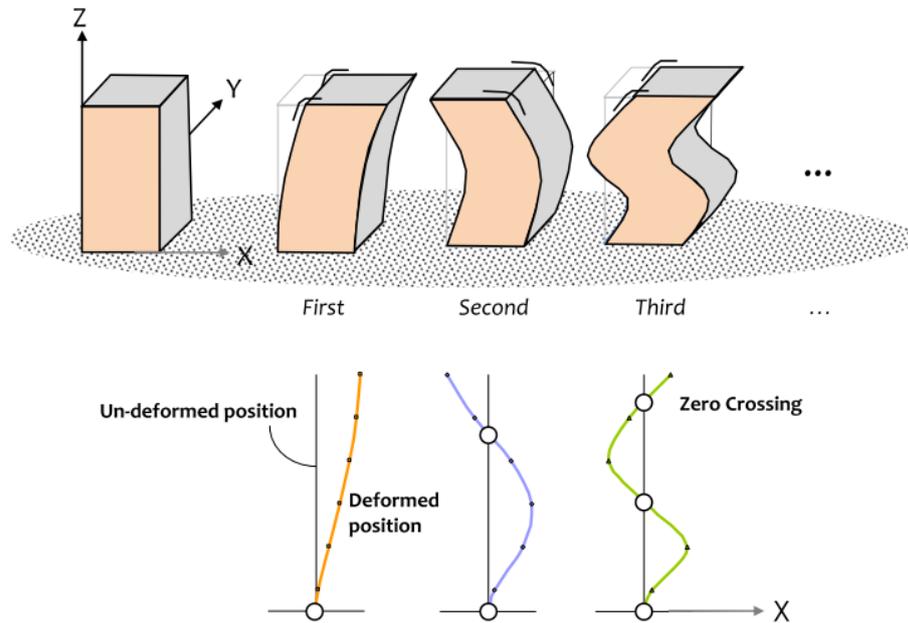


Figura 24: Modos diagonales de vibración: primeros tres modos de oscilación de un edificio simétrico en ambas direcciones en planta; primero y segundo son modos de traslación diagonales y tercero rotacional

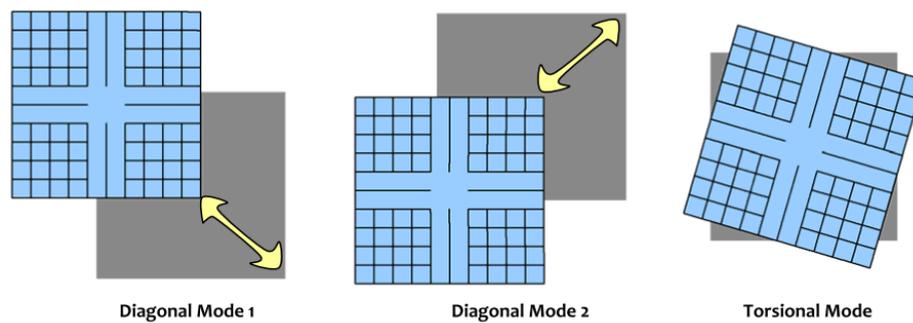
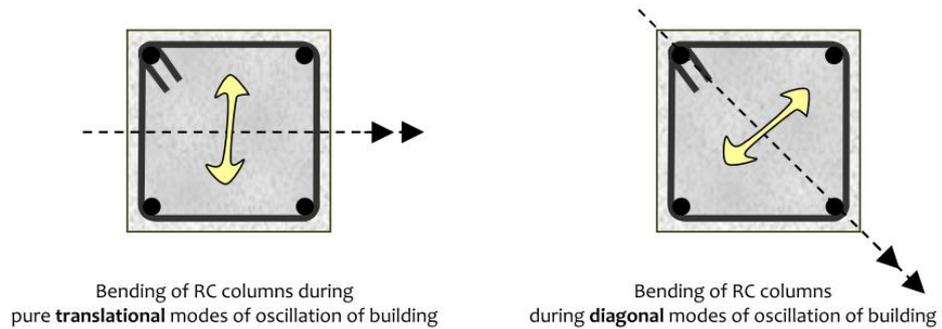


Figura 25: Efecto de los modos de oscilación en la flexión de la columna: las columnas se dañan gravemente al doblarse en su dirección diagonal



Sistemas estructurales:

Al hablar de sistemas estructurales nos referimos a la agrupación de componentes resistentes los cuales tiene la principal función de soportar las fuerzas actuantes sobre la edificación para luego transmitir las a sus respectivos apoyos. El sistema estructural está condicionado por la geometría ya sea en planta o altura, así como también de la masa y de la rigidez. Pues se ha observado que sufren mayor daño aquellas estructuras que presentan irregularidad por lo que si la configuración es más sencilla este tendrá un mejor modelo matemático estructural. (Rochel, 2012, p. 101).

El Reglamento Nacional de Edificaciones estipula los siguientes sistemas estructurales:

- a. Con respecto a los Pórticos nos indica que un porcentaje equivalente al 80% de la fuerza de corte de la base incide en las columnas. Caso contrario si tuvieran muros estructurales, deberían de diseñarse para soportar una parte del sismo conforme a su rigidez.
- b. Con respecto a los Muros Estructurales la resistencia del sismo es predominantemente realizada por los muros estructurales en la cual la fuerza de corte en la base es de por lo menos un 70%.

c. Para el sistema Dual se entiende que la resistencia sísmica es asumida por una combinación de muros estructurales y pórticos. En los muros estructurales la fuerza de corte es mayor del 20% pero menor de 70% de la fuerza cortante de la base de la edificación.

d. En cuanto al sistema estructural de EMDL, la resistencia frente a un evento sísmica y cargas de gravedad es determinada por los muros hechos de concreto armado que tiene un espesor reducido, prescindiendo el confinamiento en los extremos, además en una sola capa se dispone el refuerzo vertical; hasta un máximo de ocho pisos se podría construir con este sistema.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Según (Carrasco Díaz, 2006, p. 43-44) la presente tesis es un tipo de investigación Aplicada por que se “tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad”.

También (Borja Suarez, 2012, p. 10-11) conceptualiza que la investigación de tipo aplicada “Busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal”. Por lo que los diferentes estudios de investigación de la rama de ingeniería civil se encuentran inmersos en clasificación, con tal que den solución a cierta problemática.

3.1.2 Diseño de investigación

Según (Hernández Sampieri, 2014) la presente investigación es de tipo no experimental pues es aquella que se hace sin manipular las variables de estudio. Esto quiere decir que no se modifica la variable independiente. Pues solo se investiga para realizar un análisis de fenómenos tal como se presentan en su estado natural.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente:

La rigidez es la propiedad que posee un determinado elemento o varios elementos estructurales de poder soportar desplazamientos cuando estos están sujetos a fuerzas de compresión. La rigidez se expresa como la relación de fuerza y de desplazamiento, pero este dato no es un valor constante en una determinada estructura. K_i es la rigidez para un desplazamiento o espacio δ requerido y la fuerza de resistencia V_i . (Marte Jiménez, 2014)

La altura de una edificación es la cota vertical expresada en metros esto es medido desde el medio punto de la vereda, si no hay vereda se mide desde la calzada más 15 centímetros. **(Norma Técnica G.40, 2021)**

El agrietamiento son fracturas que no solo afectan la superficie de la chapa, sino que también pueden extenderse por todo el espesor. Se producen principalmente en elementos de carga como columnas, muros de carga y suelos. La aparición de grietas en un edificio puede tener varias causas. El más común de ellos puede ser un mal cálculo de la estructura. **(www.blogrehabilitacionedificios.com, 2021)**

Definición operacional:

Las variables denominadas rigidez, altura y agrietamiento serán analizadas en función de sus dimensiones e indicadores como es la configuración estructural, propiedades de materiales, sección y elementos estructurales con la utilización del software Etabs.

Dimensiones:

Rigidez, altura y agrietamiento.

Indicadores:

Configuración estructural, propiedad de los materiales, secciones y del elemento estructural.

Escala de valoración:

M2, razón, derivas y momentos.

Variable dependiente:

El periodo fundamental de vibración es concebido como el parámetro principal para poder diseñar sísmicamente una estructura. Para el caso de edificaciones que ya existen es corresponde a un valor capaz de poder hallar las condiciones más actuales en cuanto a seguridad estructural. Particularmente para la estimación del periodo fundamental los códigos de construcción proveen fórmulas que son empíricas, estas expresiones se sustentan en los registros que sufren los edificios durante el movimiento que experimenta el suelo a través de modelos por elementos finitos. **(Peralta Gálvez, Sánchez Tizapa y Arroyo Matus, 2015)**

Definición operacional:

La variable denominada periodo fundamental de vibración se analizará en relación a sus dimensiones como es la en este caso los edificios, aperturado y dual que a su vez se dividirá en sus correspondientes indicadores para luego ser ingresados y analizados también en el software Etabs.

Dimensiones:

Sistema aporticado y Sistema dual.

Indicadore:

Vigas, columnas y placas

Escala de valoración:

Cm2

3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

Para el cálculo de la **población** mencionamos a (Valderrama Mendoza, 2015, p. 182) quien define que la población “Es un conjunto finito o infinito de elementos, seres o cosas que tiene atributos o características comunes, susceptibles de ser observados. Por lo tanto, se puede hablar de universo de familias, empresas, instituciones, votantes, automóviles, beneficiarios de un programa de distribución de alimentos de un distrito de extrema pobreza, etc”. Es por ello que al determinar una población hay que verificar con que elementos lo conforman, al contexto que pertenecen y tiempo de realización de la investigación.

De lo antecedido esté presente proyecto de investigación se considera como población de estudio a edificaciones de concreto armado, los cuales están ubicado en la Urbanización Villa María de Nuevo Chimbote.

Para el cálculo de la **muestra** mencionamos a (Hernández Sampieri, 2014, p. 173-174) quien menciona que en el “Proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población”. Por lo tanto, el que realiza la investigación debe tener en cuenta que los resultados de la muestra se difundan a la población, la tendencia es que dicha muestra tiene que ser estadísticamente representativa. Es por ello que la muestra de este proyecto de investigación tiene como centro de investigación a dos viviendas ubicadas en el Distrito de Nuevo Chimbote.

Para el cálculo del **muestreo** mencionamos a (Gomez Bastar, 2012, p. 34) cita que “El muestreo es un instrumento de gran validez en la investigación, es el medio a través del cual el investigador, selecciona las unidades representativas para obtener los datos que le permitirán obtener información acerca de la población a investigar.”

En virtud de lo descrito en líneas arriba para este proyecto de investigación se utilizará el **no Probabilístico** de tipo muestreo intencional o muestreo sesgado, es decir que la toma de la muestra radica en seleccionar el elemento o elementos más representativos.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Para la De acuerdo a (Carrasco Díaz, 2006, p. 282), cita que “La observación es un proceso intencional de captación de las características, cualidades y propiedades de los objetos y sujetos de la realidad, a través de nuestros sentidos o con la ayuda de procesos instrumentos que amplían su limitada capacidad”. En este sentido el presente proyecto de investigación la técnica de la observación directa.

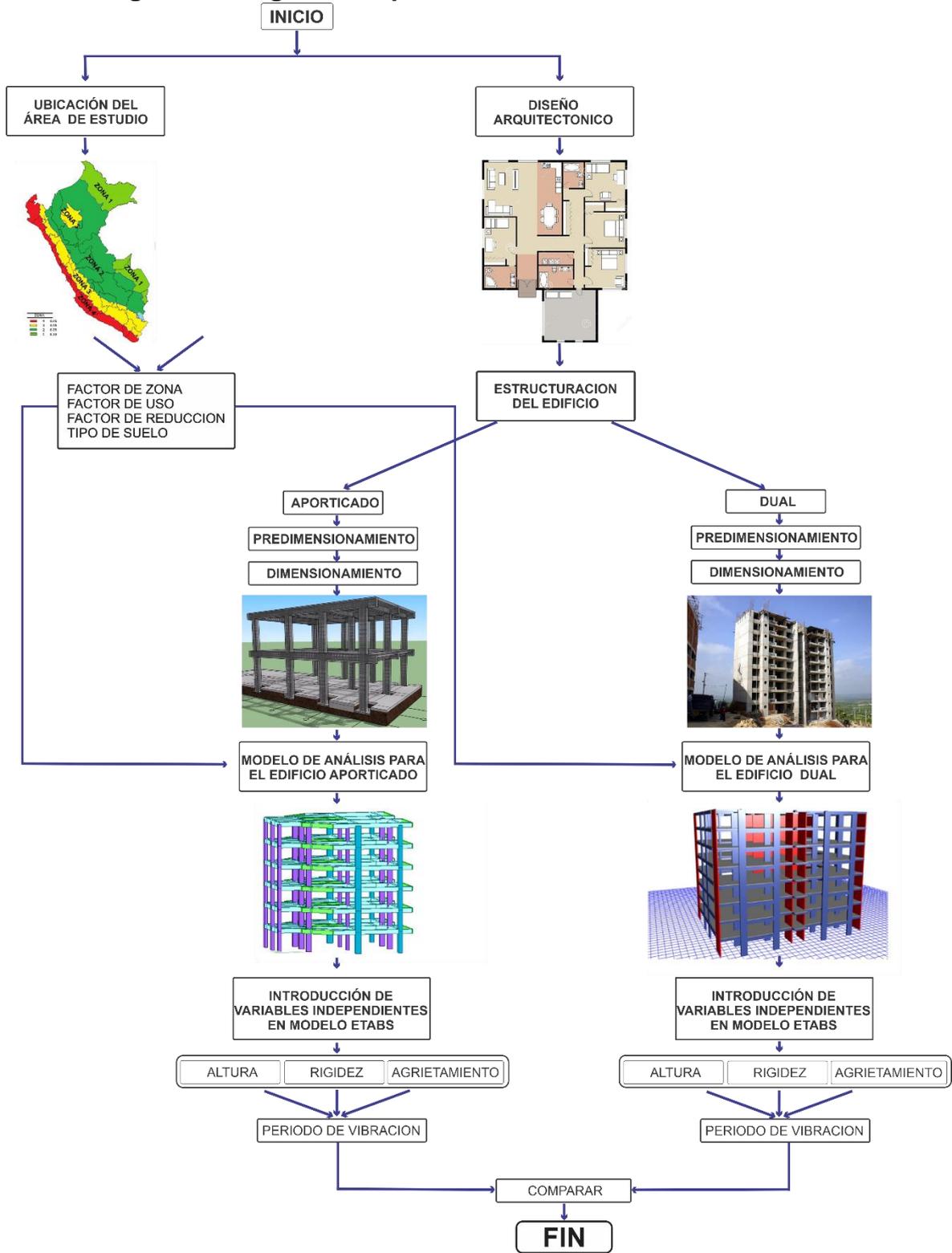
Instrumento de recolección de datos

Según (Arias Odón, 2006, p. 68), indica que “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. En tal sentido para el caso de este proyecto de investigación se utilizará un formato de ingreso de datos al software Etabs.

3.5 Procedimientos

El presente proyecto de investigación tiene por finalidad **“Determinar la influencia de la modificación de la rigidez, altura y el agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración en edificios aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021.”**, para alcanzar este objetivo se realizará lo siguiente:

Figura 26: Diagrama de procedimientos



3.6 Método de análisis de datos

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación el método para el análisis será a través de estadística descriptiva. Obteniendo una adecuada validación del objetivo del estudio y la viabilidad de este. Además, se va a desarrollar la interpretación de cada resultado los cuales deben responder a los objetivos específicos del proyecto de investigación sobre la Rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio porticado y dual Nuevo Chimbote 202, obteniendo al final las conclusiones y las respectivas sugerencias.

3.7 Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación se elaboró teniendo en cuenta ética con respecto a los derechos intelectuales de todos los recursos utilizados, honrando el derecho de los autores de las tesis, artículos, libros, publicaciones y otros que ha sido citados, los cuales se puede verificar en la respectiva referencia.

IV. RESULTADOS

La razón principal de la realización de este trabajo de investigación es determinar cómo influye la modificación de la rigidez, la altura y el agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración en dos edificaciones de diferente arquitectura uno con sistema aporticado y otro con sistema dual, para ello se ha realizado un análisis estático y dinámico de las dos estructuras. Los resultados iniciales del cálculo del periodo fundamental se muestran a continuación en un total de 30 modos:

Tabla 1: Periodos modales y frecuencia edificio con sistema aporticado

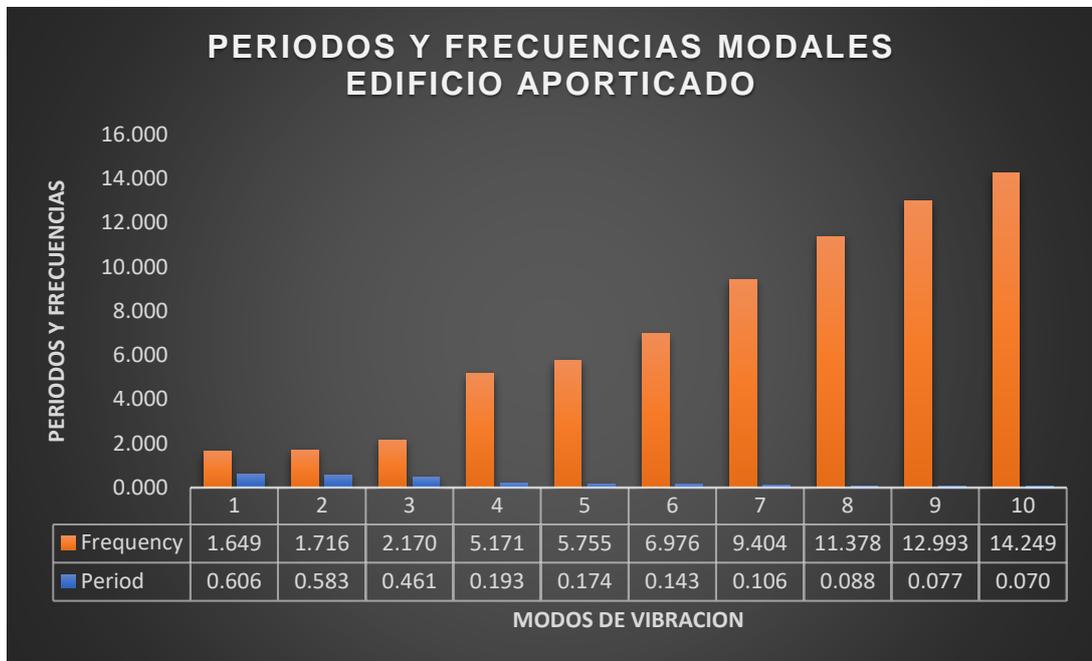
Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec
Modal	1	0.606	1.649
Modal	2	0.583	1.716
Modal	3	0.461	2.17
Modal	4	0.193	5.171
Modal	5	0.174	5.755
Modal	6	0.143	6.976
Modal	7	0.106	9.404
Modal	8	0.088	11.378
Modal	9	0.077	12.993
Modal	10	0.07	14.249
Modal	11	0.054	18.434
Modal	12	0.05	19.887
Modal	13	0.049	20.485
Modal	14	0.038	26.18
Modal	15	0.037	26.891
Modal	16	0.034	29.374
Modal	17	0.03	32.876
Modal	18	0.028	36.211
Modal	19	0.025	39.252
Modal	20	0.025	39.43
Modal	21	0.022	45.097
Modal	22	0.022	45.721
Modal	23	0.02	48.999
Modal	24	0.02	49.436
Modal	25	0.018	54.517
Modal	26	0.017	59.003
Modal	27	0.016	61.676
Modal	28	0.015	66.36
Modal	29	0.015	66.907
Modal	30	0.014	72.149

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la tabla N° 01 se muestra el periodo fundamental del edificio con sistema estructural aporticado, para lo cual se consideró 30 modos de vibración, en la cual se aprecia que el modo de vibración en la dirección X es de 0.606

segundos, para la dirección Y es de 0.583 segundos y para la dirección Z es de 0.461 segundos, así mismo se observa que a mayor cantidad de modos de vibración el periodo fundamental disminuye y el número de oscilaciones de la frecuencia aumenta.

Gráfico 1: Periodo fundamental de edificio con sistema aporticado



Fuente: Elaboración propia-Etabs

En el grafico N°1 se muestra solo diez modos de vibración, aquí se aprecia la tendencia que sigue el periodo fundamental de vibración del edificio con sistema aporticado, observándose que a mayor periodo de vibración hay un menor número de oscilaciones; mientras aquea menor periodo de vibración hay mayor número de oscilaciones.

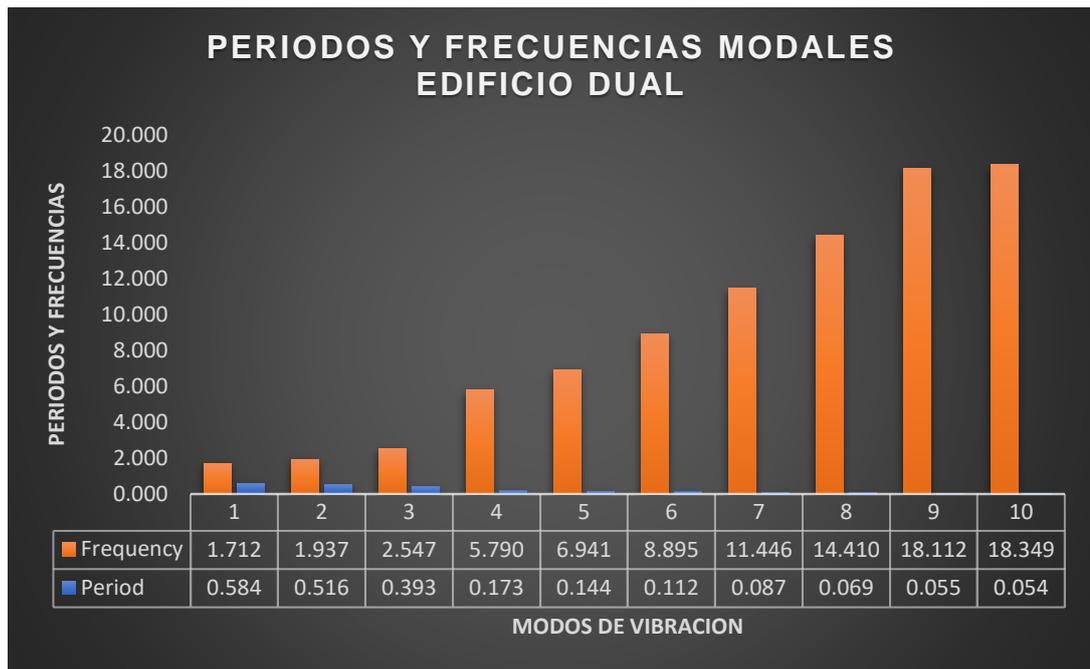
Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec
Modal	1	0.584	1.712
Modal	2	0.516	1.937
Modal	3	0.393	2.547
Modal	4	0.173	5.790
Modal	5	0.144	6.941
Modal	6	0.112	8.895
Modal	7	0.087	11.446
Modal	8	0.069	14.410
Modal	9	0.055	18.112
Modal	10	0.054	18.349
Modal	11	0.043	23.353
Modal	12	0.038	26.354
Modal	13	0.034	29.312
Modal	14	0.030	33.366
Modal	15	0.029	35.052
Modal	16	0.024	41.685
Modal	17	0.023	43.680
Modal	18	0.023	44.042
Modal	19	0.019	52.637
Modal	20	0.018	54.220
Modal	21	0.018	54.409
Modal	22	0.017	59.996
Modal	23	0.016	64.029
Modal	24	0.015	65.059
Modal	25	0.015	66.676
Modal	26	0.014	72.290
Modal	27	0.013	77.751
Modal	28	0.013	77.973
Modal	29	0.012	86.785
Modal	30	0.011	92.838

Tabla 2: Periodo modales y frecuencia edificio con sistema dual

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la tabla N° 02 se muestra el periodo fundamental de vibración del edificio con sistema estructural dual, para lo cual se consideró 30 modos de vibración, aquí se observa que el modo de vibración en la dirección X es de 0.5841 segundos, para la dirección Y es de 0.5161 segundos y en la dirección Z es de 0.3926 segundos, así mismo se observa que a mayor cantidad de modos el periodo de vibración disminuye.

Gráfico 2: Periodo fundamental de edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

En el grafico N°2 se muestran diez modos de vibración, aquí se aprecia la tendencia que sigue el periodo fundamental de vibración del edificio dual, observándose que a mayor periodo de vibración hay un menor número de oscilaciones; mientras aquea menor periodo de vibración hay mayor número de oscilaciones.

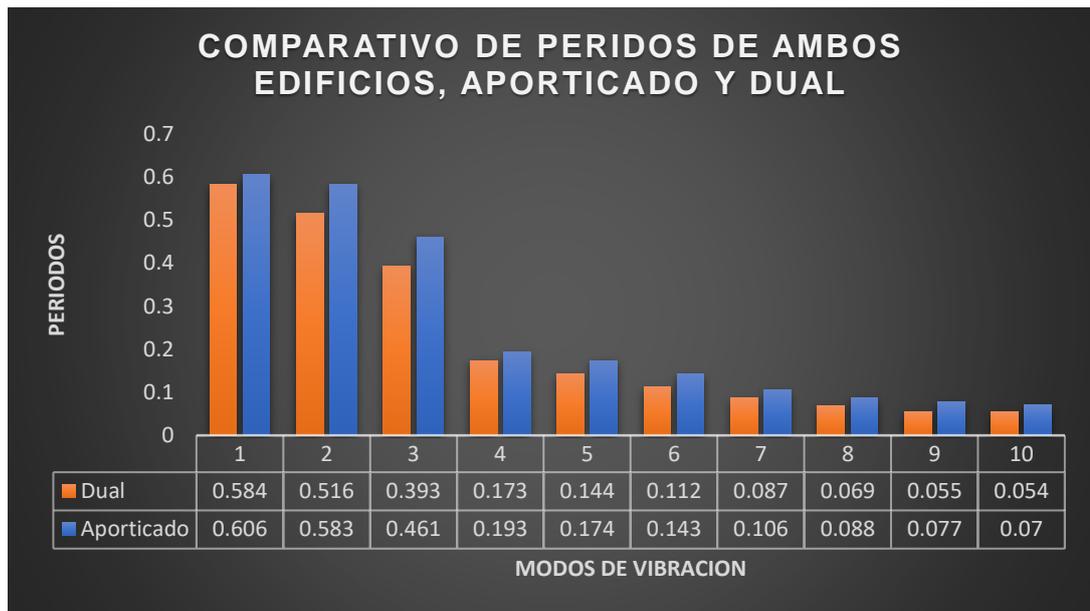
Tabla 3: Comparativo de periodos de edificio con sistema aporticado y sistema dual

Case	Mode	Periodo SA	Periodo SD
Modal	1	0.606	0.584
Modal	2	0.583	0.516
Modal	3	0.461	0.393
Modal	4	0.193	0.173
Modal	5	0.174	0.144
Modal	6	0.143	0.112
Modal	7	0.106	0.087
Modal	8	0.088	0.069
Modal	9	0.077	0.055
Modal	10	0.07	0.054
Modal	11	0.054	0.043
Modal	12	0.05	0.038
Modal	13	0.049	0.034
Modal	14	0.038	0.030
Modal	15	0.037	0.029
Modal	16	0.034	0.024
Modal	17	0.03	0.023
Modal	18	0.028	0.023
Modal	19	0.025	0.019
Modal	20	0.025	0.018
Modal	21	0.022	0.018
Modal	22	0.022	0.017
Modal	23	0.02	0.016
Modal	24	0.02	0.015
Modal	25	0.018	0.015
Modal	26	0.017	0.014
Modal	27	0.016	0.013
Modal	28	0.015	0.013
Modal	29	0.015	0.012
Modal	30	0.014	0.011

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En el presente cuadro N° 3 se observa los periodos de vibración de cada edificación, en un total de 30 modos, por lo que se aprecia que ambos edificios por ser de diferentes características tienen un periodo diferente de vibración pues el edificio con sistema dual presenta mayor rigidez que el edificio con sistema aporticado.

Gráfico 3: *Periodo fundamental de vibración edificio aporticado y dual*



Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la presente grafica N° 3, se muestran diez modos de vibración y se observa la diferencia existente entre ambos edificios, pues presentan diferentes modos de vibración así mismo se observa que el periodo fundamental de vibración del edificio con sistema aporticado es mayor que del edificio con sistema dual debido a que es menos rígido que el edificio con sistema dual.

4.1 Parámetro de Rigidez

Con respecto al parámetro modificado de la rigidez, esto se dio a raves del cambio de las secciones de las columnas, vigas tanto para los edificios aporticado como dual.

Tabla 4: Secciones de columnas de edificio aporticado

FASE INICIAL			FASE FINAL					
Name	Depth m	Width m	Name	From File?	File Name	Section in File	Depth m	Width m
C1-65X65	0.65	0.65	C1-200X50	No			2	0.5
C2-60X50	0.6	0.5	C2-300X50	No			3	0.5
C3-50X45	0.5	0.45	C3-60X60	No			0.6	0.6
VP-60X30	0.6	0.3	C4-200X50	No			2	0.5
			C5-300X50	No			3	0.5
			VP-90X50	No			0.9	0.5

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la tabla N° 4, se observa que para el edificio con sistema aporticado, inicialmente el análisis estructural se realizado considerando las secciones de los elementos estructurales producto del predimensionamiento, los cuales sobrepasaban el periodo de vibración de $T=1.04$ segundos; por lo que se optó por el cambio de las secciones aumentando así la rigidez y disminuyendo los desplazamientos.

Tabla 5: Periodo inicial y final del edificio con sistema aporticado

Case	Modo	Periodo sistema aporticado inicial	Periodo sistema aporticado final
Modal	1	1.895	0.606
Modal	2	1.748	0.583
Modal	3	1.63	0.461
Modal	4	0.612	0.193
Modal	5	0.565	0.174
Modal	6	0.53	0.143
Modal	7	0.345	0.106
Modal	8	0.319	0.088
Modal	9	0.303	0.077
Modal	10	0.231	0.07
Modal	11	0.214	0.054
Modal	12	0.205	0.05
Modal	13	0.167	0.049
Modal	14	0.155	0.038
Modal	15	0.15	0.037
Modal	16	0.127	0.034
Modal	17	0.118	0.03
Modal	18	0.115	0.028
Modal	19	0.101	0.025
Modal	20	0.094	0.025
Modal	21	0.092	0.022
Modal	22	0.084	0.022
Modal	23	0.078	0.02
Modal	24	0.077	0.02
Modal	25	0.072	0.018
Modal	26	0.068	0.017
Modal	27	0.068	0.016
Modal	28	0.066	0.015
Modal	29	0.062	0.015
Modal	30	0.062	0.014

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como se observa en la tabla N° 5, de los 30 modos de vibración usados, existe una enorme diferencia de periodos con respecto al predimensionamiento inicial y el dimensionamiento final, para ello y con la finalidad de que la deriva sea menor a 0.007 se incrementó la rigidez a través del cambio de secciones de los elementos estructurales, lo cual se corrobora con lo indicado por (Domínguez Caicedo, 2014) quien menciona que a mayor rigidez existe un menor periodo de vibración.

Gráfico 4: Comparativo de los periodos del edificio inicial y final



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Con respecto al grafico N° 4 se puede apreciar que la modificación de la rigidez a través del incremento de las secciones de los elementos estructurales incide directamente en el cálculo del periodo de la estructura con sistema aporticado.

Tabla 6: Secciones de columna edificio con sistema dual

FASE INICIAL			FASE FINAL			
Name	Depth	Width	Name	Depth	Width	Wall Thickness
	m	m		m	m	m
C1-60X50	0.6	0.5	C1-80X80	0.8	0.8	
C2-50X50	0.5	0.5	C2-70X70	0.7	0.7	
C3-50X45	0.5	0.45	C3-50X45	0.5	0.45	
VP-60X30	0.6	0.3	VP-60X30	0.6	0.3	
			ME Shell-Thin			0.3

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la tabla N° 6, se observa que, para el edificio con sistema dual, inicialmente el análisis estructural se realizado considerando las secciones de los elementos estructurales producto del predimensionamiento, los cuales sobrepasaban el periodo de vibración de $T=0.71$ segundos; por lo que se optó por el cambio de las secciones aumentando así la rigidez y disminuyendo los desplazamientos.

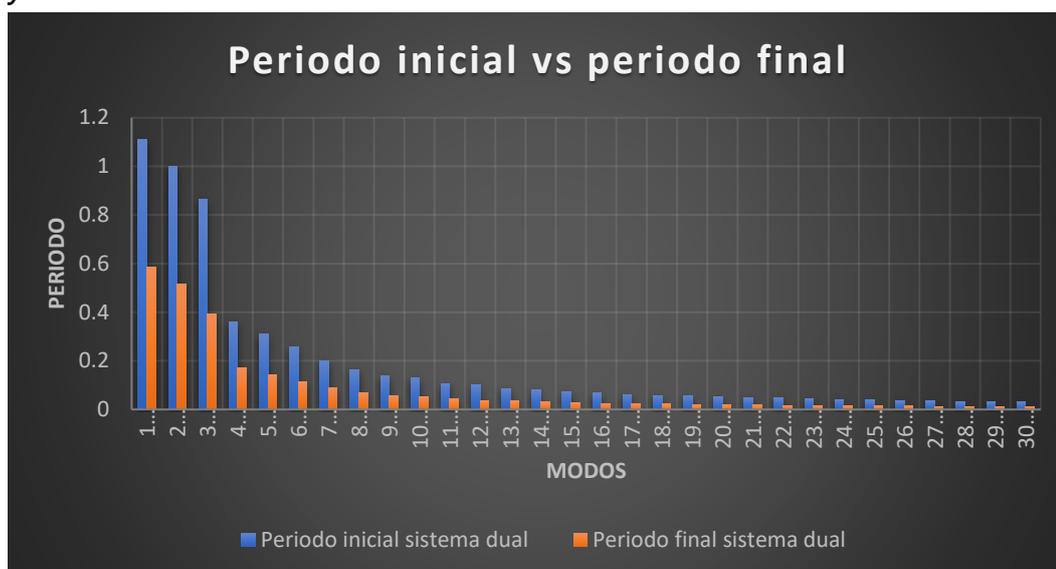
Tabla 7: Periodo inicial y final del edificio con sistema dual

Case	Mode	Periodo inicial sistema dual	Periodo final sistema dual
Modal	1	1.112	0.5841
Modal	2	1.001	0.5162
Modal	3	0.865	0.3927
Modal	4	0.359	0.1727
Modal	5	0.311	0.1441
Modal	6	0.257	0.1124
Modal	7	0.201	0.0874
Modal	8	0.165	0.0694
Modal	9	0.137	0.0552
Modal	10	0.131	0.0545
Modal	11	0.106	0.0428
Modal	12	0.102	0.0379
Modal	13	0.085	0.0341
Modal	14	0.081	0.0300
Modal	15	0.075	0.0285
Modal	16	0.067	0.0240
Modal	17	0.062	0.0229
Modal	18	0.058	0.0227
Modal	19	0.057	0.0190
Modal	20	0.052	0.0184
Modal	21	0.049	0.0184
Modal	22	0.049	0.0167
Modal	23	0.046	0.0156
Modal	24	0.041	0.0154
Modal	25	0.039	0.0150
Modal	26	0.036	0.0138
Modal	27	0.035	0.0129
Modal	28	0.032	0.0128
Modal	29	0.032	0.0115
Modal	30	0.031	0.0108

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como se observa en la tabla N° 5, de los 30 modos de vibración usados, existe una enorme diferencia de periodos con respecto al predimensionamiento inicial y el dimensionamiento final, para ello y con la finalidad de que la deriva sea menor a 0.007 se incrementó la rigidez a través del cambio de secciones de los elementos estructurales, lo cual se corrobora con lo indicado por (Domínguez Caicedo, 2014) quien menciona que a mayor rigidez existe un menor periodo de vibración.

Gráfico 5: Comparativo de los periodos del edificio con sistema dual inicial y final



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Con respecto al gráfico N° 5 se puede apreciar que la modificación de la rigidez a través del incremento de las secciones de los elementos estructurales incide directamente en el cálculo del periodo de la estructura con sistema dual, esto demuestra que modificando la rigidez de los elementos estructurales se puede controlar los desplazamientos en una edificación.

4.2 Parámetro de alturas

Para el caso del parámetro de la altura, se consideró niveles desde el 06 al 10, para ambos edificios con sistemas diferentes, por lo que a continuación se muestran los resultados del cálculo del periodo fundamental de vibración.

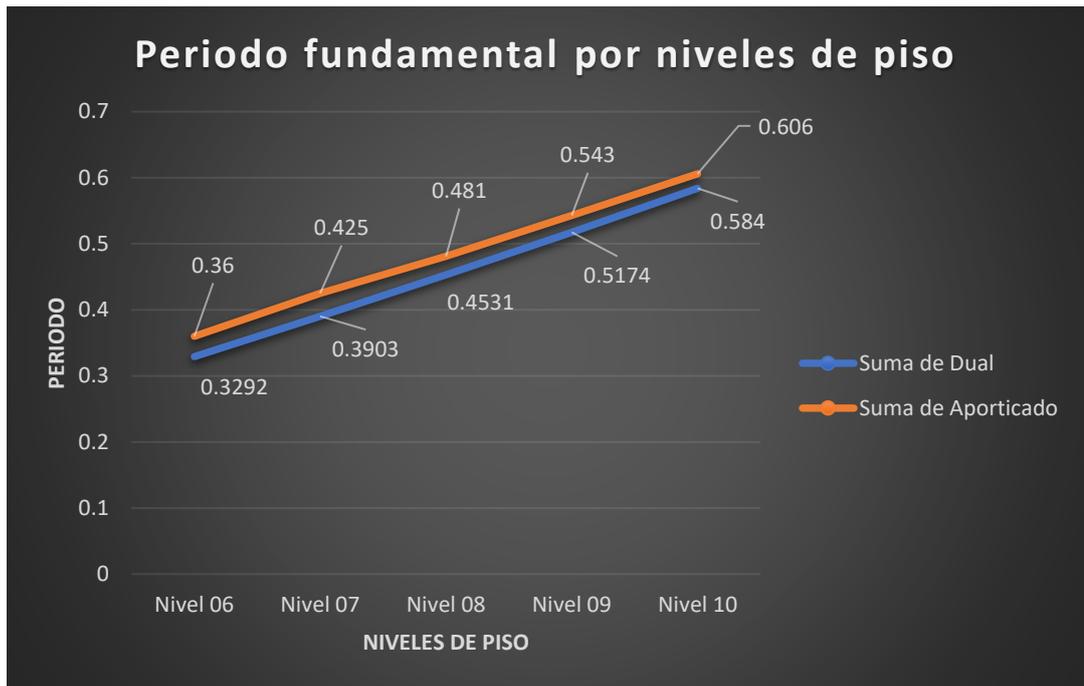
Tabla 8: Periodo fundamental de vibración con alturas modificadas

Nivel	Altura	Sistema Aporticado	Altura	Sistema Dual
Piso 10	36.5	0.606	29	0.584
Piso 9	33	0.543	26	0.5174
Piso 8	29.5	0.481	23	0.4531
Piso 7	26	0.425	20	0.3903
Piso 6	22.5	0.36	17	0.3292

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la tabla N° 8 se puede observar que se ha usado 06 modelos con diferentes alturas para el cálculo del periodo tanto para el edificio con sistema aporticado y con sistema dual, apreciando de fondo las diferencias entre los diferentes periodos de cada estructura.

Gráfico 6:Periodo por niveles



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como se puede identificar en la tabla N° 6, para los seis modelos analizados del edificio con sistema aporticado y seis modelos con sistema dual, se aprecia que la modificación de la altura es determinante en el cálculo del periodo fundamental de la estructural, notando que los periodos del edificio con sistema aporticado son mayores a los del sistema dual y esto es por la presencia de muro los cuales le otorgan mayor rigidez, esto corrobora lo indicado por (Espinoza Barreras, 1999, p. 111) quien menciona que hay una potencial relación entre la altura y el periodo fundamental.

4.3 Parámetro de agrietamiento

Con respecto al parámetro del agrietamiento, se tiene el modelo inicial con los momentos de inercia al 100% y el modelo final con los coeficientes de reducción de inercia.

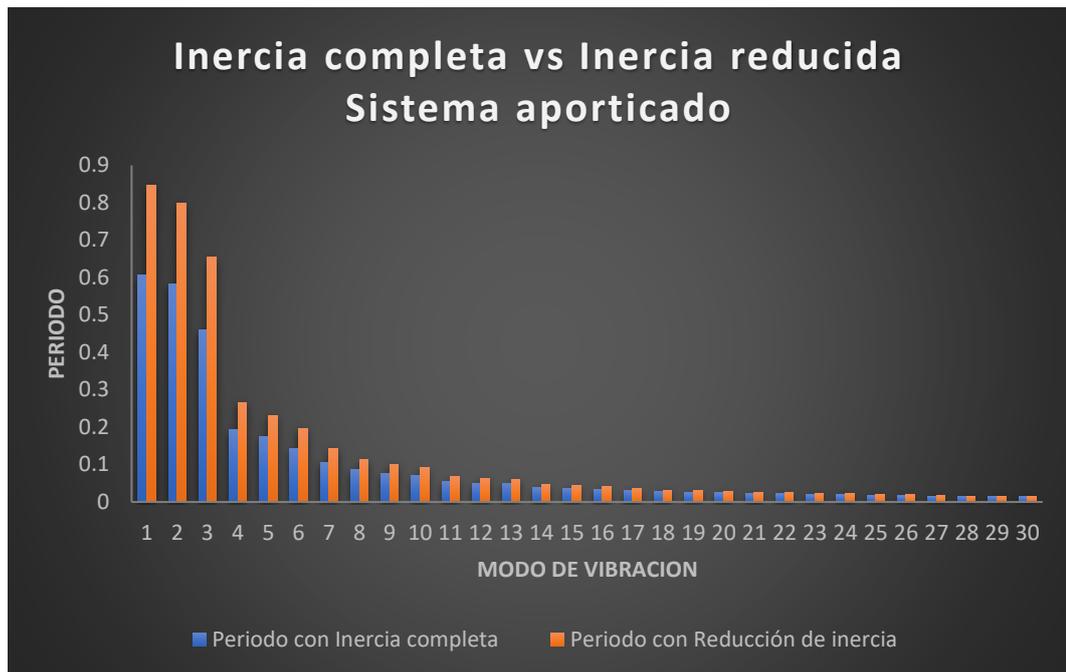
Tabla 9: Periodo fundamental considerando inercia completa y reducida de edificio con sistema aporticado

Caso	Modo	Periodo con Inercia completa	Periodo con Reducción de inercia
Modal	1	0.606	0.847
Modal	2	0.583	0.8
Modal	3	0.461	0.654
Modal	4	0.193	0.266
Modal	5	0.174	0.232
Modal	6	0.143	0.197
Modal	7	0.106	0.144
Modal	8	0.088	0.113
Modal	9	0.077	0.101
Modal	10	0.07	0.092
Modal	11	0.054	0.067
Modal	12	0.05	0.064
Modal	13	0.049	0.061
Modal	14	0.038	0.047
Modal	15	0.037	0.044
Modal	16	0.034	0.041
Modal	17	0.03	0.036
Modal	18	0.028	0.032
Modal	19	0.025	0.03
Modal	20	0.025	0.029
Modal	21	0.022	0.025
Modal	22	0.022	0.025
Modal	23	0.02	0.023
Modal	24	0.02	0.023
Modal	25	0.018	0.02
Modal	26	0.017	0.019
Modal	27	0.016	0.018
Modal	28	0.015	0.016
Modal	29	0.015	0.016
Modal	30	0.014	0.015

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Con respecto a lo que se muestra en la tabla N° 9, se percibe pues que al modificar las secciones de los elementos estructurales en cuando a la disminución de los momentos de inercia, el periodo fundamental se verá afectado por lo que traerá consigo un aumento en los desplazamientos como es excederse en cuanto a la deriva del 0.007.

Gráfico 7: Periodo fundamental con inercia completa y reducción de inercia de edificio aporticado



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como se aprecia en el grafico N° 7, se contempla que hay una variación considerable en los periodos de la edificación, ya que se redujo el momento de inercia para columnas en un 0.70 y en vigas en un 0.35; esto ocasiona que el momento y la cortante se incrementen en las columnas y vigas, se reduce la cortante basal y las derivas máximas se incrementan.

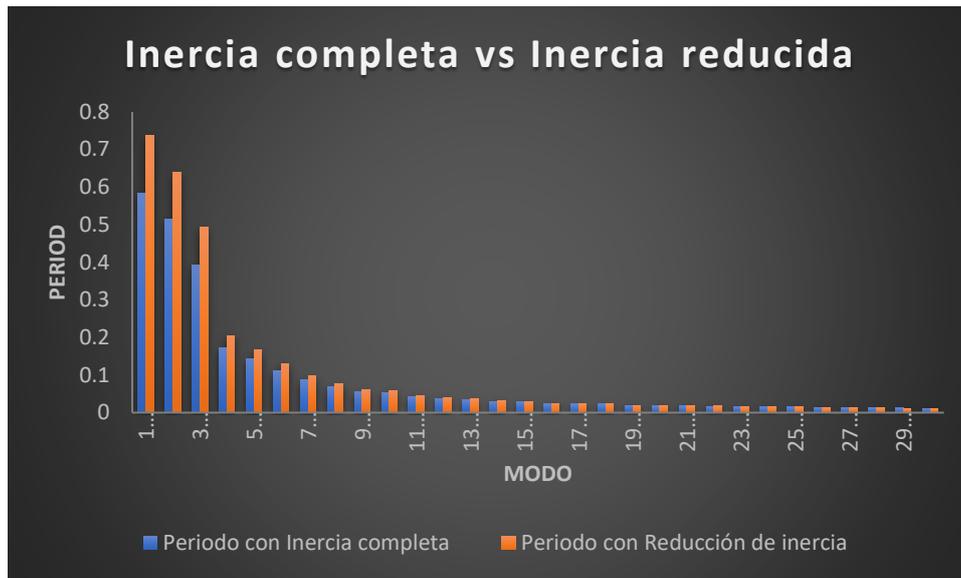
Tabla 10: Periodo fundamental considerando inercia completa y reducida de edificio con sistema dual

Caso	Modo	Periodo con Inercia completa	Periodo con Reducción de inercia
Modal	1	0.584	0.7384
Modal	2	0.516	0.6387
Modal	3	0.393	0.4946
Modal	4	0.173	0.2054
Modal	5	0.144	0.1671
Modal	6	0.112	0.1306
Modal	7	0.087	0.0981
Modal	8	0.069	0.0763
Modal	9	0.055	0.0599
Modal	10	0.054	0.0592
Modal	11	0.043	0.0457
Modal	12	0.038	0.0405
Modal	13	0.034	0.0359
Modal	14	0.03	0.0315
Modal	15	0.029	0.0301
Modal	16	0.024	0.0249
Modal	17	0.023	0.0239
Modal	18	0.023	0.0238
Modal	19	0.019	0.0199
Modal	20	0.018	0.0191
Modal	21	0.018	0.0189
Modal	22	0.017	0.0174
Modal	23	0.016	0.0161
Modal	24	0.015	0.0160
Modal	25	0.015	0.0154
Modal	26	0.014	0.0143
Modal	27	0.013	0.0132
Modal	28	0.013	0.0132
Modal	29	0.012	0.0118
Modal	30	0.011	0.0110

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Con respecto a lo que se muestra en la tabla N° 9, se percibe pues que al modificar las secciones de los elementos estructurales en cuando a la disminución de los momentos de inercia, el periodo fundamental se verá afectado por lo que traerá consigo un aumento en los desplazamientos como es excederse en cuanto a la deriva del 0.007.

Gráfico 8: Periodo fundamental con inercia completa y reducción de inercia de edificio dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como se aprecia en el gráfico N° 7, se contempla que hay una variación en los periodos de la edificación, ya que se redujo el momento de inercia para columnas en un 0.70, en vigas en un 0.35 y en muros también un 0.35; esto ocasiona que el momento y la cortante se incrementen en las columnas y vigas, se reduce la cortante basal y las derivas máximas se incrementan.

Tabla 11: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema aporticado dirección X

Edificio de 10 pisos	DIRECCIÓN X-X		
	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia
Periodo fundamental (s)	0.6063	0.8473	40%
Maximo desplazamiento del ultimo nivel (cm)	2.6284	3.6758	40%
Maxima deriva	0.005967	0.008552	43%
Maximo cortante en la base (tonf)	2321.2549	1660.3721	-28%

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la presente tabla N° 11 se observa que el periodo fundamental en la sección agrietada aumenta en un 40%, el desplazamiento del último nivel vario en un 40%, del mismo modo la deriva se incrementa en 43%; finalmente se observa que la cortante basal decrece en 28%.

Tabla 12: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema aporticado dirección Y

Edificio de 10 pisos	DIRECCIÓN Y-Y		
	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia
Periodo fundamental (s)	0.5828	0.8	37%
Maximo desplazamiento del ultimo nivel (cm)	2.538	3.603	42%
Maxima deriva	0.005471	0.007861	44%
Maximo cortante en la base (tonf)	2239.273	1676.4672	-25%

Fuente: Elaboración propia-Etabs

En la presente tabla N° 12 se observa que el periodo fundamental en la sección agrietada aumenta en un 37%, así mismo el desplazamiento del último nivel vario en un 42%, del mismo modo la deriva se incrementa en 44%; finalmente se observa que la cortante basal decrece en 25%.

Tabla 13: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema dual dirección X

Edificio de 10 pisos	DIRECCIÓN X-X		
	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia
Periodo fundamental (s)	0.5841	0.7384	26%
Maximo desplazamiento del ultimo nivel (cm)	2.0414	2.82321	38%
Maxima deriva	0.004246	0.005461	29%
Maximo cortante en la base (tonf)	968.9248	775.4295	-20%

Elaboración propia-Etabs

En la presente tabla N° 13 se observa que el periodo fundamental en la sección agrietada aumenta en un 26%, así mismo el desplazamiento del último nivel varió en un 38%, del mismo modo la deriva se incrementa en 29%; finalmente se observa que la cortante basal decrece en 20%.

Tabla 14: Comparativo entre las secciones brutas vs secciones agrietadas edificio con sistema dual dirección Y

Edificio de 10 pisos	DIRECCIÓN Y-Y		
	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia
Periodo fundamental (s)	0.5161	0.6386	24%
Maximo desplazamiento del ultimo nivel (cm)	1.6663	2.474	48%
Maxima deriva	0.003215	0.004697	46%
Maximo cortante en la base (tonf)	944.2058	874.8172	-7%

Elaboración propia-Etabs

En la presente tabla N° 14 se observa que el periodo fundamental en la sección agrietada aumenta en un 24%, así mismo el desplazamiento del último nivel vario en un 48%, del mismo modo la deriva se incrementa en 46%; finalmente se observa que la cortante basal decrece en 7%.

Tabla 15: Análisis comparativo de agrietamiento sistema aporticado vs sistema dual dirección X

Edificio de 10 pisos	SISTEMA APORTICADO DIRECCIÓN X-X			SISTEMA DUAL DIRECCIÓN X-X		
	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia
Periodo fundamental (s)	0.6063	0.8473	40%	0.5841	0.7384	26%
Maximo desplazamiento del ultimo nivel (cm)	2.6284	3.6758	40%	2.0414	2.82321	38%
Maxima deriva	0.005967	0.008552	43%	0.004246	0.005461	29%
Maximo cortante en la base (tonf)	2321.2549	1660.3721	-28%	968.9248	775.4295	-20%

Elaboración propia-Etabs

Del análisis del cuadro se aprecia que existe variaciones, para el edificio con sistema aporticado se tiene un periodo fundamental de 40%, un desplazamiento máximo de 40%, 43% en la deriva máxima y una disminución en la cortante de la base de 28% ; con respecto al edificio con sistema dual, se tiene 26% de periodo fundamental, 38% como máximo desplazamiento del último nivel, 29% como deriva máxima y un 20% de disminución en la cortante de la base. Aquí se observa que la cortante decrece más en los edificios con sistema dual.

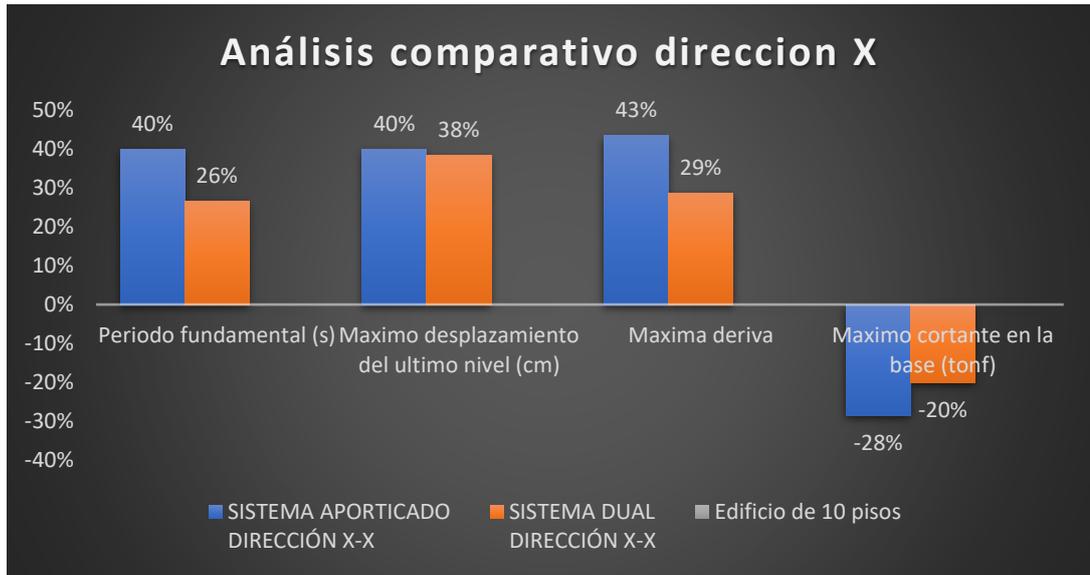
Tabla 16: Análisis comparativo de agrietamiento sistema aporticado vs sistema dual dirección Y

Edificio de 10 pisos	SISTEMA APORTICADO DIRECCIÓN Y-Y			SISTEMA DUAL DIRECCIÓN Y-Y		
	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia	Secciones brutas	Secciones agrietadas	Diferencia
Periodo fundamental (s)	0.5828	0.8	37%	0.5161	0.6386	24%
Maximo desplazamiento del ultimo nivel (cm)	2.538	3.603	42%	1.6663	2.474	48%
Maxima deriva	0.005471	0.007861	44%	0.003215	0.004697	46%
Maximo cortante en la base (tonf)	2239.273	1676.4672	-25%	944.2058	874.8172	-7%

Elaboración propia-Etabs

Del análisis del cuadro se aprecia que existe variaciones, para el edificio con sistema aporticado se tiene un periodo fundamental de 37%, un desplazamiento máximo de 42%, 44% en la deriva máxima y una disminución en la cortante de la base de 25%; con respecto al edificio con sistema dual, se tiene 24% de periodo fundamental, 48% como máximo desplazamiento del último nivel, 46% como deriva máxima y un 7% de disminución en la cortante de la base. Aquí se observa que la cortante decrece más en los edificios con sistema dual.

Figura 27: Comparativo de la modificación del agrietamiento sistema aporticado y sistema dual dirección X



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Del presente grafico se aprecia los porcentajes del análisis comparativo de los dos sistemas estructurales, en las cuales se aprecias las variaciones de periodo fundamental, desplazamiento, derivas y cortante basal.

Figura 28: Comparativo de la modificación del agrietamiento sistema aporticado y sistema dual dirección Y



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Del presente grafico se aprecia los porcentajes del análisis comparativo de los dos sistemas estructurales, en las cuales se aprecias las variaciones de periodo fundamental, desplazamiento, derivas y cortante basal.

V. DISCUSIÓN

Para la **Hipótesis General** de la presente investigación se tiene como resultado que la modificación de la rigidez, altura y agrietamiento influyen significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021, este estudio coincide con las investigaciones realizadas por **(Domínguez Caicedo, 2014)** quien sostiene que la altura, la rigidez y la masa inciden directamente en el cálculo del periodo fundamental de vibración de las edificaciones; del mismo modo **(Muría Vila y González Alcorta, 1995)** establecen que los periodos naturales de vibración son sensibles frente a las características del suelo y de los sistemas estructurales, las relaciones obtenidas del periodo fundamental se da de acuerdo a la altura, numero de niveles y densidad de muros.

Para la **Hipótesis Especifica N° 01** de la presente investigación se tiene como resultado que la modificación de la rigidez influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021; este estudio se asemeja a los investigado por **(Salazar, 2015)** pues concluye que si es que el módulo de elasticidad es disminuido, las deformaciones y el periodo fundamental aumentará y esto sin importar la altura. Así mismo indica que aumentar las secciones de las columnas hay una disminución de las deformaciones y del periodo fundamental. Pero no se concuerda con la conclusión de que si se reduce las secciones de las columnas en razón de que la altura de la edificación aumenta este tendrá un comportamiento eficiente. Por su parte **(Cárdenas Hernández y Cepeda Isidro, 2016)** nos menciona que la falta de simetría causa efectos torsionales difíciles de evaluar, por lo que debe haber una sintonización entre el centro de masa y el centro de rigidez.

Para la **Hipótesis Especifica N° 02** de la presente investigación se tiene como resultado que modificación de la altura influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021; este estudio concuerda con la investigación realizada por **(Espinoza Barreras, 1999)** quien sostiene que existe una relación entre

le número de niveles y la altura con el periodo fundamental. Por otro lado **(Grados Fabian y Olortegui Cubas, 2017)** mencionan que la altura de una determinada edificación influye directamente en las variaciones o cambios de las fuerzas internas de los componentes estructurales y de los desplazamientos en un procedimiento de análisis estructural en el cual se incluye la no linealidad geométrica, la rigidez efectiva, y las imperfecciones iniciales, todo ello respecto al análisis estructural elástico. También **(Cevallos Barzallo, 2017, p. 35)** nos hace de conocimiento que la altura es un condicionante del periodo de vibración, pues a más altura más es el periodo de vibración de dicha estructura. Así mismo señala que los periodos cortos procedentes de estructuras de altura menor rígidas y los periodos largos de edificios de altura grande, estos tienden a tener problemas frente a eventos sísmicos, pues al tener periodos cortos hay la probabilidad de que estos tengan amplificaciones muy elevadas en la aceleración o resonancia y para los edificios altos que tengan deformaciones considerables.

Para la **Hipótesis Específica N° 03** de la presente investigación se ha concluido que la modificación de los factores de agrietamiento influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021; el estudio concuerda la investigación de **(Ramirez Flores, 2018)** que menciona que al considerar las reducciones de los momentos de inercia en columnas, vigas y muros esto afecta en forma negativa a la estructura, ya que se incrementa el periodo de vibración, se reduce la cortante basal, las derivas se incrementan así como los momentos y las cortantes; también sugiere que debería considerarse el agrietamiento a la hora de realizar un análisis sísmico; también concuerda con **(Burgos Namuche y Piqué del Pozo, 2020)** quien indica que se debe pensar en usar en el análisis sísmico el agrietamiento de los elementos que componen una estructura, finalmente **(Davila Pablo y Pérez Malpartida, 2013)** concluye que debido a la reducción del momento de inercia la deriva máxima podría aumentar hasta un 12%.

VI. CONCLUSIONES

En esta tesis se determinó la influencia de la modificación de la rigidez, altura y el agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021. Lo más importante de la determinación de la influencia de la rigidez, altura y agrietamiento fue conocer como estos parámetros inciden significativamente en el cálculo del periodo fundamental de vibración porque ayudan a determinar condiciones de seguridad en la estructura.

En esta tesis se determinó como la modificación de la rigidez influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental de vibración de un edificio con sistema aporticado y de un edificio con sistema dual en el Distrito de Nuevo Chimbote 2021. Lo más importante de la determinación de la influencia de la rigidez fue conocer cómo se relaciona las fuerzas que actúan en la estructura con las deformaciones que se producen en dichos elementos porque nos permitirá poder escoger mejor los materiales más adecuados.

En esta tesis se determinó como la modificación de la altura influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental de vibración de un edificio con sistema aporticado y de un edificio con sistema dual en el Distrito de Nuevo Chimbote 2021. Lo más importante de la determinación de la influencia de la altura fue conocer la relación lineal que existe entre la altura y el periodo fundamental porque permitirá la identificación de lugares con una probabilidad de que ocurra resonancias, también poder estimar la cortante basal y finalmente realizar una revisión de la estructura.

En esta tesis se determinó como la modificación de los factores de reducción de momentos de inercia para secciones en agrietamiento influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental de vibración de un edificio con sistema aporticado y de un edificio con sistema dual en el Distrito de Nuevo Chimbote 2021. Lo más importante de la determinación de la

modificación del momento de inercia de las secciones de los elementos estructurales fue conocer cómo afecta dicha reducción de la inercia en el desempeño estructural de las edificaciones porque se percibirá pues que al modificar las secciones de los elementos estructurales en cuando a la disminución de los momentos de inercia, el periodo fundamental se verá afectado por lo que traerá consigo variación considerable en los periodos de la edificación, ya que se redujo el momento de inercia para columnas en un 0.70 y en vigas en un 0.35; esto ocasiona que el momento y la cortante se incrementen en las columnas y vigas, se reduce la cortante basal y las derivas máximas se incrementan.

VII. RECOMENDACIONES

Habiendo formulado las respectivas conclusiones en la investigación se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Para ejecutar un buen análisis estructural lineal se debe de tener en cuenta la interacción suelo-estructura, así como también usar de forma practica el empleo de la vibración ambiental para calcular de manera practica dicho periodo fundamental.
2. Con respecto a la rigidez de la estructura de un edificio con sistema aporticado se debería de considerar un disipador de fluido viscoso para disminuir el aumento de secciones de columnas y vigas.
3. Con respecto a la altura, se debería siempre tener en cuenta su irregularidad en altura.
4. Si se desearía considerar el agrietamiento en el análisis estructural debería de modificarse los valores de las derivas pues excederían a lo estipulado en norma, además se debería de revisar la cortante basal.
5. No agrietar los elementos estructurales durante el proceso del análisis sismorresistente de una edificación; pues se observa que para edificios de 10 pisos la cortante disminuye y los desplazamientos aumentan, por otro lado, en edificios altos no es necesario pues no hay variación en los desplazamientos y más aún se disminuye la cortante basal.
6. Se debe considerar el desempeño de la estructura, si vemos que cumple el objetivo del desempeño no se debería de agrietar las secciones de los elementos estructurales.

REFERENCIAS

- AMAGUAÑA AMAGUA, D.E. y YUMBAY AGUALONGO, E.P., 2016. *Análisis de la influencia del número de modos de vibración en la respuesta total de estructuras de hormigón armado* [en línea]. S.l.: Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6933>.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, A., 2019. American concrete institute. *Building* [en línea]. [Consulta: 27 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.concrete.org/>.
- ANIL KUMAR, C., 2014. *Dinámicas de estructuras* [en línea]. Cuarta Edi. Mexico: Pearson Education Inc. ISBN 9780415475976. Disponible en: <https://www.libreriaingeniero.com/2019/02/dinamica-de-estructuras-anil-chopra.html>.
- BERNAL TORRES, C.A., 2010. *Metodología de la Investigación* [en línea]. Tercera Ed. Colombia: Prentice Hall. ISBN 9789586991285. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
- BLANCO BLASCO, A., 1994. *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado* [en línea]. Segunda ed. Lima: s.n. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36092985/Estructuracion_y_Disenio_de_Edificaciones_de_Concreto_Armado_-_Antonio_Blanco_Blasco.pdf?1419871851=&response-content-disposition=attachment%3B+filename%3DEstructuracion_y_Disenio_de_Edificaciones.pdf&Expires=1.
- BORJA SUAREZ, M., 2012. *Metodología para la investigación científica para ingenieros* [en línea]. 2012. Chiclayo: s.n. Disponible en: https://libreriafavorita.blogspot.com/2017/09/metodologia-de-la-investigacion_20.html.
- BURGOS NAMUCHE, M. y PIQUÉ DEL POZO, J., 2020. Rigidez efectiva de los elementos de concreto armado. [en línea], pp. 5. Disponible en: https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci27_rigideces_de_secciones_de_concreto_no_fisuradas_etabs_y_sap2000.pdf.
- CÁRDENAS HERNÁNDEZ, F. y CEPEDA ISIDRO, C., 2016. *Prototipo a escala de un modelo de resonancia en edificaciones para el laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia* [en línea]. S.l.: Universidad Católica de Colombia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/13936>.
- CARRASCO DÍAZ, S., 2006. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Primera re. Lima: Editorial San Marcos. ISBN 9972342425. Disponible en: https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_.
- CARREÑO CARREÑO, J.L. y SERRANO RODRIGUEZ, R.A., 2005. *Metodología de evaluación en patología estructural* [en línea]. S.l.: Universidad Industrial de Santander. Disponible en:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50059243/Trabajo_de_grado_Patologia.pdf?1478100199=&response-content-disposition=attachment%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_EVALUACION_EN_PATOLOGIA.pdf&Expires=1634750817&Signature=FMdghCkpDJSRvX3RiRnepmlnWzrY4yx-EmF464E.

CEVALLOS BARZALLO, C.E., 2017. *Análisis de la relación de la frecuencia fundamental de una estructura con la deriva inelástica de piso en una estructura irregular de 5 pisos* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de ambato. Disponible en:
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26844/1/Tesis_1184 - Cevallos Barzallo César Eduardo.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26844/1/Tesis_1184_-_Cevallos_Barzallo_César_Eduardo.pdf).

CHALAH, F., CHALAH-REZGUI, L., FALEK, K., DJELLAB, S.E. y BALI, A., 2014. Fundamental Vibration Period of SW Buildings. *APCBEE Procedia* [en línea], vol. 9, no. May 2015, pp. 354-359. ISSN 22126708. DOI 10.1016/j.apcbee.2014.01.062. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/274627872_Fundamental_Vibration_Period_of_SW_Buildings.

CRESPO SÁNCHEZ, S.E., MÉNDEZ GARCÍA, A.O., CARRIÓN VIRAMONTES, F.J., QUINTANA RODRÍGUEZ, J.A., HERNÁNDEZ FIGUEROA, J.A., GASCA ZAMORA, H.M. y TERÁN GUILLÉN, J., 2016. Análisis del agrietamiento en concreto a través de la técnica de emisiones acústicas. *Análisis del agrietamiento en concreto a través de la técnica de emisiones acústicas* [en línea], no. 479, pp. 75. ISSN 9001:2008. Disponible en:
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt479.pdf>.

DAVILA PABLO, O.N. y PÉREZ MALPARTIDA, A., 2013. *Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica de edificios peruanos de muros de concreto armado* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Católica del Peru. Disponible en:
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5255/DAVILA_ODILIO_AGRIETAMIENTO_SISMICA_EDIFICIOS_PERUANOS_MUROS_CONCRETO_ARMADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

DIAZ SEGURA, E.G., 2017. Incertidumbres en la estimación del periodo fundamental de terrenos inclinados. *Obras y proyectos* [en línea], no. 21, pp. 38-44. [Consulta: 20 octubre 2021]. ISSN 0718-2813. DOI 10.4067/s0718-28132017000100005. Disponible en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-28132017000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

DOMÍNGUEZ CAICEDO, M., 2014. Períodos de vibración de las edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 1-13. ISSN 1990-8830. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/1939/193932724001.pdf>.

ELNASHAI, A.S. y DI SARNO, L., 2008. Response of Structures. *Fundamentals of Earthquake Engineering* [en línea], pp. 47-118. [Consulta: 19 octubre 2021]. DOI 10.1002/9780470024867.ch2. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/271851278_Fundamentals_of_Earth

quake_Engineering.

- ESPINOZA BARRERAS, F., 1999. *Determinación de características dinámicas de estructuras* [en línea]. S.I.: Universidad Politecnica de Cataluña. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93533>.
- ESPINOZA POVES, D.J., 2016. *Respuesta Dinamica de un edificio instrumentado de concreto armado* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Ingeniería. [Consulta: 21 septiembre 2021]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5908>.
- GOMEZ BASTAR, S., 2012. *Metodología de la Investigación* [en línea]. Primera ed. Mexico: Red Tercer Milenio S.C. ISBN 9788578110796. Disponible en: http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf.
- GRADOS FABIAN, J.M. y OLORTEGUI CUBAS, J.D., 2017. *Universidad privada antenor orrego facultad de medicina humana escuela profesional de medicina* [en línea]. S.I.: Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible en: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2725/1/RE_MED.HUMA_KYARA.OLORTEGUI_ESTADO.CIVIL.COMO.FACTOR_DATOS.PDF.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. Sexta edic. Mexico: s.n. ISBN 9781456223960. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.
- LÓPEZ, C. y MUSIC, J., 2016. Análisis del período y desplazamiento de edificios de hormigón armado considerando distintos grados de rigidez en sus elementos resistentes. *Obras y proyectos* [en línea], no. 19, pp. 33-47. ISSN 0718-2813. DOI 10.4067/s0718-28132016000100003. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/306077797_Analisis_del_periodo_y_desplazamiento_de_edificios_de_hormigon_armado_considerando_distintos_grados_de_rigidez_en_sus_elementos_resistentes/link/57b30c0c08aeaf239baf0095/download.
- MARTE JIMÉNEZ, C.J., 2014. *Calibración de umbrales de daño sísmico para el análisis de fragilidad sísmica de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal (Pushover)* [en línea]. S.I.: Universidad Politecnica de Catalunya. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21138/Tesis_Celio.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- MONSERRAT NAVARRO, A. de, 2013. *Relación entre el periodo fundamental de vibración y el índice de daño de un edificio de hormigón armado* [en línea]. S.I.: Universidad Politecnica de Cataluña. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18835/Tesis_Master_Albert_de_Montserrat_lpb_v3.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- MORALES GUERRERO, A.S., 2020. *Influencia del efecto de sitio en el periodo de vibración de una edificación de concreto armado en la Molina* [en línea]. S.I.: Universidad Ricardo Palma. Disponible en:

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3563/CIV-T030_72854949_T_MORALES_GUERRERO_ASTRID_STEPHANIE.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- MUÑOZ PELAEZ, J.A., 2015. Estudio de la influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado. [en línea], vol. Tercer vol, pp. 27. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1057797/Entregable3.pdf>.
- MURÍA VILA, D. y GONZÁLEZ ALCORTA, R., 1995. Propiedades dinámicas de edificaciones de la ciudad de México. *Revista de Ingeniería Sísmica* [en línea], vol. 0, no. 51, pp. 25-45. ISSN 2395-8251. Disponible en: <http://www.smis.mx/index.php/RIS/article/view/261/196>.
- MURTY, C.V.R., RUPEN, G., VIJAYANARAYANAN, A.R. y MEHTA, V. V., 2012. Some concepts in earthquake behaviour of buildings. [en línea], pp. 268. Disponible en: https://nicee.org/IITK-GSDMA/ConfinedMasonryHouse_003_2013_31May.pdf.
- NORMA E0.20, C., 2020. E.020 cargas. En: SENCICO (ed.), *Reglamento nacional de edificaciones* [en línea]. Servicio N. Lima: SENCICO, pp. 29. ISBN 9786124622199. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/15atg-9w0OEXjR5C1m6IXUFihwYeUh1aN/view?usp=sharing>.
- NORMA E0.30, D.S., 2020. E.030 diseño sismorresistente. En: S.N. de C. para la I. de la C. –SENCICO (ed.), *Reglamento nacional de edificaciones* [en línea]. Servicio N. Lima: SENCICO, pp. 42. ISBN 9786124842702. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUphg6C559bi/view?usp=sharing>.
- NORMA E0.60, C.A., 2020. Norma e.060 concreto armado. En: SENCICO (ed.) [en línea]. Servicio N. Lima: SENCICO, ISBN 9786124842740. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwwm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/view?usp=sharing>.
- NORMA TÉCNICA G.40, 2021. Separata especial. *Re* [en línea]. 2006. Lima: s.n., pp. 1-28. Disponible en: https://cdn-web.construccion.org/normas/files/vivienda/RM_029-2021-Vivienda.pdf.
- OTTAZZI PASINO, G., 2004. *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1055>.
- OVIEDO SARMIENTO, R., 2016. *Diseño sismorresistente de edificaciones de concreto armado* [en línea]. Primera ed. Lima: Servicios Gráficos DAKYNA. ISBN 978612471691. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/download/diseo-sismorresistente-de-edificaciones-de-concreto-armado-ricardo-oviedo-sarmiento-1pdf-pdf-free.html>.
- PERALTA GÁLVEZ, H., SÁNCHEZ TIZAPA, S. y ARROYO MATUS, R., 2015. Incertidumbre en la evaluación de periodos en edificios de mampostería tipo INFONAVIT ubicados en Chilpancingo, Guerrero. *Investigación y Ciencia*,

- Universidad Autónoma de Aguascalientes* [en línea], no. 64, pp. 11-18.
Disponible en:
<https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA461444768&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=16654412&p=IFME&sw=w>.
- PERALTA, J.A., REYES LÓPEZ, P. y GODÍNEZ MUÑOZ, A., 2009. El fenómeno de la resonancia. *Latin-American Journal of Physics Education* [en línea], vol. 3, no. 3, pp. 18. ISSN 1870-9095. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3694141.pdf>.
- PRIESTLEY, M.J.N., 2003. Myths and fallacies in earthquake engineering. [en línea], no. July, pp. 1-164. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/296014977_Myths_and_fallacies_in_earthquake_engineering.
- RAMIREZ FLORES, T.J., 2018. *Influencia del agrietamiento en la respuesta sísmica de edificios de concreto armado con sistema dual* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en:
http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1982/1.TESIS_COMPLETA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- REBOREDO, A.B., 1996. *El análisis dinámico de estructuras sismo resistentes* [en línea]. Primera Ed. Mendoza: s.n. Disponible en:
https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci_31_el_analisis_dinamico_de_construcciones_sismo_resistentes.pdf.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, R., 2020. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). *Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción* [en línea]. [Consulta: 21 septiembre 2021]. Disponible en:
<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>.
- RITTA, R.J., SUÁREZ, L.E. y PANDO, M.A., 2012. Determinación del período fundamental del suelo usando vibración ambiental y el cociente espectral Horizontal/Vertical. *Mecánica Computacional* [en línea], vol. XXXI, pp. 1399-1419, ISSN:2591-3522. Disponible en:
<https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/download/4130/4056>.
- ROMÁN BERMÚDEZ, Jesús A., 2017. *Efecto de la variación de la carga viva sobre el desempeño sísmico de edificios regular en altura y en planta* [en línea]. S.I.: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/2238/11093>.
- SALAZAR, G., 2015. *Impacto producido por la variación en rigidez, masa sísmica y coeficiente del módulo elástico en el comportamiento dinámico de edificios con sistemas de pórticos resistentes a momento y sistemas duales*. [en línea]. S.I.: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en:
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8502>.
- STUARDO PÉREZ, karem J., 2008. *Metodología de evaluación estructural de elementos de hormigón armado existentes* [en línea]. S.I.: Universidad Católica de la Santísima Concepción. Disponible en:

- <http://www.civil.ucsc.cl/investigacion/memorias/kstuardo.pdf>.
- TAVERA, H., BERNAL, I., CONDORI, C., ORDAZ, M., ZEVALLOS, A. y ISHIZAWA, O., 2014. *Evaluación del Peligro Sísmico en Perú: Mapa de Peligro Sísmico para el Perú* [en línea]. Instituto. Lima: Instituto Geofísico del Perú. Disponible en: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA PUBLICAR/IGP/Mapa_Peligro_Sismico_Peru_2015_Version_Preliminar.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA_PUBLICAR/IGP/Mapa_Peligro_Sismico_Peru_2015_Version_Preliminar.pdf).
- TAVERA HUARACHE, H.J., 2019. Más de 500 sismos reportó el Instituto Geofísico del Perú en el 2019 - Gobierno del Perú. [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/71381-mas-de-500-sismos-reporto-el-instituto-geofisico-del-peru-en-el-2019>.
- TERRONES MUÑOZ, L.I. y VILCA TICLIA, O., 2017. *Análisis comparativo del comportamiento estructural basado en sollicitaciones sísmicas de una edificación de concreto armado según NTP-E030-2018, NCH433-2012 y NEC-SE- DS-2015* [en línea]. S.I.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35629/terrones_ml.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- VALDERRAMA MENDOZA, S., 2015. *Pasos Para Elaborar Proyectos de Investigación Científica* [en línea]. Quinta Edi. Lima: Editorial San Marcos. ISBN 9786123028787. Disponible en: <https://pdfcookie.com/download-file/pasos-para-elaborar-proyectos-de-investigacion-cientifica-santiago-valderrama-mendoza-rv31pko1qg2d?hash=41b6ad7e184f33988fb35772275ae4a1>.
- VALDIVIA CHILÓN, J.F., 2019. *Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación de tres niveles de estructura irregular según las normas de sismorresistencia E.030 -2006 y la E.030-2016, en la ciudad de Cajamarca* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3351/TESIS JHONY VALDIVIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- WWW.BLOGREHABILITACIONEDIFICIOS.COM, 2021. Grietas y fisuras en edificación - Blog de Rehabilitación de Edificios. [en línea]. [Consulta: 20 octubre 2021]. Disponible en: <https://blogrehabilitacionedificios.com/grietas-fisuras-edificacion/>.
- WWW.DEFINICION.DE, 2021. Definición de rigidez - Qué es, Significado y Concepto. *www.definicion.de* [en línea]. [Consulta: 19 octubre 2021]. Disponible en: <https://definicion.de/rigidez/>.

ANEXOS

A.1 Operacionalización de la variable

Tabla 17:Operacionalización de la variable

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de valoración
Rigidez, altura y agrietamiento	<p>La rigidez es la propiedad que posee un determinado elemento o varios elementos estructurales de poder soportar desplazamientos cuando estos están sujetos a fuerzas de compresión. La rigidez se expresa como la relación de fuerza y de desplazamiento, pero este dato no es un valor constante en una determinada estructura. K_i es la rigidez para un desplazamiento o espacio δ requerido y la fuerza de resistencia V_i. (Marte Jiménez, 2014)</p> <p>la altura de una edificación es la cota vertical expresada en metros esto es medido desde el medio punto de la vereda, si no hay vereda se mide desde la calzada más 15 centímetros. (Norma Técnica G.40, 2021)</p> <p>El agrietamiento son fracturas que no solo afectan la superficie de la chapa, sino que también pueden extenderse por todo el espesor. Se producen principalmente en elementos de carga como columnas, muros de carga y suelos. La aparición de grietas en un edificio puede tener varias causas. El más común de ellos puede ser un mal cálculo de la estructura. (www.blogrehabilitacionedificios.com, 2021)</p>	<p>Las variables denominadas rigidez, altura y agrietamiento serán analizadas en función de sus dimensiones e indicadores como es la configuración estructural, propiedades de materiales, sección y elementos estructurales con la utilización del software Etabs.</p>	Altura	Configuración estructural	Razón
			Rigidez	Propiedad de materiales Propiedades de la sección Propiedades del elemento estructural	Razón
			Agrietamientos	Cortante basal Derivas Momentos y cortantes	Razón
Periodo fundamental de vibración	<p>Parámetro principal para poder diseñar sísmicamente una estructura. Para el caso de edificaciones que ya existen es corresponde a un valor capaz de poder hallar las condiciones más actuales en cuanto a seguridad estructural. Particularmente para la estimación del periodo fundamental los códigos de construcción proveen fórmulas que son empíricas, estas expresiones se sustentan en los registros que sufren los edificios durante el movimiento que experimenta el suelo a través de modelos por elementos finitos. (Peralta Gálvez, Sánchez Tizapa y Arroyo Matus, 2015)</p>	<p>La variable denominada periodo fundamental de vibración se analizará en relación a sus dimensiones como es la en este caso los edificios, aporticado y dual que a su vez se dividirá en sus correspondientes indicadores para luego ser ingresados y analizados también en el software Etabs.</p>	Sistema aporticado	vigas	Razón
				Columnas	Razón
				Placas	Razón
			Sistema dual	Vigas	Razón
				Columnas	Razón
				placas	Razón

A.2 Matriz de consistencia

Tabla 18: Matriz de consistencia

Título: Rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio porticado y dual Nuevo Chimbote 2021

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de valoración
¿De qué manera influye la modificación de la rigidez, altura y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021?	Determinar la influencia de la modificación de la rigidez, altura y el agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración en edificios aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021.	La modificación de la rigidez, altura y agrietamiento influyen significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021	Modificación de Rigidez, altura y agrietamiento	Altura	Configuración estructura	Software etabs Norma E0.20 Norma E0.30 Norma E0.60	Razón
				Rigidez	Propiedad de materiales Propiedades de la sección Propiedades del elemento estructural		Razón
				Agrietamientos	Cortante basal Derivas Momentos y cortantes		Razón
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de valoración
¿En qué medida la modificación de la rigidez influye en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021?	Determinar como la modificación de la rigidez influye en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021	La modificación de la rigidez influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021	Periodo fundamental de vibración	Sistema aporticado	vigas	Planos Predimensionamiento Software Etabs Excel	Razón
					Columnas		Razón
¿En qué medida la modificación de la altura influye en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021?	Determinar como la modificación de la altura influye en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021	La modificación de la altura influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021	Periodo fundamental de vibración	Sistema dual	Placas	Norma E0.20 Norma E0.30 Norma E0.60	Razón
¿En qué medida la modificación de factores de agrietamiento influye en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021?	Determinar como la modificación de factores de agrietamiento influyen en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021	La modificación de la altura influye significativamente en el cálculo del periodo fundamental vibración en edificio aporticado y dual, Nuevo Chimbote 2021			Vigas		Razón
					Columnas		Razón
					placas		Razón

A.3 Desarrollo del estudio

1. Edificio con Sistema aporticado

1.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación está ubicado entre la Avenida Pacifico y Jirón Samanco, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Región Áncash.

Figura 1: Ubicación geográfica



Fuente: Elaboración propia-Google earth

Figura 2: Ubicación de la edificación



Fuente: Elaboración propia-Google Earth

Figura 3: Zonificación del suelo Ancash



Fuente: Norma Técnica E.030

1.2 Descripción del edificio

Para el desarrollo de la presente tesis se ha usado como dato para el modelamiento; el plano de arquitectura de la tesis realizada por **(Chávez Aguirre, 2016)**. La estructura es un centro de salud (clínica A2) de sistema aporticado al cual posteriormente se le generará adición de rigidez mediante elementos de corte (placas), en la tesis la edificación es de 05 niveles pero para el presente estudio será proyectado a 10 niveles el área sumatoria entre los dos edificios de 1440 m² el analizado solo será una edificación con un área de 720 m² y por consecuencia la otra estructura tendrá el mismo resultado tanto en análisis como en diseño. La estructura analizada tendrá una altura de entrepiso de 5 m primer nivel y 3.50 m hasta el último nivel dando un total en altura de 36.50 m con referencia al nivel de terreno natural, el material predominante para la estructura de la presente tesis será de concreto armado.

La estructura comprende:

Un área en planta de 24 m x 30 m = 720 m², teniendo la siguiente distribución arquitectónica:

Primer nivel: Recepción, farmacia, emergencia, tópico, secretarías y consultorios.

Segundo nivel: Habitaciones, oficinas médicas y enfermería.

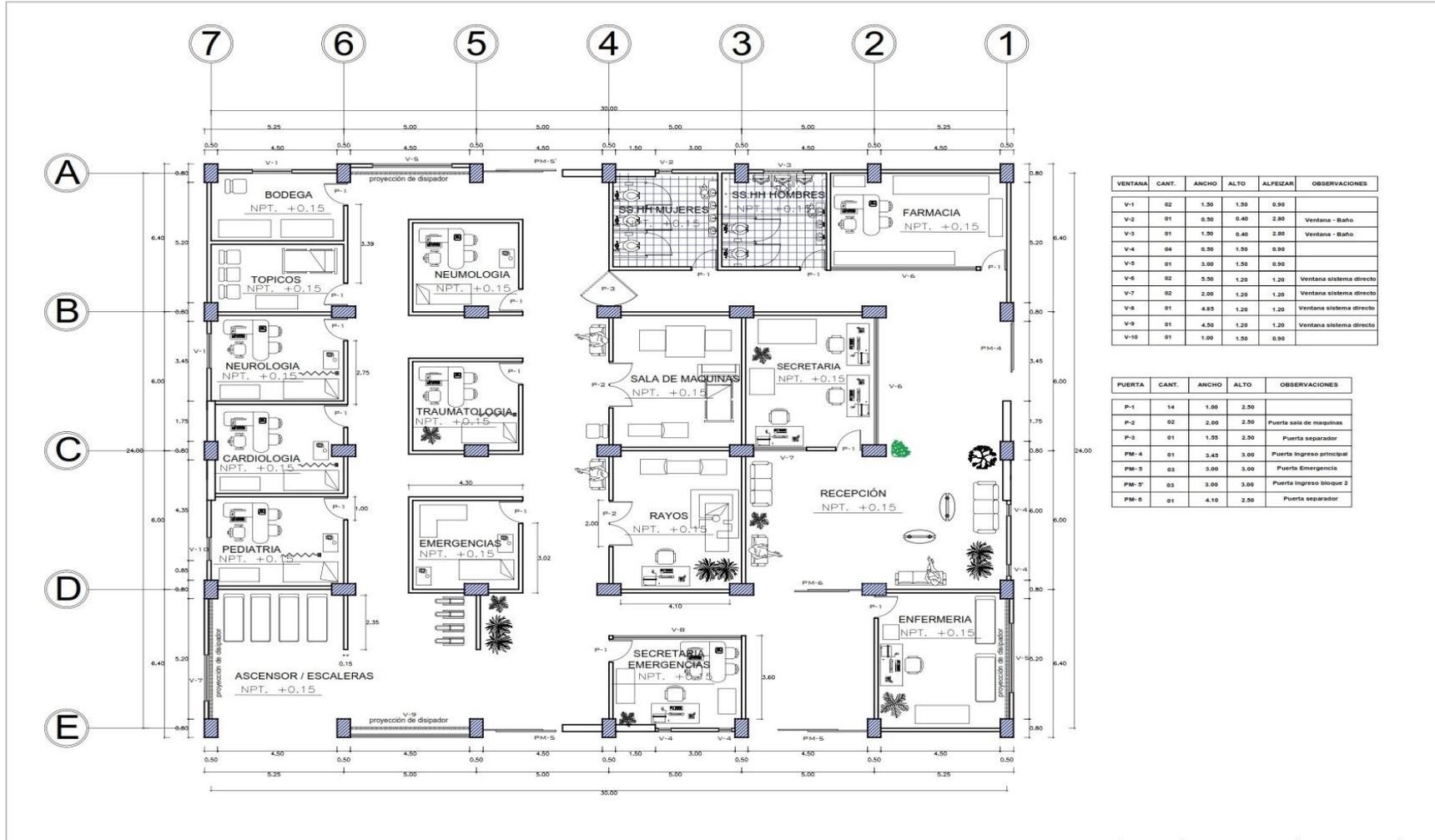
Tercer nivel: sala de operaciones, habitaciones, oficinas y enfermería.

Cuarto nivel: Habitaciones, cuidados intensivos, sala de reuniones, laboratorios y oficinas de directivos.

Quinto nivel al décimo nivel: Especialistas, psicología, director general, rehabilitación, terapia, comedor y cocina.

Cabe indicar que la caja de ascensor y escalera es una estructura autoportante independiente del edificio en análisis, dicha estructura no forma parte del desarrollo de la presente tesis ya que no influye estructuralmente.

Figuras 4: Distribución arquitectónica del edificio del primer al decimo nivel



Fuente: (Chávez Aguirre, 2016)

1.3 Materiales

Tabla 19: Propiedades de los materiales

Tipo	Descripción	Sistema estructural
		Aporticado
Materiales	Resistencia del concreto ($F'c$)	280 kg/cm ²
	Módulo de elasticidad (E)	250998.007960223
	Esfuerzo de fluencia del acero ($F'y$)	4200 kg/cm ²
	Peso unitario del concreto	2400 kg/m ³
	Módulo de Poisson	0.2

Fuente: Elaboración propia

1.4 Predimensionamiento de elementos estructurales

Para el presente trabajo tuvimos como guía al libro de Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado de (Blanco Blasco, 1994), el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020) y el (American concrete Institute, 2019).

1.4.1 Vigas

Este viene a hacer un elemento estructural que tiene la propiedad de recibir y de soportar las cargas procedentes de la losa y luego transferirlos inmediatamente a las columnas, placas o muros portantes, pero todo ellos dependen del sistema estructural usado. Según la norma indica que 25 cm es el ancho mínimo y no puede ser mayor al de la columna.

Tabla 20: Factores de predimensionamiento

W_s/C	α
$S/C \leq 200$ kg/m ²	12
$200 \leq S/C \leq 350$ kg/m ²	11
$350 \leq S/C \leq 600$ kg/m ²	10
$600 \leq S/C \leq 750$ kg/m ²	9

Fuente: (Oviedo Sarmiento, 2016)

1.4.1.1 Peralte de la viga

El presente trabajo de tesis corresponde a una edificación de categoría A por lo tanto se usará una sobre carga que se encuentra entre los 350 y de 600 kg/m².

$$h = \frac{L}{10}$$

$$h = \frac{L}{10} = \frac{6.00 \text{ m}}{10} = 0.6 \text{ m} \cong 0.60 \text{ m}$$

1.4.1.2 Ancho de viga

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

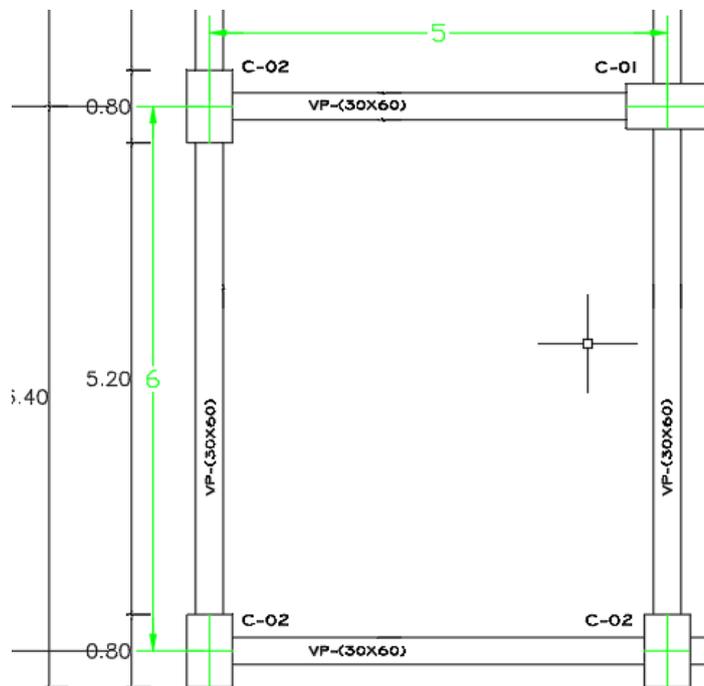
$$h = \frac{0.60 \text{ m}}{2} = 0.30 \text{ m}$$

1.4.2 Losas

En el caso del Predimensionamiento de losas en dos direcciones se usó lo indicado por (American concrete Institute, 2019, p. 106).

1.4.2.1 Losa aligerada en dos direcciones

Figuras 5: Luz más crítica del sistema aporticado



Fuente: Elaboración propia

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{fy}{14000}\right)}{36 + 9\beta}$$

Donde:

Luz mayor: 6.00 m

Luz menor: 5.00 m

B: Relación entre las longitudes

h: Peralte mínimo

$$h = \frac{6 \left(0.8 + \frac{4200}{14000}\right)}{36 + 9 * \frac{6}{5}} = 0.24 \cong 0.25 \text{ m}$$

El espesor a considerarse será de 0.25 m

1.4.3 Columnas

Para este caso se usará la carga axial en servicio utilizando las siguientes formulas del ingeniero (Blanco Blasco, 1994).

Para el cálculo del predimensionamiento usaremos la siguiente tabla en base a la **(Norma E0.30, 2020)**.

Tabla 21: Cargas según tipo de edificación

Categoría de la edificación	Cargas (kg/m ²)
Categoría A	1500
Categoría B	1300
Categoría C	1000
Categoría D	Criterio de proyectista

También para estimar el peso del servicio se usó la siguiente fórmula:

$$P_{servicio} = P * A * N$$

P: carga según tipo de edificación

A: Área tributaria

N: Número de pisos de la edificación

1.4.3.1 Columnas centradas

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * F'c}$$

1.4.3.2 Columnas excéntrica y esquinada

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 * F'c}$$

1.4.3.3 Predimensionamiento de columnas por área tributaria

Tabla 22: Predimensionamiento de columnas edificio aporticado

Tipo Columna	Área Trib. (m2)	Peso (kg/m2)	N° pisos	P servicio (kg)	f'c (kg/cm2)	Coef. Tipo Columna	Área Columna (cm2)	Área Min. Colum. (cm2)	condicion	a lado columna (cm)	Sección propuesta	Sección Final
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50

C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	40x40	50x45
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	45x45	50x45
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	45x45	50x45
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	45x45	50x45

Columna	Inercia de viga	Inercia de columna	División de inercias	Relación de inercia	condición
C1	312500.00	1487552.08	4.7602	1.2	VERDADERO
C2	312500.00	900000.00	2.8800	1.2	VERDADERO
C3	312500.00	468750.00	1.5000	1.2	VERDADERO

Fuente: Elaboración propia

1.4.4 Predimensionamiento de placas

Según el ingeniero (Blanco Blasco, 1994, p. 43) nos menciona que es difícil poder fijar un dimensionamiento para las placas puesto que como su principal función es absorber las fuerzas de sismo, mientras más abundantes o importantes sean tomaran un mayor porcentaje del cortante sísmico total, aliviando más a los pórticos. Si se considera edificaciones con solo pórticos se obtendrán deformaciones laterales muy importantes, lo cual no se recomienda, es por ello que se debe de combinar con placas y así obtener un balance adecuado en la distribución de esfuerzos controlando la flexibilidad de la edificación.

Se recomienda placas de 15 cm para edificios de pocos pisos y de 20, 25 o 30 cm en caso de edificios de más niveles; para el presente caso se usará placas de 10 cm, ya que solo queremos que absorba un porcentaje de la fuerza cortante.

2. Edificio con Sistema Dual

2.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación está ubicado entre la Avenida Pacifico y Jirón Samanco, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Región Áncash.

Figura 29: Ubicación



Fuente: Elaboración propia-Google earth

Figura 30: Ubicación de la edificación



Fuente: Elaboración propia-Google Earth

Figura 31: Zonificación del suelo de Ancash

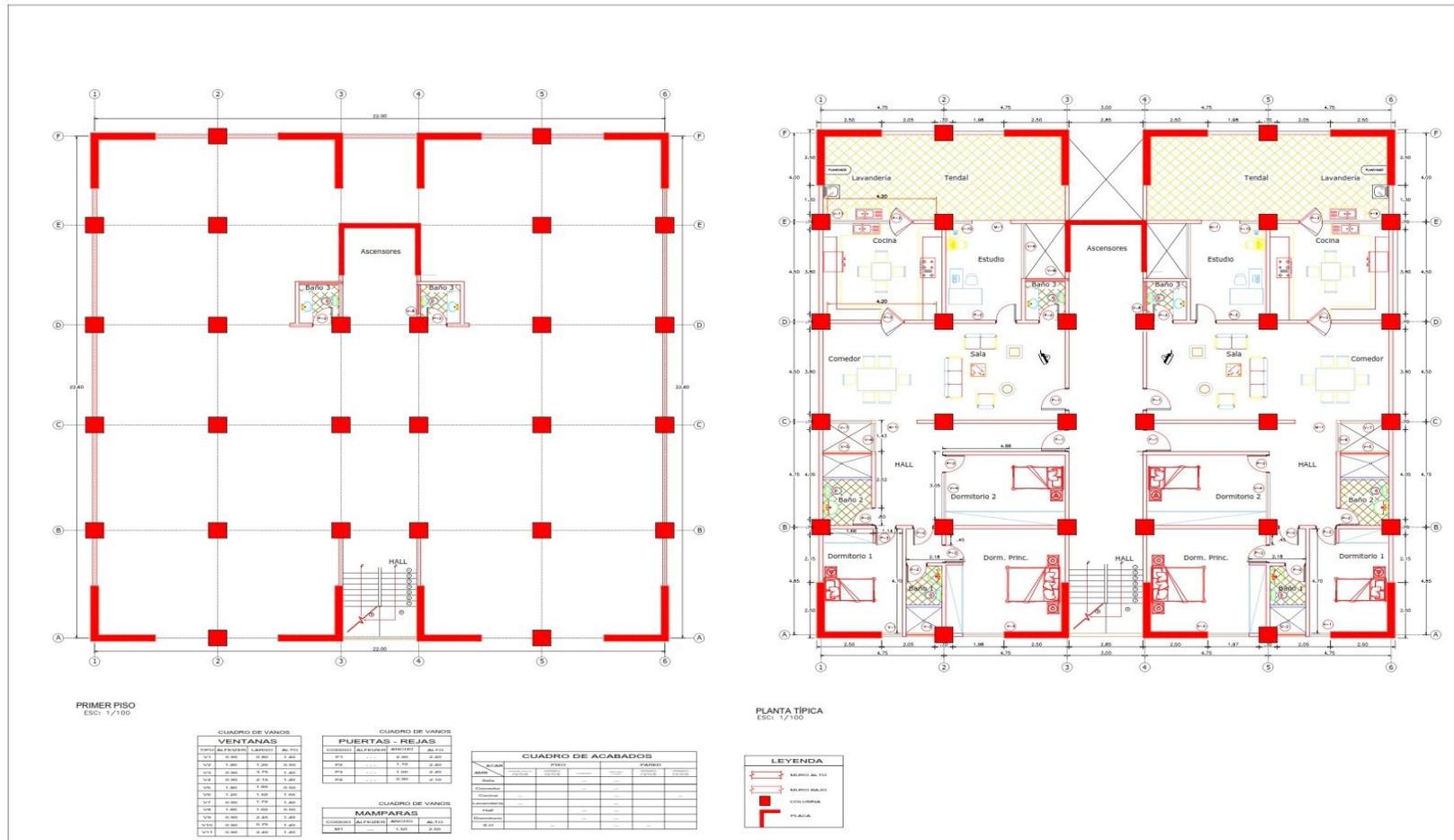


Fuente: (Norma E0.30, 2020)

2.2 Descripción del edificio dual

Para el desarrollo de la presente tesis se ha utilizado el plano de arquitectura de la tesis propuesta por la cual corresponde a una edificación multifamiliar que tiene un área de 755.48 m². Consta de dos departamentos por piso y que a su vez tiene tres dormitorios, una sala, comedor, cocina y lavandería. Además, cuento con escalera y ascensor.

Figura 32: Plano arquitectónico edificio dual



Fuente: (Zavaleta Zelada, 2021)

2.3 Materiales

Tabla 23: Materiales a usarse en la presente investigación

Tipo	Descripción	Sistema estructural
		Aportado
Materiales	Resistencia del concreto ($F'c$)	280 kg/cm ²
	Módulo de elasticidad (E)	250998.007960223
	Esfuerzo de fluencia del acero ($F'y$)	4200 kg/cm ²
	Peso unitario del concreto	2400 kg/m ³
	Módulo de Poisson	0.2

Fuente: Elaboración propia

2.4 Predimensionamiento de elementos estructurales

Para el presente trabajo tuvimos como guía al libro de Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado de (Blanco Blasco, 1994), el (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2020) y el (American concrete Institute, 2019).

2.4.1 Vigas

Este viene a hacer un elemento estructural que tiene la propiedad de recibir y de soportar las cargas procedentes de la losa y luego transferirlos inmediatamente a las columnas, placas o muros portantes, pero todo ellos dependen del sistema estructural usado. Según la norma indica que 25 cm es el ancho mínimo y no puede ser mayor al de la columna.

Tabla 24: Factores para predimensionamiento

Ws/C	α
$S/C \leq 200$ kg/m ²	12
$200 \leq S/C \leq 350$ kg/m ²	11
$350 \leq S/C \leq 600$ kg/m ²	10
$600 \leq S/C \leq 750$ kg/m ²	9

Fuente: (Oviedo Sarmiento, 2016)

2.4.1.1 Peralte de viga

El presente trabajo de tesis corresponde a una edificación de categoría C por lo tanto se usará una sobre carga de 200 kg/m²

$$h = \frac{L}{10}$$

$$h = \frac{L}{10} = \frac{6 \text{ m}}{10} = 0.5454 \text{ m} \cong 0.60 \text{ m}$$

2.4.1.2 Base de viga

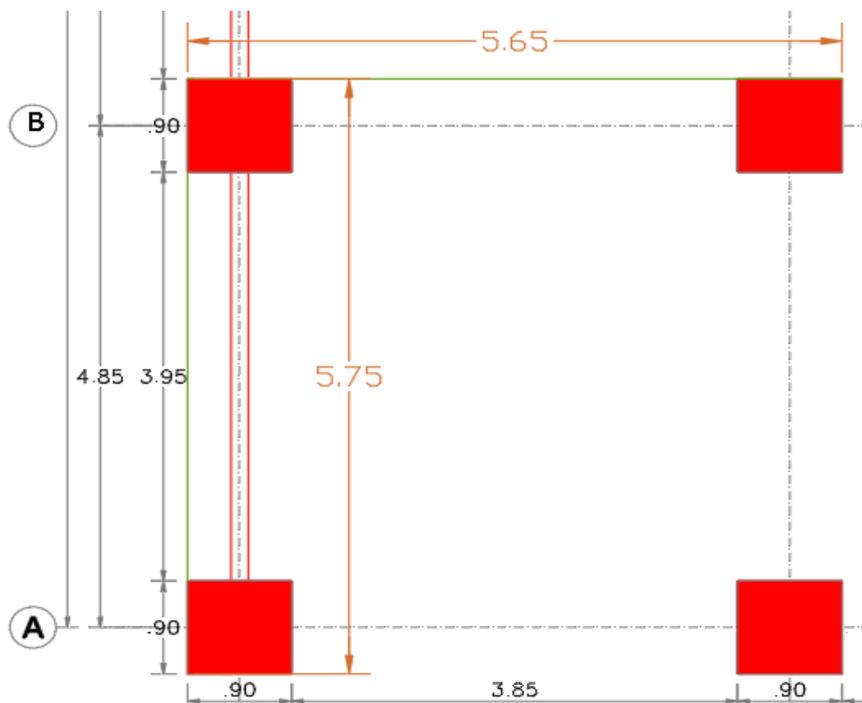
$$b = \frac{h}{2}$$

$$h = \frac{0.60 \text{ m}}{2} = 0.30 \text{ m}$$

2.4.2 Losa aligerada en dos direcciones

En el caso del Predimensionamiento de losas en dos direcciones se usó lo indicado por **(American concrete Institute, 2019, p. 106)**.

Figura 33: Luz crítica para predimensionar la losa aligerada



Fuente: Plano

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{fy}{14000}\right)}{36 + 9\beta}$$

Donde:

Luz mayor: 5.75 m

Luz menor: 5.65 m

B: Relación entre las longitudes

h: Peralte mínimo

$$h = \frac{5.75 \left(0.8 + \frac{4200}{14000}\right)}{36 + 9 * \frac{5.75}{5.65}} = 0.141 \cong 0.15m$$

El espesor a considerarse será de 0.25 m

2.4.3 Columnas

Para este caso se usará la carga axial en servicio utilizando las siguientes formulas del ingeniero (Blanco Blasco, 1994).

Para el calculo del predimensionamiento usaremos la siguiente tabla en base a la **(Norma E0.30, 2020)**.

Tabla 25: Cargas según tipo de edificación

Categoría de la edificación	Cargas (kg/m ²)
Categoría A	1500
Categoría B	1300
Categoría C	1000
Categoría D	Criterio de proyectista

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

También para estimar el peso del servicio se usó la siguiente formula:

$$P_{servicio} = P * A * N$$

P: carga según tipo de edificación

A: Área tributaria

N: Número de pisos de la edificación

2.4.3.1 Columnas centradas

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * F'c}$$

2.4.3.2 Comunas excéntrica y esquinada

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 * F'c}$$

Tabla 26: Cuadro de Predimensionamiento de columnas

Tipo Columna	Área Trib. (m2)	Peso (kg/m2)	N° pisos	P servicio (kg)	f'c (kg/cm2)	Coef.	Área Columna (cm2)	Área Mín. Colum. (cm2)	validación	a lado columna (cm)	Sección propuesta	Sección Final
C1	22.80	1000	10	228000	280	0.45	1809.52	625.00	SI CUMPLE	42.54	45x45	60x50
C1	21.97	1000	10	219688	280	0.45	1743.56	625.00	SI CUMPLE	41.76	45x45	60x50
C1	21.38	1000	10	213750	280	0.45	1696.43	625.00	SI CUMPLE	41.19	45x45	60x50
C1	20.19	1000	10	201875	280	0.45	1602.18	625.00	SI CUMPLE	40.03	45x45	60x50
C1	18.60	1000	10	186000	280	0.45	1476.19	625.00	SI CUMPLE	38.42	45x45	60x50
C1	17.92	1000	10	179219	280	0.45	1422.37	625.00	SI CUMPLE	37.71	45x45	60x50
C1	17.44	1000	10	174375	280	0.45	1383.93	625.00	SI CUMPLE	37.20	45x45	60x50
C1	16.47	1000	10	164688	280	0.45	1307.05	625.00	SI CUMPLE	36.15	45x45	60x50
C1	22.80	1000	10	228000	280	0.45	1809.52	625.00	SI CUMPLE	42.54	45x45	60x50
C1	21.97	1000	10	219688	280	0.45	1743.56	625.00	SI CUMPLE	41.76	45x45	60x50
C1	21.38	1000	10	213750	280	0.45	1696.43	625.00	SI CUMPLE	41.19	45x45	60x50
C1	20.19	1000	10	201875	280	0.45	1602.18	625.00	SI CUMPLE	40.03	45x45	60x50
C1	18.60	1000	10	186000	280	0.45	1476.19	625.00	SI CUMPLE	38.42	45x45	60x50
C1	17.92	1000	10	179219	280	0.45	1422.37	625.00	SI CUMPLE	37.71	45x45	60x50
C1	17.44	1000	10	174375	280	0.45	1383.93	625.00	SI CUMPLE	37.20	45x45	60x50
C1	16.47	1000	10	164688	280	0.45	1307.05	625.00	SI CUMPLE	36.15	45x45	60x50
C2	10.0938	1000	10	100938	280	0.35	1029.98	625.00	SI CUMPLE	32.09	40x40	50x50
C2	10.6875	1000	10	106875	280	0.35	1090.56	625.00	SI CUMPLE	33.02	40x40	50x50
C2	10.9844	1000	10	109844	280	0.35	1120.86	625.00	SI CUMPLE	33.48	40x40	50x50
C2	11.4	1000	10	114000	280	0.35	1163.27	625.00	SI CUMPLE	34.11	40x40	50x50
C2	10.0938	1000	10	100938	280	0.35	1029.98	625.00	SI CUMPLE	32.09	40x40	50x50
C2	10.6875	1000	10	106875	280	0.35	1090.56	625.00	SI CUMPLE	33.02	40x40	50x50
C2	10.9844	1000	10	109844	280	0.35	1120.86	625.00	SI CUMPLE	33.48	40x40	50x50

C2	11.4	1000	10	114000	280	0.35	1163.27	625.00	SI CUMPLE	34.11	40x40	50x50
C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C3	4.75	1000	10	47500	280	0.35	484.69	625.00	NO CUMPLE	22.02	30x30	50x45
C3	4.75	1000	10	47500	280	0.35	484.69	625.00	NO CUMPLE	22.02	30x30	50x45
C3	5.7594	1000	10	57594	280	0.35	587.69	625.00	NO CUMPLE	24.24	30x30	50x45
C3	5.7594	1000	10	57594	280	0.35	587.69	625.00	NO CUMPLE	24.24	30x30	50x45

Columna	Inercia de viga	Inercia de columna	División de inercias	Relación de inercia	condición
C1	312500.00	900000.00	2.8800	1.2	VERDADERO
C2	312500.00	520833.33	1.6667	1.2	VERDADERO
C3	312500.00	468750.00	1.5000	1.2	VERDADERO

2.5 Placas

Según el ingeniero (**Blanco Blasco, 1994, p. 43**) nos menciona que es difícil poder fijar un dimensionamiento para las placas puesto que como su principal función es absorber las fuerzas de sismo, mientras más abundantes o importantes sean tomarán un mayor porcentaje del cortante sísmico total, aliviando más a los pórticos. Si se considera edificaciones con solo pórticos se obtendrán deformaciones laterales muy importantes, lo cual no se recomienda, es por ello que se debe de combinar con placas y así obtener un balance adecuado en la distribución de esfuerzos controlando la flexibilidad de la edificación.

Se recomienda placas de 15 cm para edificios de pocos pisos y de 20, 25 o 30 cm en caso de edificios de más niveles; para el presente caso se usará placas de 30 cm.

A.4 Instrumento: Formato de datos de ingresos al software



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Instrumento: Formato de datos de ingresos al software

1. Datos generales

1.1 Título: Rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio porticado y dual Nuevo Chimbote 2021.

1.2 Autor: Estrada Nuñez Gilmer Isaias
Milver Eladio Nuñez Calle

1.3 Asesor: Mgtr. Contreras Velásquez José Antonio

1.4 Línea de investigación: Diseño sísmico y estructural

1.5 Ubicación general:

Región: Ancash

Provincia: Santa

Distrito: Distrito de Nuevo Chimbote

1.6 Ubicación específica:

Edificio Sistema Dual

El edificio materia del presente estudio estará ubicado en la urbanización Los Delfines Mz G lote 18, como referencia se tiene que la edificación se ubicara directamente a dos cuadras de la Panamericana Norte.

La edificación tiene las siguientes dimensiones:

Ancho = 22.00 m

Largo = 22.6.00 m

Área = 497.20 m

Altura = 32.00 m desde el nivel de zapata, primer piso 5m y el resto a 3 m

Edificio Sistema Aporticado

El edificio materia del presente estudio estará ubicado en la urbanización Buenos Aires II etapa, como referencia se tiene que la edificación se ubicara directamente en frente del jardín TRAVESURAS y el área general al costado de las instalaciones de MARFEST.

La edificación tiene las siguientes dimensiones:

Ancho = 30.00 m

Largo = 24.00 m

Área = 720 m

Altura = 36.50 m desde el nivel de zapata, primer nivel a 5 m y el resto de niveles a 3.5



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

1.7 Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo descriptiva.

1.8 Duración de la investigación

04 meses

1.9 Diseño de la investigación

La investigación tuvo un diseño no experimental debido a que las variables Altura, rigidez y agrietamiento serán incluidas únicamente considerando variaciones de estos, dichas variaciones fueron realizados con la ayuda del programa computacional ETABS.

Muestra

Dos modelos de edificaciones uno de sistema aporticado y otro de sistema dual tipo I.

Variable independiente

Altura, rigidez y agrietamiento

Variable dependiente

Periodo fundamental de vibración

2. Parámetros estructurales

2.1 Sistema Dual

2.1.1 Elementos estructurales

2.1.1.1 Vigas

De acuerdo a la (Norma E0.30, 2020; Blanco Blasco, 1994) este viene a hacer un elemento estructural que tiene la propiedad de recibir y de soportar las cargas procedentes de la losa y luego transferirlos inmediatamente a las columnas, placas o muros portantes, pero todo ellos dependen del sistema estructural usado. Según la norma indica que 25 cm es el ancho mínimo y no puede ser mayor al de la columna.

Peralte de la viga

$$h = \frac{l}{10}$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

$$h = \frac{L}{10} = \frac{4.85 \text{ m}}{10} = 0.485 \text{ m} \cong 0.60 \text{ m}$$

Ancho de viga

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

$$h = \frac{0.50 \text{ m}}{2} = 0.25 \text{ m} \cong 0.30 \text{ m}$$

2.1.1.2 Losa aligerada en dos direcciones

En el caso del predimensionamiento de losas en dos direcciones se usó lo indicado por (American concrete Institute, 2019, p. 106).

Aligerada en dos direcciones

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{fy}{14000}\right)}{36 + 9\beta}$$

Donde:

Luz mayor: 3.95 m

Luz menor: 3.85 m

B: Relación entre las longitudes

h: Peralte mínimo

$$h = \frac{3.95 \left(0.8 + \frac{4200}{14000}\right)}{36 + 9 * \frac{3.95}{3.85}} = 0.094 \cong 0.25 \text{ cm}$$

El espesor a considerarse será de 0.25 m

2.1.1.3 Columnas



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Para este caso se usará la carga axial en servicio utilizando las siguientes formulas del ingeniero (Blanco Blasco, 1994).

Para el cálculo del predimensionamiento usaremos la siguiente tabla en base a la (**Norma E0.30, 2020**).

Cargas según tipo de edificación

Categoría de la edificación	Cargas (kg/m ²)
Categoría A	1500
Categoría B	1300
Categoría C	1000
Categoría D	Criterio de proyectista

También para estimar el peso del servicio se usó la siguiente formula:

$$P_{servicio} = P * A * N$$

- P: carga según tipo de edificación
- A: Área tributaria
- N: Número de pisos de la edificación

Columnas centradas

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * F'_c}$$

Comunas excéntrica y esquinada

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * F'_c}$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Predimensionamiento de columnas por área tributaria

Tipo Columna	Área Trib. (m ²)	Peso (kg/m ²)	N° pisos	P servicio (kg)	Fc (kg/cm ²)	Coef.	Área Columna (cm ²)	Área Mín. Columna (cm ²)	validación	Lado columna (cm)	Sección propuesta	Sección Final
C1	22.80	1000	10	228000	280	0.45	1809.52	625.00	SI CUMPLE	42.54	45x45	60x50
C1	21.97	1000	10	219688	280	0.45	1743.56	625.00	SI CUMPLE	41.76	45x45	60x50
C1	21.38	1000	10	213750	280	0.45	1696.43	625.00	SI CUMPLE	41.19	45x45	60x50
C1	20.19	1000	10	201875	280	0.45	1602.18	625.00	SI CUMPLE	40.03	45x45	60x50
C1	18.60	1000	10	186000	280	0.45	1476.19	625.00	SI CUMPLE	38.42	45x45	60x50
C1	17.92	1000	10	179219	280	0.45	1422.37	625.00	SI CUMPLE	37.71	45x45	60x50
C1	17.44	1000	10	174375	280	0.45	1383.93	625.00	SI CUMPLE	37.20	45x45	60x50
C1	16.47	1000	10	164688	280	0.45	1307.05	625.00	SI CUMPLE	36.15	45x45	60x50
C1	22.80	1000	10	228000	280	0.45	1809.52	625.00	SI CUMPLE	42.54	45x45	60x50
C1	21.97	1000	10	219688	280	0.45	1743.56	625.00	SI CUMPLE	41.76	45x45	60x50
C1	21.38	1000	10	213750	280	0.45	1696.43	625.00	SI CUMPLE	41.19	45x45	60x50
C1	20.19	1000	10	201875	280	0.45	1602.18	625.00	SI CUMPLE	40.03	45x45	60x50
C1	18.60	1000	10	186000	280	0.45	1476.19	625.00	SI CUMPLE	38.42	45x45	60x50
C1	17.92	1000	10	179219	280	0.45	1422.37	625.00	SI CUMPLE	37.71	45x45	60x50
C1	17.44	1000	10	174375	280	0.45	1383.93	625.00	SI CUMPLE	37.20	45x45	60x50
C1	16.47	1000	10	164688	280	0.45	1307.05	625.00	SI CUMPLE	36.15	45x45	60x50
C2	10.0938	1000	10	100938	280	0.35	1029.98	625.00	SI CUMPLE	32.09	40x40	50x50
C2	10.6875	1000	10	106875	280	0.35	1090.56	625.00	SI CUMPLE	33.02	40x40	50x50
C2	10.9844	1000	10	109844	280	0.35	1120.86	625.00	SI CUMPLE	33.48	40x40	50x50
C2	11.4	1000	10	114000	280	0.35	1163.27	625.00	SI CUMPLE	34.11	40x40	50x50
C2	10.0938	1000	10	100938	280	0.35	1029.98	625.00	SI CUMPLE	32.09	40x40	50x50
C2	10.6875	1000	10	106875	280	0.35	1090.56	625.00	SI CUMPLE	33.02	40x40	50x50
C2	10.9844	1000	10	109844	280	0.35	1120.86	625.00	SI CUMPLE	33.48	40x40	50x50
C2	11.4	1000	10	114000	280	0.35	1163.27	625.00	SI CUMPLE	34.11	40x40	50x50



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	7.75	1000	10	77500	280	0.35	790.82	625.00	SI CUMPLE	28.12	40x40	50x50
C2	9.5	1000	10	95000	280	0.35	969.39	625.00	SI CUMPLE	31.13	40x40	50x50
C3	4.75	1000	10	47500	280	0.35	484.69	625.00	NO CUMPLE	22.02	30x30	50x45
C3	4.75	1000	10	47500	280	0.35	484.69	625.00	NO CUMPLE	22.02	30x30	50x45
C3	5.7594	1000	10	57594	280	0.35	587.69	625.00	NO CUMPLE	24.24	30x30	50x45
C3	5.7594	1000	10	57594	280	0.35	587.69	625.00	NO CUMPLE	24.24	30x30	50x45

Columna	Inercia de viga	Inercia de columna	División de inercias	Relación de inercia	condición
C1	312500.00	900000.00	2.8800	1.2	VERDADERO
C2	312500.00	520833.33	1.6667	1.2	VERDADERO
C3	312500.00	468750.00	1.5000	1.2	VERDADERO



2.1.1.4 Placas

Según el ingeniero (**Blanco Blasco, 1994, p. 43**) nos menciona que es difícil poder fijar un dimensionamiento para las placas puesto que como su principal función es absorber las fuerzas de sismo, mientras más abundantes o importantes sean tomarán un mayor porcentaje del cortante sísmico total, aliviando más a los pórticos. Si se considera edificaciones con solo pórticos se obtendrán deformaciones laterales muy importantes, lo cual no se recomienda, es por ello que se debe de combinar con placas y así obtener un balance adecuado en la distribución de esfuerzos controlando la flexibilidad de la edificación.

Se recomienda placas de 15 cm para edificios de pocos pisos y de 20, 25 o 30 cm en caso de edificios de más niveles; para el presente caso se usará placas de 25 cm.

Aquí se usará placas de 30 cm.

2.2 Sistema aporticado

2.2.1 Vigas

Este viene a hacer un elemento estructural que tiene la propiedad de recibir y de soportar las cargas procedentes de la losa y luego transferirlos inmediatamente a las columnas, placas o muros portantes, pero todo ellos dependen del sistema estructural usado. Según la norma indica que 25 cm es el ancho mínimo y no puede ser mayor al de la columna.

Tabla 1: Factores para predimensionamiento

Ws/C	α
S/C ≤ 200 kg/m ²	12
200 ≤ S/C ≤ 350 kg/m ²	11
350 ≤ S/C ≤ 600 kg/m ²	10
600 ≤ S/C ≤ 750 kg/m ²	9

Fuente: (**Oviedo Sarmiento, 2016**)

2.2.1.1 Peralte de viga

El presente trabajo de tesis corresponde a una edificación de categoría A2 por lo tanto se usará una sobre carga de 300 kg/m²

$$h = \frac{l}{10}$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

$$h = \frac{L}{10} = \frac{6 \text{ m}}{10} = 0.60 \text{ m} \cong 0.60 \text{ m}$$

2.2.1.2 Base de viga

$$b = \frac{h}{2}$$
$$h = \frac{0.60 \text{ m}}{2} = 0.30 \text{ m}$$

2.2.2 Losas

En el caso del predimensionamiento de losas en dos direcciones se usó lo indicado por **(American concrete Institute, 2019, p. 106)**.

2.2.2.1 Losa aligerada en ambas direcciones

En el caso del predimensionamiento de losas en dos direcciones se usó lo indicado por **(American concrete Institute, 2019, p. 106)**.

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{fy}{14000}\right)}{36 + 9\beta}$$

Donde:

Luz mayor: 6 m

Luz menor: 5 m

B: Relación entre las longitudes

h: Peralte mínimo

$$h = \frac{6 \left(0.8 + \frac{4200}{14000}\right)}{36 + 9 * \frac{6}{5}} = 0.141 \cong 0.25 \text{ m}$$

El espesor a considerarse será de 25 cm

2.2.3 Columnas

Para este caso se usará la carga axial en servicio utilizando las siguientes formulas del ingeniero (Blanco Blasco, 1994).

Para el cálculo del predimensionamiento usaremos la siguiente tabla en base a la **(Norma E0.30, 2020)**.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Cargas según tipo de edificación

Categoría de la edificación	Cargas (kg/m ²)
Categoría A	1500
Categoría B	1300
Categoría C	1000
Categoría D	Criterio de proyectista

También para estimar el peso del servicio se usó la siguiente formula:

$$P_{servicio} = P * A * N$$

P: carga según tipo de edificación

A: Área tributaria

N: Número de pisos de la edificación

2.2.3.1 Columnas centradas

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * F'c}$$

2.2.3.2 Comunas excéntrica y esquinada

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 * F'c}$$



Cuadro de predimensionamiento de columnas por área tributaria

Tipo Columna	Area Trib. (m2)	Peso (kg/m2)	N° pisos	P servicio (kg)	Fc (kg/cm2)	Coef. Tipo Columna	Area Columna (cm2)	Area Min. Colum. (cm2)	condicion	a lado columna (cm)	Sección final	Seccion Final
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C1	30.00	1500	10	450000	280	0.45	3571.43	625.00	SI CUMPLE	59.76	60x60	65x65
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50



C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	16.5	1500	10	247500	280	0.35	2525.51	625.00	SI CUMPLE	50.25	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C2	17	1500	10	255000	280	0.35	2602.04	625.00	SI CUMPLE	51.01	55x55	60x50
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	40x40	50x45
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	45x45	50x45
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	45x45	50x45
C3	9.35	1500	10	140250	280	0.35	1431.12	625.00	SI CUMPLE	37.83	45x45	50x45



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Columna	Inercia de viga	Inercia de columna	División de inercias	Relación de inercia	condición
C1	312500.00	1487552.08	4.7602	1.2	VERDADERO
C2	312500.00	900000.00	2.8800	1.2	VERDADERO
C3	312500.00	468750.00	1.5000	1.2	VERDADERO



3. Estructuración

Se realizará en base al plano de planta y elevación.

4. Parámetros de modelado

Longitud: m

Fuerza: Tnf

Temperatura: C°

5. Definición de materiales

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Sistema estructural Dual y Aporticado</i>
<i>Materiales</i>	<i>Resistencia del concreto (F'c)</i>	<i>280 kg/cm2</i>
	<i>Módulo de elasticidad (E)</i>	<i>250998.007960223</i>
	<i>Esfuerzo de fluencia del acero (F'y)</i>	<i>4200 kg/cm2</i>
	<i>Peso unitario del concreto</i>	<i>2400 kg/m3</i>
	<i>Módulo de Poisson</i>	<i>0.2</i>

6. Definición de secciones

En este punto se ingresará las secciones de acuerdo a los valores producto del predimensionamiento de los elementos estructurales.

7. Cargas

7.1 Carga muerta

Peso propio: Calculado por el programa

Peso de acabados: 0.1 Tn/m²

Peso de tabiquería: 0.15 Tn/m²

Peso de losa: 0.35 Tn/m²

7.2 Carga viva

Sobrecarga entre piso: Para edificio Dual 0.20 Tn/m² y para edificio aporticado 0.30 Tn/m²

Sobre carga en azotea: 0.10 Tn/m²

7.3 Combinaciones de carga

Combinación 1: CM (Peso propio + Peso de acabados + Peso de tabiquería + Peso de losa)

Combinación 2: CV (Sobre carga de entepiso + Sobrecarga en azotea)

Combinación 3: Distorsión Estática por sismo en dirección X



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

- Combinación 4: Distorsión Estática por sismo en dirección Y
- Combinación 5: Distorsión Dinámica por sismo en dirección X
- Combinación 6: Distorsión Dinámica por sismo en dirección Y
- Combinación 7: 1.4CM+1.7CV
- Combinación 8: 1.25CM+1.25CV+CS
- Combinación 9: 1.25CM+1.25CV-CS
- Combinación 10: 0.9CM+CS
- Combinación 11: 0.9CM-CS

8. Parámetros sísmicos

8.1 Análisis sísmico estático

Se aplica la fórmula que nos brinda la (Norma E0.30, 2020).

Z: 0.45

U: 1.5 (A2) 1.0 (C)

C: 2.5

S: 1.05 (S2)

R: Dual 7 y pórtico 8

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

El peso se le dejara al software que lo metre, calcule y aplique multiplicando por el factor (V) que el tesista ingresara.

Sistema aporricado

$$V = \frac{0.45 * 1.5 * 2.5 * 1.05}{8} * P$$

Sistema dual

$$V = \frac{0.45 * 1.0 * 2.5 * 1.05}{7} * P$$

8.2 Análisis sísmico dinámico-modal espectral

Para el análisis sísmico modal espectral se aplicará la fórmula de la cortante con los mismos coeficientes del (ZUCS) para generar el espectro de respuesta con la diferencia y condición de que el factor de la gravedad (g) el tesista lo asignara al software.

Estimado validador, Alberto Walter Centurión Chávez

Me es grato dirigirme a usted para saludarle y a la vez solicitarle su colaboración como experto para validar el formato de ingreso de datos al software Etabs, dicho formato será aplicado en la presente TESIS, por cuanto considero que dichas observaciones por su parte serán de gran utilidad a este noble trabajo.

El presente instrumento tiene como objetivo recolectar información para esta investigación que actualmente se esta llevando a cabo y que lleva por titulo:

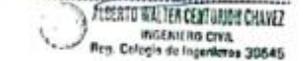
"RIGIDEZ, ALTURA, Y AGRIETAMIENTO EN EL CÁLCULO DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DE EDIFICIO PORTICADO Y DUAL NUEVO CHIMBOTE 2021"

El objeto principal radica en presentarla como un requisito fundamental para poder acceder al:

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

A fin de efectuar la validación del instrumento, Usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en la cual podrá elegir una, varias o ninguna, de acuerdo al criterio personal y profesional. Por otro lado, se le agradece cualquier sugerencia ya sea a la redacción, contenido, pertinencia y congruencia o quizá otro aspecto que usted considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte

Ing. Alberto Walter Centurión Chávez
CIP N° 39545

Escaneado con CamScanner

JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

INSTRUCCIONES

Marque con una equis "x" el aspecto cualitativo que le parece que cumple cada ítem, según los criterios que a continuación se detallan.

E = Excelente / B = Bueno / M = Mejorar / X = Eliminar / C = Cambiar

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

N°	ITEM	E	B	M	X	C	OBSERVACIONES
1	Datos generales		x				
2	Parámetros estructurales		x				
3	Parámetros para modelado		x				
4	Cargas		x				
5	Parámetros sísmicos		x				

Evaluado por:



ALBERTO WALTER CENTURIÓN CHÁVEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 39545

Ing. Alberto Walter Centurión Chávez
CIP N° 39545

Escaneado con CamScanner

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, **Alberto Walter Centurión Chávez** identificado con DNI N° 26621854 de profesión **Ingeniero Civil** con CIP N° 39545 y que actualmente ejerzo mi labor como ejecutor de obras.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Formato de ingreso de datos al software), para efecto de recopilar información necesaria para realizar el trabajo de investigación titulado: "Rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio porticado y dual Nuevo Chimbote – 2021".

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXELENTE
Congruencia de ítems			✓	
Amplitud de conocimiento			✓	
Redacción de ítems			✓	
Claridad y precisión			✓	
Pertinencia			✓	

En Nuevo Chimbote, a los 24 días del mes de septiembre del 2021.



Ing. Alberto Walter Centurión Chávez
CIP N° 39545

Escaneado con CamScanner

Estimado validador: **Ing. Raúl Gary Pacherez Guerrero**

Me es grato dirigirme a usted para saludarle y a la vez solicitarle su colaboración como experto para validar el formato de ingreso de datos al software Etabs, dicho formato será aplicado en la presente TESIS, por cuanto considero que dichas observaciones por su parte serán de gran utilidad a este noble trabajo.

El presente instrumento tiene como objetivo recolectar información para esta investigación que actualmente se esta llevando a cabo y que lleva por título:

"RIGIDEZ, ALTURA, Y AGRIETAMIENTO EN EL CÁLCULO DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DE EDIFICIO PORTICADO Y DUAL NUEVO CHIMBOTE 2021"

El objeto principal radica en presentarla como un requisito fundamental para poder acceder al:

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

A fin de efectuar la validación del instrumento, Usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en la cual podrá elegir una, varias o ninguna, de acuerdo al criterio personal y profesional. Por otro lado, se le agradece cualquier sugerencia ya sea a la redacción, contenido, pertinencia y congruencia o quizá otro aspecto que usted considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte



Ing. Raúl Gary Pacherez Guerrero
CIP N° 77036

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, **PACHERREZ GUERRERO RAUL GARY** identificado con DNI N° **16691855** de profesión **Ingeniero Civil** con CIP N° **77036** y que actualmente ejerzo mi labor como consultor de obras.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Formato de ingreso de datos al software), para efecto de recopilar información necesaria para realizar el trabajo de investigación titulado: "Rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio aporticado y dual Nuevo Chimbote – 2021".

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXELENTE
Congruencia de ítems			✓	
Amplitud de conocimiento			✓	
Redacción de ítems			✓	
Claridad y precisión			✓	
Pertinencia			✓	

En Nuevo Chimbote, a los 24 días del mes de septiembre del 2021.



Raul Gary Pacherez Guerrero
Re. CIP 77036

JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

INSTRUCCIONES

Marque con una equis "x" el aspecto cualitativo que le parece que cumple cada ítems, según los criterios que a continuación se detallan.

E = Excelente / B = Bueno / M = Mejorar / X = Eliminar / C = Cambiar

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

N°	ITEM	E	B	M	X	C	OBSERVACIONES
1	Datos generales		x				
2	Parámetros estructurales		x				
3	Parámetros para modelado		x				
4	Cargas		x				
5	Parámetros sísmicos		x				

Evaluado por:



Raul Gary Pacherez Guerrero
Re. CIP 77036

Estimado validador: **Ing. José Cerquin Gonzales**

Me es grato dirigirme a usted para saludarle y a la vez solicitarle su colaboración como experto para validar el formato de ingreso de datos al software Etabs, dicho formato será aplicado en la presente TESIS, por cuanto considero que dichas observaciones por su parte serán de gran utilidad a este noble trabajo.

El presente instrumento tiene como objetivo recolectar información para esta investigación que actualmente se esta llevando a cabo y que lleva por título:

“RIGIDEZ, ALTURA, Y AGRIETAMIENTO EN EL CÁLCULO DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DE EDIFICIO PORTICADO Y DUAL NUEVO CHIMBOTE 2021”

El objeto principal radica en presentarla como un requisito fundamental para poder acceder al:

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

A fin de efectuar la validación del instrumento, Usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en la cual podrá elegir una, varias o ninguna, de acuerdo al criterio personal y profesional. Por otro lado, se le agradece cualquier sugerencia ya sea a la redacción, contenido, pertinencia y congruencia o quizá otro aspecto que usted considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte



Ing. José Cerquin Gonzales
ING. CIVIL
CIP- 101402

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, **JOSE CERQUIN GONZALES** identificado con DNI N° **46763012** de profesión **Ingeniero Civil** con CIP N° 181803 y que actualmente ejerzo mi labor como ejecutor de obras.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Formato de ingreso de datos al software), para efecto de recopilar información necesaria para realizar el trabajo de investigación titulado: "Rigidez, altura, y agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración de edificio porticado y dual Nuevo Chimbote – 2021".

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXELENTE
Congruencia de ítems			✓	
Amplitud de conocimiento			✓	
Redacción de ítems			✓	
Claridad y precisión			✓	
Pertinencia			✓	

En Nuevo Chimbote, a los 24 días del mes de septiembre del 2021.


Ing. José Cerquín Gonzales
ING. CIVIL
CIP° 181803

JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

INSTRUCCIONES

Marque con una equis "x" el aspecto cualitativo que le parece que cumple cada ítems, según los criterios que a continuación se detallan.

E = Excelente / B = Bueno / M = Mejorar / X = Eliminar / C = Cambiar

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

						OBSERVACIONES
N°	ITEM	E	B	M	X	C
1	Datos generales		x			
2	Parámetros estructurales		x			
3	Parámetros para modelado		x			
4	Cargas		x			
5	Parámetros sísmicos		x			

Evaluado por:

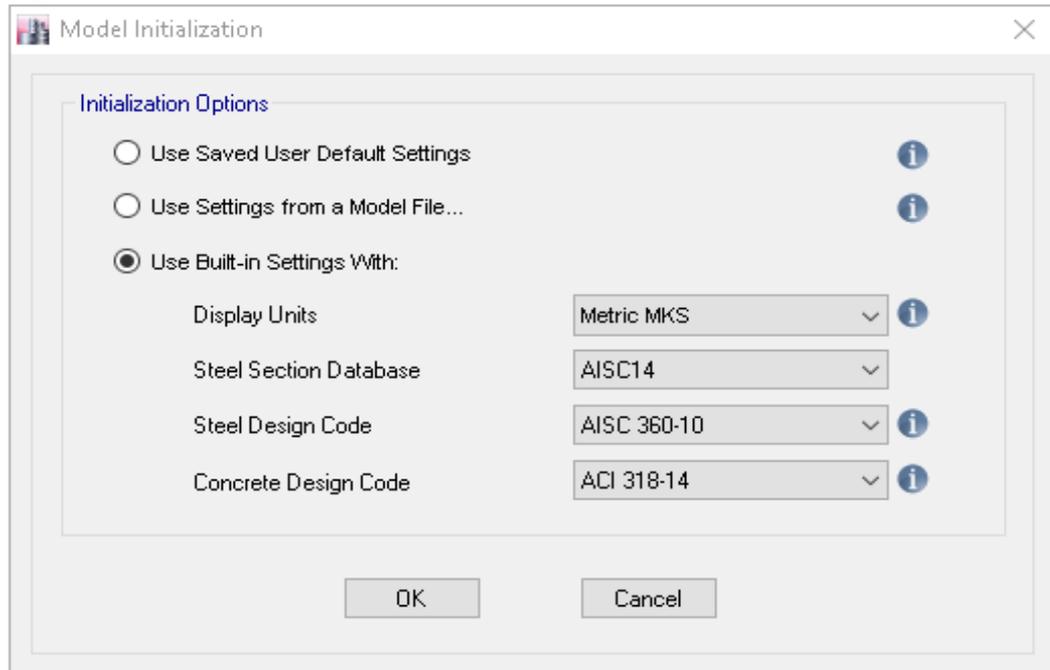

Mg. José Cequín González
ING. CIVIL
CIP. 101903

A.5 Modelamiento de edificio con sistema Dual y Aporticado

1. Edificio con Sistema Dual

1.1 Definición de parámetros para modelado edificio con sistema dual

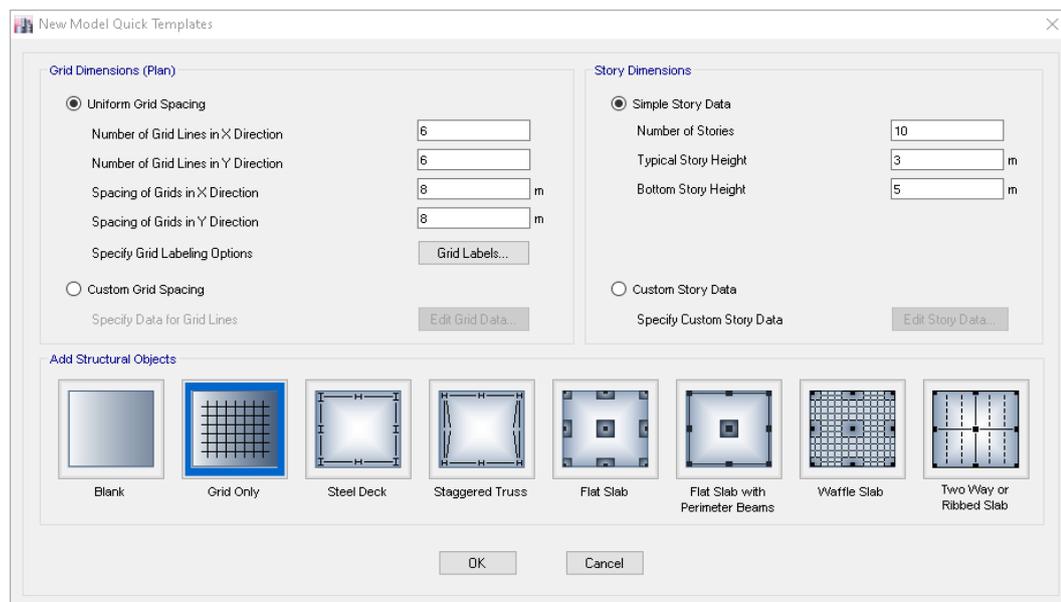
Figura 34: Definición de unidades de medida edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.2 Definición del modelo a usar de edificio con sistema dual

Figura 35: Ingreso de datos al software Etabs del edificio dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.3 Definición de las propiedades de los materiales a usar edificio con sistema dual

Figura 36: Fuerza de compresión del concreto para el edificio con sistema dual

Material Property Data

General Data

Material Name: F'c: 280 kg/cm

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Swatch] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 244.732 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 250998.01 kgf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 104582.5 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 37: Límite de fluencia del acero para el edificio con sistema dual

Material Property Data

General Data

Material Name: Fy: 4200 kg/cm2

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: 7850 kg/m³

Mass per Unit Volume: 800.477 kg-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2000000 kgf/m²

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...

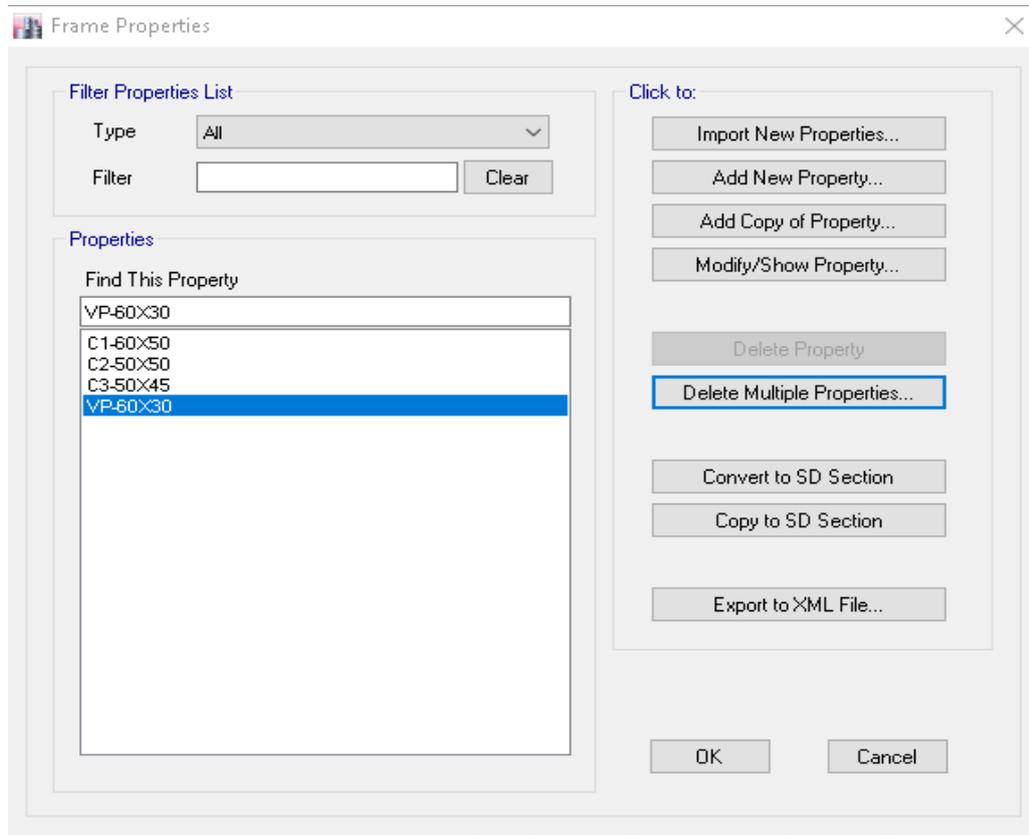
Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.4 Definición de secciones utilizarme en el modelo, como columnas, vigas, losas, caja de ascensor y losa para modelado de escalera del edificio con sistema dual

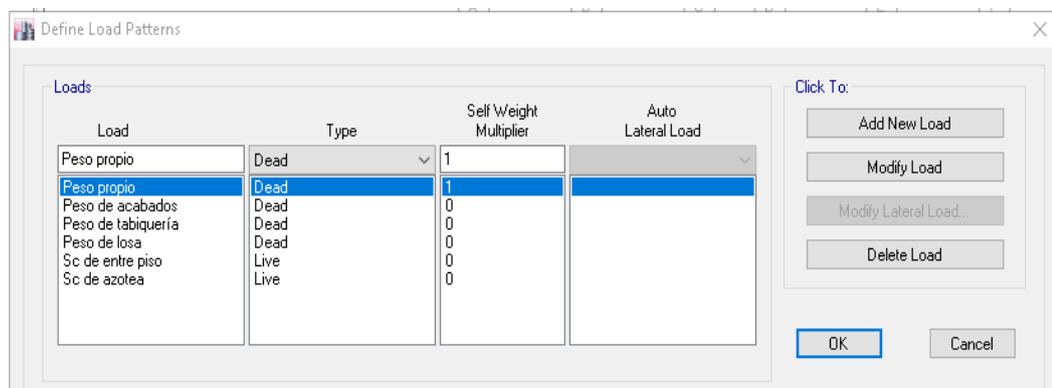
Figura 38: Definición inicial de secciones de acuerdo al predimensionamiento del edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.5 Definición de cargas a utilizarse en el modelo del edificio con sistema dual de acuerdo a la (Norma E0.20, 2020)

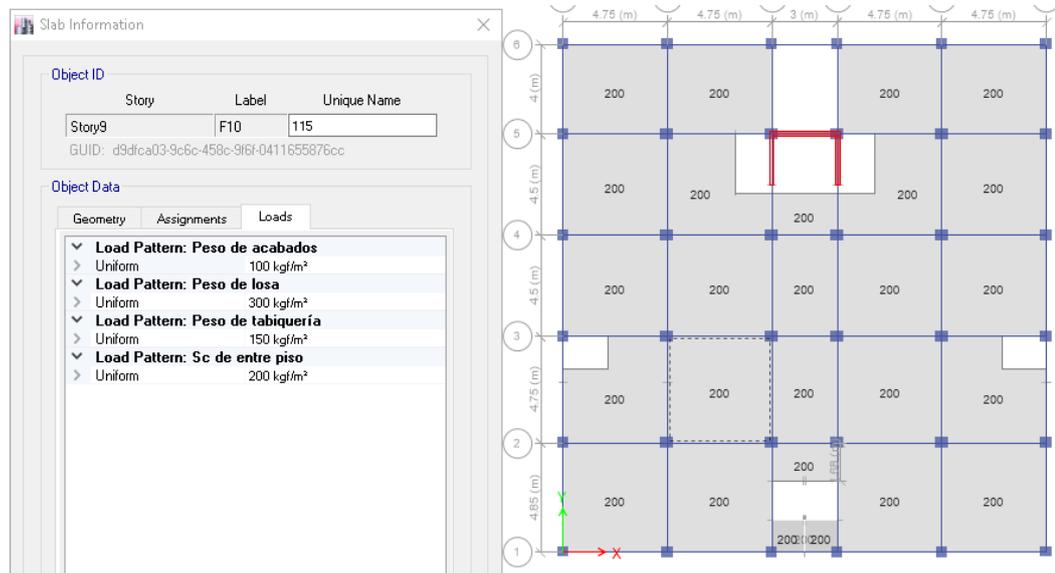
Figura 39: Definición de patrón de cargas de edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.6 Asignación de cargas edificio con sistema dual

Figura 40: Asignación de cargas de cargas en el edificio con sistema Dual



Fuente: Elaboración propia- Etabs

1.7 Cálculo de centro de masa y rigidez inicial de edificio con sistema dual

Tabla 27: Centro de masa y rigidez de edificio con sistema dual

<i>distancia</i>		5%	<i>distancia</i>		5%
<i>en x</i>	22	1.10	<i>en y</i>	22.6	1.13

TABLE: Centers of Mass and Rigidity													
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR	DIFERENCIAS	
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	m	m		
Story10	D1	29422.08	29422.08	10.9976	11.6412	29422.08	29422.08	10.9976	11.6412	10.9793	12.8518	0.02.....OK	-1.21 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story9	D1	31745.48	31745.48	11	11.3423	61167.55	61167.55	10.9988	11.4861	10.9792	13.1492	0.02.....OK	-1.66 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story8	D1	32192.01	32192.01	11	11.4437	93359.57	93359.57	10.9992	11.4715	10.9739	13.4176	0.03.....OK	-1.95 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story7	D1	32192.01	32192.01	11	11.4336	125551.58	125551.58	10.9994	11.4618	10.9723	13.6807	0.03.....OK	-2.22 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story6	D1	32192.01	32192.01	11	11.4437	157743.6	157743.6	10.9995	11.4581	10.9652	13.9666	0.03.....OK	-2.51 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story5	D1	32192.01	32192.01	11	11.4336	189935.61	189935.61	10.9996	11.4539	10.9619	14.2996	0.04.....OK	-2.85 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story4	D1	32192.01	32192.01	11	11.4437	222127.63	222127.63	10.9997	11.4524	10.9502	14.6991	0.05.....OK	-3.25 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story3	D1	32192.01	32192.01	11	11.4336	254319.64	254319.64	10.9997	11.4501	10.9432	15.187	0.06.....OK	-3.74 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story2	D1	32192.01	32192.01	11	11.4437	286511.66	286511.66	10.9997	11.4494	10.9217	15.7677	0.08.....OK	-4.32 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)
Story1	D1	34965.34	34965.34	11.0013	11.5091	321477	321477	10.9999	11.4559	10.96	16.3219	0.04.....OK	-4.87 NESECITA MUROS A ABAJO(//X)

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como indica la tabla de arriba, el mensaje nos dice que tenemos que agregar muros paralelos a X para controlar la rigidez, se debe tener en cuenta que, el análisis está siendo realizado solo con cargas de gravedad. Por consiguiente, procederemos a realizar el análisis sísmico estático.

1.8 Cálculo del periodo fundamental de vibración (T) para el edificio con sistema dual:

Para el presente calculo se usara lo indicado en la (Norma E0.30, 2020, p. 27):

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

Donde:

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

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

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

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

b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

$$T = \frac{32}{45} = 0.71 \text{ segundos}$$

1.9 Cálculo del periodo fundamental del suelo del edificio dual

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos se tiene que el q_a es igual a 1.50 kg/cm².

Tabla 28: Capacidad portante del suelo del edificio con sistema dual

Suelo		q_a (Kg/cm ²)
Roca dura	S 0	>6
Rígido	S 1	<3 y 6]
Intermedio	S 2	[1.2 y 3]
Flexible	S 3	<1.2

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

Del cuadro anterior podemos apreciar que el tipo de suelo es **Intermedio S2**.

Tabla 29: Periodo TP y TL para el edificio con sistema dual

	Perfil del suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

Del cuadro anterior se tiene que por ser un S2:

EL (**Tp**) Período que define la plataforma del factor C es igual a **0.60 segundos**.

1.10 Cálculo del periodo de sedencia del suelo TL para el edificio con sistema dual

En cuanto al cálculo del periodo de sedencia se tiene (**TL**) Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante es igual **2.0 segundos**.

1.11 Cálculo del coeficiente de ampliación sísmica C, art 14 de la (Norma E0.30, 2020)

Para nuestro caso tenemos que:

Tabla 30: Coeficiente de ampliación sísmica

Coeficiente de ampliación sísmica	
$T = T_p$	$C = 2.5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2.5 * \frac{T_p}{T}$
$T = T_L$	$C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$

Se tiene:

$$T = 0.71 \text{ s}$$

$$T_p = 0.60 \text{ s}$$

$$T_L = 2.00 \text{ s}$$

$$T_p < T < T_L \text{ por lo tanto } C = \frac{2.5T_p}{T}$$

$$0.6 < 0.71 < 2 \text{ por lo tanto } C = \frac{2.5 * 0.6}{0.71} = 2.11$$

Para el cálculo de **k** el cual corresponde al exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, se calcula de acuerdo a:

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

$$K = (0.75 + 0.5 * 0.71 \text{ s}) = 1.1056$$

1.12 Cálculo del facto de zona Z para el edificio con sistema dual

Tabla 31: Factor de zona para el edificio con sistema dual

Zona	Z
Zona 4	0.45
Zona 3	0.35
Zona 2	0.25
Zona 1	0.1

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

En nuestro caso el edificio materia de estudio está ubicado en la Zona 4.

$$Z = 0.45$$

1.13 Cálculo del factor de uso para el edificio con sistema dual

Tabla 32: Categoría de edificaciones y factor U

CATEGORIA	TIPO	FACTOR
Esencial	A	1.5
Importante	B	1.3
Común	C	1

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

Para nuestro caso por ser un edificio familiar pertenece a la categoría de tipo **C** cuyo factor es igual a 1.

1.14 Cálculo del factor del suelo S para el edificio con sistema dual

Tabla 33: Factor de suelo S para el edificio con sistema dual

SUELO	S0	S1	S2	S3
ZONA				
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

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

En nuestro caso se tiene un suelo intermedio, ubicado en una **Zona 4** por lo que le factor es:

$$S = 1.05$$

1.15 Cálculo del coeficiente básico de reducción Ro para el edificio con sistema dual pag21 de la (Norma E0.30, 2020).

Tabla 34: Sistemas estructurales para el coeficiente Ro del edificio con sistema dual

Sistema estructural	Coeficiente básico de Reducción Ro (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8

Concreto armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

Para el presente caso tenemos que la presente edificación será un edificio con sistema dual de concreto armado:

$$R_o = 7$$

1.16 Cálculo de la irregularidad en Planta del edificio con sistema dual

Por la configuración geométrica asumiremos que la irregularidad en planta será:

$$I_p = 1$$

1.17 Cálculo de la irregularidad en altura del edificio con sistema aporticado

Por su configuración geométrica asumiremos que:

$$I_a = 1$$

1.18 Cálculo del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para el edificio con sistema dual.

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente R_o determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9 de la **(Norma E0.30, 2020)**.

$$R = R_o * I_a * I_p$$

$$R = 7 * 1 * 1 = 7$$

Resumen:

$$Z : 0.45$$

$$U : 1.0$$

$$C : 2.11$$

$$S : 1.05$$

$$R : 7$$

1.19 Cálculo del coeficiente sísmico C_s para el edificio con sistema dual

Par el cálculo del coeficiente sísmico usaremos la siguiente formula:

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

$$C_s = \frac{0.45 * 1.0 * 2.109375 * 1.05}{7}$$

$$C_s = 0.14238$$

1.20 Verificación de la relación C/R para el edificio con sistema dual

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{2.109375}{7} \geq 0.11 \text{ entonces } 0.3013 \geq 0.11 \quad \text{ok}$$

1.21 Especificación de la masa sísmica:

Para el presente caso se usará lo especificado en la **(Norma E0.30, 2020, p. 25)**.

$$M = 100\%CM + \% CV$$

Tabla 35: Fuente de masa para cálculo del peso del edificio con sistema dual art. 26 de la **(Norma E0.30, 2020)**

<i>Peso propio</i>	<i>Programa Etabs</i>
<i>Peso de la losa</i>	<i>1</i>
<i>Acabados</i>	<i>1</i>
<i>Tabiquería</i>	<i>1</i>
<i>Cv entrepisos</i>	<i>0.25</i>
<i>Cv en azotea</i>	<i>0.25</i>

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

1.22 Determinación de desplazamientos laterales par el edificio con sistema dual

Estructuras regulares 75% de R

Estructuras Irregulares 100%de R

Para nuestro caso tenemos estructura que es **Regular** por lo tanto tenemos que la distorsión se la amplifica en:

Distorsión = 75% (7) = 5.25

1.23 Cálculo de las distorsiones estáticas en X para el edificio con sistema dual

Con los datos ya descritos procederemos a definir las cargas sísmicas estáticas luego la masa y finalmente hacer una combinación de cargas.

Figura 41: Carga sísmica en X definido por el usuario para el edificio con sistema dual

The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box. It is divided into three main sections: 'Direction and Eccentricity', 'Factors', and 'Story Range'.
- In the 'Direction and Eccentricity' section, the 'X Dir + Eccentricity' checkbox is checked. Other options like 'X Dir', 'Y Dir', and 'Y Dir + Eccentricity' are unchecked. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05.
- In the 'Factors' section, 'Base Shear Coefficient, C' is 0.14238 and 'Building Height Exp., K' is 1.10555556.
- In the 'Story Range' section, 'Top Story' is set to 'Story10' and 'Bottom Story' is set to 'Base'.
Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

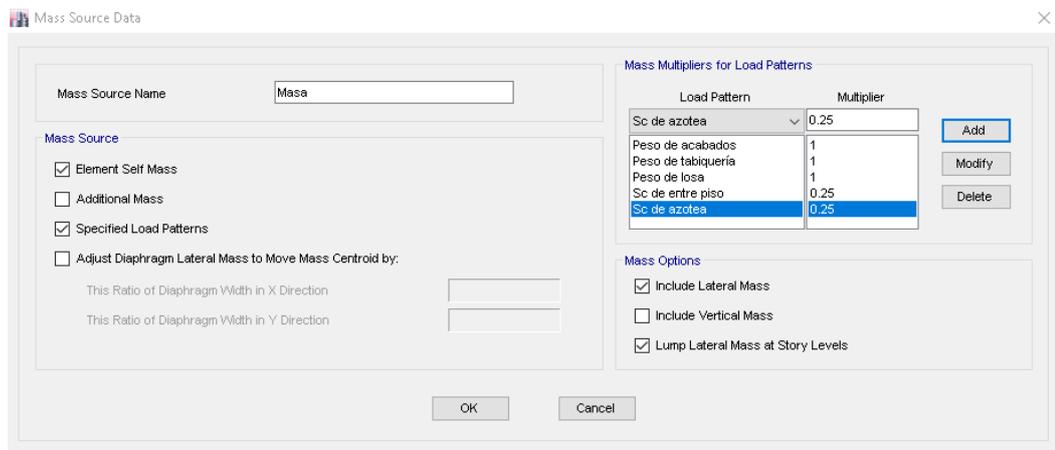
Fuente: Elaboración propia - Etabs

Figura 42: Carga sísmica en Y definido por el usuario para el edificio con sistema dual

The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box, similar to Figure 41 but for the Y-direction. In the 'Direction and Eccentricity' section, the 'Y Dir + Eccentricity' checkbox is checked, while 'X Dir + Eccentricity' is unchecked. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' remains at 0.05. The 'Factors' and 'Story Range' sections are identical to Figure 41, with 'Base Shear Coefficient, C' at 0.14238, 'Building Height Exp., K' at 1.10555556, 'Top Story' at 'Story10', and 'Bottom Story' at 'Base'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

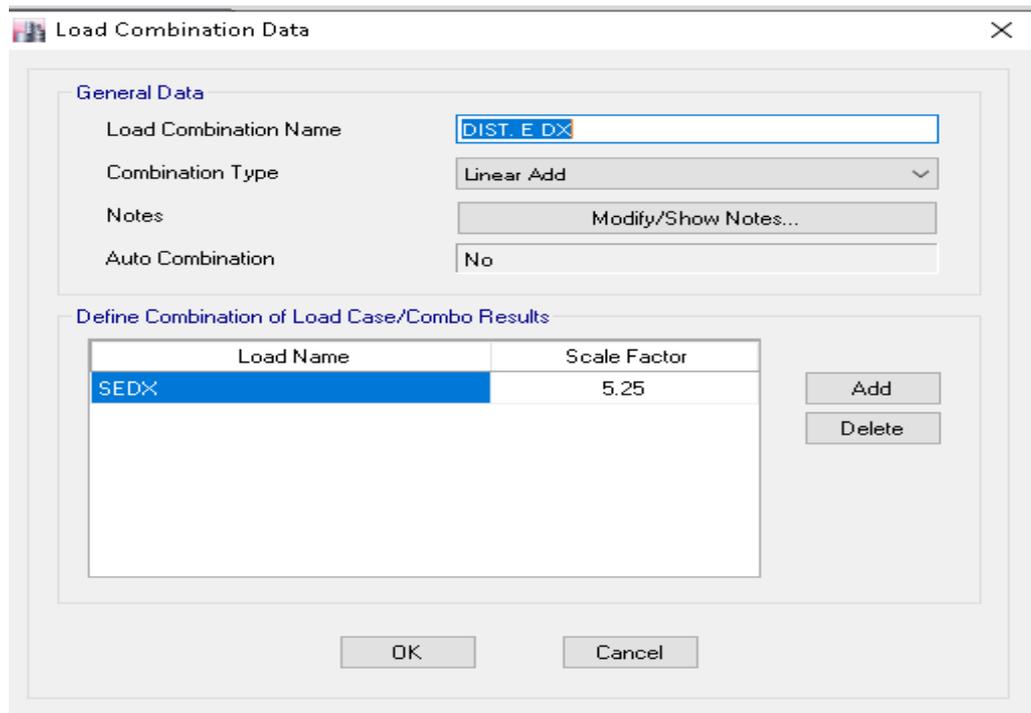
Fuente: Elaboración propia- Etabs

Figura 43: Fuente de masa para la estimación del peso del edificio con sistema dual



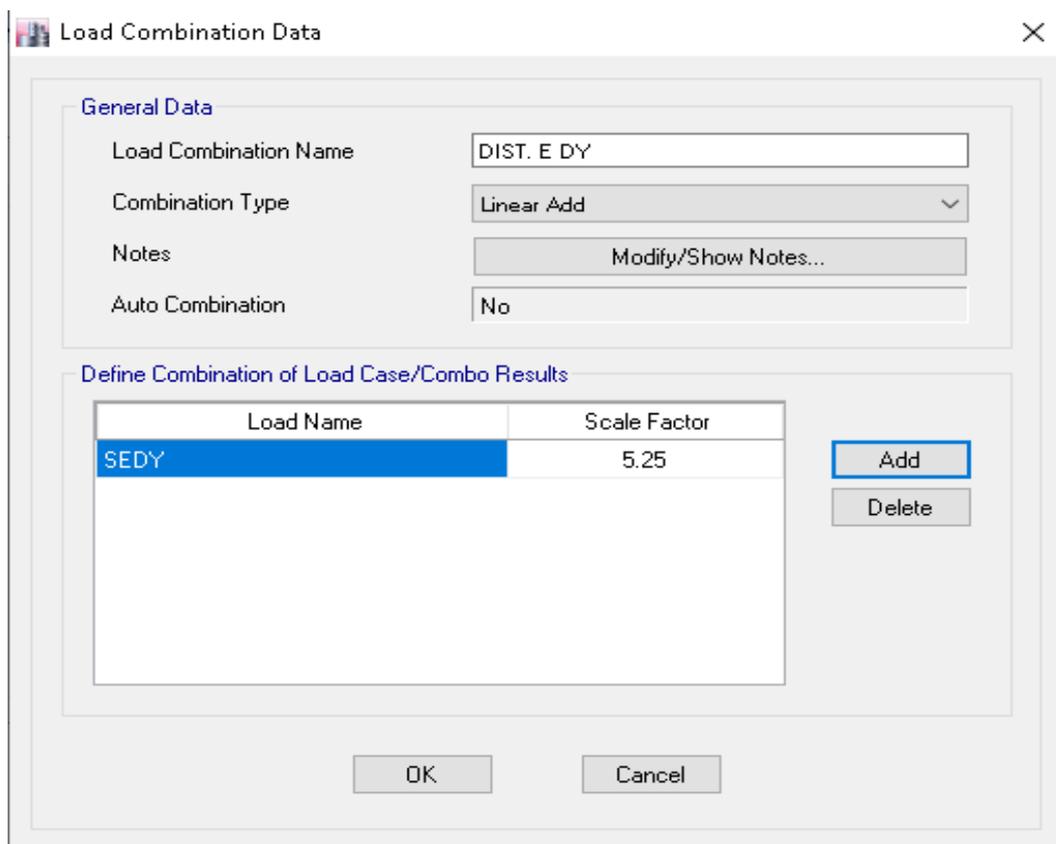
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 44: Distorsión estática en X para el edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia- Etabs

Figura 45: Distorsión estática en Y para el edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia - Etabs

Tabla 36: Distorsiones estáticas en Dirección X del edificio con sistema dual

<i>D istorsión o deriva estática en X</i>				
ESTATICA				
<i>Story</i>	<i>Load Case/Com bo</i>	<i>D irection</i>	<i>D rift</i>	<i>D istorsiones</i>
Story10	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.006438	0.0064<=0.007... Ok
Story9	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.007454	0.0075>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story8	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.008448	0.0084>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story7	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.009408	0.0094>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story6	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.010184	0.0102>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story5	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.010916	0.0109>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story4	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.011574	0.0116>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story3	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.012007	0.012>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story2	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.01266	0.0127>=0.007... .AGREGAR MUROS //X
Story1	<i>D ISTORSION EST XX</i>	X	0.01515	0.0152>=0.007... .AGREGAR MUROS //X

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 37: Distorsiones estáticas en Dirección Y del edificio con sistema dual

<i>D istorsión o deriva estática en Y</i>				
ESTATICA				
<i>Story</i>	<i>Load Case/Com bo</i>	<i>D irection</i>	<i>D rift</i>	<i>D istorsiones</i>
Story10	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.005275	0.0053<=0.007... Ok
Story9	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.00688	0.0069<=0.007... Ok
Story8	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.008641	0.0086>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y
Story7	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.010275	0.0103>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y
Story6	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.011695	0.0117>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y
Story5	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.012792	0.0128>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y
Story4	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.013578	0.0136>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y
Story3	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.013953	0.014>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y
Story2	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.01392	0.0139>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y
Story1	<i>D ISTORCION EST YY</i>	Y	0.010485	0.0105>=0.007... .AGREGAR MUROS //Y

Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.24 Análisis sísmico dinámico para el edificio con sistema dual

Para el caso del análisis dinámico, en primer lugar, se definió el espectro de respuesta, luego se definió el análisis modal, después se definió casos de carga y por último unas combinaciones de carga.

Para el caso del espectro de respuesta se tienen los siguientes datos

$Z=0.45$

$U=1.0$

$S=1.05$

$I_p=1.00$

$I_a=1.00$

$R_o=7$

$R_x=7$

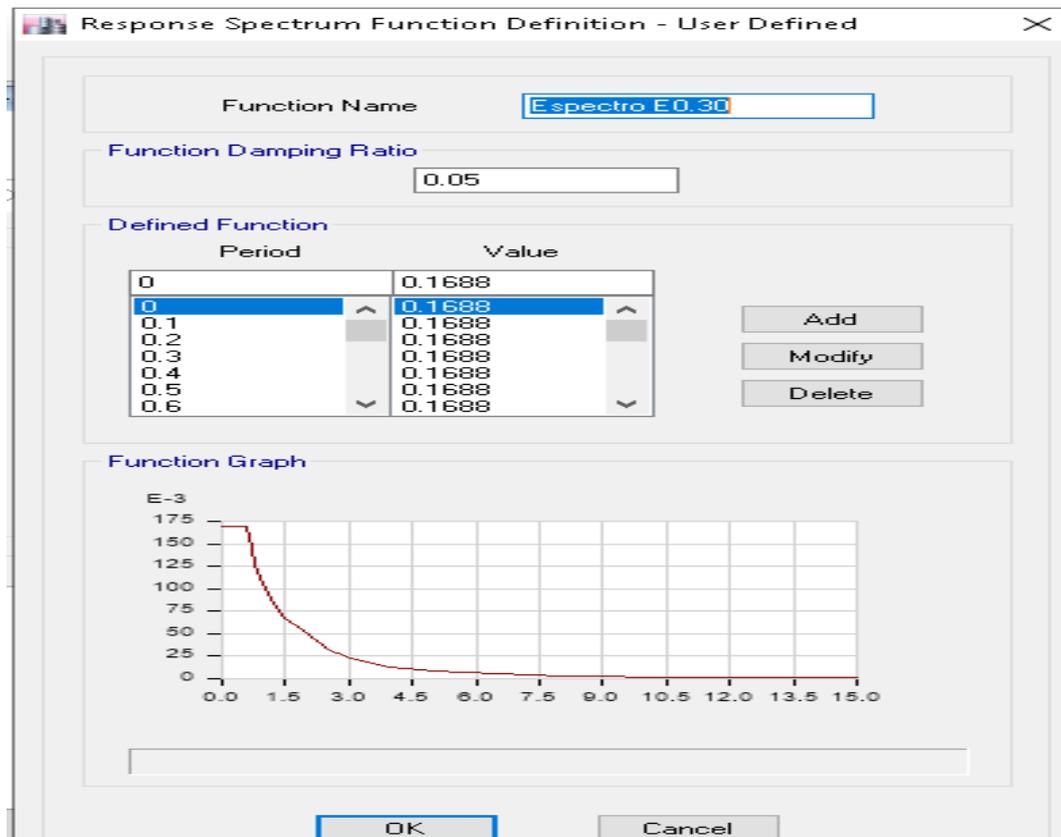
$R_y=7$

9.81m/seg^2

$F.E\ x= 0.16875$

$F.E\ y= 0.16875$

Figura 46: Espectro de respuesta para el edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 47: Definición del Caso modal para el edificio con sistema dual

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal

Modal Case SubType: Eigen

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Masa

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NDT Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist Advanced

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 30

Minimum Number of Modes: 3

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia -Etabs

Figura 48: Caso de carga de sismo dinámico en X para el edificio con sistema dual

Load Case Data

General

Load Case Name: SDDX

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (Masa)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro E0.30	9.8067

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 for All Diaphragms

OK Cancel

Fuente: elaboración propia - Etabs

Figura 49: Caso de carga sismo dinámico en Y para el edificio con sistema dual

Load Case Data

General

Load Case Name: SDDY

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (Masa)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Espectro E0.30	9.8067

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: []

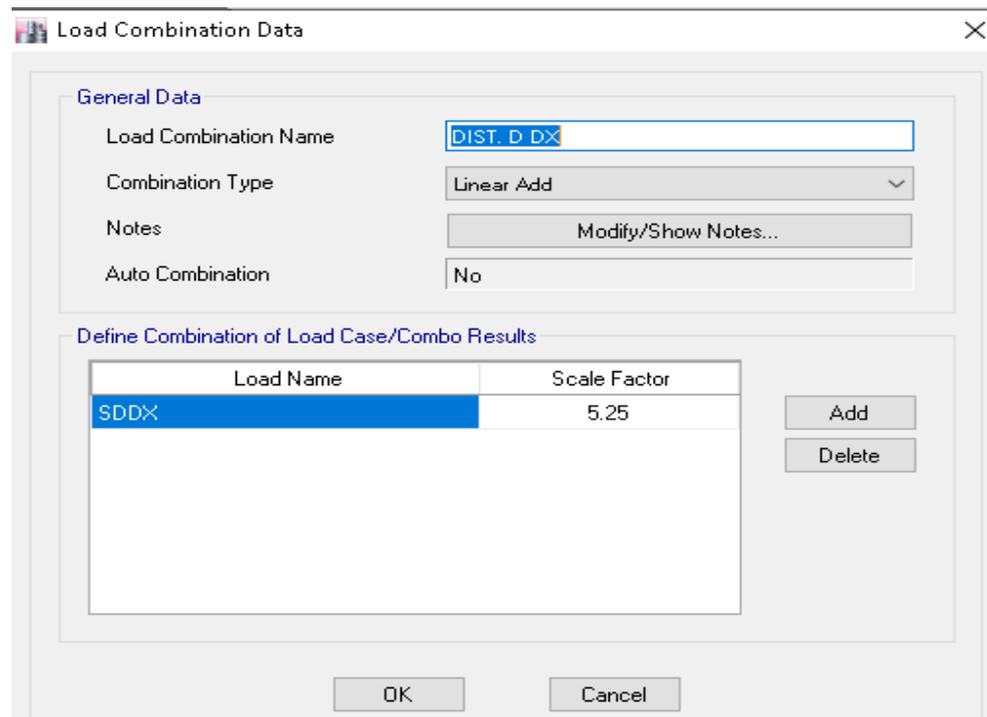
Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, Advanced, OK, Cancel

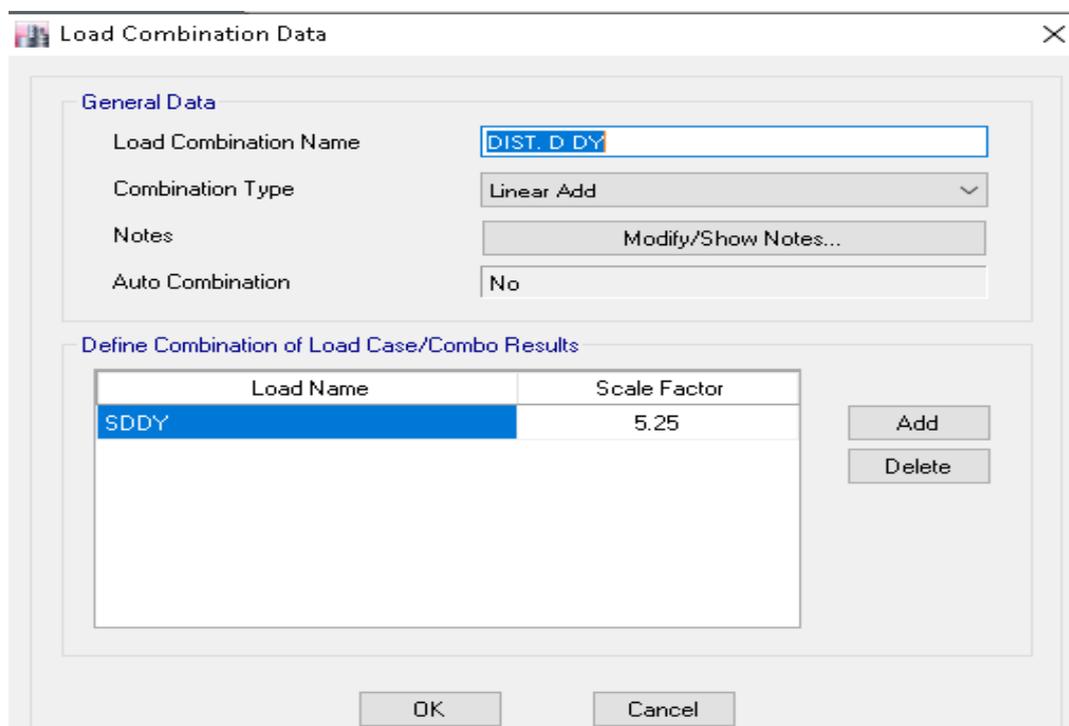
Fuente: elaboración propia- Etabs

Figura 50: Combinación de carga para la distorsión dinámica en el eje X para el edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 51: Combinación de carga para la distorsión dinámica en el eje Y para el edificio con sistema dual



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 38: Distorsión dinámica en X para el edificio con sistema dual

<i>Distorsión o deriva Dinámica en X</i>				
<i>Story</i>	<i>Load Case/Combo</i>	<i>Direction</i>	<i>DINAMICA</i>	<i>Distorsiones</i>
AZOTEA	DISTORCION DIN XX	X	0.003463	0.0035 <= 0.007... Ok
NOVENO TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.004157	0.0042 <= 0.007... Ok
OCTAVO TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.004807	0.0048 <= 0.007... Ok
SETIMO TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.005418	0.0054 <= 0.007... Ok
SEXTO TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.006151	0.0062 <= 0.007... Ok
QUINTO TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.006856	0.0069 <= 0.007... Ok
CUARTO TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.007436	0.0074 >= 0.007... .MEJORAR LA ESTRUCTURA
TERCEDR TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.00795	0.008 >= 0.007... .MEJORAR LA ESTRUCTURA
SEGUNDO TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.008747	0.0087 >= 0.007... .MEJORAR LA ESTRUCTURA
PRIMER TECHO	DISTORCION DIN XX	X	0.011301	0.0113 >= 0.007... .MEJORAR LA ESTRUCTURA

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 39: Distorsión dinámica en X para el edificio con sistema dual

<i>Distorsión o deriva Dinámica en Y</i>				
<i>Story</i>	<i>Load Case/Combo</i>	<i>Direction</i>	<i>DINAMICA</i>	<i>Distorsiones</i>
AZOTEA	DISTORCION DIN YY	Y	0.002866	0.0029 <= 0.007... Ok
NOVENO TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.00374	0.0037 <= 0.007... Ok
OCTAVO TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.004617	0.0046 <= 0.007... Ok
SETIMO TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.005471	0.0055 <= 0.007... Ok
SEXTO TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.006154	0.0062 <= 0.007... Ok
QUINTO TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.006768	0.0068 <= 0.007... Ok
CUARTO TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.007165	0.0072 >= 0.007... .MEJORAR LA ESTRUCTURA
TERCEDR TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.007472	0.0075 >= 0.007... .MEJORAR LA ESTRUCTURA
SEGUNDO TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.007345	0.0073 >= 0.007... .MEJORAR LA ESTRUCTURA
PRIMER TECHO	DISTORCION DIN YY	Y	0.005199	0.0052 <= 0.007... Ok

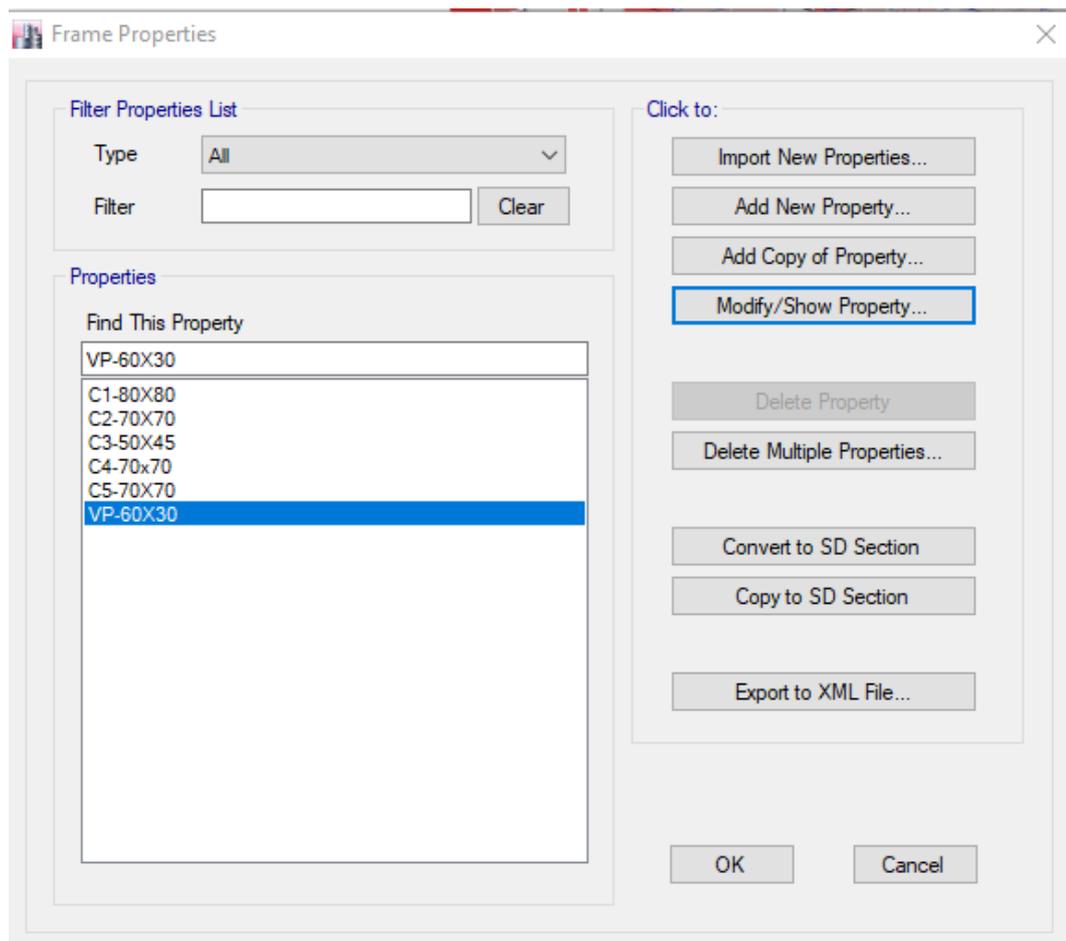
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como se observa, vemos que la estructura el cual ha sido sometido a una análisis estático y dinámico no cumple con los requerimientos, por lo que se realizara un dimensionamiento, con la finalidad de ver que tanto incide la rigidez, la altura y el agrietamiento en el cálculo del periodo fundamental de vibración, es necesario indicar que esto se hizo con datos del predimensionamiento.

1.25 Cambio de secciones y aplicación de muros estructurales a edificio de sistema Dual.

Para el mejoramiento de la estructura y cumplir con los límites para la distorsión de entre piso, se cambió las secciones de las columnas centrales por secciones de 80x80, se agregó otras secciones de columnas y se quitó las columnas esquinadas de 50x45 reemplazándose por muros estructurales de 30 cm de espesor.

Figura 52: Nueva sección de columnas C1-C2



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 53: Definición de muro estructural para sistema dual

General Data	
Property Name	ME
Property Type	Specified
Wall Material	F'c: 280 kg/cm2
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Thickness	0.3 m

Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.26 Nuevo análisis sísmico estático, dinámico y modal del edificio con sistema dual

Habiendo llevado a cabo ciertos cambios para mejorar el desempeño estructural se procedió a realizar un nuevo análisis con la finalidad de que dicha estructura cumpla con los lineamientos del Reglamento nacional de Edificaciones.

Tabla 40: Distorsión estática en el eje X Edificio con sistema dual

<i>D istorsión o deriva estática en X</i>				
			ESTATICA	
<i>Story</i>	<i>Load Case/Combo</i>	<i>Direction</i>	<i>Drift</i>	<i>Distorsiones</i>
Story10	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.002289	0.0023 <= 0.007... Ok
Story9	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.002774	0.0028 <= 0.007... Ok
Story8	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.003301	0.0033 <= 0.007... Ok
Story7	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.003803	0.0038 <= 0.007... Ok
Story6	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.004222	0.0042 <= 0.007... Ok
Story5	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.004517	0.0045 <= 0.007... Ok
Story4	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.004643	0.0046 <= 0.007... Ok
Story3	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.004546	0.0045 <= 0.007... Ok
Story2	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.004168	0.0042 <= 0.007... Ok
Story1	<i>DISTORSION EST XX</i>	X	0.002358	0.0024 <= 0.007... Ok

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 41: Distorsión estática en el eje Y de Edificio con sistema dual

<i>D istorsión o deriva estática en Y</i>				
			ESTATICA	
<i>Story</i>	<i>Load Case/Combo</i>	<i>Direction</i>	<i>Drift</i>	<i>Distorsiones</i>
Story10	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.002348	0.0023 <= 0.007... Ok
Story9	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.002674	0.0027 <= 0.007... Ok
Story8	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.003	0.003 <= 0.007... Ok
Story7	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.003313	0.0033 <= 0.007... Ok
Story6	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.00355	0.0036 <= 0.007... Ok
Story5	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.003689	0.0037 <= 0.007... Ok
Story4	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.003685	0.0037 <= 0.007... Ok
Story3	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.003496	0.0035 <= 0.007... Ok
Story2	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.003097	0.0031 <= 0.007... Ok
Story1	<i>DISTORCION EST YY</i>	Y	0.001687	0.0017 <= 0.007... Ok

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 42: Distorsión dinámica en el eje X de Edificios con sistema dual

<i>D istorsión o deriva D inám ica en X</i>				
			<i>D IN AM ICA</i>	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.002012	<i>0.002<=0.007... Ok</i>
Story9	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.002463	<i>0.0025<=0.007... Ok</i>
Story8	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.002947	<i>0.0029<=0.007... Ok</i>
Story7	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.003411	<i>0.0034<=0.007... Ok</i>
Story6	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.003801	<i>0.0038<=0.007... Ok</i>
Story5	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.00409	<i>0.0041<=0.007... Ok</i>
Story4	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.004238	<i>0.0042<=0.007... Ok</i>
Story3	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.0042	<i>0.0042<=0.007... Ok</i>
Story2	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.003931	<i>0.0039<=0.007... Ok</i>
Story1	<i>D ISTORCION DIN XX</i>	X	0.002262	<i>0.0023<=0.007... Ok</i>

Fuente: Elaboración propia- Etabs

Tabla 43: Distorsión dinámica en el eje Y de Edificio con sistema dual

<i>D istorsión o deriva D inám ica en Y</i>				
			<i>D IN AM ICA</i>	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.002074	<i>0.0021<=0.007... Ok</i>
Story9	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.002362	<i>0.0024<=0.007... Ok</i>
Story8	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.002642	<i>0.0026<=0.007... Ok</i>
Story7	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.00291	<i>0.0029<=0.007... Ok</i>
Story6	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.003106	<i>0.0031<=0.007... Ok</i>
Story5	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.003219	<i>0.0032<=0.007... Ok</i>
Story4	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.003205	<i>0.0032<=0.007... Ok</i>
Story3	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.003034	<i>0.003<=0.007... Ok</i>
Story2	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.002686	<i>0.0027<=0.007... Ok</i>
Story1	<i>D ISTORCION DIN YY</i>	Y	0.001461	<i>0.0015<=0.007... Ok</i>

Fuente: Elaboración propia- Etabs

1.27 Fuerza cortante dinámica mínima para el edificio con sistema dual:

Figura 54: Fuerza cortante dinámica mínima

4.6.4 Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Fuente: (Norma E0.30, 2020, p. 25)

<i>Cortante Basal</i>	<i>en X</i>	<i>en Y</i>	
<i>Cortante Estática</i>	1009.9512	1009.9512	
<i>Cortante Dinámica</i>	968.8117	944.0758	
<i>Para nuestro caso la estructura es</i>		<i>Regular</i>	
<i>Fuerza Dinámica mínima en X =</i>		<i>80%de1004.1792</i>	<i>Vd=807.96 tn</i>
<i>Fuerza Dinámica mínima en Y =</i>		<i>80%de1004.1792</i>	<i>Vd=807.96 tn</i>
<i>La Cortante Dinámica en X es 968.81173>=803.343.....Ok</i>			
<i>La Cortante Dinámica en Y es 944.0758>=803.343.....Ok</i>			

1.28 Periodo fundamental de vibración del edificio con sistema dual

Tabla 44: Periodo fundamental de vibración 30 modos

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	0.584	1.712	10.7595	115.7675
Modal	2	0.517	1.936	12.1645	147.9746
Modal	3	0.393	2.547	16.0035	256.1123
Modal	4	0.173	5.793	36.3974	1324.7685
Modal	5	0.144	6.94	43.6023	1901.1645
Modal	6	0.112	8.896	55.895	3124.2528
Modal	7	0.087	11.454	71.9661	5179.1263
Modal	8	0.069	14.412	90.5522	8199.7049
Modal	9	0.055	18.115	113.8174	12954.4072
Modal	10	0.054	18.36	115.3568	13307.2019
Modal	11	0.043	23.357	146.7588	21538.1435
Modal	12	0.038	26.364	165.651	27440.2672
Modal	13	0.034	29.316	184.1979	33928.8773
Modal	14	0.03	33.37	209.6673	43960.3829
Modal	15	0.029	35.056	220.266	48517.1061
Modal	16	0.024	41.69	261.9471	68616.2587
Modal	17	0.023	43.679	274.4452	75320.1665
Modal	18	0.023	44.043	276.7327	76580.9767
Modal	19	0.019	52.63	330.6865	109353.5509
Modal	20	0.018	54.217	340.6542	116045.2884
Modal	21	0.018	54.411	341.8743	116878.047
Modal	22	0.017	59.988	376.916	142065.6765
Modal	23	0.016	64.02	402.2509	161805.769
Modal	24	0.015	65.06	408.785	167105.2086
Modal	25	0.015	66.68	418.9605	175527.9138
Modal	26	0.014	72.28	454.1503	206252.4842
Modal	27	0.013	77.754	488.5448	238676.0323
Modal	28	0.013	77.97	489.9018	240003.7763
Modal	29	0.012	86.788	545.308	297360.8206
Modal	30	0.011	92.842	583.3418	340287.5986

Fuente: Elaboración propia-Etabs

1.29 Comprobación del sistema estructural del edificio con sistema dual

Figura 55: Corte de sección eje X del edificio dual

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	5055.3591	4.5276	0	5055.3591	4.5276	0
Moment	62.2046	111038.621	126639.4275	62.2046	111038.621	126639.4275

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 56: Corte de sección eje Y del edificio dual

	Right Side			Left Side		
	1	2	Z	1	2	Z
Force	4.5278	4865.1751	0	4.5278	4865.1751	0
Moment	108368.3522	107.6741	55675.5935	108368.3522	107.6741	55675.5935

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 45: Cortante en muros y columnas del edificio con sistema dual

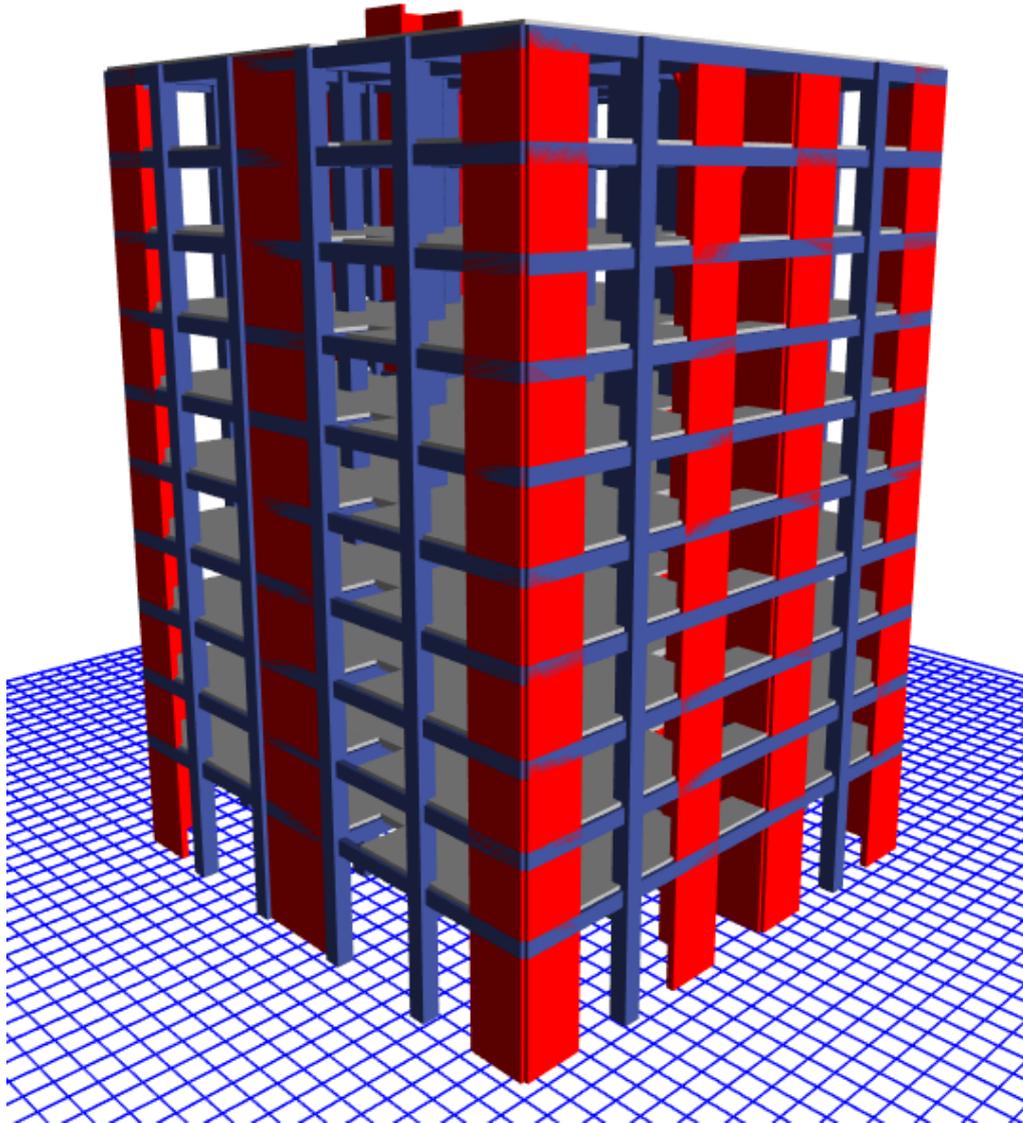
TIPO	DIRECCIÓN	
	X	Y
V BASAL	5086.4157	4596.5258
V MUROS	4363.6622	4485.029
V COLUMNAS	722.8718	471.7058
%VM	86%	98%
%VC	14%	10%

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tal como se observa en la tabla 26, y de acuerdo a la norma, los muros en ambas direcciones resistentes más del 70% por lo que se considera un edificio con sistema dual.

1.30 Rendered view de edificio con sistema estructural dual

Figura 57: Edificio con sistema dual

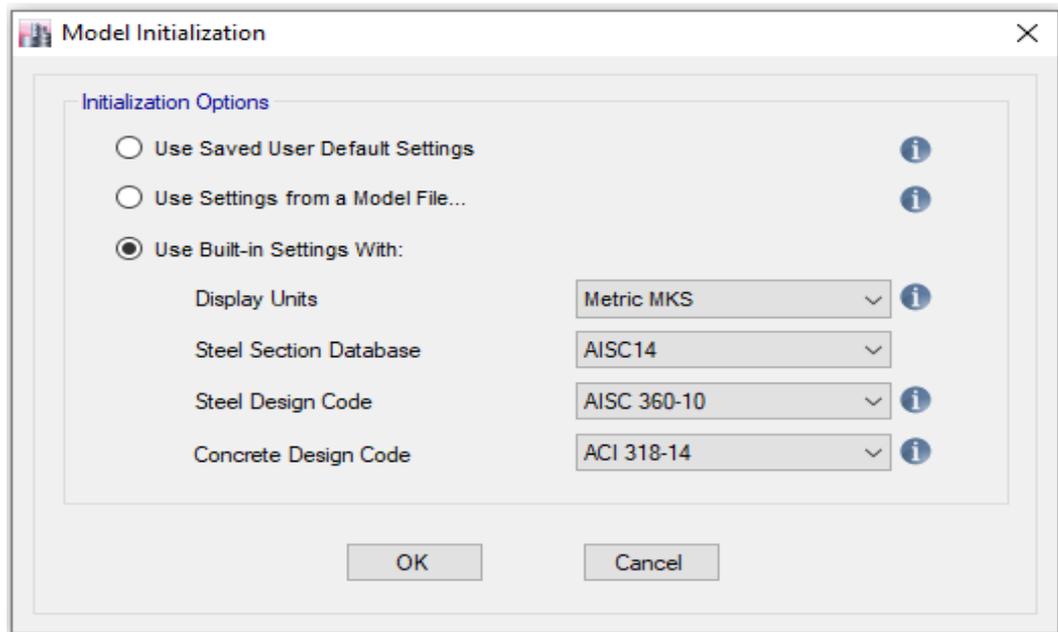


Fuente: Elaboración propia-Etabs

2. Edificio con Sistema Aporticado

2.1 Definición de parámetros para modelado de edificio con sistema aporticado

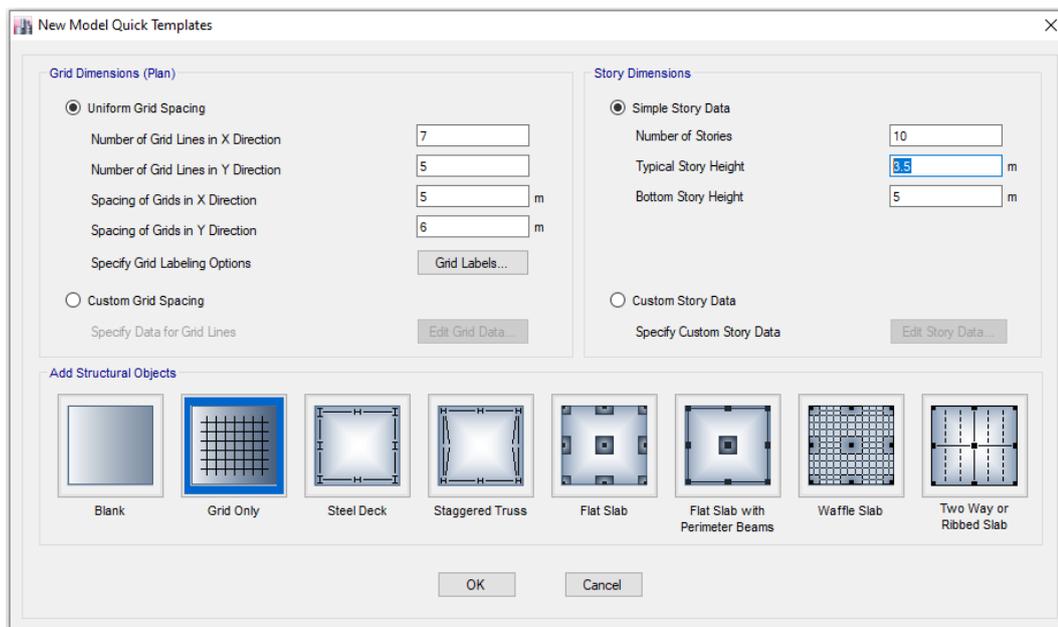
Figura 58: Inicialización de modelo



Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.2 Definición del modelo a usar de edificio con sistema aporticado

Figura 59: Nuevo Modelo de plantillas rápidas



Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.3 Definición de las propiedades de los materiales a usar edificio con sistema aporticado

Figura 60: Definición de materiales (concreto)

The image shows a 'Material Property Data' dialog box with the following sections and fields:

- General Data**
 - Material Name: Fc: 280 kg/cm2
 - Material Type: Concrete
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: [Color swatch] Change...
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass**
 - Specify Weight Density Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: 2400 kg/m³
 - Mass per Unit Volume: 2400 kg/m³
- Mechanical Property Data**
 - Modulus of Elasticity, E: 2509.98 kgf/mm²
 - Poisson's Ratio, U: 0.2
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 - Shear Modulus, G: 1045.83 kgf/mm²
- Design Property Data**
 - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data**
 - Nonlinear Material Data...
 - Material Damping Properties...
 - Time Dependent Properties...

Buttons: OK, Cancel

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 61: Definición de material (Acero)

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Contains fields for "Material Name" (text box with "Fy: 4200 kg/cm"), "Material Type" (dropdown menu with "Rebar" selected), "Directional Symmetry Type" (text box with "Uniaxial"), "Material Display Color" (color swatch and "Change..." button), and "Material Notes" (text box and "Modify/Show Notes..." button).
- Material Weight and Mass:** Features two radio buttons: "Specify Weight Density" (selected) and "Specify Mass Density". Below are text boxes for "Weight per Unit Volume" (7850 kgf/m³) and "Mass per Unit Volume" (7850 kg/m³).
- Mechanical Property Data:** Includes text boxes for "Modulus of Elasticity, E" (2000000 kgf/mm²) and "Coefficient of Thermal Expansion, A" (0.0000117 1/C).
- Design Property Data:** Contains a single button: "Modify/Show Material Property Design Data..."
- Advanced Material Property Data:** Contains three buttons: "Nonlinear Material Data...", "Material Damping Properties...", and "Time Dependent Properties..."

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.4 Definición de secciones a utilizarse en el modelo, como columnas, vigas, losas del edificio con sistema aporcicado

Figura 62: Definición de secciones (C1)

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C1-60X60

Material: F_c: 280 kg/cm²

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: 650 mm

Width: 650 mm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Show Section Properties...

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 63: Definición de secciones (C2)

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C2-60X50

Material: F_c: 280 kg/cm²

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: 600 mm

Width: 500 mm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

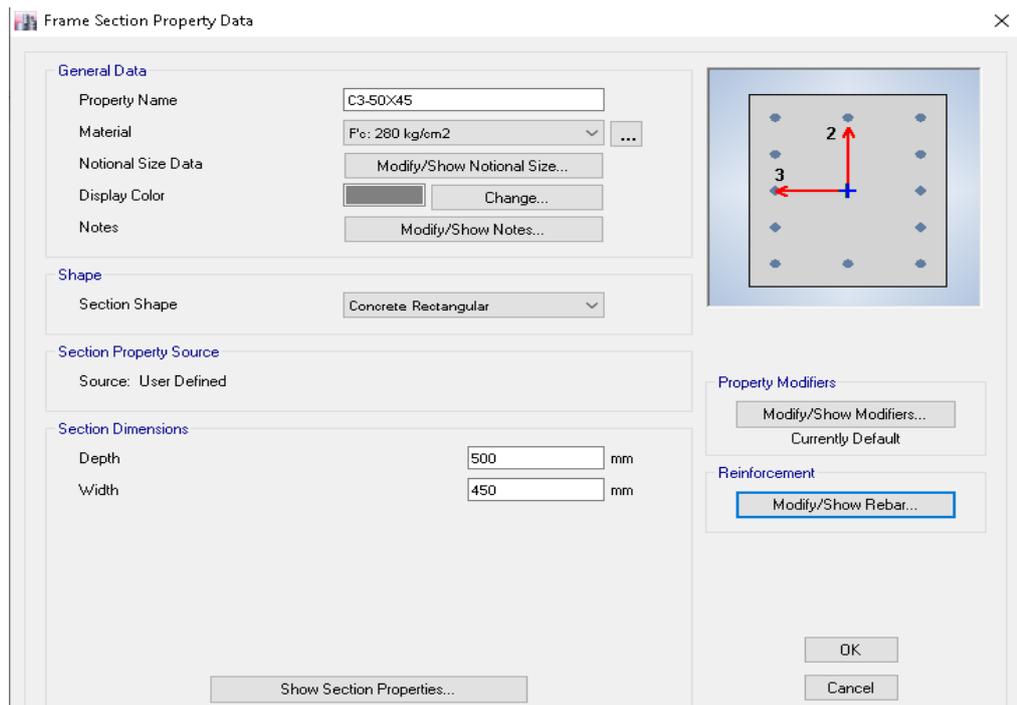
OK

Cancel

Show Section Properties...

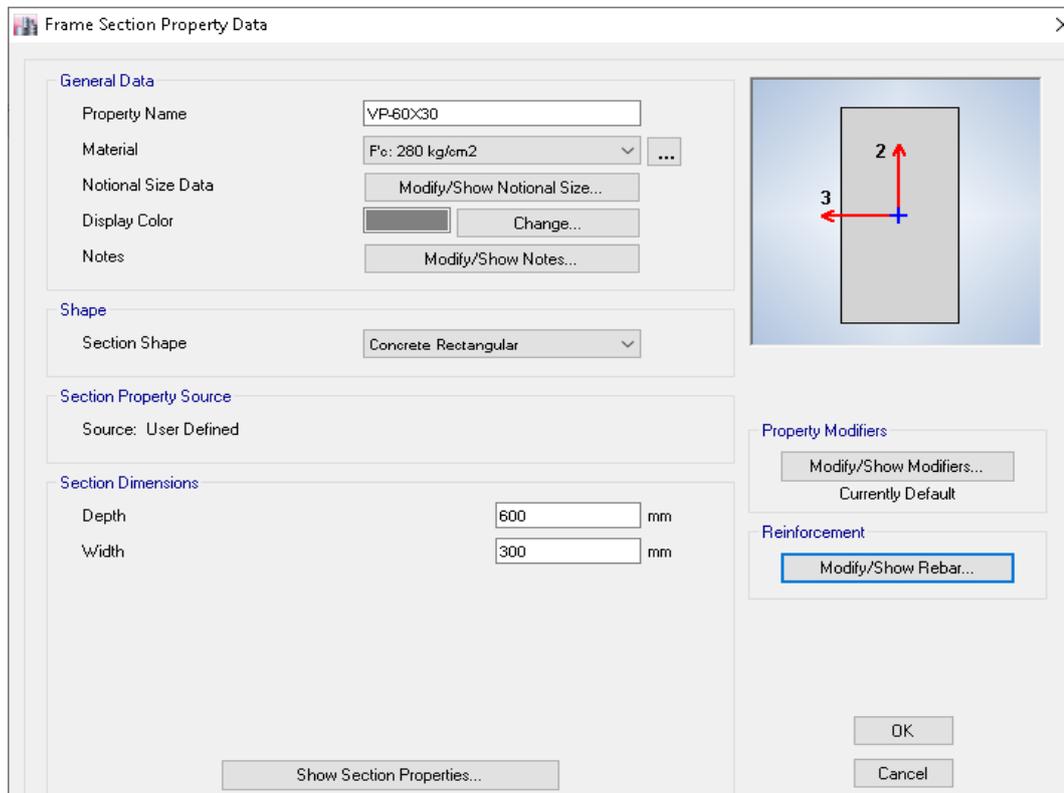
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 64: Definición de secciones (C3)



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 65: Definición de secciones (VP)



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 66: Definición de losa aligerada en dos direcciones

Para el presente caso de estudio se usó ese tipo de losa por ser un edificio de 10 pisos.

Slab Property Data

General Data

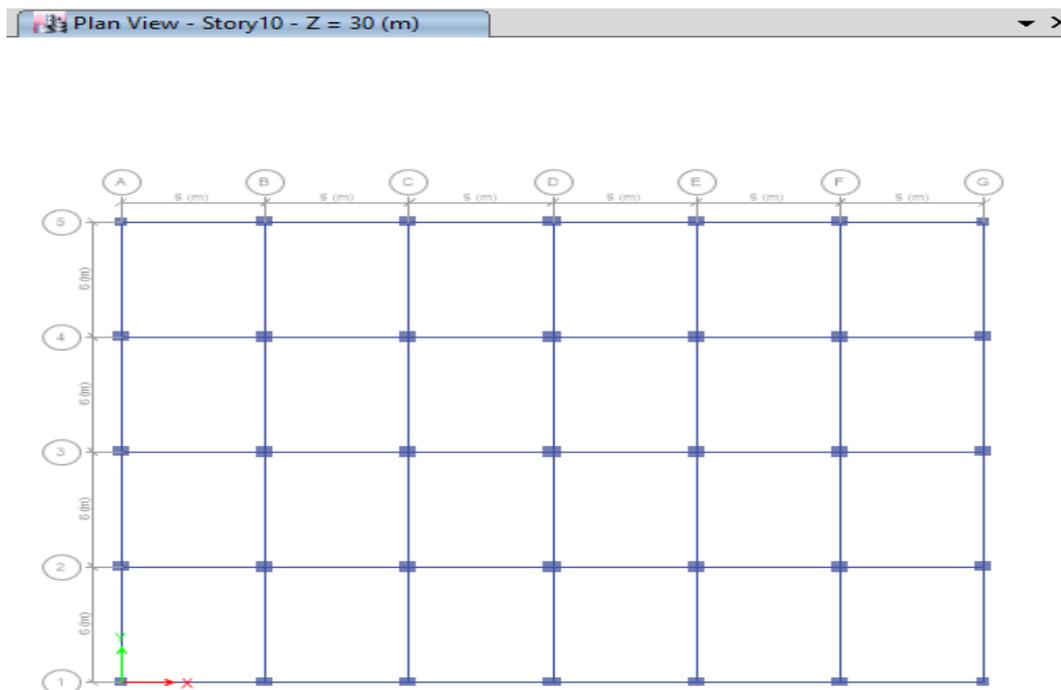
Property Name	<input type="text" value="LOSA2D"/>
Slab Material	F'c: 280 kg/cm2 <input type="button" value="..."/>
Notional Size Data	<input type="button" value="Modify/Show Notional Size..."/>
Modeling Type	Shell-Thin <input type="button" value="v"/>
Modifiers (Currently Default)	<input type="button" 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	Waffle <input type="button" value="v"/>
Overall Depth	<input type="text" value="250"/> mm
Slab Thickness	<input type="text" value="50"/> mm
Stem Width at Top	<input type="text" value="100"/> mm
Stem Width at Bottom	<input type="text" value="100"/> mm
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis	<input type="text" value="400"/> mm
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis	<input type="text" value="400"/> mm

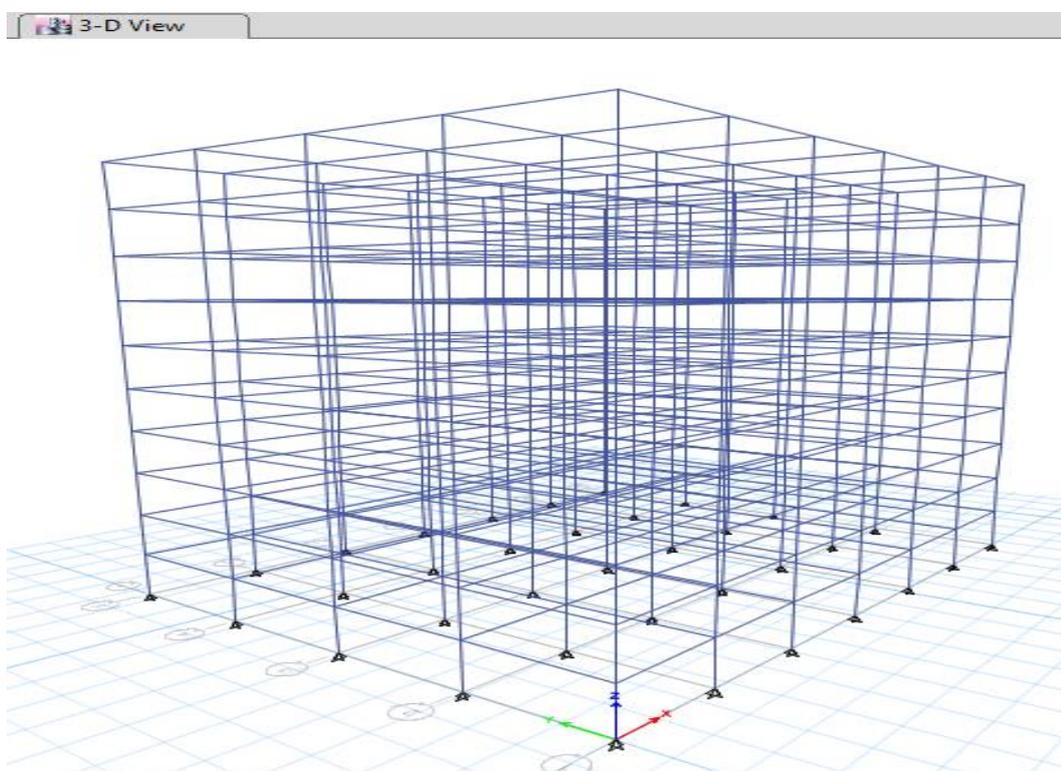
Fuente: Elaboración propia - Etabs

Figura 67: Definición de la geometría en planta



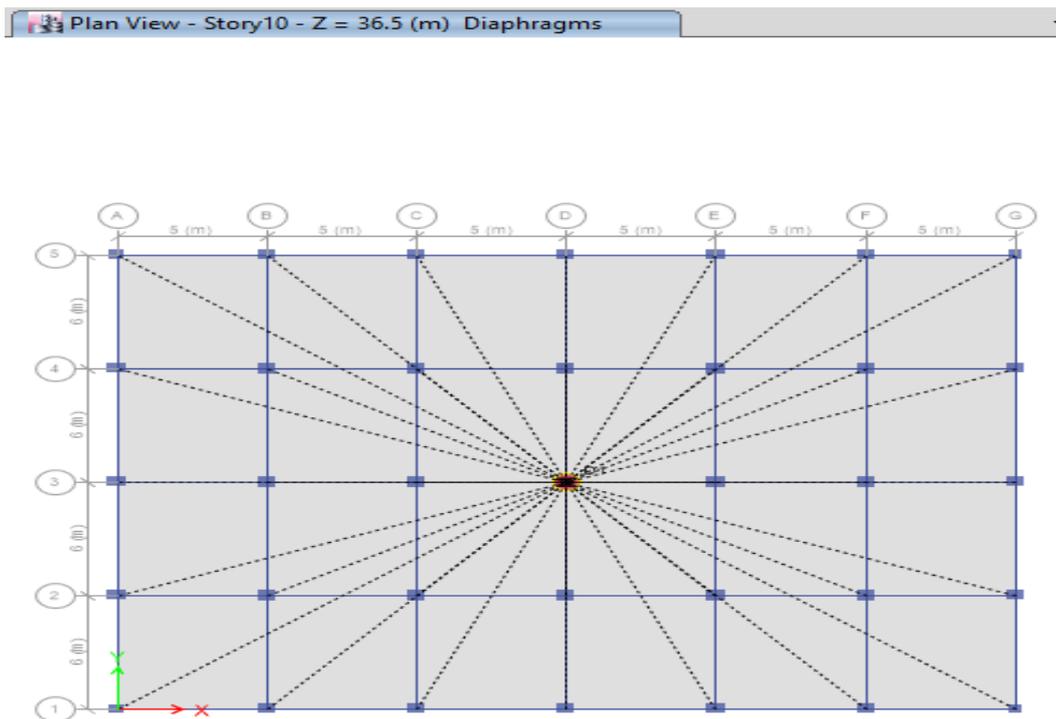
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 68: Definición de geometría (3D)



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 69: Asignación de condición de diafragma rígido



Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.5 Centro de masa y rigidez del edificio con sistema aporticado

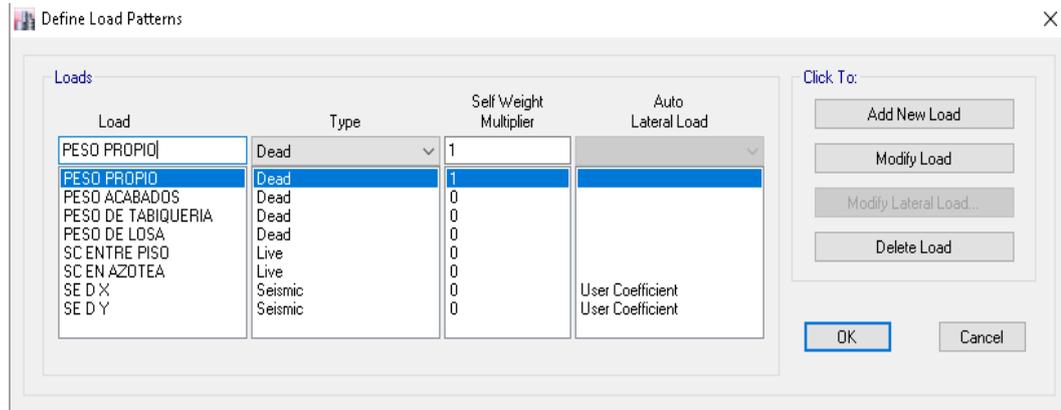
Tabla 46: Verificación del centro de masa y rigidez sin cargas

<i>distancia</i>		5%	<i>distancia</i>		5%
<i>en x</i>	30	1.50	<i>en y</i>	24	1.20

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR	VALIDACIÓN
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m	
Story10	D1	918087.74	918087.74	15	12	918087.74	918087.74	15	12	15	12	OK
Story9	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	2084791.32	2084791.32	15	12	15	12	OK
Story8	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	3251494.91	3251494.91	15	12	15	12	OK
Story7	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	4418198.49	4418198.49	15	12	15	12	OK
Story6	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	5584902.08	5584902.08	15	12	15	12	OK
Story5	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	6751605.66	6751605.66	15	12	15	12	OK
Story4	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	7918309.24	7918309.24	15	12	15	12	OK
Story3	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	9085012.83	9085012.83	15	12	15	12	OK
Story2	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	10251716.41	10251716.41	15	12	15	12	OK
Story1	D1	1188396.09	1188396.09	15	12	11440112.5	11440112.5	15	12	15	12	OK

2.6 Definición de patrón de cargas para el edificio con sistema aporticado

Figura 70: Definición de patrón de cargas



Fuente: Elaboracion propia-Etabs

2.7 Centro de masa y rigidez con cargas del edificio con sistema aporticado

Figura 71: Centro de masa y rigidez con cargas

distancia		5%		distancia		5%						
en x	30	1.50		en y	24	1.20						
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR	VA
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m	LID
Story10	D1	918087.74	918087.74	15	12	918087.74	918087.74	15	12	15	12	OK
Story9	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	2084791.32	2084791.32	15	12	15	12	OK
Story8	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	3251494.91	3251494.91	15	12	15	12	OK
Story7	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	4418198.49	4418198.49	15	12	15	12	OK
Story6	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	5584902.08	5584902.08	15	12	15	12	OK
Story5	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	6751605.66	6751605.66	15	12	15	12	OK
Story4	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	7918309.24	7918309.24	15	12	15	12	OK
Story3	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	9085012.83	9085012.83	15	12	15	12	OK
Story2	D1	1166703.58	1166703.58	15	12	10251716.41	10251716.41	15	12	15	12	OK
Story1	D1	1188396.09	1188396.09	15	12	11440112.5	11440112.5	15	12	15	12	OK

Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.8 Cálculo del periodo de vibración de la estructura para el edificio con sistema aporticado según la (Norma E0.30, 2020)

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

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

Donde:

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

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

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

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

b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

$$T = \frac{36.5}{35} = 1.04 \text{ segundos}$$

2.9 Cálculo del periodo de vibración del suelo T_p para el edificio con sistema aporticado

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos se tiene que el q_a es igual a 1.50 kg/cm².

Tabla 47: Capacidad portante del suelo para el edificio con sistema aporticado

Suelo		qa (Kg/cm2)
Roca dura	S 0	>6
Rígido	S 1	<3 y 6]
Intermedio	S 2	[1.2 y 3]
Flexible	S 3	<1.2

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Del cuadro anterior podemos apreciar que le tipo de suelo es **Intermedio S2**.

2.10 Calculo del periodo de vibración del suelo TP y el periodo de sedencia del suelo del edificio con sistema aporticado

Tabla 48: Periodo TP y TL

	Perfil del suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Del cuadro anterior se tiene que por ser un S2:

EL **(Tp)** Período que define la plataforma del factor C es igual a **0.60 segundos**.

En cuanto al **(TL)** Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante es igual 2.0 segundos.

2.11 Cálculo del coeficiente de amplificación sísmica del edificio con sistema aporticado

Para nuestro caso tenemos que:

Tabla 49: Coeficiente de amplificación sísmica edificio

Coeficiente de amplificación sísmica	
$T = T_p$	$C = 2.5$

$$T_p < T < T_L$$

$$C = 2.5 * \frac{T_p}{T}$$

$$T = T_L$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_l}{T^2} \right)$$

Se tiene:

$$T = 1.04 \text{ s}$$

$$T_p = 0.60 \text{ s}$$

$$T_L = 2.00 \text{ s}$$

$$T_p < T < T_L \text{ por lo tanto } C = \frac{2.5T_p}{T}$$

$$0.6 < 1.04 < 2 \text{ por lo tanto } C = \frac{2.5 * 0.6}{1.04} = 1.44$$

Para el cálculo de **k** el cual corresponde al exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, se calcula de acuerdo a:

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

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

$$K = (0.75 + 0.5 * 1.04 \text{ s}) = 1.271428571$$

2.12 Cálculo del factor de la zona Z del edificio con sistema aporticado

Tabla 50: Factor de zona para el edificio con sistema aporticado

Zona	Z
Zona 4	0.45
Zona 3	0.35
Zona 2	0.25
Zona 1	0.1

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

En nuestro caso el edificio materia de estudio está ubicado en la Zona 4.

$$Z = 0.45$$

2.13 Cálculo de factor de uso para el edificio con sistema aporticado

Tabla 51: Categoría de edificaciones y factor U para el edificio con sistema aporticado

CATEGORIA	TIPO	FACTOR
Esencial	A	1.5
Importante	B	1.3
Común	C	1

Fuente: (Norma E0.30, 2020)

2.14 Cálculo de factor de suelo S para el edificio con sistema aporticado

Tabla 52: Factor de suelo S

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

En nuestro caso se tiene un suelo intermedio, ubicado en una Zona 4 por lo que le factor es:

$$S = 1.05$$

2.15 Cálculo del coeficiente básico de reducción R_o para el edificio con sistema aporticado

Tabla 53: Sistemas estructurales

Sistema estructural	Coeficiente básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Para el presente caso tenemos un sistema aporticado de concreto armado:

$$R_o = 8$$

2.16 Cálculo de irregularidad en planta I_p del edificio con sistema aporticado

Asumiremos que:

$$I_p = 1$$

2.17 Cálculo de la irregularidad en altura la del edificio con sistema aporticado

Asumiremos que:

$$I_a = 1$$

2.18 Cálculo del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas R del edificio con sistema aporticado

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9 de la **(Norma E0.30, 2020)**.

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

$$R = 8 * 1 * 1$$

Resumen:

$$Z : 0.45$$

$$U : 1.5$$

$$C : 1.44$$

$$S : 1.05$$

$$R : 8$$

con **2.19 Cálculo del coeficiente sísmico del edificio sistema aporticado**

Par el cálculo del coeficiente sísmico usaremos la siguiente formula:

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

$$C_s = \frac{0.45 * 1.5 * 1.44 * 1.05}{8}$$

$$C_s = 0.12743$$

2.20 Verificación de la relación C/R para el edificio con sistema aporticado

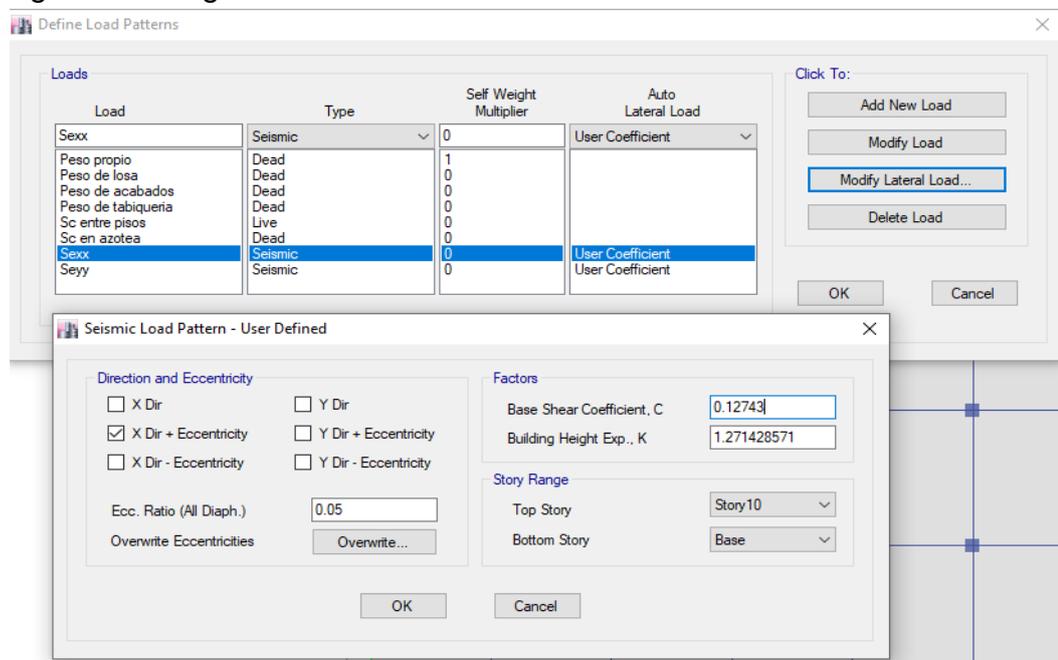
Para el presente caso la división del coeficiente de amplificación sísmica entre el coeficiente básico de reducción debe ser mayor a 0.11 tal como lo señala la norma.

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{1.438356164}{8} \geq 0.11 \text{ entonces } 0.1798 \geq 0.125 \quad \text{ok}$$

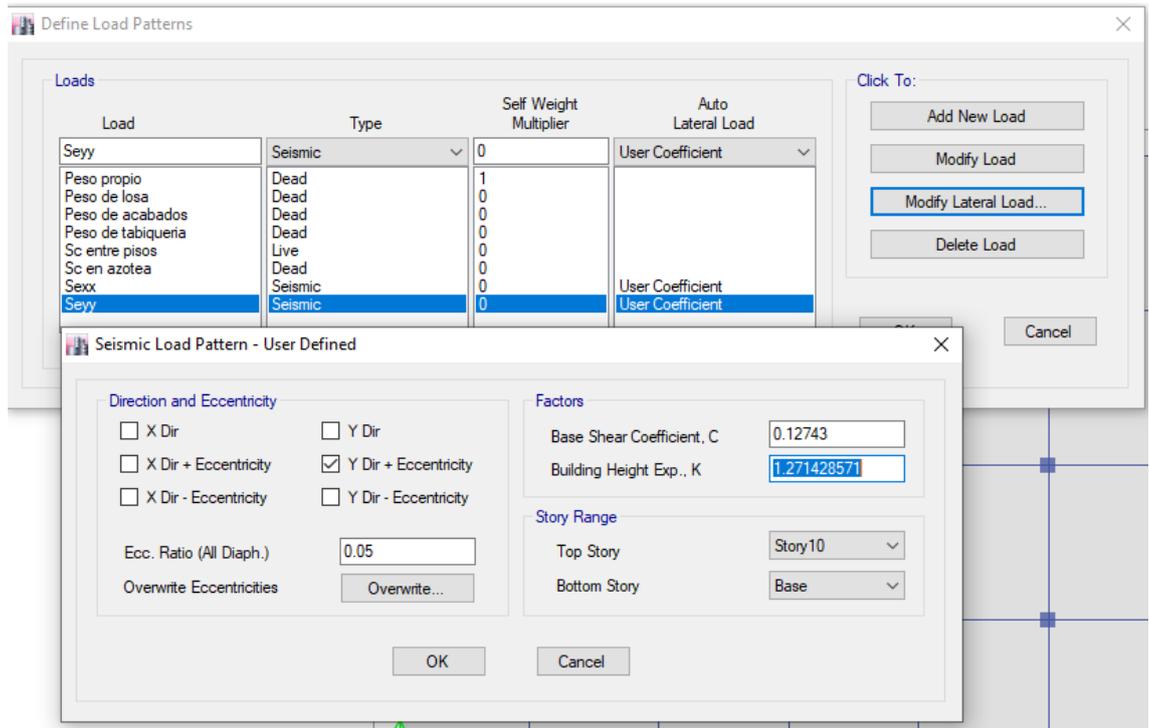
2.21 Cálculo de la fuerza sísmica estática en X,Y del edificio con sistema aporticado, para lo cual definiremos las cargas actuantes

Figura 72: carga sísmica estática en X



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 73: Carga sísmica estática en Y



Fuente: Elaboración propia-Etabs

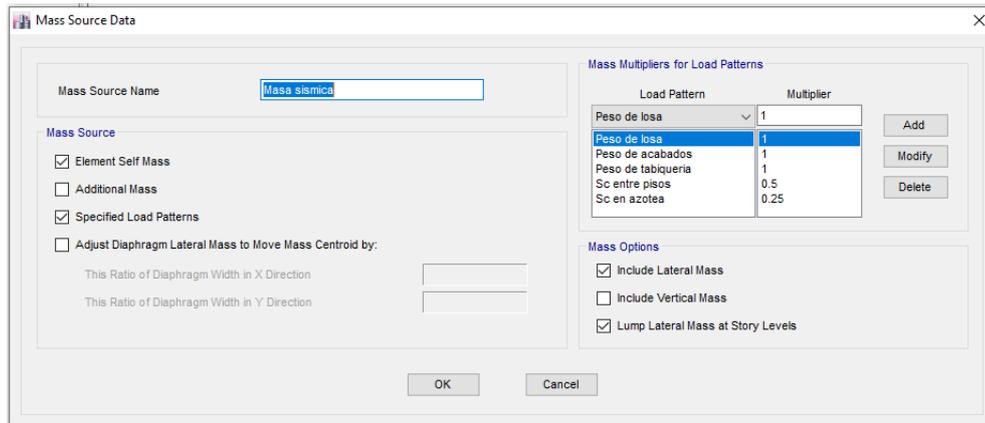
2.22 Especificaciones de la masa sísmica para la estimación de peso del edificio con sistema aporticado de acuerdo a la (Norma E0.30, 2020, p. 25)

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.
- En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

$$M = 100\%CM + \%CV$$

Figura 74: Definición de la masa sísmica para el edificio con sistema aporticado



Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.23 Determinación de los desplazamientos laterales.

Para el presente caso tendremos en cuenta lo siguiente:

Estructuras regulares 75% de R

Estructuras Irregulares 100%de R

para nuestro caso tenemos estructura regular

por lo tanto, tenemos que la distorsión se la amplifica es:

$$\text{Distorsión} = 75\% * 8 = 6$$

2.24 Realizaremos una combinación de cargas para observar las distorsiones en edificio con sistema aporticado

Figura 75: Combinación para la distorsión estática en X del sistema aporticado

E Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
sexx	6

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 76: Combinación para Distorsión estática en Y del sistema aporticado

E Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
seyy	6

Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.24 Distorsiones por piso del sistema aporticado

Tabla 54: Distorsión o deriva estática en X sistema aporticado

Distorsión o deriva estática en X				
			ESTATICA	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	DISTORSION EST XX	X	0.005583	0.0056<=0.007... Ok
Story9	DISTORSION EST XX	X	0.009428	0.0094>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story8	DISTORSION EST XX	X	0.012933	0.0129>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story7	DISTORSION EST XX	X	0.015903	0.0159>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story6	DISTORSION EST XX	X	0.018332	0.0183>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story5	DISTORSION EST XX	X	0.020231	0.0202>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story4	DISTORSION EST XX	X	0.02162	0.0216>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story3	DISTORSION EST XX	X	0.02257	0.0226>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story2	DISTORSION EST XX	X	0.023754	0.0238>=0.007... AGREGAR MUROS // X
Story1	DISTORSION EST XX	X	0.028425	0.0284>=0.007... AGREGAR MUROS // X

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 55: Distorsión o deriva estática en Y sistema aporticado

Distorsión o deriva estática en Y				
			ESTATICA	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	DISTORCION EST YY	Y	0.006836	0.0068<=0.007... Ok
Story9	DISTORCION EST YY	Y	0.0116	0.0116>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story8	DISTORCION EST YY	Y	0.015953	0.016>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story7	DISTORCION EST YY	Y	0.019645	0.0196>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story6	DISTORCION EST YY	Y	0.022666	0.0227>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story5	DISTORCION EST YY	Y	0.025033	0.025>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story4	DISTORCION EST YY	Y	0.026774	0.0268>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story3	DISTORCION EST YY	Y	0.02798	0.028>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story2	DISTORCION EST YY	Y	0.029481	0.0295>=0.007... AGREGAR MUROS //Y
Story1	DISTORCION EST YY	Y	0.03432	0.0343>=0.007... AGREGAR MUROS //Y

Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.24 Análisis dinámico definición de espectro de respuesta

Para la definición del espectro de respuesta usaremos los siguientes datos:

$Z=0.45$

$U=1.5$

$S=1.05$

$I_p=1.00$

$I_a=1.00$

$R_o=8$

$R_x=8$

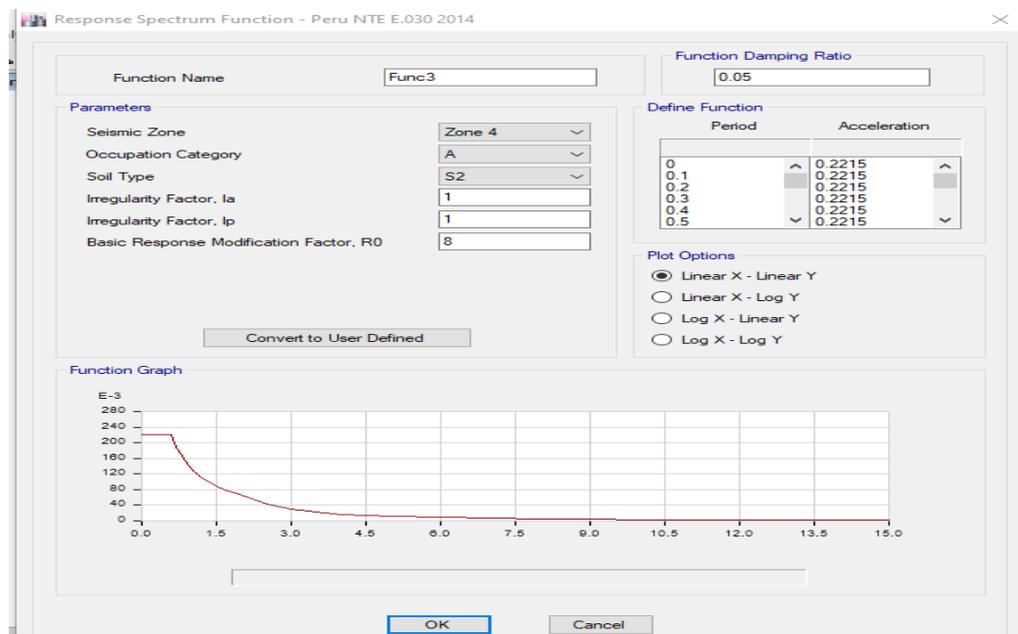
$R_y=8$

$G= 9.81\text{m/seg}^2$

F.E x= 0.22148

F.E y= 0.22148

Figura 77: Definición del espectro de respuesta para el sistema aporticado



Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.25 Para el caso de análisis dinámico definiremos un nuevo caso de carga para el sistema aporticado

Figura 78: Definición de sismo dinámico en X sistema aporticado

Load Case Data

General

Load Case Name: SD D X

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MASA)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO E0.30	9806.65

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 for All Diaphragms

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, Advanced, OK, Cancel

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 79: Definición de sismo dinámico en Y sistema aporticado

Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MASA)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO E0.30	9806.65

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 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Fuente: Elaboracion propia-Etabs

2.26 Definición de casos modales sistema aporticado:

De acuerdo a la norma E0.30 debería de haber 03 casos modales por piso.

Figura 80: Datos de casos modal sistema aporticado

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal [Design...]

Modal Case Sub Type: Eigen [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Masa sismica

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None [Modify/Show...]

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist Advanced

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 30

Minimum Number of Modes: 8

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.27 Calcularemos las distorsiones laterales y desplazamientos laterales por efectos de la aceleración espectral sistema aporticado.

Figura 81: Combinaciones de cargas-Distorsión dinámica en x sistema aporticado

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Dist. D xx

Combination Type: Linear Add

Notes: [Modify/Show Notes...]

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Sdxx	6

[Add] [Delete]

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 82: Combinaciones de cargas-Distorsión dinámica en Y

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: Dist. D.yy

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Sdyy	6

Add

Delete

OK

Cancel

Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.28 Distorsiones dinámicas por piso sistema aporticado

Figura 83: Distorsión dinámica máxima en X sistema aporticado

Distorsión o deriva Dinámica en X				
			DINAMICA	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	DISTORCION DIN XX	X	0.003072	0.0031<=0.007... Ok
Story9	DISTORCION DIN XX	X	0.005208	0.0052<=0.007... Ok
Story8	DISTORCION DIN XX	X	0.007108	0.0071>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story7	DISTORCION DIN XX	X	0.008673	0.0087>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story6	DISTORCION DIN XX	X	0.009956	0.01>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story5	DISTORCION DIN XX	X	0.011032	0.011>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story4	DISTORCION DIN XX	X	0.011963	0.012>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story3	DISTORCION DIN XX	X	0.012807	0.0128>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story2	DISTORCION DIN XX	X	0.01393	0.0139>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story1	DISTORCION DIN XX	X	0.017121	0.0171>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 84: Distorsión dinámica máxima en Y sistema aporticado

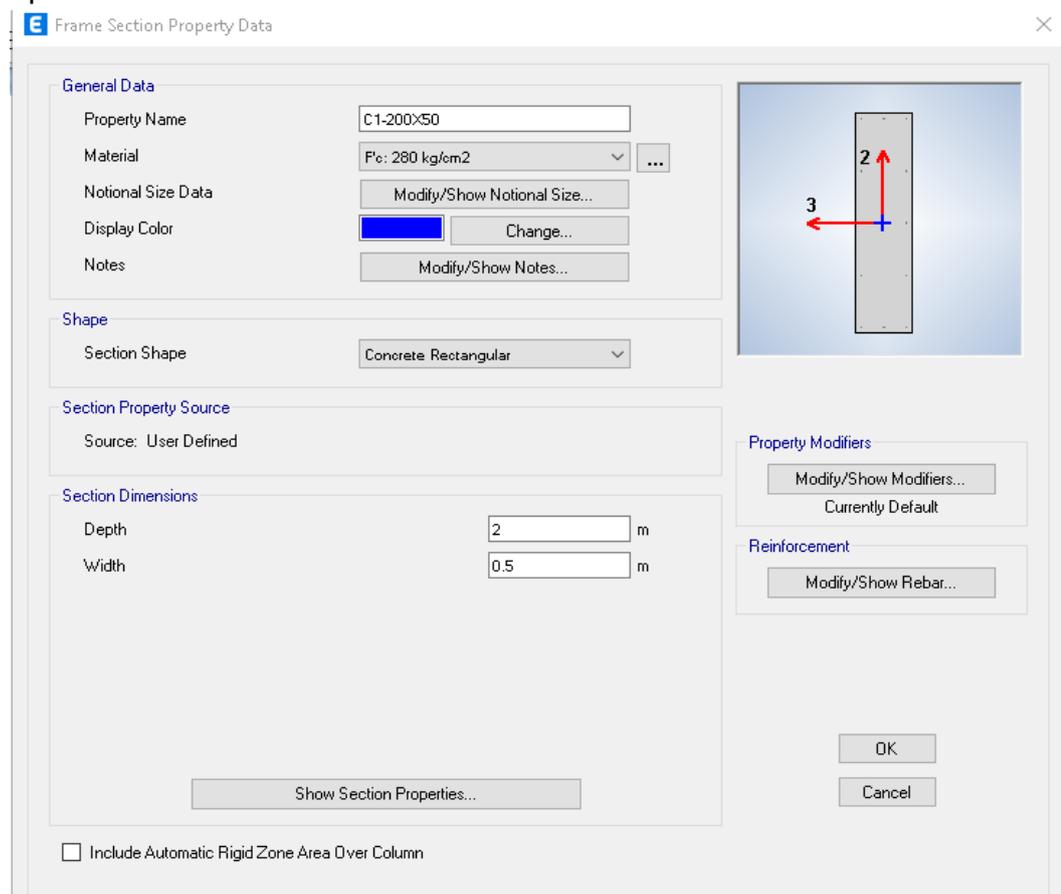
Distorsión o deriva Dinámica en Y				
			DINAMICA	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	DISTORCION DIN YY	Y	0.003449	0.0034<=0.007... Ok
Story9	DISTORCION DIN YY	Y	0.005855	0.0059<=0.007... Ok
Story8	DISTORCION DIN YY	Y	0.007958	0.008>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story7	DISTORCION DIN YY	Y	0.009648	0.0096>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story6	DISTORCION DIN YY	Y	0.011002	0.011>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story5	DISTORCION DIN YY	Y	0.012127	0.0121>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story4	DISTORCION DIN YY	Y	0.013116	0.0131>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story3	DISTORCION DIN YY	Y	0.014049	0.014>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story2	DISTORCION DIN YY	Y	0.01532	0.0153>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA
Story1	DISTORCION DIN YY	Y	0.01825	0.0183>=0.007... MEJORAR LA ESTRUCTURA

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Después de haber realizado el análisis estático y dinámico, se observa que dicho edificio no cumple con las derivas, por lo que se tendrá que mejorar la estructura para que pueda tener una buena funcionalidad, para ello se tuvo que optar por usar secciones de columna tipo T, tipo L tipo Cruz, y adicionalmente unas placas de 10 cm.

2.29 Cambio de medidas de las secciones de las columnas y de ser el caso se adicionará muros estructurales al edificio para que sea un sistema aporticado

Figura 85: Nueva sección de columna de 200x50 para el sistema aporticado



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 86: Nueva sección de columna de 300x50 para el sistema aporticado

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes: Property Name: C2-300x50; Material: Fc: 280 kg/cm2; Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...; Display Color: Cyan; Notes: Modify/Show Notes... The 'Shape' section shows: Section Shape: Concrete Rectangular. The 'Section Property Source' section shows: Source: User Defined. The 'Section Dimensions' section shows: Depth: 3 m; Width: 0.5 m. The 'Property Modifiers' section shows: Modify/Show Modifiers... Currently Default. The 'Reinforcement' section shows: Modify/Show Rebar... At the bottom, there is an 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' checkbox (unchecked) and 'OK' and 'Cancel' buttons. A preview window on the right shows a vertical rectangular section with a coordinate system (2, 3) and a blue crosshair.

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 87: Nueva sección de columna de 60x60 para el sistema aporticado

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes: Property Name: C3-60x60; Material: Fc: 280 kg/cm2; Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...; Display Color: Green; Notes: Modify/Show Notes... The 'Shape' section shows: Section Shape: Concrete Rectangular. The 'Section Property Source' section shows: Source: User Defined. The 'Section Dimensions' section shows: Depth: 0.6 m; Width: 0.6 m. The 'Property Modifiers' section shows: Modify/Show Modifiers... Currently Default. The 'Reinforcement' section shows: Modify/Show Rebar... At the bottom, there is an 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' checkbox (unchecked) and 'OK' and 'Cancel' buttons. A preview window on the right shows a square section with a coordinate system (2, 3) and a blue crosshair.

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 88: Nueva sección de columna de 200x50 para el sistema aperticado

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box. The 'General Data' section has 'Property Name' set to 'C4-200x50', 'Material' set to 'Pc: 280 kg/cm2', and 'Notional Size Data' with a 'Modify/Show Notional Size...' button. The 'Shape' section has 'Section Shape' set to 'Concrete Rectangular'. The 'Section Property Source' is 'User Defined'. The 'Section Dimensions' section has 'Depth' set to '2 m' and 'Width' set to '0.5 m'. The 'Property Modifiers' section has a 'Modify/Show Modifiers...' button and 'Currently Default'. The 'Reinforcement' section has a 'Modify/Show Rebar...' button. There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right. A 'Show Section Properties...' button is at the bottom center. A checkbox 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' is at the bottom left.

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 89: Nueva sección de columna de 300x50 para el sistema aperticado

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box. The 'General Data' section has 'Property Name' set to 'C5-300x50', 'Material' set to 'Pc: 280 kg/cm2', and 'Notional Size Data' with a 'Modify/Show Notional Size...' button. The 'Shape' section has 'Section Shape' set to 'Concrete Rectangular'. The 'Section Property Source' is 'User Defined'. The 'Section Dimensions' section has 'Depth' set to '3 m' and 'Width' set to '0.5 m'. The 'Property Modifiers' section has a 'Modify/Show Modifiers...' button and 'Currently Default'. The 'Reinforcement' section has a 'Modify/Show Rebar...' button. There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right. A 'Show Section Properties...' button is at the bottom center. A checkbox 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' is at the bottom left.

Fuente: Elaboración propia-Etbas

Figura 90: Nueva sección de viga de 90x50 para el sistema aporticado

E 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

Depth: m

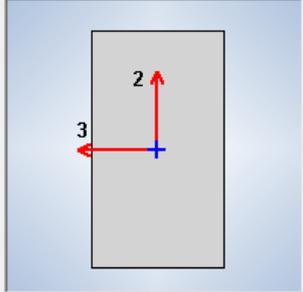
Width: m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Property Modifiers

Currently Default

Reinforcement



Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.30 Cálculo de nuevas distorsiones estáticas con nuevas secciones de elementos estructurales del sistema aporticado.

Tabla 56: Nueva distorsión estática en X por cambio de secciones de elementos estructurales para el edificio con sistema aporticado

<i>Distorsión o deriva estática en X</i>				
<i>Story</i>	<i>Load Case/Combo</i>	<i>Direction</i>	<i>ESTATICA</i>	
			<i>Drift</i>	<i>Distorsiones</i>
Story10	DISTORSION EST XX	X	0.001393	0.0014<=0.007... Ok
Story9	DISTORSION EST XX	X	0.002019	0.002<=0.007... Ok
Story8	DISTORSION EST XX	X	0.002668	0.0027<=0.007... Ok
Story7	DISTORSION EST XX	X	0.003246	0.0032<=0.007... Ok
Story6	DISTORSION EST XX	X	0.003723	0.0037<=0.007... Ok
Story5	DISTORSION EST XX	X	0.004092	0.0041<=0.007... Ok
Story4	DISTORSION EST XX	X	0.004348	0.0043<=0.007... Ok
Story3	DISTORSION EST XX	X	0.004479	0.0045<=0.007... Ok
Story2	DISTORSION EST XX	X	0.004434	0.0044<=0.007... Ok
Story1	DISTORSION EST XX	X	0.003472	0.0035<=0.007... Ok

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 57: Nueva distorsión estática en Y por cambio de secciones de elementos estructurales del edificio con sistema aporticado

<i>Distorsión o deriva estática en Y</i>				
<i>Story</i>	<i>Load Case/Combo</i>	<i>Direction</i>	<i>ESTATICA</i>	
			<i>Drift</i>	<i>Distorsiones</i>
Story10	DISTORCION EST YY	Y	0.00204	0.002<=0.007... Ok
Story9	DISTORCION EST YY	Y	0.002514	0.0025<=0.007... Ok
Story8	DISTORCION EST YY	Y	0.00306	0.0031<=0.007... Ok
Story7	DISTORCION EST YY	Y	0.003576	0.0036<=0.007... Ok
Story6	DISTORCION EST YY	Y	0.004007	0.004<=0.007... Ok
Story5	DISTORCION EST YY	Y	0.004313	0.0043<=0.007... Ok
Story4	DISTORCION EST YY	Y	0.004458	0.0045<=0.007... Ok
Story3	DISTORCION EST YY	Y	0.004383	0.0044<=0.007... Ok
Story2	DISTORCION EST YY	Y	0.003967	0.004<=0.007... Ok
Story1	DISTORCION EST YY	Y	0.002495	0.0025<=0.007... Ok

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 58: Nueva distorsión dinámica en X por cambio de secciones de elementos estructurales del edificio con sistema aporticado

<i>Distorsión o deriva Dinámica en X</i>				
			DINAMICA	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	DISTORCION DIN XX	X	0.001647	0.0016<=0.007... Ok
Story9	DISTORCION DIN XX	X	0.002403	0.0024<=0.007... Ok
Story8	DISTORCION DIN XX	X	0.003217	0.0032<=0.007... Ok
Story7	DISTORCION DIN XX	X	0.003976	0.004<=0.007... Ok
Story6	DISTORCION DIN XX	X	0.004642	0.0046<=0.007... Ok
Story5	DISTORCION DIN XX	X	0.005199	0.0052<=0.007... Ok
Story4	DISTORCION DIN XX	X	0.005632	0.0056<=0.007... Ok
Story3	DISTORCION DIN XX	X	0.005915	0.0059<=0.007... Ok
Story2	DISTORCION DIN XX	X	0.005967	0.006<=0.007... Ok
Story1	DISTORCION DIN XX	X	0.004769	0.0048<=0.007... Ok

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 59: Nueva distorsión dinámica en Y por cambio de secciones de elementos estructurales del edificio con sistema aporticado

<i>Distorsión o deriva Dinámica en Y</i>				
			DINAMICA	
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Distorsiones
Story10	DISTORCION DIN YY	Y	0.002475	0.0025<=0.007... Ok
Story9	DISTORCION DIN YY	Y	0.003025	0.003<=0.007... Ok
Story8	DISTORCION DIN YY	Y	0.003672	0.0037<=0.007... Ok
Story7	DISTORCION DIN YY	Y	0.004303	0.0043<=0.007... Ok
Story6	DISTORCION DIN YY	Y	0.004847	0.0048<=0.007... Ok
Story5	DISTORCION DIN YY	Y	0.005255	0.0053<=0.007... Ok
Story4	DISTORCION DIN YY	Y	0.005471	0.0055<=0.007... Ok
Story3	DISTORCION DIN YY	Y	0.005412	0.0054<=0.007... Ok
Story2	DISTORCION DIN YY	Y	0.004915	0.0049<=0.007... Ok
Story1	DISTORCION DIN YY	Y	0.003087	0.0031<=0.007... Ok

Fuente: Elaboración propia-Etabs

2.31 Fuerza cortante dinámica mínima

En el numeral 4.6.4 menciona que, para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Tabla 60: Cortante basal estática y dinámica en X-Y

<i>Cortante Basal</i>	<i>en X</i>	<i>en Y</i>
<i>Cortante Estática</i>	1592.6667	1592.6667
<i>Cortante Dinámica</i>	2321.2549	2239.273

Para nuestro caso por ser un edificio de categoría estructural tipo A2 es:

Regular

<i>Fuerza Dinámica mínima en X =</i>	<i>80% de 1592.6667</i>	<i>Vd=1274.13 tn</i>
<i>Fuerza Dinámica mínima en Y =</i>	<i>80% de 1592.6667</i>	<i>Vd=1274.13 tn</i>

La Cortante Dinámica en X es 2321.2549 >= 1274.13.....Ok

La Cortante Dinámica en Y es 2239.273 >= 1274.13.....Ok

2.32 Comprobación del sistema estructural

Figura 91: Fuerza cortante sección X

Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	24.7331	-28.503	m
Global Y	-17.2573	-18.4975	m

Load Case

DIST. D XX

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	-1.885	m
Global Y	-17.8774	m
Global Z	0	m
Angle	0	deg

Integrated Forces

	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	13927.5293	0.0002	0	13927.5293	0.0002	0	tonf
Moment	0.0005	338531.4933	416118.3397	0.0005	338531.4933	416118.3397	tonf-m

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

Figura 92: Fuerza cortante sección Y

Section Cut Forces

Section Cutting Line

	Start Point	End Point	
Global X	25.9418	-26.3855	m
Global Y	-17.5907	-17.5907	m

Load Case

DIST. D YY

Objects to Include

Columns Beams Braces
 Floors Walls Links

Resultant Force Location and Angle

Global X	-0.2218	m
Global Y	-17.5907	m
Global Z	0	m
Angle	0	deg

Integrated Forces

	Right Side			Left Side			
	1	2	Z	1	2	Z	
Force	0.0004	11691.1973	0	0.0004	11691.1973	0	tonf
Moment	290164.4977	0.0069	177961.2811	290164.4977	0.0069	177961.2811	tonf-m

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

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Tabla 61: Cortante en columnas y muros del edificio con sistema aporticado

TIPO	DIRECCIÓN	
	X	Y
V BASAL	13927.5293	13435.6383
V MUROS	0	0
V COLUMNAS	13927.5293	13435.6383
%VM	0%	0%
%VC	100%	100%

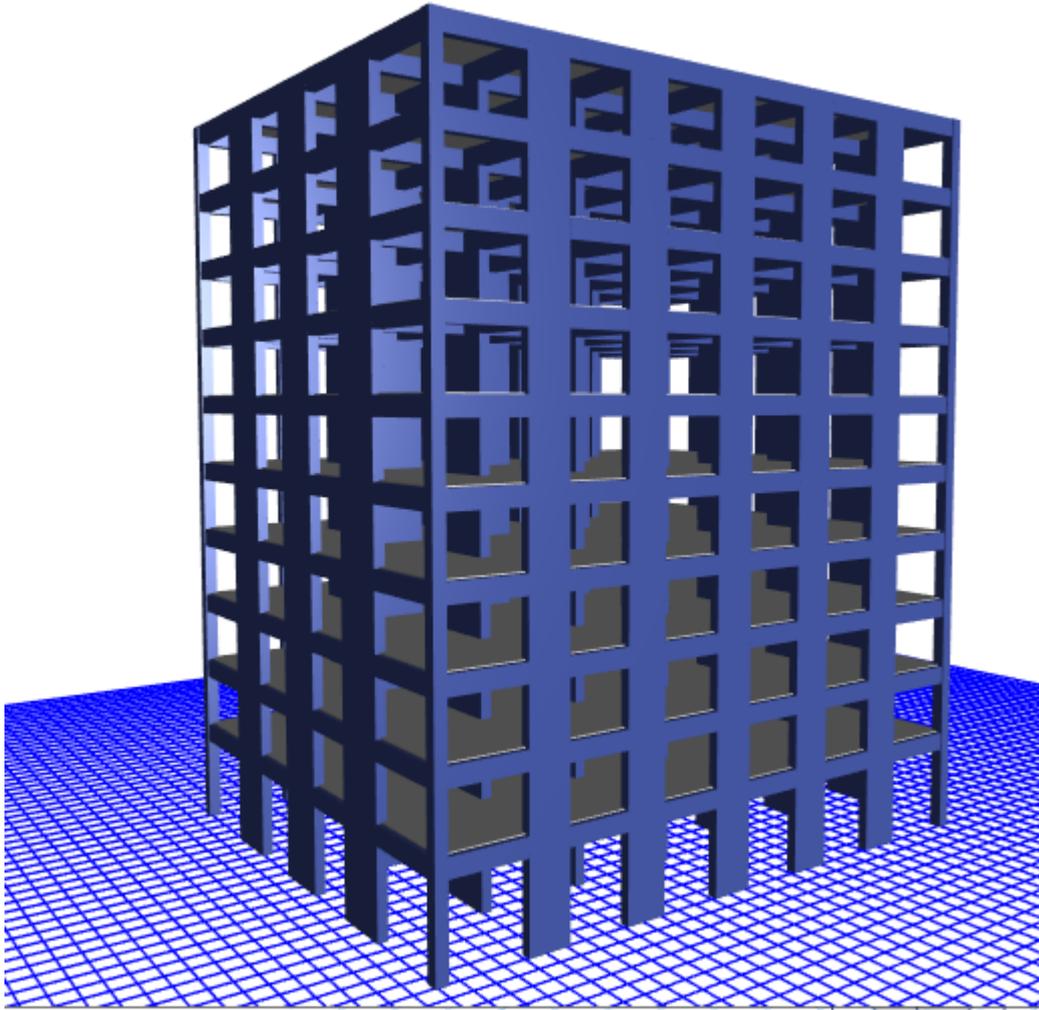
Tal como se observa más del 80% de la fuerza cortante es asumido por las columnas por lo que el sistema se considera aporticado.

2.33 Cálculo del periodo fundamental de vibración del edificio aporticado

Tabla 62: Periodo fundamental de vibración 30 modos

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.606	1.649	10.3626	107.3827
Modal	2	0.583	1.716	10.7804	116.2167
Modal	3	0.461	2.17	13.6324	185.8419
Modal	4	0.193	5.171	32.4927	1055.7759
Modal	5	0.174	5.755	36.1626	1307.7301
Modal	6	0.143	6.976	43.8331	1921.3374
Modal	7	0.106	9.404	59.0896	3491.5816
Modal	8	0.088	11.378	71.491	5110.9651
Modal	9	0.077	12.993	81.6396	6665.0211
Modal	10	0.07	14.249	89.5289	8015.418
Modal	11	0.054	18.434	115.8267	13415.8239
Modal	12	0.05	19.887	124.9559	15613.9771
Modal	13	0.049	20.485	128.7129	16567.0068
Modal	14	0.038	26.18	164.4933	27058.0531
Modal	15	0.037	26.891	168.963	28548.4902
Modal	16	0.034	29.374	184.563	34063.5055
Modal	17	0.03	32.876	206.5691	42670.8063
Modal	18	0.028	36.211	227.5222	51766.3433
Modal	19	0.025	39.252	246.6264	60824.5624
Modal	20	0.025	39.43	247.7449	61377.5378
Modal	21	0.022	45.097	283.3552	80290.1646
Modal	22	0.022	45.721	287.2751	82527.0097
Modal	23	0.02	48.999	307.8683	94782.8966
Modal	24	0.02	49.436	310.6146	96481.4154
Modal	25	0.018	54.517	342.5403	117333.8718
Modal	26	0.017	59.003	370.7261	137437.8572
Modal	27	0.016	61.676	387.5199	150171.6834
Modal	28	0.015	66.36	416.954	173850.6095
Modal	29	0.015	66.907	420.3912	176728.7818
Modal	30	0.014	72.149	453.3266	205505.0043

2.34 Render view del edificio con sistema aporticado



A.6 Manejo de variables Rigidez, altura y agrietamiento

1. Rigidez

Para el sistema aporticado inicialmente se consideró columnas, vigas y losas de acuerdo al Predimensionamiento, las cuales fueron modificadas durante la etapa de ejecución del análisis estructural, y así puedan cumplir con la **(Norma E0.30, 2020)**.

Tabla 63: Cambio de secciones para aumentar la rigidez

Edificio con sistema estructural aporticado	Predimensionamiento	Modificación de Rigidez
C1	65x65	200x50
C2	60x50	300x50
C3	50x45	60x60
C4		200X50
C5		200X50
VP	60x30	90x50

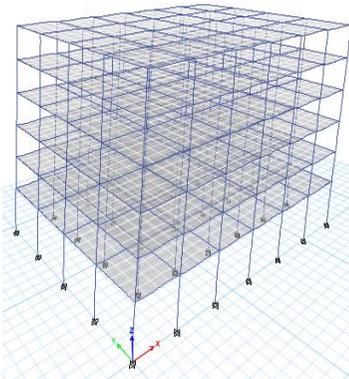
Para el sistema dual inicialmente se consideró columnas de acuerdo al Predimensionamiento, las cuales fueron modificadas durante la etapa de ejecución del análisis estructural, y que así puedan cumplir con la **(Norma E0.30, 2020)**, de acuerdo al siguiente detalle:

Edificio con sistema estructural dual	Predimensionamiento	Modificación de Rigidez
C1	60x50	80X80
C2	50x50	70X70
C3	50x45	ME-30 CM
VP	60X30	

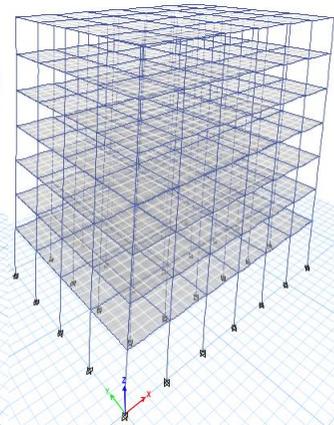
2. Altura

Sistema aporricado

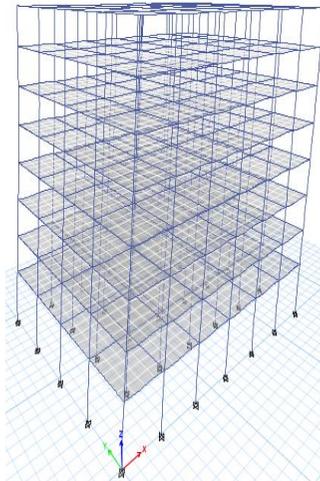
Nivel Seis



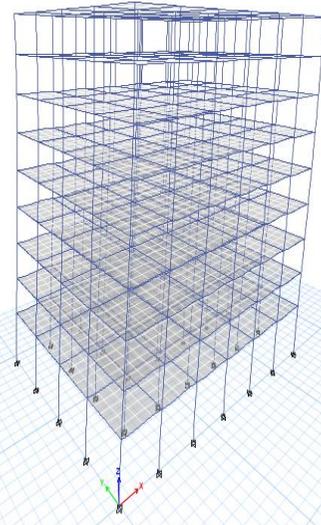
Nivel Siete



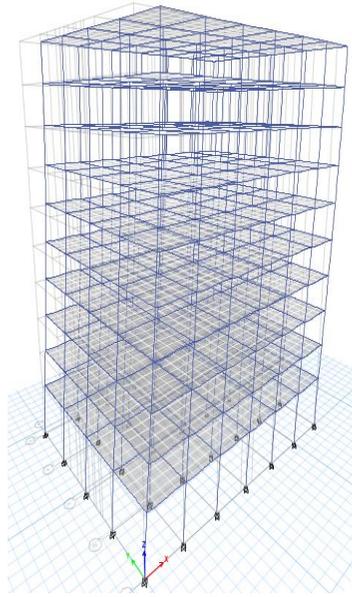
Nivel Ocho



Nivel nueve



Nivel diez



Fuente: Elaboración propia-Etabs

Sistema dual

Figura 93: Cinco Edificios con sistema dual

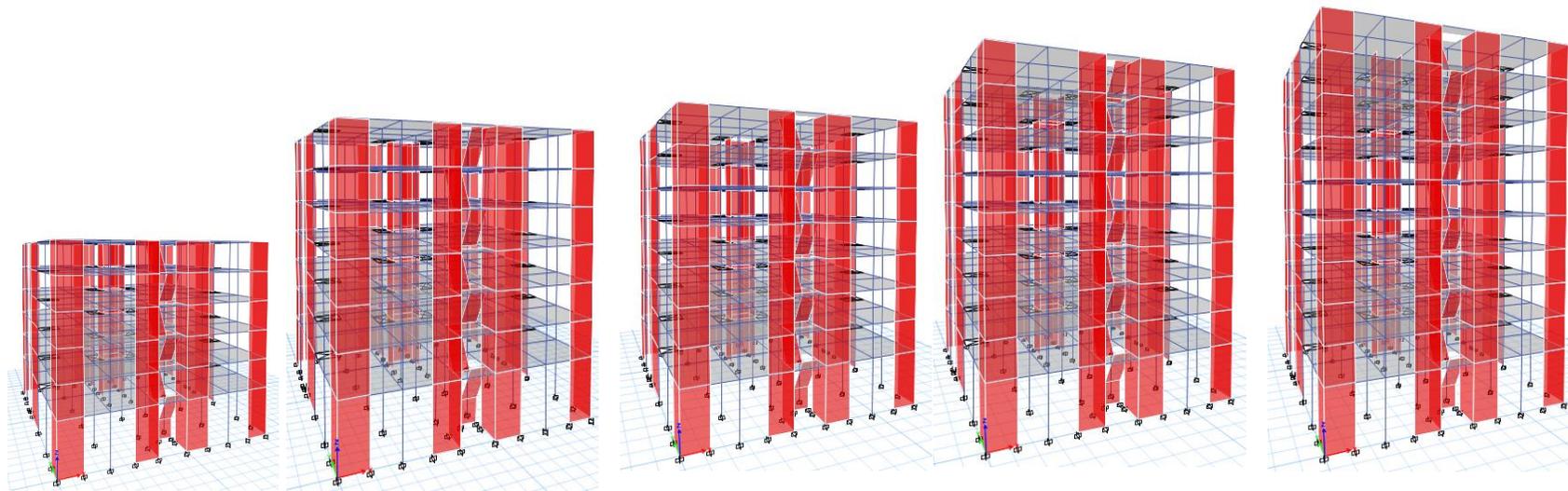
Nivel Seis

Nivel Siete

Nivel Ocho

Nivel nueve

Nivel diez



Fuente: Elaboración propia

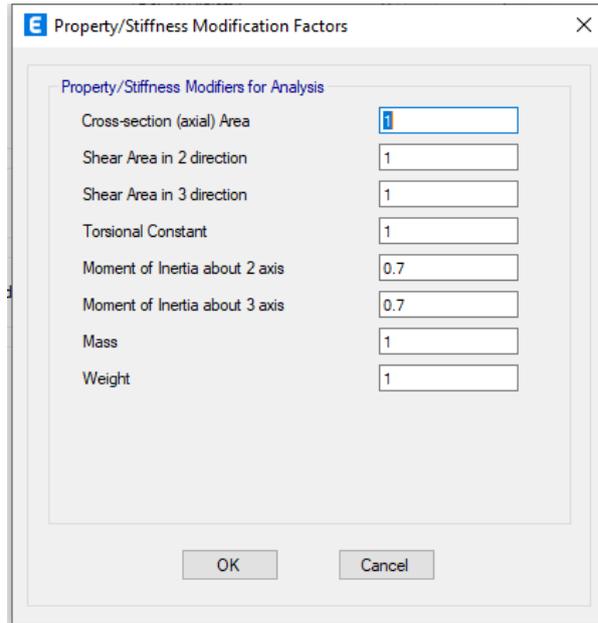
Tal como se observa, se a analizado cinco modelos de diferentes alturas los cuales en función de su altura

3. Agrietamiento

Con respecto a la variable del agrietamiento, se usó los factores que ha sido propuesto por la (Norma E0.60, 2020), para reducir los momentos de inercia de los elementos estructurales con inercia completa.

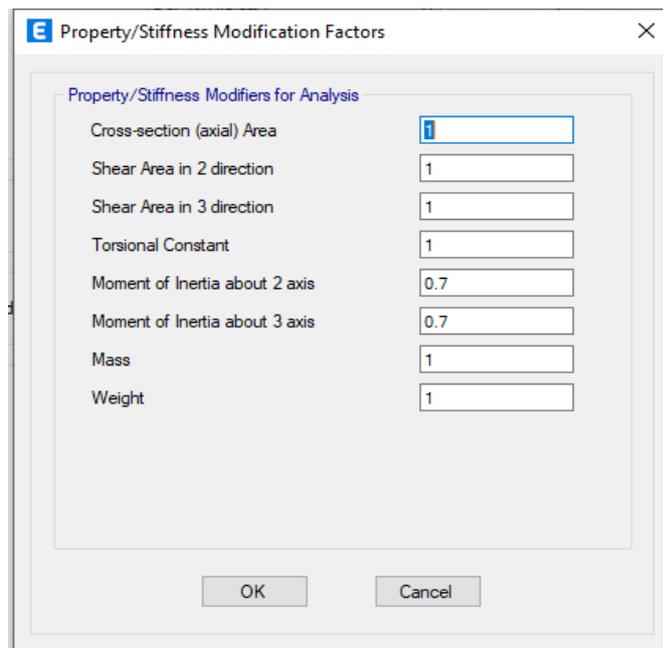
3.1 Edificio con sistema aporticado

Figura 94: Reducción de momentos de inercia de Columna 1 edificio con sistema aporticado



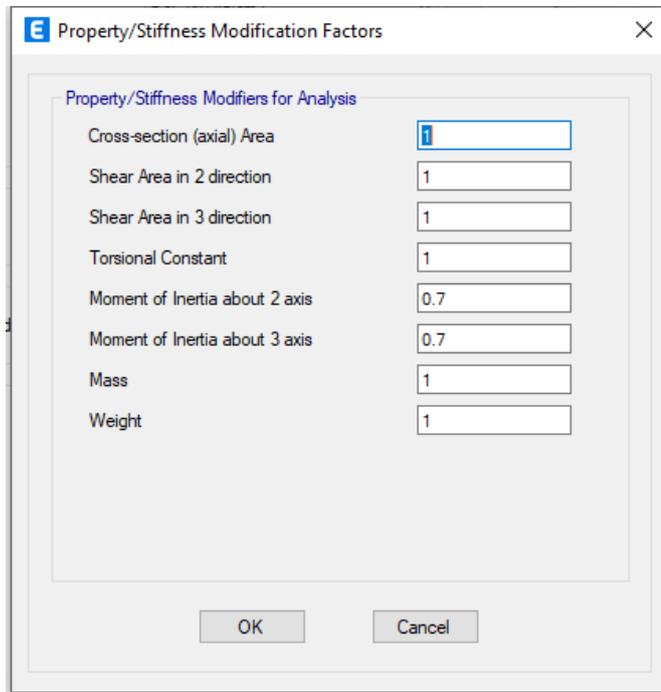
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 95: Reducción de momentos de inercia de Columna 2 edificio con sistema aporticado



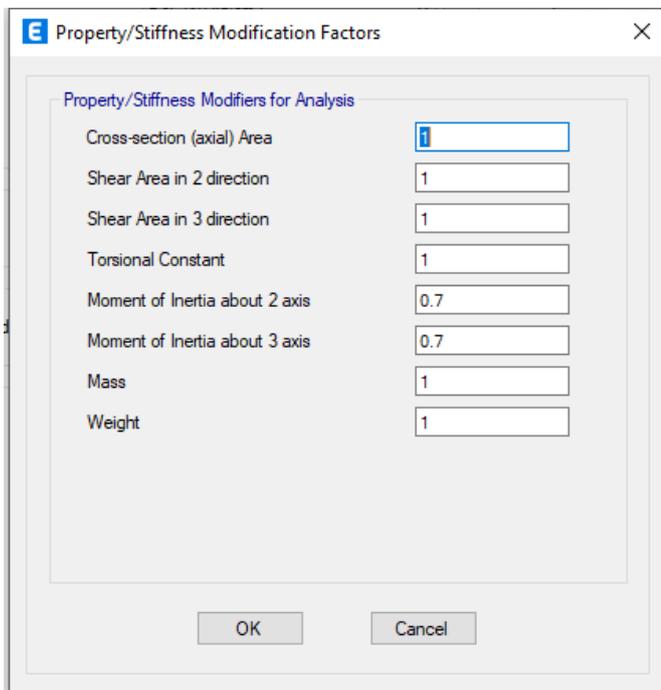
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 96: Reducción de momentos de inercia de Columna 3 edificio con sistema aporticado



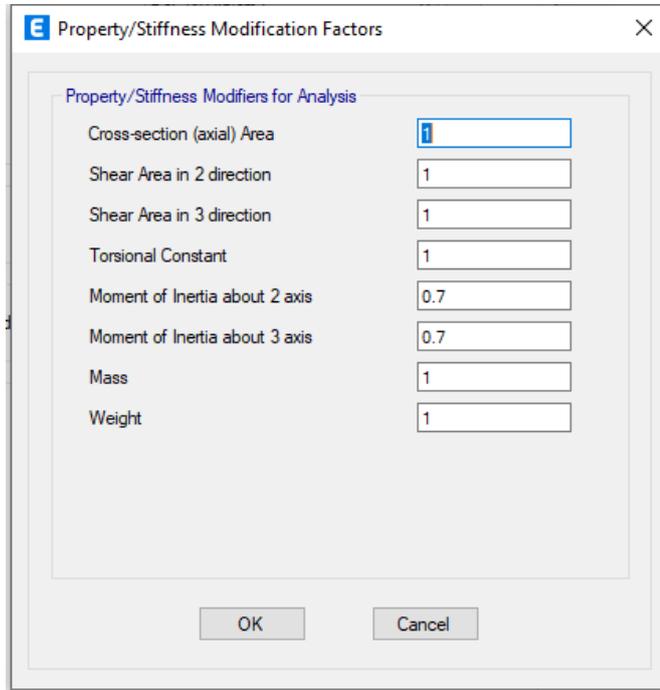
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 97: Reducción de momentos de inercia de Columna 4 edificio con sistema aporticado



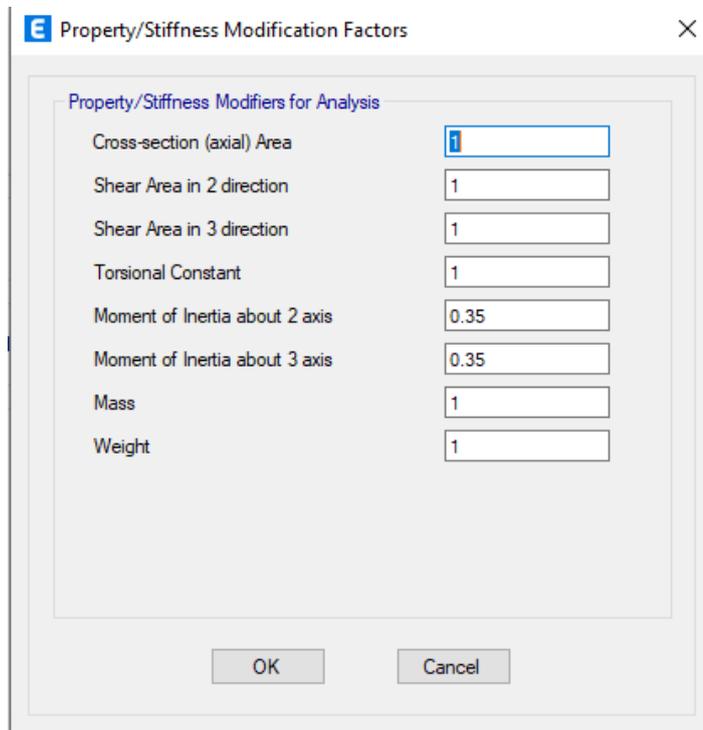
Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 98: Reducción de momentos de inercia de Columna 5 edificio con sistema aporticado



Fuente: Elaboración propia-Etabs

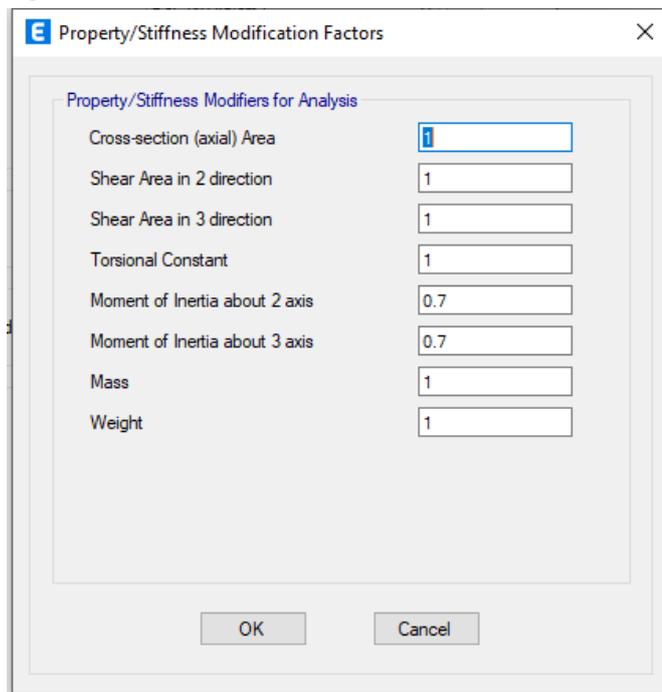
Figura 99: Viga Peraltada 90x60 edificio con sistema aporticado



Fuente: Elaboración propia-Etabs

3.2 Edificio con sistema dual

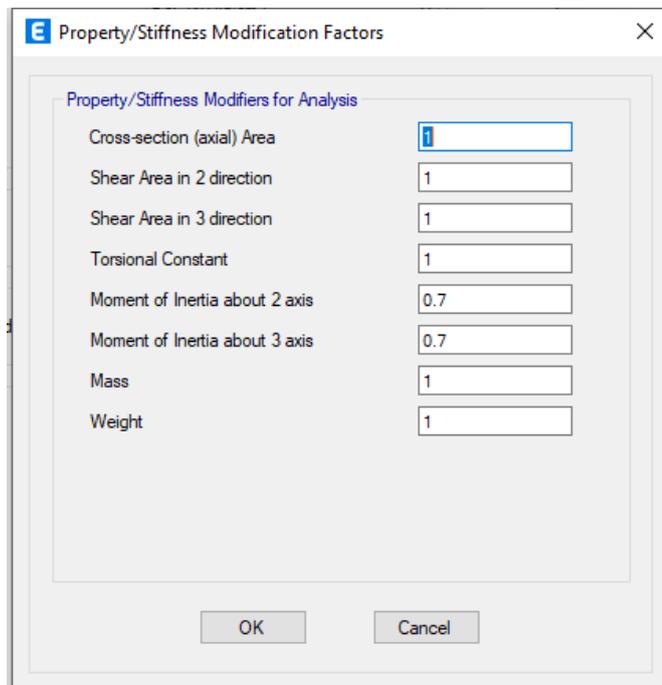
Figura 100: Columna 1 de 80x80 edificio con sistema dual



The dialog box 'Property/Stiffness Modification Factors' contains the following settings:

Property	Value
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.7
Moment of Inertia about 3 axis	0.7
Mass	1
Weight	1

Figura 101: Columna 2 de 70x70 edificio con sistema dual



The dialog box 'Property/Stiffness Modification Factors' contains the following settings:

Property	Value
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.7
Moment of Inertia about 3 axis	0.7
Mass	1
Weight	1

Figura 102: Viga peraltada de 60x30 edificio con sistema dual

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	Value
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.35
Moment of Inertia about 3 axis	0.35
Mass	1
Weight	1

Fuente: Elaboración propia-Etabs

Figura 103: Muro estructural de 30 cm edificio con sistema dual

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	Value
Membrane f11 Direction	1
Membrane f22 Direction	1
Membrane f12 Direction	1
Bending m11 Direction	0.35
Bending m22 Direction	0.35
Bending m12 Direction	1
Shear v13 Direction	1
Shear v23 Direction	1
Mass	1
Weight	1

Fuente: Elaboración propia-Etabs