



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoramiento de la respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles incorporando amortiguadores de masa sintonizada en el distrito de lince

### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

### AUTORES

Ayala Rojas, Renzo Eduardo  
ORCID: 0000-0003-3462-6899

Vicente Champion, Ambar Geraldine  
ORCID: 0000- 0002- 4176-4061

### ASESOR

Gárate Cáceres, Francisco Héctor  
ORCID: 0000-0001-5482-7562

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Ayala Rojas, Renzo Eduardo

DNI: 75270274

Vicente Champion, Ambar Geraldine

DNI: 48741653

### **Datos de asesor**

Gárate Cáceres, Francisco Héctor

DNI: 7640930

### **Datos del jurado**

#### **JURADO 1**

Carmenates Hernandez, Dayma Sadami

DNI: 002944620

ORCID: 0000-0001-5482-7562

#### **JURADO 2**

López Silva, Maiquel

DNI: 002946058

ORCID: 0000-0002-0946-6160

#### **JURADO 3**

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Renzo Eduardo Ayala Rojas, con código de estudiante N° 201521203, con (DNI o Carné de Extranjería<sup>1</sup>) N° 75270274, con domicilio en Calle 5 S/N Mz H lt 1 Piso 3 AAHH El Paraíso, distrito San Juan de Miraflores, provincia y departamento de Lima, y Ambar Geraldine Vicente Champion, con código de estudiante N° 201520730, con (DNI o Carné de Extranjería<sup>2</sup>) N° 48741653, con domicilio en Jr las gaviotas 2121, distrito Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima.

En nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

(El/la) presente (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) titulado: "Mejoramiento de la respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles incorporando amortiguadores de masa sintonizada en el distrito de Lince" es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Gárate Cáceres, Francisco Héctor, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; (el/la) cual ha sido sometido (a) al antiplagio Turnitin y tiene el 12% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación), el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumo responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro del(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en el(la) (tesis/ trabajo de suficiencia profesional/ proyecto de investigación) y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.


En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 29 de Septiembre de 2023



(Renzo Eduardo Ayala Rojas)

(DNI o Carné de Extranjería  
N°) 75270274



(Ambar Geraldine Vicente Champion)

(DNI o Carné de Extranjería  
N°) 48741653

<sup>1</sup> Se debe colocar la opción que corresponda, realizar lo mismo en todo el texto del documento.

<sup>2</sup> Se debe colocar la opción que corresponda, realizar lo mismo en todo el texto del documento.

# MEJORAMIENTO DE LA RESPUESTA DINÁMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE 16 NIVELES INCORPORANDO AMORTIGUADORES DE MASA SINTONIZADA EN EL DISTRITO DE LINCE

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>12%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>alicia.concytec.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>ribuni.uni.edu.ni</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>biblioteca2.ucab.edu.ve</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b>	<b>&lt;1%</b>

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres y a mi compañera de tesis quienes me brindaron consejos y apoyo para crecer como persona, ser perseverante y nunca desistir durante los cinco años de estudio.

Ayala Rojas, Renzo Eduardo

Esta tesis está dedicada a mis padres por su apoyo incondicional. A mis abuelos, hermanos y tía que han sido el soporte perfecto para nunca decaer y siempre mantenerme firme en mis cinco años de estudio.

Vicente Champion, Ambar Geraldine

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos. A nuestro asesor Ingeniero Magister Dayma Carmentes por su paciencia y dedicación, y a nuestros familiares que nos apoyaron en el desarrollo de la tesis.

Ayala Rojas, Renzo Eduardo

Vicente Champion, Ambar Geraldine

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN .....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos .....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Problema General .....	3
1.1.3 Problemas específicos .....	3
1.2 Objetivo general y específico.....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática.....	4
1.3.1 Delimitación temporal.....	4
1.3.2 Delimitación espacial .....	4
1.4 Justificación e importancia .....	5
1.4.1 Justificación Teórica.....	5
1.4.2 Justificación Práctica.....	5
1.4.3 Justificación social .....	6
1.4.4 Justificación ambiental .....	6
1.4.5 Importancia.....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Antecedentes del estudio de investigación .....	7
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	7
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	8
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio .....	11
2.2.1 Sistema de protección sismorresistente .....	11
2.2.2 Estructuración en edificaciones.....	14
2.2.3 Aislamiento sísmico .....	17
2.2.4 Amortiguadores de masa sintonizada.....	21
2.2.5 Clasificación de amortiguadores de masa sintonizada.....	22
2.2.6 Parámetros de diseño de los Amortiguadores de Masa Sintonizada .....	26

2.2.7 Amortiguadores de masa sintonizada para estructuras de 1 grado de libertad	27
2.2.8 Amortiguadores de masa sintonizada para estructuras de n grado de libertad	28
2.3 Definición de términos básicos.....	29
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>30</b>
3.1 Hipótesis .....	30
3.1.1 Hipótesis principal.....	30
3.1.2 Hipótesis secundarias .....	30
3.2 Variables .....	30
3.2.1 Definición conceptual de las variables (independientes y dependiente) .....	30
3.2.2 Operacionalización de las variables (matriz operacional de variables).....	31
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>32</b>
4.1 Tipo y nivel .....	32
4.1.1 Tipo .....	32
4.1.2 Nivel .....	32
4.2 Diseño de la investigación .....	32
4.3 Población y muestra.....	32
4.3.1 Población .....	32
4.3.2 Muestra .....	32
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos .....	33
4.4.2 Tipos de técnicas e instrumentos .....	33
4.4.3 Procedimiento para la recolección de datos .....	34
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	35
<b>CAPÍTULO V: ANALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA .....</b>	<b>36</b>
5.1 Generalidades.....	36
5.2 Modelamiento Estructural.....	36
5.2.1 Propiedades de los materiales.....	38
5.2.2 Secciones de los elementos .....	41
5.3 Cargas consideradas.....	53
5.3.1 Carga muerta .....	53
5.3.2 Carga viva.....	53
5.4 Parámetros sísmicos.....	54



5.4.1	Factor de Zona.....	54
5.4.2	Parámetros de sitio .....	55
5.4.3	Factor de amplificación sísmica .....	57
5.4.4	Categoría de la edificación y factor de uso .....	57
5.4.5	Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.....	58
5.4.6	Irregularidad en altura (Ia).....	59
5.4.7	Irregularidad en planta (Ip).....	65
5.5	Análisis Dinámico.....	68
5.5.1	Aceleración Espectral.....	68
5.5.2	Máxima deriva de entrepiso .....	70
5.5.3	Fuerza cortante de entrepiso.....	71
<b>CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES DE MASA</b>		
	<b>SINTONIZADA .....</b>	<b>74</b>
6.1	Análisis Dinámico.....	74
6.1.1	Masa del AMS .....	74
6.1.2	Rigidez del AMS .....	74
6.1.3	Amortiguamiento del AMS .....	75
6.1.4	Diseño del AMS .....	75
6.2	Modelamiento del AMS en Etabs .....	76
6.2.1	Modelamiento del bloque de concreto .....	77
6.2.2	Modelamiento de los Aisladores .....	78
6.2.3	Ubicación de los Amortiguadores de Masa Sintonizada.....	80
6.2.4	Máxima deriva de entrepiso con reforzamiento sísmico.....	81
6.2.5	Fuerza cortante de entrepiso con reforzamiento sísmico .....	83
<b>CAPÍTULO VII: RESULTADOS.....</b>		<b>86</b>
7.1	Resultados .....	86
7.1.1	Modos de vibración .....	86
7.1.2	Derivas.....	88
7.1.3	Desplazamientos.....	89
7.1.4	Periodos .....	90
7.1.5	Frecuencia .....	91
7.1.6	Fuerza cortante .....	92
7.1.7	Control de irregularidad torsional .....	93
7.2	Discusión de Resultados .....	94

7.2.1	Discusión de objetivo específico 1 .....	94
7.2.2	Discusión de objetivo específico 2 .....	94
7.2.3	Discusión de objetivo específico 3 .....	97
7.3	Contrastación de Hipótesis .....	99
7.3.1	Contrastación de Hipótesis General .....	99
7.3.2	Contrastación de Hipótesis Específicos .....	99
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>101</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>102</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>103</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>
	Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	107
	Anexo 2: Matriz de Operacionalización .....	108
	Anexo 3: Planos Estructurales .....	109
	Anexo 4: Permiso de Empresa.....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Matriz de Operacionalización de Variables .....	31
Tabla N° 2 Cuadro de Resistencia de diseños utilizados en la estructura .....	38
Tabla N° 3 Cuadro de columnas establecidas en la estructura .....	41
Tabla N° 4 Cuadro de placas en la estructura .....	45
Tabla N° 5 Cuadro de vigas establecidas en la estructura .....	47
Tabla N° 6 Cuadro de losas establecidas en la estructura.....	52
Tabla N° 7 Cuadro de cargas muertas aplicadas en losa .....	53
Tabla N° 8 Cargas vivas aplicadas en losas.....	54
Tabla N° 9 Factores de zona .....	55
Tabla N° 10 Factores de Suelo Según NTP E 030 .....	56
Tabla N° 11 Periodo "TP" y "TL" .....	56
Tabla N° 12 Sistemas Estructurales y Coeficiente básico de reducción R0.....	58
Tabla N° 13 Irregularidad de Rigidez - Piso Blando-Dirección X.....	59
Tabla N° 14 Irregularidad de Rigidez - Piso Blando-Dirección Y .....	60
Tabla N° 15 Irregularidad de Resistencia en la dirección X.....	61
Tabla N° 16 Irregularidad de Resistencia en la dirección Y.....	62
Tabla N° 17 Irregularidad de Masa o Peso .....	63
Tabla N° 18 Irregularidad torsional en Dirección X.....	65
Tabla N° 19 Irregularidad torsional en Dirección Y.....	66
Tabla N° 20 Parámetros Sísmicos de la estructura .....	68
Tabla N° 21 Derivas en dirección Y .....	70
Tabla N° 22 Derivas en Dirección X.....	71
Tabla N° 23 Fuerza cortante de entrepiso.....	72
Tabla N° 24 Fuerzas de entrepiso .....	72
Tabla N° 25 Derivas de entre piso con AMS en dirección X .....	82
Tabla N° 26 Derivas de entre piso con AMS en dirección Y .....	83
Tabla N° 27 Fuerza cortante de entrepiso con AMS en dirección X.....	84
Tabla N° 28 Fuerza cortante de entrepiso con AMS en dirección Y .....	85
Tabla N° 29 Parámetros Óptimos .....	86
Tabla N° 30 Modos de Vibración sin AMS y con AMS .....	86
Tabla N° 31 Derivas de Entrepiso con AMS y sin AMS.....	88
Tabla N° 32 Desplazamiento de Entrepiso con AMS y sin AMS .....	89

Tabla N° 33 Periodo de la Edificación sin AMS y con AMS.....	90
Tabla N° 34 Frecuencia de la Edificación sin AMS y con AMS .....	91
Tabla N° 35 Fuerza Cortante sin AMS y con AMS .....	92
Tabla N° 36 Control de Irregularidad Torsional sin AMS y con AMS .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Mapa sísmico del Perú.....	1
Figura N° 2: Referencia por el piso que desean comprar en Lima Metropolitana para departamentos .....	2
Figura N° 3: Ubicación de la edificación en estudio .....	4
Figura N° 4: Edificio Multifamiliar Casanova 151 .....	5
Figura N° 5: Clasificación de los Sistemas de Protección Sísmica .....	11
Figura N° 6 : Sistema de control activo .....	12
Figura N° 7: Sistema de control semi activo .....	12
Figura N° 8: Diferencias técnicas de control pasivo.....	13
Figura N° 9: Esquema de funcionamiento de una estructura con Sistema de Control Híbrido.....	14
Figura N° 10: Fuerzas desarrolladas en un diafragma rígido .....	15
Figura N° 11: Planta de edificio con aparente simetría .....	16
Figura N° 12: Comparación de la respuesta entre estructuras convencionales y con aislamiento sísmico.....	17
Figura N° 13: Esquematización de espectros en suelo firme o roca.....	18
Figura N° 14: Acción dinámica .....	19
Figura N° 15: Acción dinámica y respuesta determinista.....	19
Figura N° 16: Acción dinámica y propiedades de la estructura.....	20
Figura N° 17: Obtención de la Fuerza Sísmica en edificios .....	21
Figura N° 18: Amortiguadores de masa sintonizada del edificio Taipei 101 .....	21
Figura N° 19: Amortiguadores de masa sintonizada traslacional unidireccional .....	22
Figura N° 20: Amortiguadores de masa sintonizada en el edificio Citicorp Center.....	23
Figura N° 21: Amortiguadores de masa sintonizada en el edificio Chiba Port Tower...	23
Figura N° 22: Amortiguadores de masa sintonizada de péndulo simple .....	24
Figura N° 23: AMS en el edificio Taipei 101 .....	25
Figura N° 24: Amortiguadores de masa sintonizada múltiple .....	25
Figura N° 25: AMS en el edificio Citicorp Center .....	26
Figura N° 26: Razones óptimas de frecuencia $f$ y amortiguamiento de AMS para 3 amortiguamientos.....	28
Figura N° 27: Diagrama de procedimientos para determinar las dimensiones óptimas de los AMS .....	34

Figura N° 28: Diagrama de procedimientos para determinar la influencia de los AMS en la respuesta dinámica .....	34
Figura N° 29: Diagrama de procedimientos para comparar a respuesta dinámica con y sin el uso de los AMS .....	35
Figura N° 30: Modelamiento de Estructura en software ETABS.....	37
Figura N° 31: Vista de una planta típica del edificio Residencial Casanova.....	37
Figura N° 32: Definición de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> en programa ETABS .....	39
Figura N° 33: Definición de concreto $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> en programa ETABS .....	40
Figura N° 34: Definición de concreto $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> en programa ETABS .....	41
Figura N° 35: Definición de Columna 1 (C-1) en programa ETABS .....	44
Figura N° 36 : Definición de acero en Columna 1 (C-1) en programa ETABS .....	44
Figura N° 37: Definición de la Placa 1 (PL-1) en el software ETABS .....	46
Figura N° 38: Definición de la Viga V1-1 en programa ETABS .....	51
Figura N° 39. : Definición de la losa aligerada $E=20$ cm en programa ETABS .....	52
Figura N° 40. Definición de cargas en programa ETABS.....	54
Figura N° 41: Mapas de Zonas Sísmicas .....	55
Figura N° 42: Plano estructura de la edificación .....	67
Figura N° 43: Definición de las cargas sísmicas dinámicas dirección X en el Software ETABS.....	68
Figura N° 44: Definición de las cargas sísmicas dinámicas dirección X en el Software ETABS.....	69
Figura N° 45: Definición de las cargas sísmicas dinámicas dirección Y en el Software ETABS v.18.0.2.....	69
Figura N° 46: Bloque de concreto Ams.....	76
Figura N° 47: Modelamiento de la Estructura con AMS.....	77
Figura N° 48. Definición del bloque de concreto .....	77
Figura N° 49. Definición de los aisladores. ....	78
Figura N° 50. Rigidez y amortiguamiento en la Dirección U2.....	79
Figura N° 51: Rigidez y amortiguamiento en la Dirección U2 .....	80
Figura N° 52: Rigidez y amortiguamiento en la Dirección U2. ....	80
Figura N° 53: Ubicación del Ams en la estructura. ....	81
Figura N° 54: Dimensiones del AMS .....	86
Figura N° 55: Comparación de Periodos sin y con AMS .....	95
Figura N° 56: Comparación de Frecuencia sin y con AMS.....	96

Figura N° 57: Comparación de Fuerza Cortante sin y con AMS en la Dirección X .....	96
Figura N° 58: Comparación de Fuerza Cortante sin y con AMS en la Dirección Y .....	97
Figura N° 59: Comparación de Desplazamiento sin y con AMS en la Dirección X .....	97
Figura N° 60: Comparación de Desplazamiento sin y con AMS en la Dirección Y .....	98
Figura N° 61: Comparación de Derivas sin y con AMS en la Dirección X .....	98
Figura N° 62: Comparación de Derivas sin y con AMS en la Dirección Y .....	99

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se basó en el mejoramiento de la respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles en el distrito de Lince, incorporando un mecanismo de disipación de energía como son los amortiguadores de masa sintonizada, con el objetivo de determinar el mejoramiento de la estructura aplicando AMS frente a un sismo y cuantificar la respuesta de la estructura. Para ello se usó el Software ETABS V20, para modelar la estructura, y la Norma Peruana E030 Diseño sismo resistente para el análisis dinámico.

Posteriormente, se procedió al modelamiento de la estructura sin y con AMS con el software mencionado, realizando el análisis dinámico teniendo en cuenta las características del edificio como la ubicación en Lima, el uso multifamiliar, y el sistema estructural de muros estructurales de concreto y se aplicó un espectro respuesta en ambas direcciones, para aplicar el AMS a la estructura se realizó un pre dimensionamiento en base a los indicadores del método de Sadek. Como resultados, se obtuvieron los parámetros necesarios para estudiar el mejoramiento aplicando el AMS a la estructura, estos fueron: los desplazamientos, derivas, fuerza cortante, las formas de vibración, los periodos y frecuencias de la estructura.

Finalmente, se logró obtener resultados favorables, teniendo una reducción de derivas del 13.65% en la dirección X y 16.37% en la dirección Y, además obtener el incremento de los periodos de vibración de un 39.37%.

Con esta mejora en el comportamiento dinámico del edificio se demostraron los beneficios del AMS frente a un evento sísmico, con lo cual se reconoce el potencial uso de este sistema de disipación de energía.

**Palabras Clave:** Respuesta dinámica, Amortiguadores de masa sintonizada, Derivas, Análisis sísmico.



## **ABSTRACT**

In the present research work, it was based on the improvement of the dynamic response of a 16-story building in the district of Lince, incorporating an energy dissipation mechanism such as tuned mass dampers, with the objective of determining the improvement of the structure applying AMS against an earthquake and quantifying the response of the structure. For this, the ETABS V20 Software was used to model the structure, and the Peruvian Standard E030 Earthquake Resistant Design for the dynamic analysis.

Subsequently, the structure was modeled without and with AMS with the mentioned software, performing the dynamic analysis taking into account the characteristics of the building such as the location in Lima, the multi-family use, and the structural system of structural concrete walls and applied a response spectrum in both directions, to apply the AMS to the structure, a pre-dimensioning was carried out based on the indicators of the Shadek method. As a result, the necessary parameters were obtained to study the improvement by applying the AMS to the structure, these were: displacements, drifts, shear force, vibration forms, periods and frequencies of the structure.

Finally, it was possible to obtain favorable results, having a drift reduction of 13.65% in the X direction and 16.37% in the Y direction, in addition to obtaining an increase in vibration periods of 39.37%.

With this improvement in the dynamic behavior of the building, the benefits of AMS in the face of a seismic event were demonstrated, thereby recognizing the potential use of this energy dissipation system.

**Key Words:** Dynamic response, Tuned mass dampers, Drifts, Seismic analysis.

# INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se realizó en el distrito de Lince, teniendo un crecimiento poblacional importante, convirtiéndose en un potencial de mercado inmobiliario, en lo cual implica mayor demanda en las obras de edificios de gran altura, con el dato de que las personas tienden a preferir los pisos inferiores por motivos de seguridad, entonces este crecimiento vertical y el motivo de brindar mayor seguridad provocan que existan indagaciones relacionadas con la respuestas sísmicas y logren tener inmuebles con el fin defender y asegurar a estabilidad de los individuos que las habiten.

Es por tal motivo que se presenta la siguiente tesis de investigación, mediante procedimientos analíticos y modelamiento numérico, apoyados de la Norma Técnica Peruana E030 Diseño Sismo Resistente, la cual toma en cuenta los siguientes puntos: Evitar pérdidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad y del Software Etabs V20 donde se desarrolla el análisis de un edificio multifamiliar, con el objetivo principal del mejorar la respuesta dinámica de una estructura de 16 niveles incorporando amortiguadores de masa sintonizada ubicado en Lince, a fin de evaluar la eficiencia de los disipadores de energía en edificaciones de grandes alturas.

Por lo tanto, se realiza un análisis dinámico con y sin el uso de los amortiguadores de masa sintonizada, obteniendo su respuesta sísmica respecto a derivas, desplazamientos, fuerzas cortantes, periodos y frecuencias, con el fin de comparar y cuantificar la mejora del comportamiento estructural al aplicar el disipador de energía en el último nivel de la estructura.

En el capítulo 1 se describe el planteamiento del problema, los objetivos, las delimitaciones, la importancia, la justificación y la limitación del estudio.

En el capítulo 2, se desarrolla el marco teórico, en donde se profundiza los conceptos relacionados a la presente investigación, los cuales sirven de soporte para sustentar el estudio.

En el capítulo 3, se realiza el sistema de hipótesis, indicando las variables dependientes e independientes de la investigación.

En el capítulo 4, se realiza la metodología de la investigación, indicando el tipo y nivel, diseño de la investigación, población y muestra, tipos y criterios de confiabilidad

En el capítulo 5, se realiza el análisis sísmico de la estructura modelando en el software ETABS, adicionándole las propiedades de los materiales, sección de elementos, cargas

consideradas, parámetros sísmicos según la norma E030 para obtener la respuesta dinámica sin el amortiguador de masa sintonizada.

En el capítulo 6, se realiza el análisis sísmico de la estructura con los amortiguadores de masa sintonizada modelando en el software ETABS, y obtener los parámetros sísmicos según la norma E030 para obtener la respuesta dinámica.

En el capítulo 7, se muestran y se analizan los resultados obtenidos a partir del análisis dinámico sin y con la incorporación del AMS. Estos resultados se comparan en tablas técnicas mostrando las derivas, desplazamientos, fuerzas cortantes, periodos y modo de vibración. Y con ello se generan las conclusiones correspondientes, los cuales responden a los objetivos e hipótesis, y se presentan recomendaciones que se deben tener en cuenta para futuras investigaciones.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO PROBLEMA

## 1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

### 1.1.1 Descripción del problema

Según la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2020), el Perú es uno de los países con mayor potencial sísmico, ya que forma parte del Cinturón de fuego del pacífico, donde se libera la energía acumulada en el interior de la tierra. Existen estudios sismológicos, donde se ha identificado zonas al largo de la costa del Perú que podrían producir sismos de gran magnitud. Los terremotos más fuertes registrados en América Latina desde el 2000 han sido en Chile, con una magnitud de 8,8 en la escala de Richter, Perú con 8.4. Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2019), se permitió clasificar los sismos según su profundidad, teniendo así sismos de foco superficial que son menos a 60 km, de foco intermedio que es entre 61 km y 300 km, foco profundo que más de 351 km. Como se observa (Figura 1) el mapa sísmico del Perú, la línea de costa es donde se suceden sismos de foco profundo (color rojo) que son los que alcanzan la magnitud de 8.4 causando daños importantes en la zona costera del país.

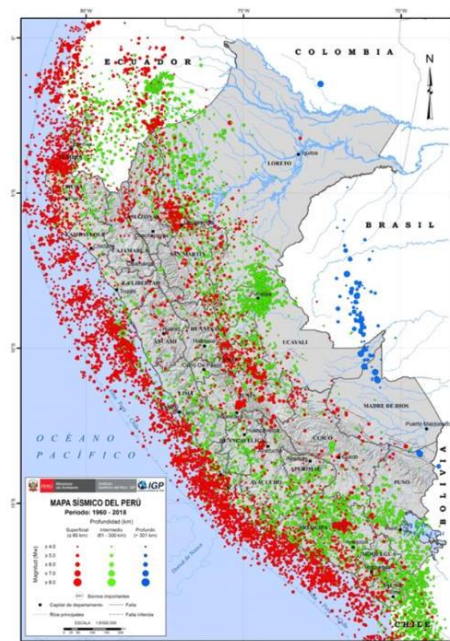


Figura 1: Mapa sísmico del Perú, periodo 1960 - 2018

Figura N° 1: Mapa sísmico del Perú

Fuente: Instituto Geofísico del Perú - IGP

Se ha observado problemas en las áreas urbanas después de ocurrir un sismo de gran magnitud, que se ha mostrado que el principal problema es el crecimiento de la población de manera desordenada en las ciudades, encontrando viviendas sobre suelos que son clasificados de alto riesgo como suelos no compactados, en laderas de cerros, orillas de ríos. Agregando así las construcciones informales con materiales no adecuados para soportar grandes sismos y sin tener un asesoramiento profesional.

Según Perú 21 (2021), Lince pertenece al conjunto de distritos conocidos como Lima moderna, donde se ubica edificaciones residenciales con mayor altura entre 7 pisos y 21 pisos, tendiendo así un crecimiento poblacional importante, convirtiéndose en un potencial de mercado inmobiliario, al poder extender áreas hacia arriba se puede realizar mayor uso a los espacios y así se logra aprovechar las áreas de la ciudad, siendo más eficiente y económica.

Según El Comercio (2021), a pesar del impacto de proyectos inmobiliarios en lima metropolitana, los propietarios prefieren ubicarse en los tres primeros pisos, como podemos observar en la Figura 2 uno de los motivos es la inseguridad y pánico que causa a los ocupantes frente a un sismo, ya que en los pisos altos presentan un mayor periodo de vibración con lo cual dificulta tener una evacuación en el menor tiempo.

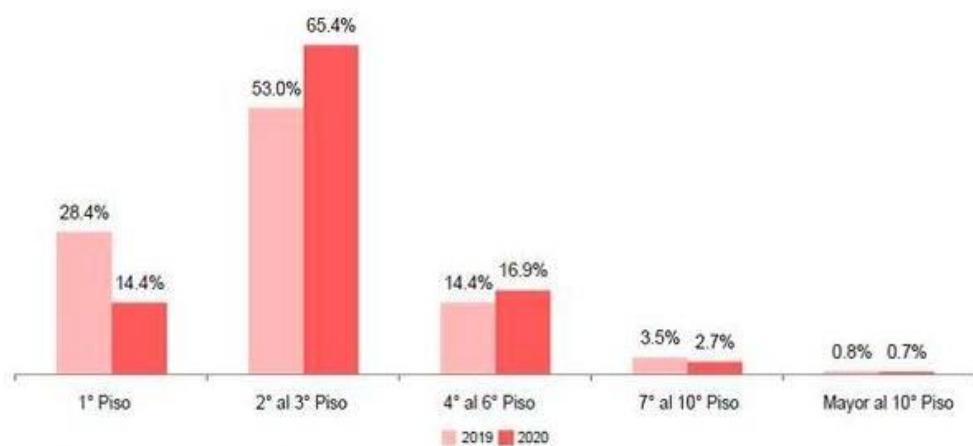


Figura N° 2: Referencia por el piso que desean comprar en Lima Metropolitana para departamentos  
Fuente: El comercio (2021).

Según Diseño de Sistemas de Protección Antisísmica (Disipa, 2021) en la actualidad el Perú cuenta con más de 100 edificaciones con aisladores sísmicos en el sector público y privado, con respecto a los disipadores de energía, tienen una menor aplicación.

Según Quispe, J. y Rojas, A. (2020) no son muy usados los amortiguadores de masa sintonizada (AMS) en las edificaciones del país, siendo una alternativa de mejoramiento de respuesta a las estructuras frente a un evento sísmico. Los AMS son ubicados usualmente en el último nivel de la estructura con el objetivo de disipar la energía que ingresa a la edificación y así disminuir la respuesta sísmica. Los amortiguadores de masa sintonizada (AMS) se pueden aplicar a edificaciones ya construidas y a proyectos nuevos, siendo una alternativa más factible que los aisladores. Pero el motivo de que no son muy usados en el Perú puede ser por el desconocimiento y falta información, es por ello que se propone el uso de los AMS en el distrito de Lince a una edificación de 16 pisos con el fin de estudiar la respuesta dinámica, la influencia a la estructura.

#### 1.1.2 Problema General

¿Cómo efectuar el mejoramiento de la respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles incorporando amortiguadores de masa sintonizada en el distrito de Lince?

#### 1.1.3 Problemas específicos

- a) ¿Cómo determinar las dimensiones óptimas de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles?
- b) ¿Cómo determinar la influencia de los amortiguadores de masa sintonizada en la respuesta dinámica para una edificación de 16 niveles?
- c) ¿Cómo es la comparación de la respuesta dinámica con y sin el uso de amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles?

### 1.2 Objetivo general y específico

#### 1.2.1 Objetivo General

Mejorar la respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles, incorporando amortiguadores de masa sintonizada en el distrito de Lince.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las dimensiones óptimas de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles.
- b) Determinar la influencia de los amortiguadores de masa sintonizada en la respuesta dinámica de vibración para una edificación de 16 niveles.
- c) Comparar la respuesta dinámica con y sin el uso de amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles.

### 1.3 Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática

#### 1.3.1 Delimitación temporal

El estudio de la investigación se desarrollará en 6 meses del año 2022, utilizando el programa ETABS en el periodo de especialización, donde se ejecutará el proceso de los datos de los estudios. Ver anexo I: Cronograma de Actividades.

#### 1.3.2 Delimitación espacial

El objeto de estudio se encuentra ubicado en Jr. Domingo Casanova 151, que tiene como nombre CASA NOVA 151 (Ver figura 4) en el distrito de Lince, en la provincia de Lima, departamento de Lima, con ubicación en las coordenadas latitud  $-12.08918957660315$ , y longitud  $-77.03445548387354$ .(Ver figura 3).



Figura N° 3: Ubicación de la edificación en estudio

Fuente: Google maps



*Figura N° 4:* Edificio Multifamiliar Casanova 151

Fuente: Constructora Tale

## 1.4 Justificación e importancia

### 1.4.1 Justificación Teórica

La presente tesis aplica conocimientos acerca del uso de los amortiguadores de masa sintonizada que se aplicaron en edificaciones extranjeras, presentan mejoras ante su respuesta dinámica, por lo tanto, la investigación emplea el conocimiento en el distrito de Lince para su mejoramiento en estructuras que presenten irregularidades en altura y en planta como establece la norma E030 sismorresistente y así aplicar esta propuesta a futuras construcciones del mismo distrito.

### 1.4.2 Justificación Práctica

La presente investigación busca impulsar el uso de los amortiguadores de masa sintonizada para mejorar la respuesta dinámica de la edificación planteada y así determinar el desempeño de la estructura ante un evento sísmico, Asimismo poder tener una alternativa de solución para un mejoramiento sísmico en estructuras con irregularidades en altura y en planta de las edificaciones de Lince.



#### 1.4.3 Justificación social

En el ámbito social, busca la satisfacción de un aproximado de 310 ocupantes de inmuebles de los cuales 155 ocupantes viven en pisos altos de esta edificación, ya que, ante un sismo, la estructura tiende a tener un periodo considerable y esto genera desesperación entre las personas que podrían generar accidentes graves. Por lo tanto, la presente investigación pretende dar una mayor seguridad y calma a las personas para que puedan evacuar ante un sismo.

#### 1.4.4 Justificación ambiental

Desde el punto de vista ambiental, las construcciones con mayor altura hacen referencia a un crecimiento vertical, en donde beneficiaría a un crecimiento horizontal de áreas verdes como parques.

#### 1.4.5 Importancia

La presente investigación tiene como finalidad demostrar el mejoramiento de la edificación ante un evento sísmico aplicando el uso de un sistema antisísmico como son los amortiguadores de masa sintonizada para estructuras que presenten irregularidad en altura y en planta en el distrito de Lince; ya que no existen estudios en dicho distrito que apliquen el sistema antisísmico mencionado anteriormente. Las construcciones de edificaciones modernas con grandes alturas tienden a ser más propensas ante un evento sísmico, puesto que producen oscilaciones en la edificación; que pueden provocar daños a la estructura. Así mismo, los ocupantes tienden a tener inseguridades en los pisos altos debido a las oscilaciones mencionadas anteriormente, con lo cual mediante el uso del sistema de amortiguadores de masa sintonizada ayuda a reducir las vibraciones y por ende a tener un mejoramiento ante un evento.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Calderón, E. (2017) en su investigación “Reducción de la respuesta dinámica en estructuras sismo resistentes con amortiguadores de masa sintonizada” en Ecuador. Trabajo de titulación para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional Autónoma de México. Tuvo como objetivo determinar la influencia de los amortiguadores de masa sintonizada en la respuesta dinámica generando modelos numéricos de estructuras con mediana y grandes alturas ubicando los AMS en el piso con mayor altura. Es un trabajo de investigación donde analiza las edificaciones usando una metodología de sismo resistencia, haciendo uso de pórticos de concreto armado con vigas descolgadas en base a la norma ACI 318-14, los elementos estructurales fueron prediseñadas para implementar los AMS del tipo pendular para la reducción de la respuesta dinámica usando el programa Sap2000. Dicho esto, se obtienen como resultados la reducción de los parámetros de desplazamientos y aceleración en un 30% logrando obtener un diseño óptimo para los AMS. El autor concluyó que para poder reducir la respuesta dinámica de una estructura se puede utilizar los AMS del tipo pendular, la cual la efectividad es mayor cuando existe acción de cargas armónicas en la base. Esta investigación nos ayuda a controlar la respuesta dinámica mediante un tipo de AMS que es la pendular; sin embargo, es necesario realizar un análisis en estructuras flexibles para determinar su impacto.

Monsalvo, I (2019) en su tesis “Efectos de los amortiguadores de masa sintonizada en la respuesta sísmica de estructuras de la Ciudad de México”. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil; cuyo objetivo es estudiar los AMS tipo péndulo para controlar la respuesta lateral de sistemas estructurales sujetos a movimientos sísmicos en la Ciudad de México. Su método de investigación es de tipo experimental con un tipo de diseño transversal. Haciendo uso como instrumento el software SAP2000 para realizar dicho estudio. Los resultados obtenidos en los desplazamientos estructurales disminuyen con relación a las masas del 5, 10 y 20% y esto debido a la longitud óptima para la colocación

del Péndulo. El autor concluye que mientras el porcentaje de masa sea mayor, los AMS serán más efectivos en movimientos sísmicos dependiendo de los periodos analizados. Además, el investigador sugiere realizar estudios más profundos y específicos para el comportamiento de los AMS tipo péndulo ya que los periodos de vibración del péndulo no correspondieron al de la estructura principal. La presente tesis nos indica que también se pueden obtener valores desfavorables para la reducción de la respuesta dinámica si no se obtiene la longitud óptima para los Amortiguadores de masa sintonizada tipo pendular.

Lagos, E. (2020) en la presente investigación titulada “Efecto del sismo vertical en la eficiencia de disipador de masa sintonizada” Universidad de Chile, Santiago de Chile. Memoria para optar el título de Ingeniero Civil. Tuvo como objetivo estudiar la reducción de la eficiencia de un disipador de masa sintonizada, frente a la desincronización producto de un sismo con dirección vertical. Esta memoria utiliza métodos tradicionales para el análisis sísmico de las estructuras, los estudios de los disipadores de masa sintonizada para implementar a las edificaciones la cual se someterán a sismos registrados en Chile.

El tipo de investigación usada es experimental, utilizando laboratorios para ensayos de modelos. Los resultados fueron obtenidos mediante la aplicación del registro de sismos como Kobe teniendo una reducción de aceleración del 3.1% y el sismo de Llole con una reducción de aceleración del 37.6%. Sin embargo, al aplicar el sismo en dirección vertical aumenta la aceleración máxima en un 43% para el sismo de Llole. El autor concluyó que los sismos verticales tienen una alta energía en los periodos fundamentales de la estructura que pueden afectar la respuesta dinámica y por lo tanto afecta la eficiencia de manera favorable. Esta tesis nos ayuda para determinar la afectación de los DMS para una estructura implementando diferentes registros de sismos.

### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

Ayhuasi, N y Añamuro, J (2020) en su tesis “Comparación de la respuesta estructural en un edificio de 20 niveles con amortiguadores de masa sintonizada de tipo convencional y pendular mediante modelos físicos a escala reducida”.

Universidad peruana Unión para obtener el grado de título profesional de ingeniería civil; presenta como objetivo comparar la respuesta estructural de un edificio de 20 niveles con AMS de tipo convencional y pendular mediante modelos físicos a escala reducida sometida a aceleraciones sísmicas en la base producida por una mesa vibratoria. El tipo de investigación que usaron es la experimental con un diseño de tipo transversal, haciendo uso de materiales de madera para construir una edificación de 20 niveles a escala reducida y hace uso del software Seismosignal V4.3 para la obtención de las aceleraciones, velocidades y desplazamiento, Asimismo, Usa materiales para construir una mesa vibratoria como una placa vibratoria y un hardware para la toma de datos. También usa el software Matlab R2014b para su análisis. El investigador tiene como resultado que la estructura planteada con la incorporación de los AMS presenta una mejor eficiencia ante el sismo de Ancash el cual posee un mayor desplazamiento en comparación a los sismos de lima en noviembre de 1974 y enero de 1974. Los autores concluyen que al utilizar los AMS convencional para una estructura se reduce el 40.66% los desplazamientos en el último nivel y los AMS pendular reducen un 29.98% teniendo una diferencia de 10.68%. Asimismo, realizó un ensayo de la estructura con y sin los AMS respecto a la frecuencia de sintonización y en los desplazamientos se obtuvo una disminución en la respuesta dinámica. Asimismo, determina que para estructuras más flexibles el desempeño que presenta los AMS son mejores. Mediante la tesis mencionada nos sirve para poder comparar el análisis de una estructura con y sin el uso de los amortiguadores de masa sintonizada (AMS) y evaluar la estructura aplicando diferentes sismos y así determinar la eficiencia.

Lozada H. y Rivera F, (2021) presenta en la siguiente investigación titulada “Reducción de desplazamientos laterales en edificios con sistema estructural de pórticos de 7 a 10 pisos utilizando amortiguadores de masa sintonizada” Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil; en el cual tiene como objetivo determinar el porcentaje de reducción de desplazamientos laterales en edificaciones que tienen un sistema estructural de pórticos haciendo uso de Amortiguadores de Masa Sintonizada. El tipo de investigación que presenta la tesis es de tipo

experimental y explicativa, con un modelo de diseño transversal haciendo uso de herramientas como el software Etabs para el modelamiento y análisis de resultados. También se utilizó información del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). Se realizó el modelamiento aplicando los datos de un sismo real ocurrido en junio del 2001 en la misma ciudad, y se obtuvo resultados que para el desplazamiento en la dirección del eje X y eje Y se reducen al aplicar los AMS en edificaciones de 7 a 10 niveles. Y el porcentaje promedio de reducción en un pórtico es del 55% para el eje X y del 30% para el eje Y aproximadamente.

Para un segundo pórtico analizado se obtiene una reducción de desplazamiento entre 60% y 64% para el eje X, para el eje Y se reduce entre 22% y 29% de su desplazamiento. Los autores concluyen que la reducción de los desplazamientos laterales en estructuras se da entre 45% y 55% en promedio lo cual estaría cumpliendo con lo mencionado en la hipótesis planteada donde indica una reducción mínima del 40% aplicando los AMS en las estructuras. Además, es preciso recalcar que la frecuencia aplicada influye en la eficiencia de los AMS ya que si la frecuencia es baja los AMS presentan menor efectividad y así los resultados serían desfavorables.

Esta investigación nos ayuda a poder determinar la reducción de desplazamientos laterales en los pórticos y evaluar la eficiencia de los AMS ya que ante una frecuencia baja los amortiguadores de masa sintonizada no trabajan, convirtiéndose como un piso más y así generaría mayor desplazamiento en la estructura ante un evento sísmico.

Barjas X. y Sotomayor A, (2021) en la investigación titulada “Influencia de la distribución de amortiguadores de masa sintonizada ubicados en el último piso de una edificación de concreto armado de 5 niveles para la reducción de los efectos torsionales ante respuestas sísmicas mediante un análisis estructural en Lima, Perú” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil; En el cual tiene como objetivo determinar cómo varían las respuestas sísmicas en su efecto torsional ante distintas condiciones de amortiguamiento de masa sintonizada. El tipo de investigación es experimental haciendo uso de del software Etabs y Excel para el análisis y resultados. Los resultados obtenidos para un primer caso es el elemento

estructural columna C2 que obtiene una reducción en las fuerzas cortantes y torsiones del 35% aproximadamente en el nivel 3 de la estructura que tiene 5 niveles. Y esto se da al aplicar el sismo llamada la estación parque de la reserva del año 1966. Por lo tanto, los autores concluyen que para el desarrollo del primer caso del análisis la mejor respuesta se da con una masa del 10% del total ubicada en el centroide con ello se produce una reducción torsional del 59.69%. Esta investigación nos ayuda a determinar la reducción de los movimientos torsionales que se presenta por los sismos.

## 2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

### 2.2.1 Sistema de protección sismorresistente

Según Gómez, Marulanda y Thomson (2008). Se está realizando un mayor interés en las investigaciones respecto al control estructural sismorresistente con la finalidad de la protección de la infraestructura y de las personas que habitan en la edificación. Las vibraciones que son producidas por los sismos pueden ser controladas por sistemas de control estructural, reduciendo las fuerzas internas de la estructura y mejorando las propiedades dinámicas, por lo tanto, existen las siguientes alternativas.



Figura N° 5: Clasificación de los Sistemas de Protección Sísmica

Fuente: Vega y Villagrán (2020)

#### a) Sistema de Control Activo

Según Corporación de desarrollo tecnológico (CDT, 2011) el sistema monitorea la respuesta sísmica en tiempo real mediante sensores. Cuando se tiene excitaciones externas, como los sismos, la respuesta de la estructura es medida mediante los sensores que usualmente son acelerómetros instalados en puntos estratégicos, luego se trasmite a un algoritmo de control que procesa la información en tiempo real, y

determina las fuerzas que requieren los actuadores para poder estabilizar la estructura. Es una mejor alternativa de sistema de protección, ya que permite ir adaptando la respuesta de los dispositivos en tiempo real, por lo tanto, se tiene un mejor comportamiento de la estructura, la desventaja es que depende de una energía externa constante para funcionamiento.

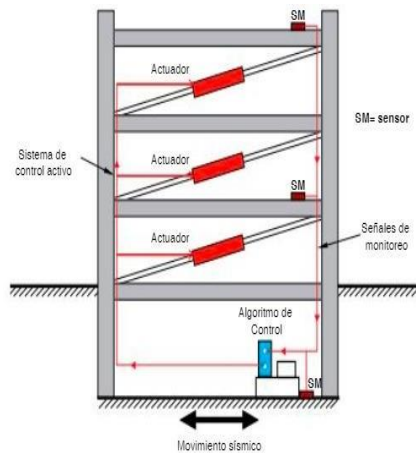


Figura N° 6 : Sistema de control activo

Fuente: CDT, (2011)

b) Sistema Control Semi Activo

Según CDT (2011) a diferencia de los sistemas activos, no depende de una fuerza externa, ya que actúa modificando las propiedades mecánicas en tiempo real a los dispositivos de disipación de energía, al momento de recibir excitaciones externas, se transmite a un algoritmo de control procesando la información hacia un sensor de control monitoreando en tiempo real la respuesta de la estructura.

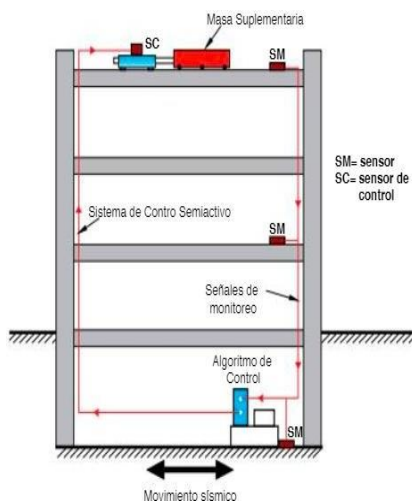


Figura N° 7: Sistema de control semi activo

Fuente: CDT, (2011)

c) Sistema de Control Pasivo

Según CDT (2011) este sistema es uno de los más utilizados, incluyen aisladores de base, y disipadores de energía, ya que nos permite reducir la respuesta dinámica mediante sistemas mecánicos diseñados para disipar la energía por medio de calor. Según Abatta (como citó en Paolacci, Giannini, y De Angelis 2013) existen diferentes técnicas para aplicar un sistema de control pasivo, como podemos observar en la Figura 8a son aisladores sísmicos, Figura 8b es la técnica de arrojamiento disipativo dentro de la estructura, figura 8c es el acoplamiento disipativo entre estructuras adyacentes y la figura 8d, son amortiguadores de masa sintonizada.

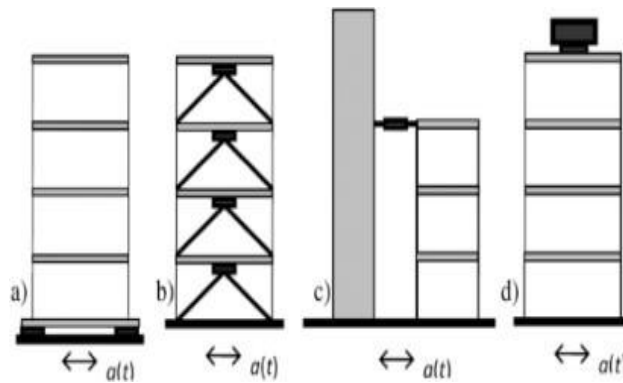


Figura N° 8: Diferencias técnicas de control pasivo

Fuente: Abatta (2020)

d) Sistema de Control Híbrido

Según Verdugo (2007) es la combinación de los sistemas pasivos y activos, puesto que el control se consigue mediante la actuación del sistema pasivo, en caso llegara a fallar el sistema activo, Según Gómez, Marulanda y Thomson (2008) una estructura con sistema de control híbrido se encuentre acondicionada con amortiguadores visco elásticos y un amortiguador activo de masa en la parte superior de la edificación, o una estructura aislada en la base.



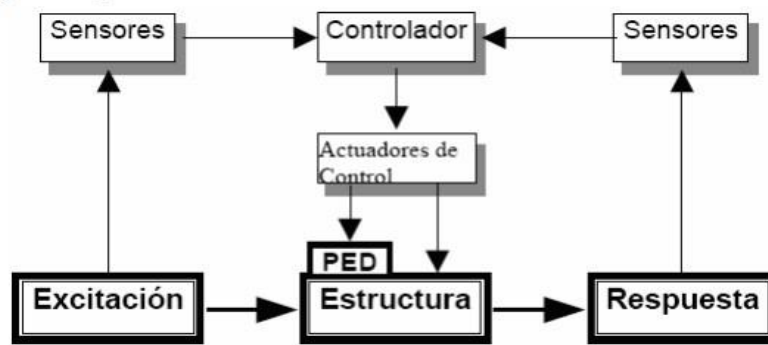


Figura N° 9: Esquema de funcionamiento de una estructura con Sistema de Control Híbrido

Fuente: Verdugo (2007)

### 2.2.2 Estructuración en edificaciones

#### a) Simplicidad y Simetría

Las estructuras simétricas tienden a distribuir uniformemente los esfuerzos evitando concentraciones de tensiones, cuando no se cumple ocurre una torsión global, generando excentricidades en planta. Cuando la simetría es interrumpida por un núcleo estructural como los ascensores, es ahí donde se tiene la torsión global de la estructura, generando graves daños entre la conexión del núcleo y el sistema porticado. Por lo tanto, si la estructura es simétrica es más práctico y conveniente para poder idealizar los elementos estructurales.

#### b) Resistencia y ductilidad

Según Blanco, A (1997) la resistencia en la edificación tiene que ser adecuada, ya que las cargas se transfieren desde su punto de aplicación hasta su punto final de resistencia. Por otro lado, se debe tener en cuenta la ductilidad depende de la carga aplicada al elemento, dependiendo del material de la estructura, cuando es de concreto armado y aumenta la carga entonces aumenta la resistencia, pero disminuye la ductilidad, entonces se debe tener en cuenta que al suministrar ductilidad a la estructura no depende únicamente de los elementos individuales también dependen de las conexiones entre ellos.

#### c) Uniformidad y Continuidad

Según Blanco, A (1997) se debe considerar la uniformidad en el diseño de

la edificación, ya que nos ayuda a evitar concentraciones de esfuerzos, tiene que ser continua en planta y en elevación. En el caso de los muros de corte deben ser continuas sin ser interrumpidas en los niveles de la edificación, puesto que la demanda de la ductilidad se concentra en las columnas.

d) Rigidez Lateral

Según Blanco,A (1997) la rigidez lateral es uno de lo más importante en la estructuración de la edificación, se tiene que considerar elementos estructurales que aporten rigidez lateral en sus direcciones principales, ya que al momento de un sismo tienen un mejor comportamiento que las estructuras flexibles, se debe incluir muros de cortes en edificaciones a porticadas teniendo elementos flexibles y rígidos, disminuyendo las deformaciones y una mejor disipación de energía.

e) Diafragma Rígido

Según el ACI 318S-05 (2005), Los diafragmas son elementos estructurales que pueden ser pisos y cubiertas, Asimismo pueden cumplir las siguientes funciones: Apoyan los elementos estructurales de la edificación (como los muros, tabiques) que resisten fuerzas horizontales, pero no actúan como parte del sistema vertical que son resistentes a fuerzas laterales, pueden transferir las fuerzas laterales que inician en su punto de aplicación hacia el sistema vertical de la edificación. Asimismo, pueden interconectar las componentes del sistema vertical con la adecuada resistencia, rigidez y tenacidad de manera que la edificación responda lo propuesto en su propio diseño.

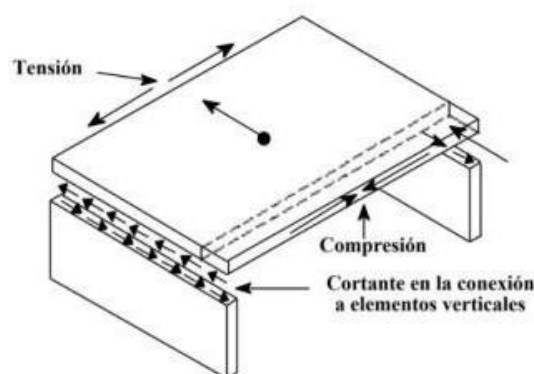
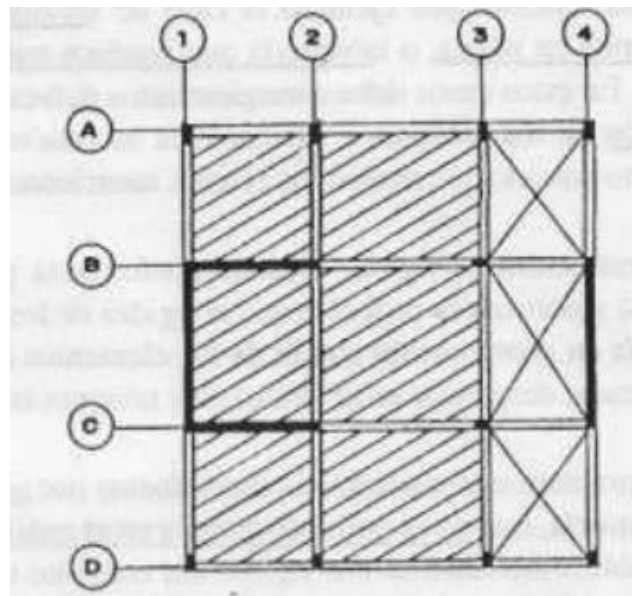


Figura N° 10: Fuerzas desarrolladas en un diafragma rígido

Fuente: Blanco (1997)

Según Blanco, A. (1997) Las fuerzas horizontales que se aplican en los diafragmas rígidos pueden transmitirlos hacia los elementos estructurales verticales como muros de concreto armado y columna de acuerdo con su rigidez lateral. Asimismo, en los análisis se considera una deformación lateral para un nivel determinado. Se sugiere no tener losas con grandes aberturas ya que estas pueden debilitar la rigidez del diafragma. Toda estructura que presente mayor longitud que ancho o que son alargadas en planta pueden presentar daños debido a los diferentes movimientos sísmicos que son aplicados en sus extremos, esto puede provocar que los resultados obtenidos en los análisis sean desfavorables. Por lo tanto, para estos casos se sugiere que la estructura se divida por bloques y tengan juntas sísmicas lo cual deberá ser detallada para evitar el choque de las edificaciones. Esta solución también se puede usar para estructuras que presenten irregularidades en la planta.



*Figura N° 11: Planta de edificio con aparente simetría*

Fuente: Blanco (1997)

f) Elementos no estructurales

Según Blanco, A (1997), los elementos secundarios o considerados como no estructurales ayudan a que la estructura principal tenga un mayor amortiguamiento dinámico. Asimismo, cuando ocurre un sismo fuerte y se

agrietan ayuda de una manera importante a contribuir con la disipación de energía sísmica, esto ayuda a los elementos resistentes.

g) Subestructura o cimentación

Según Blanco, A (1997), la cimentación es muy importante para que las cargas verticales de la estructura lleguen o descarguen a la cimentación. Esto quiere decir que ante un sismo se debe transmitir la cortante basal a la subestructura. Es importante considerar un giro de la cimentación cuando el suelo es blando (menos duro) ya que afecta los parámetros sísmicos, como el periodo de vibración, coeficiente sísmico, la distribución de fuerzas en los elementos verticales.

h) Diseño en concreto armado

Según Blanco, A (1997), Para realizar el diseño con concreto armado se debe tener en consideración los siguientes: cuando se diseña por flexión, este determina la falla mediante la tracción, más no la falla por compresión, esto limita la cuantía de acero para obtener valores exactos. Cuando se diseña por flexión y cortante, se busca evitar la falla por cortante, debido a que es más frágil, mientras que la falla por flexión es mucho más dúctil.

### 2.2.3 Aislamiento sísmico

Según Tena, A (2017) El aislamiento sísmico tiene como finalidad separar el movimiento de la estructura con la superficie, generalmente se ubica en la parte inferior, separando la superestructura con la cimentación. Cuando ocurre un evento sísmico, un edificio convencional tiene deformaciones laterales, por lo tanto, tiene riesgo de sufrir daño a diferencia de un edificio con aisladores, ya que la estructura se comporta como un cuerpo rígido y no sufre daños estructurales y no estructurales.

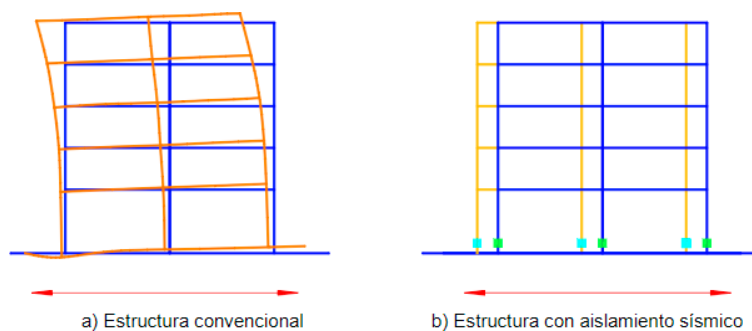


Figura N° 12: Comparación de la respuesta entre estructuras convencionales y con aislamiento sísmico

Fuente: Tena (2017)

En terrenos firmes su aceleración se presenta en periodos de intervalos cortos, entonces cuando se incrementa el periodo la aceleración disminuye, y los desplazamientos aumentan. Al aplicar el aislamiento sísmico le dan flexibilidad lateral a la estructura, proporcionando un alargamiento del periodo fundamental. Por lo tanto, cuando el periodo aumenta, las aceleraciones son menores, las fuerzas de inercia que actúan sobre la estructura se reducen, y es por ello que las cargas por sismo también es menor, para que suceda lo anterior, el sistema tiene que ajustar de manera estable los desplazamientos mayores cuando se incrementa el periodo utilizando un amortiguamiento adicional. A diferencia de los terrenos blandos, los periodos varían en segundos, los hundimientos por deformaciones en suelos arcillosos son perjudiciales para el sistema de aislamiento para las cargas verticales, por lo tanto, no es recomendable utilizar aisladores al menos que se realicen estudios previos.

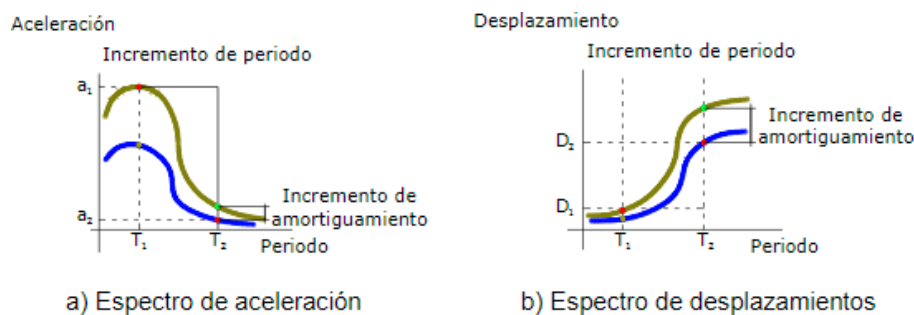


Figura N° 13: Esquemización de espectros en suelo firme o roca

Fuente: Tena (2017)

a) Dinámica estructural.

Gutiérrez, A (2019), es un análisis mecánico aplicado en las construcciones que tiene como finalidad estudiar el efecto de las acciones que producen las vibraciones que se determinan mediante parámetros dinámicos como la masa, rigidez y amortiguamiento, se consideran estas variables, ya que las vibraciones pueden afectar a la estructura. Existen un método donde se conoce la carga dinámica y las vibraciones mediante el espectro de respuesta, que no ayuda a medir la reacción de la estructura sometida a un evento sísmico, es representado mediante un gráfico donde tiene como variable el desplazamiento, velocidad y la aceleración.

Determinar la respuesta dinámica es importante, ya que nos ayuda a construir proyectos capaces de resistir a cargas dinámicas.

b) Acciones y fuerzas dinámicas

Según Cassano (2009), Una acción dinámica produce vibraciones en una estructura debido a que varía con el tiempo de forma rápida. Asimismo, pueden ser determinista o determinísticas y esto sucede cuando su variación temporal es conocida, por lo tanto, nos permite evaluar el comportamiento de una estructura después de haber ocurrido una vibración que efectuó una respuesta dinámica.

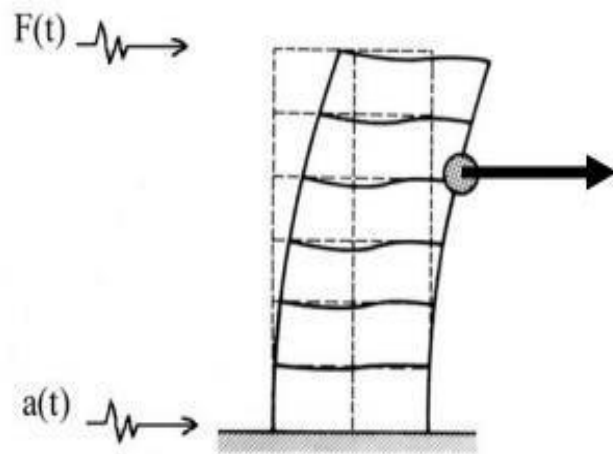


Figura N° 14: Acción dinámica.

Fuente: Cassano (2009)

Según Cassano (2009), Es importante que un diseño de estructuras no puede afrontar acciones deterministas conocidas, ya que nada nos asegura que se repitan las mismas vibraciones para una estructura que ocasionó una respuesta dinámica.

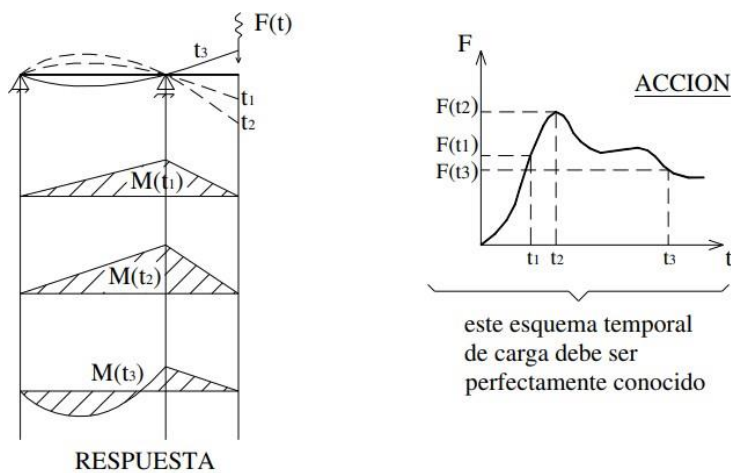


Figura N° 15: Acción dinámica y respuesta determinista

Fuente: Cassano (2009)

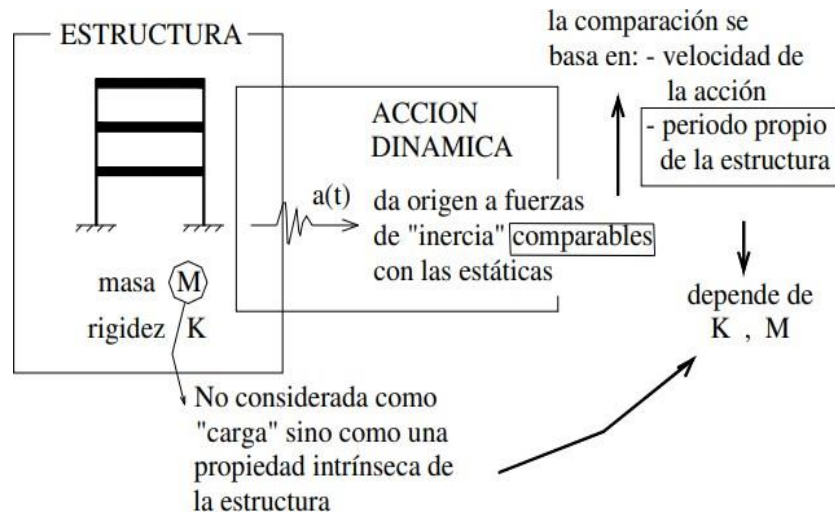


Figura N° 16: Acción dinámica y propiedades de la estructura

Fuente: Cassano (2009)

c) Masa, rigidez y amortiguamiento

Según Gómez (2008), son los parámetros dinámicos que pueden alterarse con la intención de reducir o minimizar la respuesta dinámica de una estructura conformada por la velocidad, desplazamiento y aceleración. La variación de la masa y rigidez modifica la frecuencia natural de una Estructura la cual se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$[K - \omega_n^2 M] \phi_n = 0$$

Donde  $\omega_n$  y  $\phi_n$  son la n-ésima frecuencia natural en [rad/seg] y el n-ésimo modo de vibración, respectivamente. Variar la masa podría tener afectar el costo de la edificación además de presentar problemas estructurales en edificios flexibles debido al incremento del peso de los materiales de construcción. Modificar la rigidez de una estructura es lo que comúnmente se realiza para efectos de reducir desplazamientos y derivas. Al cambiar la rigidez se puede realizar la fuerza cortante basal antes y después de reforzar la estructura se puede determinar que se somete a la estructura a una mayor fuerza sísmica haciéndola más eficiente ante eventos sísmicos.

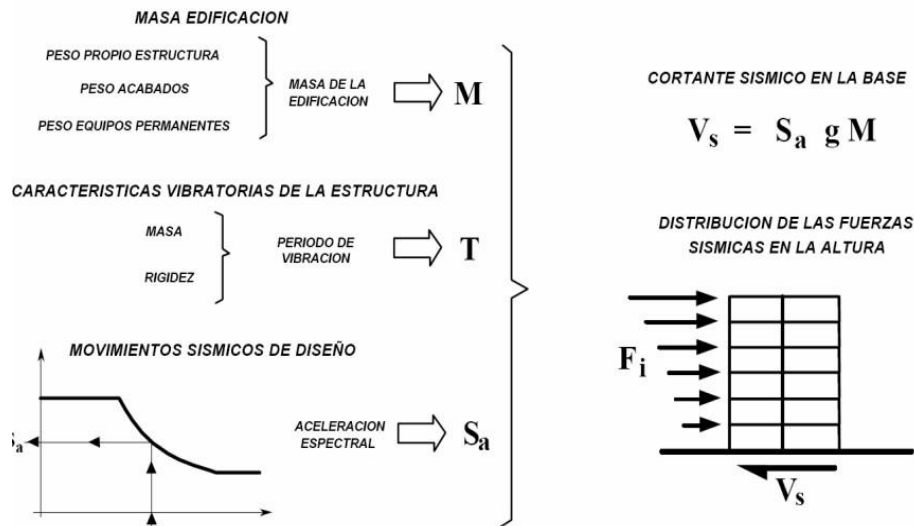


Figura N° 17: Obtención de la Fuerza Sísmica en edificios

Fuente: Gómez (2008)

El aumento del amortiguamiento se da en estructuras flexibles, como rascacielos y puentes de grandes luces. Esta puede disipar la energía de los materiales de concreto y acero.

#### 2.2.4 Amortiguadores de masa sintonizada

Según Huaroc (2021), El concepto de amortiguadores de masas sintonizadas lo plantea y lo aplica Frahm por primera vez en 1909 la cual tenía el fin de reducir los movimientos de traslación vertical de los barcos ya que estos tienden a oscilar cuando están en navegación. En 1956 en el libro de Den Hartog estudia las vibraciones mecánicas en base a una primera teoría base de los AMS, esto era válido para sistemas con un grado de libertad. En los siguientes años se volvió objeto de estudio por diversos investigadores. Los amortiguadores de masas sintonizadas están compuestos por una masa que puede estar apoyada o suspendida mediante péndulos.

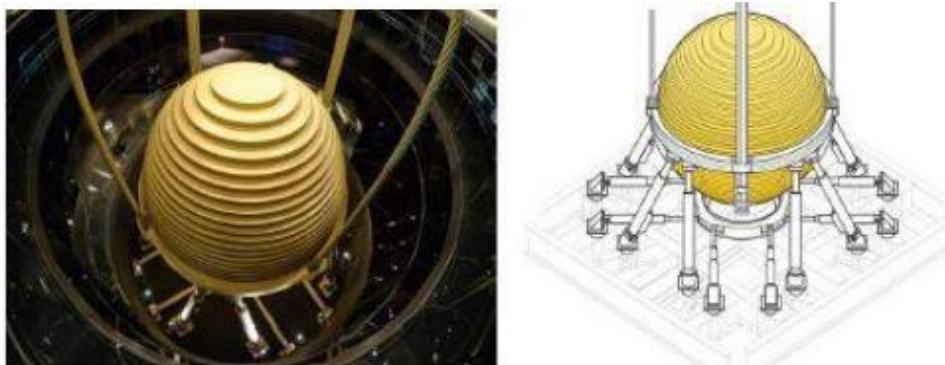


Figura N° 18: Amortiguadores de masa sintonizada del edificio Taipei 101

Fuente: Huaroc (2021)



Según Martínez, Blandón y Lara (2022), son dispositivos que disipan la energía que pueden generar las acciones externas como las fuerzas de los sismos o vientos ante estructuras de grandes alturas. A diferencia de los sistemas de aislamiento que separa la base de la estructura del suelo, este sistema de amortiguamiento contrarresta o actúa ante las oscilaciones y vibraciones que se pueden presentar. Ante un edificio convencional sin la presencia de los AMS pueden sobrevivir ante un sismo severo; sin embargo, la energía del sismo actúa en los elementos principales de la estructura disipando su energía y provocando el mayor daño posible que al presentar grandes deformaciones, este puede afectar el desempeño de la estructura generando un sobre costo para la rehabilitación de la estructura por los daños en los elementos estructurales y no estructurales.

#### 2.2.5 Clasificación de amortiguadores de masa sintonizada

##### a) Amortiguadores de masa sintonizada traslacional

Según Ayhuasi (2020), es un sistema con un movimiento unidireccional o bidireccional que es restringido por un conjunto de rieles. No necesita de una energía externa como actuador, el sistema debe tener una sintonización exacta para obtener una buena eficacia. En la figura 19 se puede observar la conformación típica de un amortiguador de masa unidireccional la cual la masa se encuentra apoyada sobre cojinetes y permiten a la masa trasladarse con respecto al suelo. Además, conforman resortes y amortiguadores que se insertan en la masa.

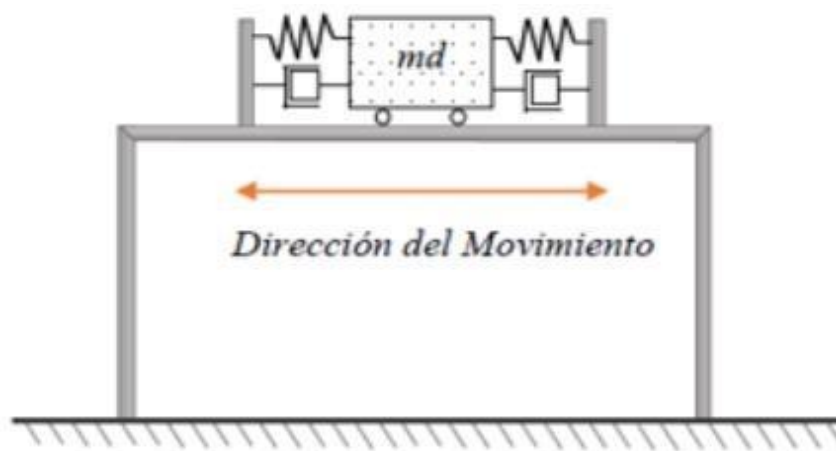


Figura N° 19: Amortiguadores de masa sintonizada traslacional unidireccional

Fuente: Ayhuasi, 2020

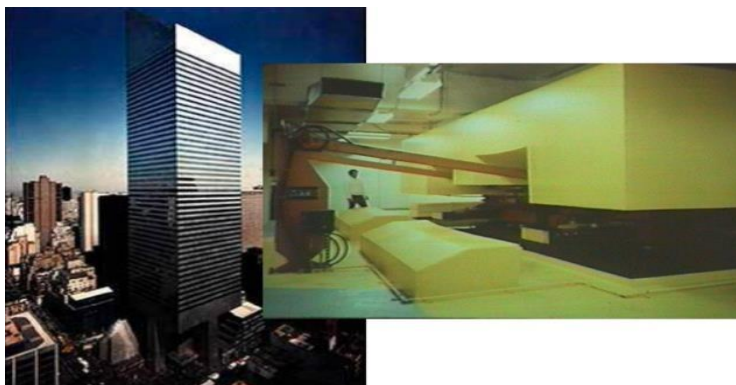
Según López, C. y Moreno, J. (2006), la edificación está ubicada en Manhattan, tiene 279 metros de alto con un periodo fundamental de 6.5 segundos aproximadamente incorporando el amortiguador de masa sintonizada ubicado en el piso 63 en el crown de la estructura, la masa es de 366 Mg. El sistema de amortiguador se activa automáticamente cada vez que la aceleración horizontal es superior a 0.003g y se apaga cuando la aceleración no sobrepasa de 0.00075g. El amortiguador de masa sintonizada fue diseñado y construido por LeMessurier Associates/SCI la cual es considerada uno de los más grandes a nivel mundial.



*Figura N° 20:* Amortiguadores de masa sintonizada en el edificio Citicorp Center

Fuente: López (2006)

Chiba Port Tower es un edificio se encuentra en Japón, finalizado su construcción en 1986, la cual cuenta con un amortiguador de masa sintonizada que tuvo como finalidad aumentar la amortiguación del primer modo en la estructura en ambas direcciones tanto “X” e “Y”. El coeficiente de amortiguamiento es del 15% lo que consecuentemente hace que el desplazamiento relativo este en un rango de +/- 1 metro en cada dirección con respecto a la torre.



*Figura N° 21:* Amortiguadores de masa sintonizada en el edificio Chiba Port Tower

Fuente: López (2006)

b) Amortiguadores de masa sintonizada pendular

Según Ayhuasi y Añamuro (2020), consiste en un péndulo conformado por masa soportada mediante un cable alrededor de un punto. Este AMS es considerado un sistema pasivo, por lo tanto, no requiere una energía externa, tampoco un mantenimiento posterior a su instalación. Además, tiene una eficiencia que depende de los parámetros de diseño.

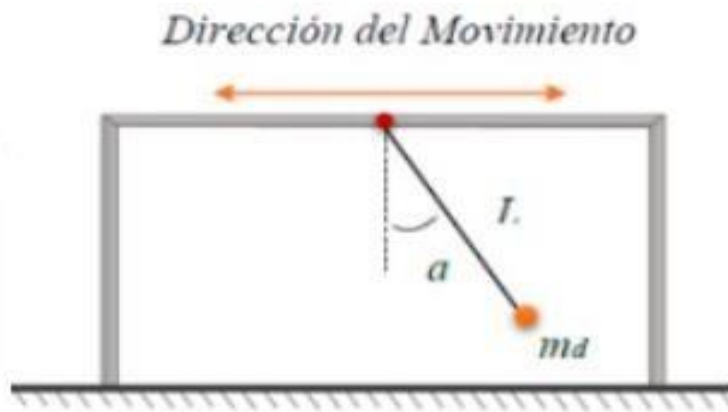


Figura N° 22: Amortiguadores de masa sintonizada de péndulo simple

Fuente: Ayhuasi y Añamuro (2020)

Según Esteban, L. (2017), el rascacielos está en Taiwán que cuenta con 101 pisos y mide 500 metros de alto. Cuenta con un sistema AMS pendular en la parte superior del edificio. El AMS funciona cuando el edificio se desplaza en una dirección contraria a la que se desplaza el péndulo. Y de esa manera absorbe y limita el movimiento de la estructura, el péndulo está sujeto mediante cables en el piso 92 y tiene un diámetro de 5.5 metros con un peso de 660 toneladas.

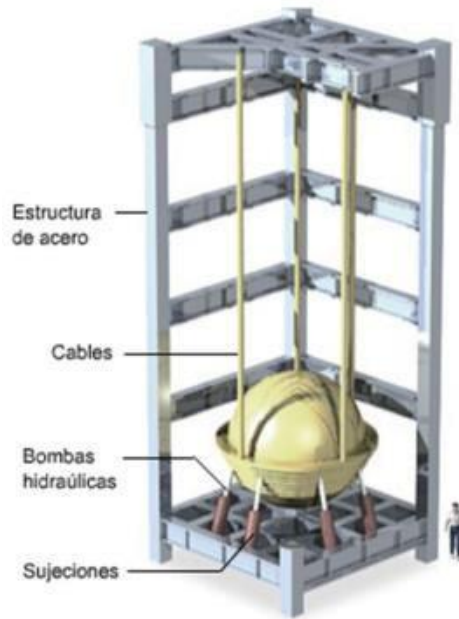


Figura N° 23: AMS en el edificio Taipei 101

Fuente: Esteban (2017)

c) Amortiguadores de masa sintonizada múltiple

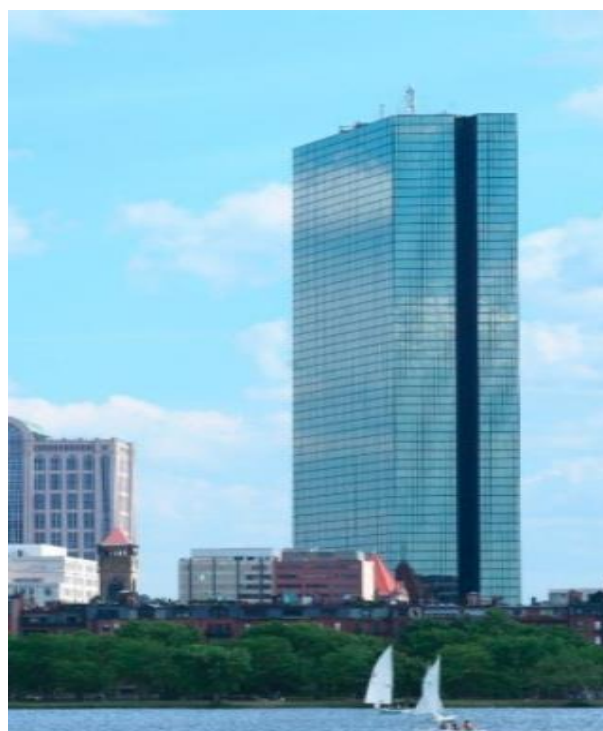
Según Ayhuasi y Añamuro (2020), consiste en utilizar múltiples AMS con la finalidad de reducir las vibraciones estructurales, sobre un conjunto de rieles que nos ayuda a limitar el movimiento de acción. La eficacia tiene como dependencia la sintonización inicial del sistema. Este sistema se aplica cuando la forma modal presenta varios antinodos no es suficiente el uso de un AMS por lo tanto se recurre a un sistema múltiple de AMS colocados en diferentes antinodos de manera estratégica con la finalidad de mitigar los problemas vibratorios.



Figura N° 24: Amortiguadores de masa sintonizada múltiple

Fuente: Ayhuasi y Añamuro (2020)

Según Valladares, M. (2016), la edificación comprende 60 pisos que se encuentra en Boston, contiene 2 amortiguadores de masa sintonizada colocados en el piso 58 en los extremos opuestos a una distancia de 67 metros y con su movimiento ayuda a contrarrestar las oscilaciones y torsión debido a la forma del edificio. Consiste en una caja de acero de plomo sujeto por muelles rígidos, que se encuentran anclados a las columnas del edificio. Cada AMS tiene un peso aproximado de 2700 kN y se apoya en una placa de acero.



*Figura N° 25: AMS en el edificio Citicorp Center*  
Fuente: Valladares (2016)

#### 2.2.6 Parámetros de diseño de los Amortiguadores de Masa Sintonizada

Según Lara, L., Brito, J., Ávila, S. (2010), los parámetros óptimos que son determinantes para el diseño de los AMS son la relación entre masas, la relación entre rigidez y la relación entre frecuencia. Estos parámetros pueden ser aplicados a estructuras con un grado de libertad y con N grados de libertad. Existen diferentes criterios para determinar los parámetros óptimos de los Amortiguadores de masa sintonizada que se aplicarán en las estructuras. Entre los cuales tenemos los siguientes:

- a) Desplazamiento mínimo de la estructura principal (seguridad estructural)
- b) Rigidez dinámica máxima de la estructura principal
- c) Mínima trayectoria de la masa amortiguada con respecto a la estructura principal.
- d) Mínima aceleración de la estructura principal (confort y funcionalidad).

Warburton en (1982) determina los parámetros óptimos para los AMS teniendo en cuenta el desplazamiento mínimo para un sistema estructural principal no amortiguado (de un grado de libertad) y estas expresiones son:

$$f_{opt} = \frac{\sqrt{1 + \mu/2}}{1 + \mu}$$

$$\zeta_{opt} = \sqrt{\frac{\mu(1 + \frac{3\mu}{4})}{4(1 + \mu)(1 + \frac{\mu}{2})}}$$

2.2.7 Amortiguadores de masa sintonizada para estructuras de 1 grado de libertad  
 Cruz, A. y Herhuay M. (Como se citó en Sadek 1996), mencionan que los parámetros óptimos son presentados por simples ecuaciones en términos de la frecuencia natural y razón de amortiguamiento ( $w_0$  y  $B$ ) de la estructura y las razones de masa, frecuencia y amortiguamiento ( $u, f, E$ ) del AMS y son:

$$f = \frac{1}{1 + u} (1 - \beta \sqrt{\frac{u}{1 + u}})$$

$$\xi = \frac{\beta}{1 + u} + \sqrt{\frac{\mu}{1 + \mu}}$$

Este procedimiento, busca numéricamente obtener los valores óptimos para la  $f$  y  $E$  que corresponden a una cierta razón de masa. En la siguiente tabla se pueden determinar los valores requeridos.

Razón de masa $\mu$	$\beta=0$		$\beta=0.02$		$\beta=0.05$	
	$f$	$\xi$	$F$	$\xi$	$f$	$\xi$
0	1	0	1	0	1	0
0.005	0.995	0.0705	0.9936	0.0904	0.9915	0.1199
0.01	0.9901	0.0995	0.9881	0.1193	0.9852	0.1488
0.015	0.9852	0.1216	0.9828	0.1412	0.9792	0.1707
0.02	0.9804	0.14	0.9776	0.1596	0.9735	0.1889
0.025	0.9756	0.1562	0.9726	0.1757	0.968	0.2048
0.03	0.9709	0.1707	0.9676	0.19	0.9626	0.219
0.035	0.9662	0.1839	0.9626	0.2032	0.9573	0.232
0.04	0.9615	0.1961	0.9578	0.2153	0.9521	0.244
0.045	0.9569	0.2075	0.953	0.2266	0.947	0.2551
0.05	0.9524	0.2182	0.9482	0.2372	0.942	0.2656
0.055	0.9479	0.2283	0.9435	0.2472	0.937	0.2754
0.06	0.9434	0.2379	0.9389	0.2567	0.9322	0.2848
0.065	0.939	0.247	0.9343	0.2658	0.9274	0.2937
0.07	0.9346	0.2558	0.9298	0.2744	0.9226	0.3022
0.085	0.9216	0.2799	0.9165	0.2983	0.9087	0.3257
0.09	0.9174	0.2873	0.9122	0.3056	0.9042	0.3329
0.095	0.9132	0.2945	0.9079	0.3128	0.8998	0.3399
0.1	0.9091	0.3015	0.9036	0.3196	0.8954	0.3466
0.105	0.905	0.3083	0.8994	0.3263	0.891	0.3532
0.11	0.9009	0.3148	0.8952	0.3328	0.8867	0.3595
0.115	0.8969	0.3212	0.8911	0.339	0.8824	0.3656
0.12	0.8929	0.3273	0.887	0.3451	0.8782	0.3716
0.135	0.8811	0.3449	0.875	0.3624	0.8658	0.3886
0.14	0.8772	0.3504	0.871	0.3679	0.8618	0.3939
0.145	0.8734	0.3559	0.8671	0.3733	0.8578	0.3991
0.15	0.8696	0.3612	0.8633	0.3785	0.8538	0.4042

Figura N°26: Razones óptimas de frecuencia  $f$  y amortiguamiento de AMS para 3 amortiguamientos

Fuente: Cruz, A. y Herhuay M. (2021)

2.2.8 Amortiguadores de masa sintonizada para estructuras de  $n$  grado de libertad  
Rojas, G. (Como se citó en Sadek 1996), Indica para las estructuras con  $n$  grados de libertad con un amortiguador de masa sintonizada incorporado en los últimos pisos. Calcular la razón de masa con la masa generalizada para el modo fundamental corresponde a una unidad de factor de participación modal.

$$\mu = \frac{m}{\phi_1^T(M)\phi_1}$$

Donde  $M$  es la matriz de masa y  $\phi$  es la forma del modo fundamental normalizado. Para calcular la razón de frecuencia a una estructura de  $n$  grados de libertad es parecida cuando se tiene un sistema de 1GDL.

$$f = \frac{1}{(1 + \mu\phi)} \left[ 1 - \beta \sqrt{\frac{\mu\phi}{1 + \mu\phi}} \right]$$

Por otro lado, la siguiente ecuación multiplica la ecuación por  $\Phi$  para obtener la razón de amortiguamiento.

$$\xi = \phi \left[ \frac{\beta}{1 + \mu} + \frac{\mu}{1 + \mu} \right]$$

Las ecuaciones mencionadas anteriormente pueden tener un rango de error del 0.4 a 0.5% para la razón de frecuencia y para la razón de amortiguamiento es de 0.5 a 0.8%. La ecuación de la razón de amortiguamientos nos ayuda a obtener la mejor ubicación para el AMS, que vendría ser en el último piso, ya que es donde la amplitud del desplazamiento del primer modo es mayor. Los AMS acoplados a las estructuras solo afectan a los primeros modos, el resto de los modos se asumen como amortiguamiento cero.

### 2.3 Definición de términos básicos

- a) Análisis dinámico: Estudio para determinar el comportamiento de la estructura
- b) Aislamiento Sísmico: Separar la estructura del terreno.
- c) Amortiguador: Dispositivo encargado de disipar la energía.
- d) Cortante Basal: Determina la fuerza lateral total en el nivel de la base.
- e) Disipadores Sísmicos: Ayuda a dispersar la energía para que los elementos principales de la estructura no sufran daños.
- f) Ductilidad: Es una propiedad de los materiales que pueden deformarse sin romperse
- g) Grados de Libertad: determinar los desplazamientos y los giró en un punto.
- h) Periodo: Tiempo necesario para una oscilación completa
- i) Oscilación: movimiento de ida y vuelta con respecto a una posición de equilibrio frente a un evento sísmico
- j) Sismo: movimiento vibratorio repentinos provocados por las placas tectónicas



## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis principal

La respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles en el distrito de Lince será mejorada en un 10% con la incorporación de amortiguadores de masa sintonizada.

#### 3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) Las dimensiones óptimas de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles en el distrito de Lince se determinarán con el 1% del Peso sísmico de la estructura.
- b) La influencia de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles mejora en los periodos, la frecuencia y la fuerza cortante en un 10%.
- c) La comparación de la respuesta dinámica con y sin el uso de los amortiguadores para una edificación de 16 niveles nos dará la reducción del 10% de los desplazamientos laterales.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Definición conceptual de las variables (independientes y dependiente)

##### a) Variable independiente

Según Pedro Morales (2012), “es la variable que puede ser manipulada por el investigador para poder determinar su efecto en la variable dependiente”.

La variable independiente de la presente tesis es “Amortiguadores de masa sintonizada”.

##### b) Variable dependiente

Según Pedro Morales (2012), “es el factor que el investigador observa y mide para evaluar los efectos de la variable independiente”.

La variable dependiente de la presente tesis es “La respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles”.

### 3.2.2 Operacionalización de las variables (matriz operacional de variables)

Según Reguant, M., & Martínez, F. (2014). “es una separación de las variables hasta poder llegar a un nivel más específico, donde se define el concepto, que podemos recoger sus indicadores”.

Tabla N° 1. Matriz de Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones (subvariables)	Indicador	Instrumento
VI: Amortiguadores de Masa Sintonizada	Según Inga W. (2015), Son dispositivos que absorben la energía de las acciones de las oscilaciones y reducen las amplitudes de la vibración	Parámetros de diseño	Masa, dimensiones, rigidez, amortiguamiento	Método de Sadek et. al. (1996), Microsoft Excel
VD: Respuesta Dinámica	Según Rotondo L. (1999), Es un resultado del análisis de la estructura en evaluación; es decir, de los desplazamientos y deformaciones que aparecen en la edificación ante un sismo	Análisis dinámico	Cortante basal, desplazamiento o lateral, derivas, velocidades y aceleraciones	Norma E030 Sismorresistente, Etabs

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

### 4.1 Tipo y nivel

#### 4.1.1 Tipo

Según Nieto, N. (2018) la investigación de tipo aplicada se basa en resolver problemas con base en la investigación básica formulando problemas y resolverlas.

Según Cauas, D. (2015) un enfoque cuantitativo es cuando se utiliza información medible.

La presente investigación usó la metodología del estudio de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo.

#### 4.1.2 Nivel

Según Nieto, N. (2018) el nivel descriptivo se refiere cuando el estudio se basa en describir situaciones y eventos.

La presente tesis tuvo un nivel de investigación descriptiva.

### 4.2 Diseño de la investigación

Según Álvarez (2020), la investigación no experimental es cuando no existe manipulación de las variables por parte del investigador. Asimismo, las variables se miden una vez y con el resultado se realiza el análisis midiendo las características en un momento específico sin evaluar la evolución.

Según Álvarez (2020), el diseño transversal recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia o interrelación en un momento.

La investigación de la tesis fue no experimental con un diseño transversal.

### 4.3 Población y muestra

#### 4.3.1 Población

Según Carrillo A. (2015), la población es un conjunto de elementos, objetos o individuos que serán motivo de estudio.

La población para la presente tesis fueron todas las edificaciones de concreto armado de 16 niveles en el distrito de Lince.

#### 4.3.2 Muestra

Según Carrillo A. (2015), la muestra es un subconjunto extraído de la población con fines de estudio. Se muestran en dos ramas probabilísticas y no

probabilísticas. La primera rama es cuando todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser escogidos y sus resultados son extrapolables. La segunda rama es cuando no todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser escogidos y sus resultados no son generalizables a la población.

La muestra de la tesis fue el edificio Residencial Casanova que comprende 4 sótanos, 16 niveles, además cuenta con un área techada de 9,706.01 m<sup>2</sup> y construida en un área de terreno de 657.78 m<sup>2</sup>. El edificio cuenta con 103 departamentos y la edificación se encuentra en el Jr. Domingo Casanova 151, Distrito de Lince.

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

La técnica que se usará es de observación debido a que se mejorará la edificación con los AMS. Para la presente tesis usamos el expediente técnico del edificio de 16 niveles en el distrito de Lince, la cual comprende los planos estructurales.

Los instrumentos que se usarán son los siguientes:

- a) E030 Norma Técnica Peruana Sismorresistente
- b) E060 Norma Técnica Peruana de Concreto Armado
- c) Planos Estructurales
- d) Software Etabs Versión 20
- e) Software Microsoft Excel

##### 4.4.2 Tipos de técnicas e instrumentos

La presente tesis usará instrumentos válidos y confiables debido a que los resultados serán evaluados en base a las normativas peruanas vigentes. Para la confiabilidad de los instrumentos se usará el software ETABS versión 20. Elaborado por la empresa Computers and Structures, la cual es el más usado a nivel mundial para el diseño y análisis de estructuras.

#### 4.4.3 Procedimiento para la recolección de datos

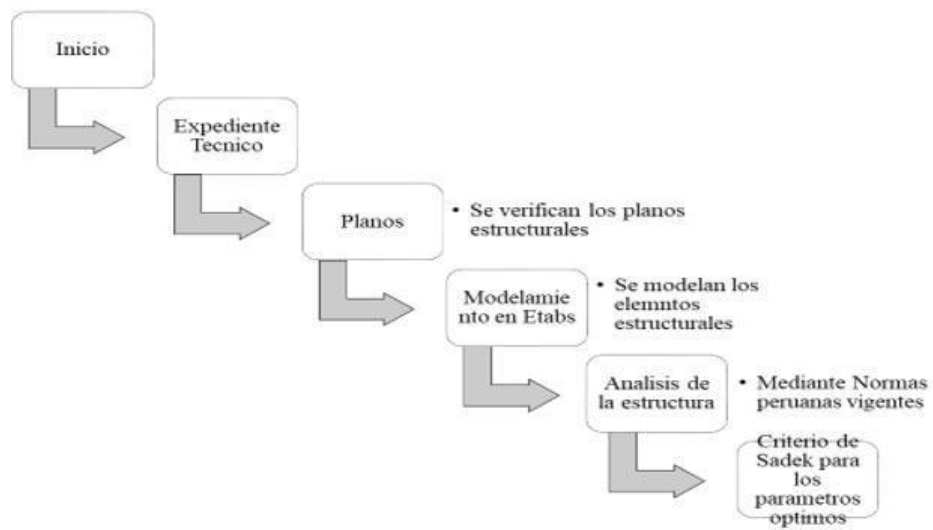


Figura N° 27: Diagrama de procedimientos para determinar las dimensiones óptimas de los AMS

Fuente: Elaboración Propia

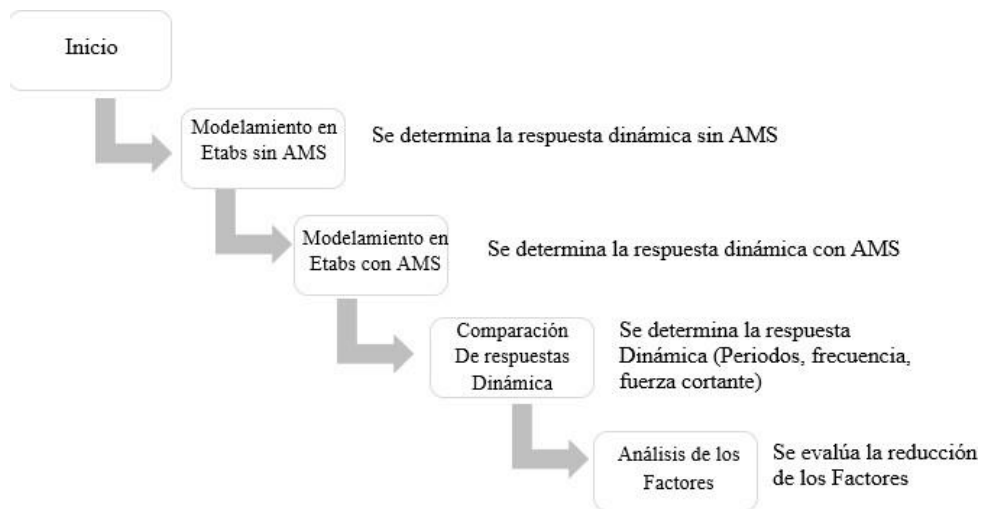


Figura N° 28: Diagrama de procedimientos para determinar la influencia de los AMS en la respuesta dinámica

Fuente: Elaboración Propia

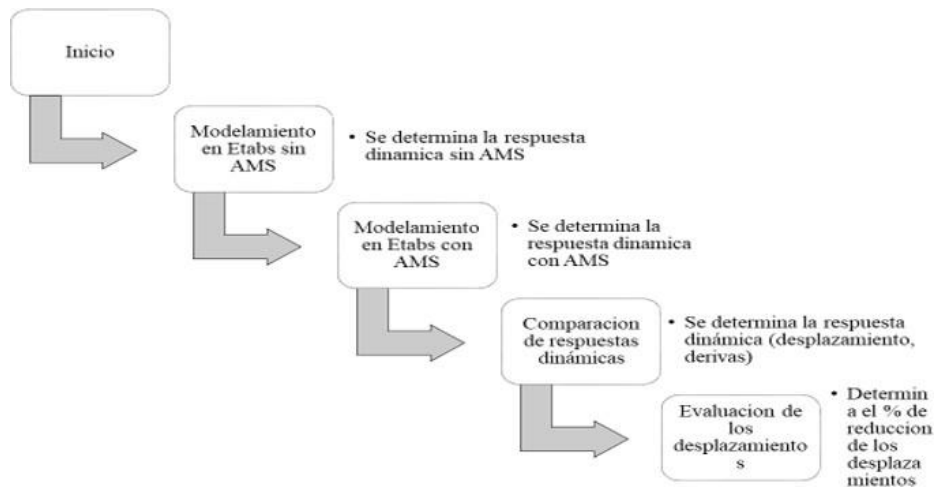


Figura N° 29: Diagrama de procedimientos para comparar a respuesta dinámica con y sin el uso de los AMS

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se obtendrán los datos de los planos estructurales para el modelamiento en el software Etabs V20, como son elementos estructurales, parámetros del suelo. Luego del modelamiento obtendremos, desplazamiento, frecuencia, periodo de la estructura, derivas en base a las normativas vigentes con lo cual aplicaremos el criterio de sadek el cual aplicaremos sus formular para diseñar el AMS óptimo e introducir al modelamiento para obtener su nueva respuesta dinámica mejorada. Con los valores obtenidos con ambos sistemas se evaluará para determinar la eficiencia de la respuesta dinámica y su mejoramiento en una edificación de 16 niveles.

## **CAPÍTULO V: ANALISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA**

### 5.1 Generalidades

La presente investigación está referida al edificio multifamiliar de 16 niveles, llamado Edificio Residencial Mi Vivienda Casanova, el cual se encuentra ubicado en:

Calle: Jr. Crnel. Domingo Casanova N° 145-151-159.

Distrito: Lince

Provincia: Lima

Departamento: Lima

La estructura comprende 4 sótanos. 16 niveles. Siendo la altura total del proyecto 43.25 metros. La altura del primer nivel es de 3.45 m, desde del segundo hasta el quinceavo nivel se tiene una altura típica de entrepiso de 2.65 m, y el piso dieciséis tiene una altura de 2.70 m.

Según los planos estructurales de cimentaciones, su profundidad es de 1.20 m, debajo del nivel de piso terminado del sótano 4, y se encuentra cimentada sobre Gravas Arenosas (GP), el cual tiene una presión admisible de 5.30 kg/cm<sup>2</sup>.

El edificio tiene una configuración estructural de muros de concreto armado en ambas direcciones con presencia de pórticos de concreto armado. Además, las placas tienen como función dar rigidez y resistencia a la estructura frente a cargas sísmicas.

Según los planos estructurales la edificación presenta losas macizas con espesor de 0.20 y 0.25 metros. Además, tienen losas aligeradas en una dirección con espesor de 0.20 y 0.25 metros.

### 5.2 Modelamiento Estructural

En la figura 30, se muestra el modelo analítico de la edificación en 3D desarrollado en el software ETABS Versión 20 desde el nivel del sótano 4 hasta el nivel 16, con todos sus elementos estructurales, cumpliendo con las características y especificaciones según los planos de estructuras.

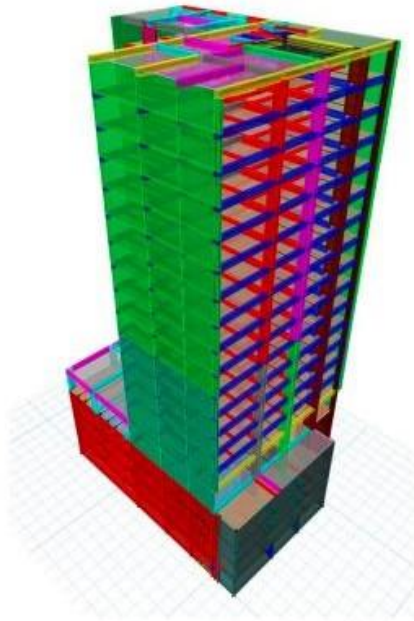


Figura N° 30: Modelamiento de Estructura en software ETABS

Fuente: Etabs20

Además, en la figura 31, podemos observar la planta típica de la edificación, modelado en el software Etabs, en el cual podemos visualizar la distribución de las vigas, columnas, placas y losas.

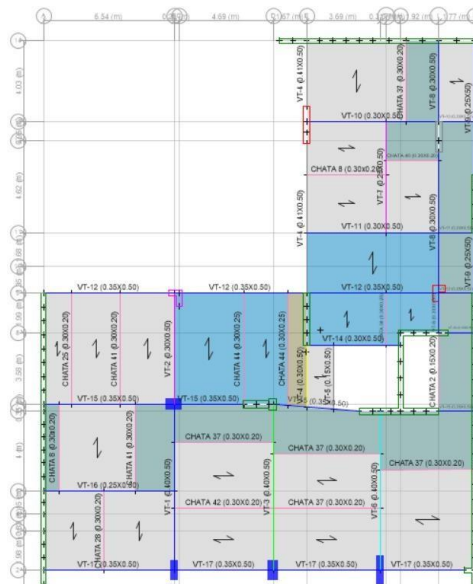


Figura N° 31: Vista de una planta típica del edificio Residencial Casanova

Fuente: Etabs 20



### 5.2.1 Propiedades de los materiales

#### a) Concreto Armado

En la Tabla 2, se muestran las resistencias de concreto de los elementos estructurales, las cuales varían de acuerdo con el nivel y de acuerdo con el tipo de elemento estructural.

Tabla N° 2. Cuadro de Resistencia de diseños utilizados en la estructura

Nivel	Resistencia a la compresión del Concreto $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Placas	Columnas	Vigas	Losas
Sótano 4 – Sótano 1	350/280 kg/cm <sup>2</sup>	350/280 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>
Piso 1 – Piso 6	280 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>
Piso 7 – Piso 16	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

#### b) Acero de Refuerzo

El acero utilizado en esta edificación cuenta con las siguientes características y cumple con la Norma Técnica Peruana NTP 341.031 Grado 60. A continuación, se mostrará la definición de los materiales en el Software Etabs, para los materiales de concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.

En la figura 32 se muestra la definición del material tipo concreto de resistencia a la compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con todos sus parámetros y características. Este concreto se utilizó para columnas y placas desde el piso 7 hasta el último nivel del edificio, Además, se utilizarán para todas las vigas y losas.

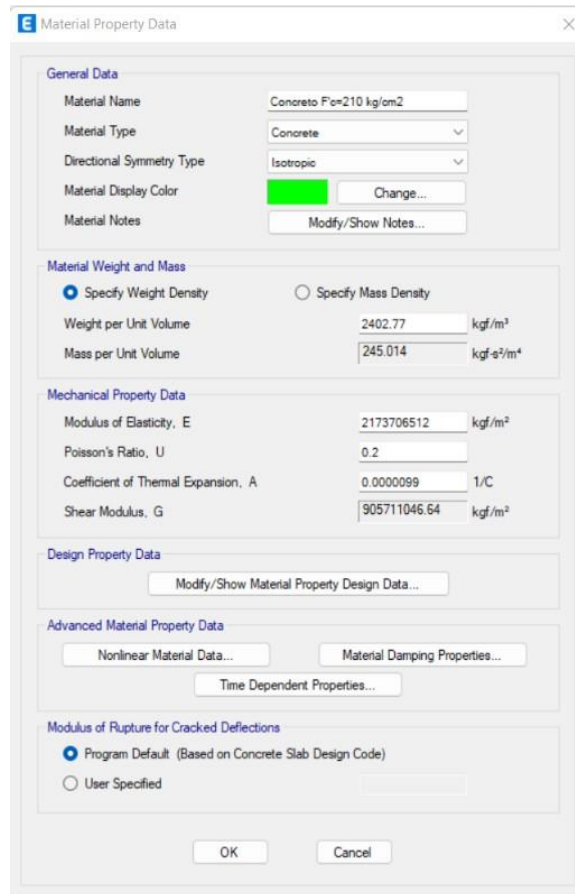


Figura N° 32: Definición de concreto  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

En la figura 33 se muestra la definición del material tipo concreto de resistencia a la compresión  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, con todos sus parámetros y características. Este concreto se utilizó para columnas y placas desde el sótano 4 hasta el nivel 6 del edificio.

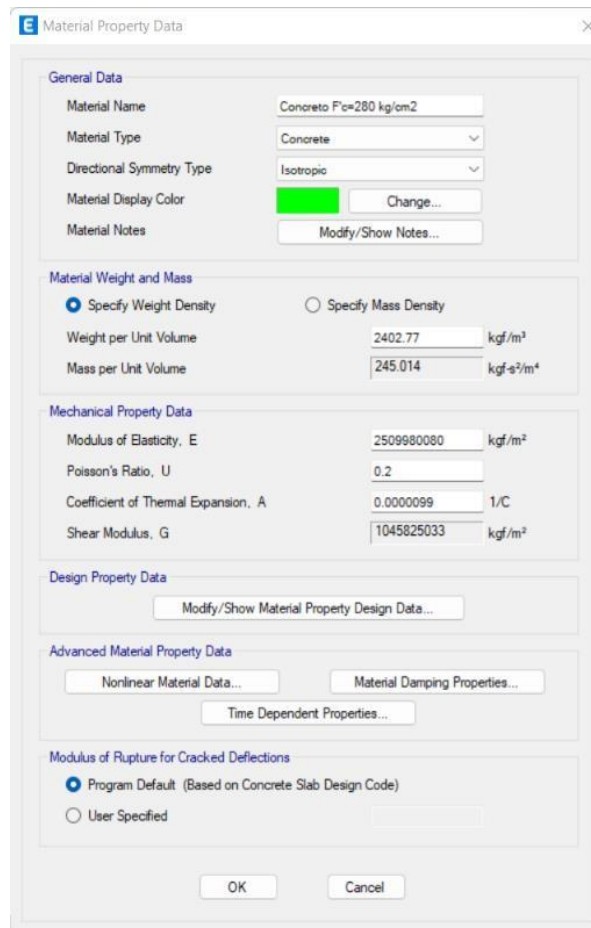


Figura N° 33: Definición de concreto  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

En la figura 34 se muestra la definición del material tipo concreto de resistencia a la compresión  $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ , con todos sus parámetros y características. Este concreto se utilizó para columnas y placas desde el sótano 4 hasta el nivel 6 del edificio.

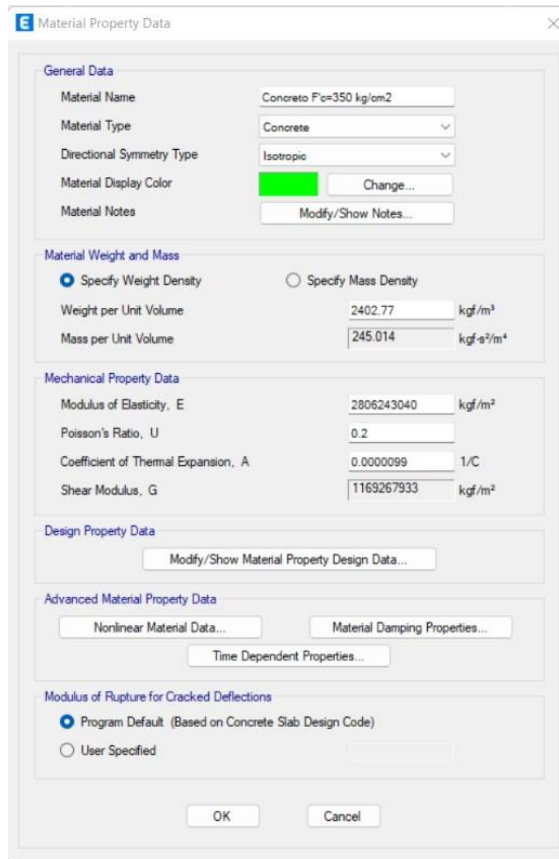


Figura N° 34: Definición de concreto  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup> en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

## 5.2.2 Secciones de los elementos

### a) Columnas

En la Tabla 3 se muestran las secciones de columnas, propuestas en el diseño de los planos estructurales, con sus respectivas dimensiones, así como su resistencia a la compresión según sus niveles correspondientes.

Tabla N° 3 Cuadro de columnas establecidas en la estructura

Columnas					
Elemento	Ancho (m)	Largo (m)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Nivel inicial	Nivel final
C-1	0.40	0.70	280	Sótano 4	Sótano 1
C-2	0.30	1.85	350	Sótano 4	Piso 2

---

	0.30	1.85	280	Piso 3	Piso 6
	0.30	1.85	210	Piso 7	Piso 16
	0.40	1.33	350	Sótano 4	Sótano 1
	0.40	1.77	350	Piso 1	Piso 1
C-3	0.30	1.77	350	Piso 2	Piso 2
	0.30	1.77	280	Piso 3	Piso 6
	0.30	1.77	210	Piso 7	Piso 16
	0.30	1.34	210	Piso 16	Piso 16
	0.30	0.82	350	Sótano 4	Sótano 4
	0.30	1.07	350	Sótano 4	Sótano 3
	0.35	0.82	350	Sótano 4	Piso 2
	0.30	0.46	350	Sótano 4	Piso 2
C-4	0.30	0.30	350	Sótano 2	Sótano 1
	0.35	0.82	280	Piso 3	Piso 6
	0.30	0.46	280	Piso 3	Piso 6
	0.35	0.82	210	Piso 7	Piso 16
	0.30	0.46	210	Piso 7	Piso 16
	0.33	0.60	350	Sótano 4	Sótano 1
	0.30	1.17	350	Sótano 4	Sótano 1
	0.35	0.6	350	Piso 1	Piso 2
C-5	0.30	0.47	350	Piso 1	Piso 2
	0.35	0.6	280	Piso 3	Piso 6
	0.30	0.47	280	Piso 3	Piso 6
	0.35	0.6	210	Piso 7	Piso 16

---

	0.30	0.47	210	Piso 7	Piso 16
	0.80	0.82	350	Sótano 4	Sótano 1
C-6	0.60	0.82	350	Piso 1	Piso 2
	0.60	0.82	280	Piso 3	Piso 6
	0.60	0.82	210	Piso 7	Piso 16
	0.30	1.30	350	Sótano 4	Sótano 1
C-7	0.4	1.00	350	Sótano 4	Piso 2
	0.4	1.00	280	Piso 3	Piso 6
	0.4	1.00	210	Piso 7	Piso 16
	0.30	1.30	350	Sótano 4	Sótano 1
C-8	0.50	1.00	350	Sótano 4	Piso 2
	0.50	1.00	280	Piso 3	Piso 6
	0.50	1.00	210	Piso 7	Piso 16
	0.35	2.30	350	Sótano 4	Sótano 1
C-9	0.35	1.50	350	Piso 1	Piso 2
	0.35	1.50	280	Piso 3	Piso 6
	0.35	1.50	210	Piso 7	Piso 16
	0.20	0.80	280	Sótano 4	Sótano 1

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 35, se muestra la definición de la Columna 1, según la Tabla 3, en el Software ETABS. Se le asigna la resistencia según corresponda y las dimensiones de acuerdo con las especificaciones con las unidades respectivas.

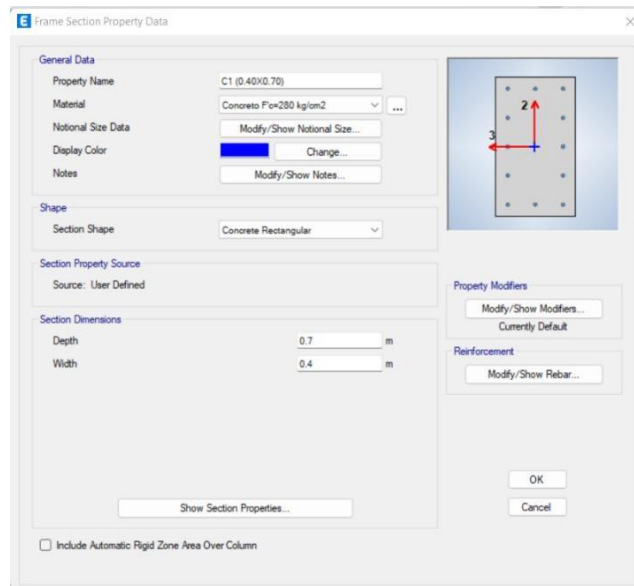


Figura N° 35: Definición de Columna 1 (C-1) en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

Así mismo, en la Figura 36 se muestra la definición del acero de refuerzo de la Columna 1 en el Software ETABS. La cuantía de acero considerada para el modelamiento se obtuvo de los planos estructurales del proyecto.

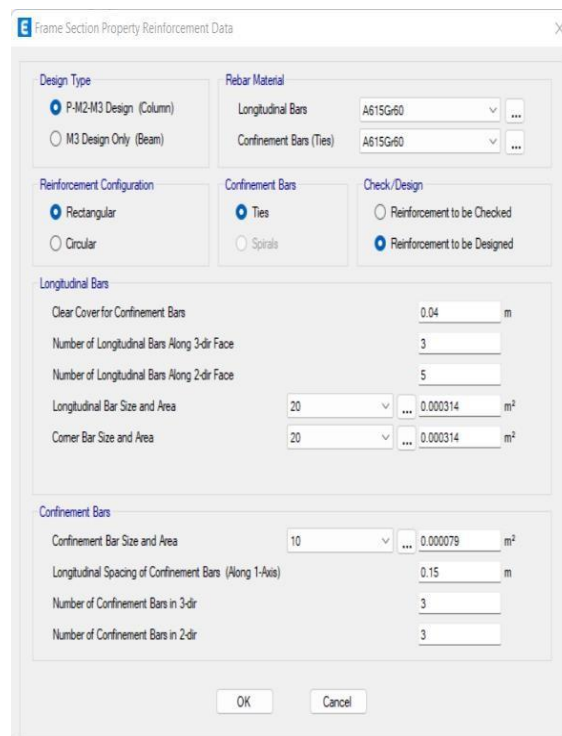


Figura N° 36 : Definición de acero en Columna 1 (C-1) en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

b) Placas

En la Tabla 4 se muestran las placas del proyecto, con sus respectivas secciones, las cuales se muestran el área, en unidades de metros cuadrados, debido a que presentan secciones irregulares; asimismo, muestra la resistencia a la compresión de cada elemento según los niveles correspondientes.

Tabla N° 4. Cuadro de placas en la estructura

Placas				
Elemento	Área Sección (m2)	f'c (kg/cm2)	Nivel Inicial	Nivel Final
PL-1	3.47	280	Sótano 4	Sótano 1
	2.47	280	Piso 1	Piso 6
	1.96	210	Piso 7	Piso 16
PL-2	1.05	280	Sótano 4	Sótano 1
	0.75	280	Piso 1	Piso 6
	0.60	210	Piso 7	Piso 16
PL-3	4.96	280	Sótano 4	Sótano 1
	3.55	280	Piso 1	Piso 6
	2.94	210	Piso 7	Piso 16
PL-4	1.02	280	Sótano 4	Sótano 1
	0.79	280	Piso 1	Piso 6
	0.79	210	Piso 7	Piso 16
PL-5	0.90	350	Sótano 4	Piso 1
	0.87	350	Piso 2	Piso 2
	0.87	280	Piso 3	Piso 6
	0.87	210	Piso 7	Piso 16



	3.19	350	Sótano 4	Sótano 1
PL-6	3.10	280	Piso 1	Piso 6
	3.10	210	Piso 7	Piso 16
	5.17	280	Sótano 4	Sótano 1
PL-7	3.70	280	Piso 1	Piso 1
	3.82	280	Piso 2	Piso 6
	3.08	210	Piso 7	Piso 16

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 37 podemos observar la definición del elemento estructural de la placa PL-1, de acuerdo con la Tabla 4. Se le asigna la resistencia que corresponda y se modela como un modelo tipo Shell-Thin en el software Etabs.

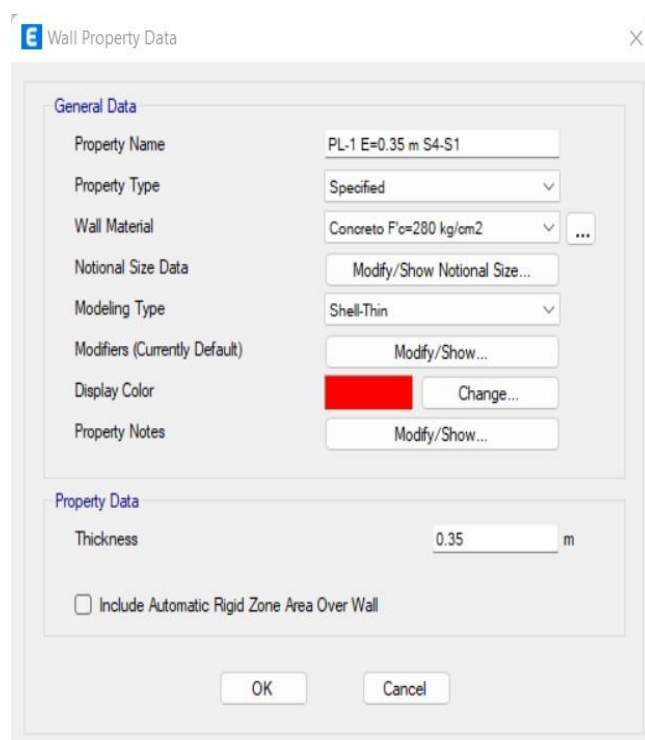


Figura N° 37: Definición de la Placa 1 (PL-1) en el software ETABS

Fuente: Etabs 20

Asimismo, se definieron las diferentes placas del proyecto de acuerdo con sus resistencias de concreto indicadas en la Tabla 4.

c) Vigas

En la Tabla 5 se muestran las secciones de las vigas de la edificación, de acuerdo con los estructurales, con sus respectivas dimensiones, así como su resistencia a la compresión según los niveles correspondientes.

Tabla N° 5. Cuadro de vigas establecidas en la estructura

Vigas			
Elemento	Ancho (cm)	Peralte (cm)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
V1-1	25	70	210
V1-2	40	55	210
V1-3	30	55	210
V1-4	30	55	210
V1-5	25	55	210
V1-6	40	55	210
V1-7	30	55	210
V1-8	15	55	210
V1-9	35	55	210
V1-10	30	55	210
V1-11	25	55	210
V1-12	-	-	210
V1-13	30	55	210
V1-14	30	55	210
V1-15	30	55	210
V1-16	35	55	210
V1-17	30	55	210

---

V1-18	25	55	210
V1-19	35	55	210
V1-20	35	55	210
VS1-1	20	55	210
VS1-2	30	55	210
VS1-3	25	55	210
VS1-4	30	55	210
VS1-5	30	55	210
VS1-6	30	35	210
VS1-6	30	50	210
VS1-6	30	55	210
VS1-7	30	50	210
VS1-7	30	55	210
VS1-8	35	55	210
VS1-9	30	55	210
VS1-10	30	55	210
VS1-11	30	50	210
VS1-11	30	55	210
VS1-11	30	60	210
VS1-12	33	55	210
VS1-13	20	55	210
VS1-14	30	55	210
VS1-15	30	50	210
VS1-16	35	55	210

---

---

VSI-17	30	55	210
VST-1	15	55	210
VST-2	25	55	210
VST-3	30	55	210
VST-4	15	55	210
VST-5	30	55	210
VST-6	30	55	210
VST-7	30	50	210
VST-7	30	55	210
VST-8	20	55	210
VST-8	30	50	210
VST-8	30	55	210
VST-9	20	55	210
VST-10	25	50	210
VST-10	25	55	210
VST-11	35	55	210
VST-12	30	50	210
VST-13	30	55	210
VST-14	30	50	210
VST-14	30	55	210
VST-15	30	55	210
VST-15	33	55	210
VST-16	30	55	210
VST-17	25	55	210

---

---

VST-18	25	55	210
VST-19	35	1.28	210
VST-20	25	55	210
VST-20	30	55	210
VST-21	20	55	210
VST-22	20	55	210
VST-23	20	55	210
VST-24	15	53	210
VST-25	25	55	210
VT-1	40	50	210
VT-2	30	50	210
VT-3	40	50	210
VT-4	30	50	210
VT-5	15	50	210
VT-6	40	50	210
VT-7	25	50	210
VT-8	30	50	210
VT-9	25	50	210
VT-10	30	50	210
VT-11	30	50	210
VT-12	35	50	210
VT-13	30	50	210
VT-14	25	50	210
VT-15	35	50	210

---

VT-16	25	50	210
VT-17	35	50	210

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 38, se puede verificar la asignación a la viga con resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> según los planos estructurales en el software Etabs con las dimensiones correspondientes.



Figura N° 38: Definición de la Viga V1-1 en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

De la misma manera se definieron las siguientes vigas del proyecto de acuerdo con sus resistencias de concreto especificadas en la Tabla 5.

#### d) Losas

El modelo analítico del proyecto presenta losas aligeradas unidireccionales y las losas macizas en sus diferentes niveles de acuerdo con los planos estructurales con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>. La tabla 6 muestra los tipos de losas, con sus respectivos peraltes en unidades de centímetros, así como su resistencia a la compresión según los niveles correspondientes.

Tabla N° 6. Cuadro de losas establecidas en la estructura

Losas				
Elemento	Peralte (cm)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Nivel Inicial	Nivel Final
Aligerado	20	210	Sótano 4	Piso 16
Aligerado	25	210	Sótano 4	Piso 16
Macizo	20	210	Sótano 4	Piso 16
Macizo	25	210	Sótano 4	Piso 16

Fuente: Elaboración Propia

Para el modelado de las losas aligeradas unidireccionales, se consideró definirlo con un espesor mínimo para posterior a ello aplicarle su carga por peso propio. Esto debido a que las losas aligeradas del proyecto son losas prefabricadas. En la figura 39, se muestra, a manera de ejemplo, la definición de la losa aligerada unidireccional con un espesor de 20 cm y con una resistencia de concreto de  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ , en el cual fue definido como un modelo tipo Shell-Thin en el software Etabs.

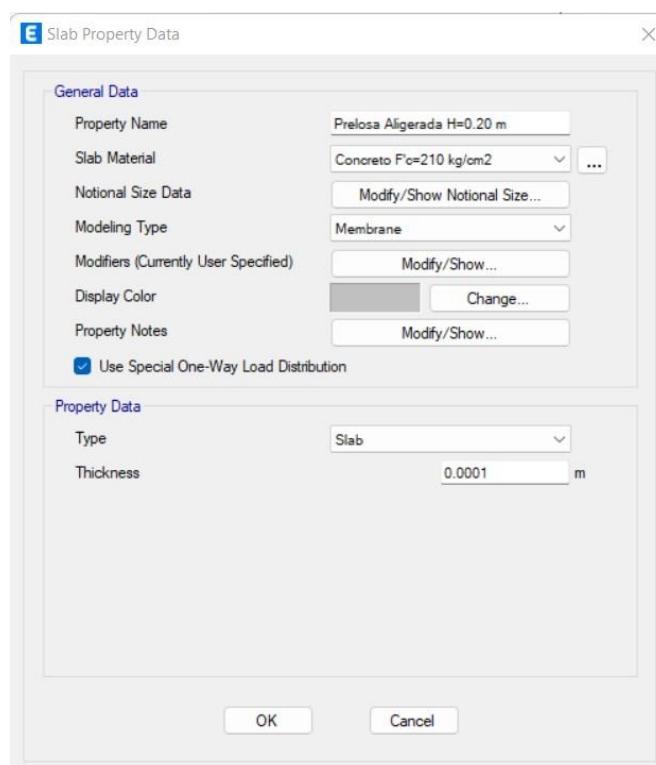


Figura N° 39: Definición de la losa aligerada E=20 cm en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

De la misma forma se realizó la definición para las losas macizas de acuerdo con la tabla 6.

### 5.3 Cargas consideradas

#### 5.3.1 Carga muerta

Las cargas muertas consideradas sobre las losas en el modelo, como se muestra en la tabla 7, fueron de acuerdo con la Norma E020 de Cargas, tales como tabiques, acabados y peso propio de las losas aligeradas.

Tabla N° 7. Cuadro de cargas muertas aplicadas en losa

Descripción	Carga muerta (kg/m <sup>2</sup> )
Tabiquería	150
Acabados	100
Aligerado E=20 cm	300
Aligerado E=25 cm	350

Fuente: Elaboración Propia

La carga muerta para las losas macizas se determinó con el producto del peso específico del concreto y con el espesor de la losa.

$$Carga\ Muerta_{LM} = Peso\ específico_{Concreto} \times Espesor_{Losa}$$

$$CM_{LM20} = 2400kg/m^3 \times 0.20\ m = 480kg/m^2$$

$$CM_{LM25} = 2400kg/m^3 \times 0.25\ m = 600kg/m^2$$

Así mismo, se consideró como carga muerta los tabiques de sílico-calcáreo de espesores de 10 cm, 12 cm y 15 cm, los cuales se encuentran ubicados sobre las vigas en los diferentes niveles del edificio, con un peso unitario de 1800 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 5.3.2 Carga viva

La Tabla 8 muestra las cargas vivas consideradas en el diseño de la edificación, de acuerdo con la Norma NTP E020 y a los planos de estructuras.



Tabla N° 8. Cargas vivas aplicadas en losas

Descripción	Carga muerta (kg/cm2)
Estacionamiento	250
Sobrecarga Oficinas	250
Sobrecarga viviendas	200
Sobrecarga Comercio	500

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 40 se muestran la definición de las cargas en el software Etabs como cargas muertas y vivas. Se consideran un factor de 1 en la carga muerta por peso propio a fin de que el software considere los pesos propios de cada elemento estructural modelado.

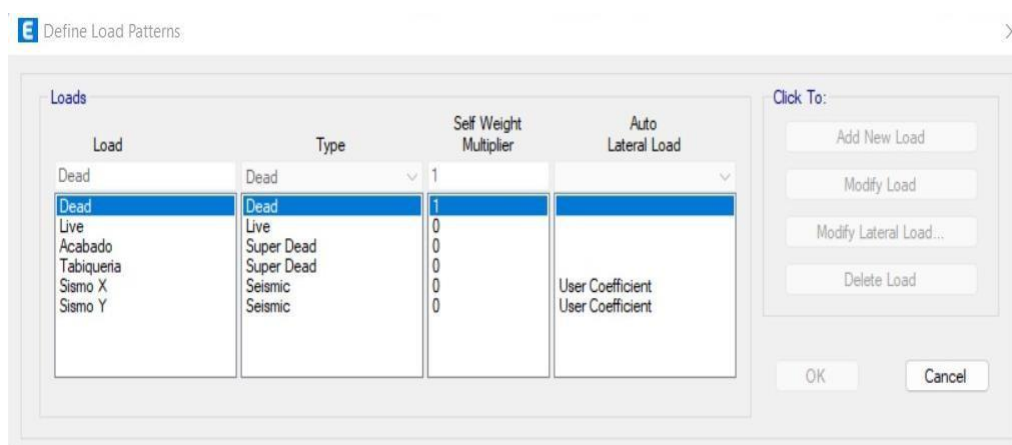


Figura N° 40. Definición de cargas en programa ETABS

Fuente: Etabs 20

## 5.4 Parámetros sísmicos

### 5.4.1 Factor de Zona

En la norma NTP 030 Diseño Sismoresistente, nos indica que para el territorio peruano se considera cuatro zonas sísmicas, para los cuales a cada zona se le asigna un factor Z como se muestra en la Figura 41.



Figura N° 41: Mapas de Zonas Sísmicas

Fuente: Etabs 20

En la tabla 9 muestra los valores correspondientes de Z para cada zona.

Tabla N° 9. Factores de zona

Factores de Zona "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente

El edificio Residencial Casanova se encuentra ubicado en el distrito Lince, el cual se ubica en la Zona 4, por lo tanto, se usó el valor de  $Z = 0.45$ .

#### 5.4.2 Parámetros de sitio

La Norma Técnica Peruana E030 clasifica a los tipos de suelo de la siguiente manera:

- a) Perfil Tipo S0: Roca Dura

- b) Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos
- c) Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios
- d) Perfil Tipo S3: Suelos Blandos
- e) Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales

De acuerdo con la ubicación del edificio y a los planos estructurales de cimentación, la estructura se encuentra ubicada en un Perfil Tipo S1 la cual corresponde a roca o suelos muy rígidos.

La Tabla 10, es obtenida de la Norma Técnica Peruana E030 y muestra el factor de suelo a considerar para cada zona de acuerdo con la ubicación del proyecto.

Tabla N° 10. Factores de Suelo Según NTP E 030

Factor de Suelo "S"					
Zona	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

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente

La Tabla 11, muestra el periodo  $T_p$  y  $T_L$  a considerar de acuerdo con el tipo de suelo que el proyecto presente.

Tabla N° 11. Periodo "TP" y "TL"

Periodos "Tp" y "TL"				
	Perfil de Suelo			
	S0	S1	S2	S3
$T_p$ (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$ (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente

Por lo tanto, de acuerdo con las tablas N°11 y N°12, se obtuvieron los siguientes valores:

- a)  $S = 1.0$
- b)  $TP = 0.40$
- c)  $TL = 2.5$

#### 5.4.3 Factor de amplificación sísmica

Se define por las siguientes expresiones de acuerdo con la Norma E030:

$$T < TP \rightarrow C = 2.5$$

$$TL < T < TP \rightarrow C = 2.5 (TP/T)$$

$$TL < T \rightarrow C = 2.5 (TP \cdot TL/T^2)$$

De acuerdo con el programa ETABS 20, el periodo fundamental de la estructura en la dirección X y en la dirección Y fueron los siguientes:

- a) Periodo fundamental X ( $T_x$ ): 1.521s
- b) Periodo fundamental Y ( $T_y$ ): 0.816s

Considerando los resultados obtenidos se usó las siguientes ecuaciones para determinar el factor de amplificación sísmica en cada dirección:

Dirección X

$$TL < 1.521 < TP \rightarrow C_x = 2.5 \left( \frac{0.40}{1.521} \right) = 0.66$$

Dirección Y

$$TL < 0.816 < TP \rightarrow C_y = 2.5 \left( \frac{0.40}{0.816} \right) = 1.23$$

#### 5.4.4 Categoría de la edificación y factor de uso

De acuerdo con la Norma E 030 – Diseño Sismorresistente, en el capítulo 3 “Categoría, sistema estructural y regularidad de edificaciones”, en el artículo 12 “Categoría de las Edificaciones y Factor de uso (U)”, se indican los diferentes valores de U el cual depende de la categoría de la edificación. La estructura de la investigación, al ser un edificio multifamiliar, y contar con oficinas en el primer piso pertenece a la categoría C de edificaciones comunes,

por tanto, corresponde un factor  $U = 1.0$ .

#### 5.4.5 Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R$ ) se determina mediante el producto del coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ ) con las irregularidades en planta y en altura.

##### a) Coeficiente básico de reducción ( $R_0$ )

La Tabla 12, obtenida de la Norma Técnica Peruana E030 muestra los valores de coeficiente básico de reducción  $R_0$  para cada sistema estructural.

Tabla N° 12. Sistemas Estructurales y Coeficiente básico de reducción  $R_0$

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente básico de reducción $R_0$
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 E030 Diseño Sismorresistente

En consecuencia, a la Tabla 12 y de acuerdo con los planos estructurales definidos, se optó por un valor de:

$$R_{ox} = 6$$

$$R_{ox} = 6$$

#### 5.4.6 Irregularidad en altura (Ia)

a) Irregularidad de Rigidez – Piso Blando:

$$Rigidez_i < 0.7Rigidez_{i+1}$$

$$Rigidez_i < 0.8\left(\frac{Rigidez_{i+1} + Rigidez_{i+2} + Rigidez_{i+3}}{3}\right)$$

En caso cumpla con una de las condiciones de las ecuaciones referentes a la irregularidad en altura (Ia), la estructura se considerará con irregularidad de piso blando, siendo Ia = 0.75.

Tabla N° 13. Irregularidad de Rigidez - Piso Blando-Dirección X

Nivel	Rigidez (tonf/m)	0.7 Rigidez(i+1)X (tonf/m)	Condición N°13	0.80*Promedio De 3 Rigidez Superiores (tonf/m)	Condición N°14
T16P	29928.06				
T15P	61349.16	20949.64011	No Cumple		
T14P	89481.38	42944.41011	No Cumple		
T13P	115605.05	62636.96718	No Cumple	48202.29235	No Cumple
T12P	140274.97	80923.53463	No Cumple	71049.49026	No Cumple
T11P	164286.24	98192.47629	No Cumple	92096.37261	No Cumple
T10P	188307.96	115000.3694	No Cumple	112044.3353	No Cumple
T9P	213535.45	131815.5742	No Cumple	131431.779	No Cumple
T8P	241174.22	149474.8135	No Cumple	150967.9074	No Cumple
T7P	273603.07	168821.9517	No Cumple	171471.3674	No Cumple
T6P	320621.66	191522.1477	No Cumple	194216.7288	No Cumple
T5P	364262.77	224435.1642	No Cumple	222773.0528	No Cumple
T4P	418642.74	254983.9375	No Cumple	255596.6665	No Cumple
T3P	491793.93	293049.9169	No Cumple	294273.9119	No Cumple
T2P	592448.68	344255.7529	No Cumple	339919.8504	No Cumple
T1P	718543.06	414714.0784	No Cumple	400769.4279	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

Según los resultados mostrados en la Tabla 13, con respecto a las ecuaciones mencionadas, podemos concluir que en cada nivel de la estructura no presenta irregularidad de piso blando en la dirección X.

Tabla N° 14. Irregularidad de Rigidez - Piso Blando-Dirección Y

Nivel	Rigidez (tonf/m)	0.7 Rigidez(i+1)X (tonf/m)	Condición N°13	0.80*Promedio De 3 Rigidez Superiores (tonf/m)	Condición N°14
T16P	29928.06				
T15P	61349.16	20949.64011	No Cumple		
T14P	89481.38	42944.41011	No Cumple		
T13P	115605.05	62636.96718	No Cumple	48202.29235	No Cumple
T12P	140274.97	80923.53463	No Cumple	71049.49026	No Cumple
T11P	164286.24	98192.47629	No Cumple	92096.37261	No Cumple
T10P	188307.96	115000.3694	No Cumple	112044.3353	No Cumple
T9P	213535.45	131815.5742	No Cumple	131431.779	No Cumple
T8P	241174.22	149474.8135	No Cumple	150967.9074	No Cumple
T7P	273603.07	168821.9517	No Cumple	171471.3674	No Cumple
T6P	320621.66	191522.1477	No Cumple	194216.7288	No Cumple
T5P	364262.77	224435.1642	No Cumple	222773.0528	No Cumple
T4P	418642.74	254983.9375	No Cumple	255596.6665	No Cumple
T3P	491793.93	293049.9169	No Cumple	294273.9119	No Cumple
T2P	592448.68	344255.7529	No Cumple	339919.8504	No Cumple
T1P	718543.06	414714.0784	No Cumple	400769.4279	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

Según los resultados mostrados en la Tabla 14, podemos concluir que en cada nivel de la estructura no presenta irregularidad de piso blando en la dirección Y. Por lo tanto, la estructura no presenta irregularidad de Piso Blando.

b) Irregularidad de Resistencia – Piso Débil:

$$Fuerza\ Cortante_i < 0.8\ Fuerza\ Cortante_{i+1}$$



El edificio presenta irregularidad de resistencia si cumple con la condición de la irregularidad de resistencia por piso débil en las diferentes direcciones del análisis, por lo cual se consideraría  $I_a = 0.75$ .

Tabla N° 15. Irregularidad de Resistencia en la dirección X

Nivel	VXi	0.8*VXi+1	Condición
	Ton	Ton	
T16P	45.91		
T15P	93.66	36.73	No Cumple
T14P	138.86	74.93	No Cumple
T13P	181.63	111.09	No Cumple
T12P	221.97	145.31	No Cumple
T11P	259.88	177.58	No Cumple
T10P	295.36	207.90	No Cumple
T9P	328.40	236.29	No Cumple
T8P	359.01	262.72	No Cumple
T7P	387.19	287.21	No Cumple
T6P	413.34	309.76	No Cumple
T5P	437.39	330.68	No Cumple
T4P	458.92	349.91	No Cumple
T3P	477.95	367.14	No Cumple
T2P	494.47	382.36	No Cumple
T1P	513.44	395.58	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

Según la Tabla 15 muestra las fuerzas cortantes en cada nivel sobre la rasante de la estructura en la dirección X y evalúa su condición, del cual se observa que la estructura no presenta irregularidad de resistencia en la dirección X.

Tabla N° 16. Irregularidad de Resistencia en la dirección Y

Nivel	VYi	0.8*VYi+1	Condición N°15
	Ton	Ton	
T16P	85.65		
T15P	174.72	68.52	No Cumple
T14P	259.05	139.78	No Cumple
T13P	338.84	207.24	No Cumple
T12P	414.09	271.07	No Cumple
T11P	484.81	331.27	No Cumple
T10P	550.99	387.85	No Cumple
T9P	612.63	440.79	No Cumple
T8P	669.74	490.11	No Cumple
T7P	722.31	535.79	No Cumple
T6P	771.10	577.85	No Cumple
T5P	815.95	616.88	No Cumple
T4P	856.12	652.76	No Cumple
T3P	891.62	684.90	No Cumple
T2P	922.44	713.30	No Cumple
T1P	957.82	737.95	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 16 muestra las fuerzas cortantes en cada nivel sobre la rasante de la estructura en la dirección Y. Podemos concluir que la estructura no presenta irregularidad de resistencia en la dirección X y Y.

c) Irregularidad Extrema de Rigidez

La presente estructura no presenta irregularidad de rigidez, por lo tanto, se concluye que tampoco presenta irregularidad extrema de rigidez.

d) Irregularidad Extrema de Resistencia

La presente estructura no presenta irregularidad de resistencia, por lo tanto, se concluye que tampoco presenta irregularidad extrema de resistencia.

e) Irregularidad de Masa o Peso

$$Masa_i < 1.5 Masa_{i+1}$$

$$Masa_i < 1.5 Masa_{i-1}$$

Si cumple con una de las condiciones descritas en las ecuaciones para la irregularidad de masa o peso, la estructura se considerará con irregularidad de masa o peso, siendo  $I_a = 0.90$ . La Tabla 17 muestra la masa de cada nivel de la estructura en toneladas, y evalúa la condición de dicha irregularidad.

Tabla N° 17. Irregularidad de Masa o Peso

Nivel	Peso(i)	1.5*Peso(i+1)	Condición	1.5*Peso(i-1)	Condición
	Ton	Ton		Ton	
T16P	392.60			640.06	No Cumple
T15P	426.71	588.89	No Cumple	638.65	No Cumple
T14P	425.76	640.06	No Cumple	638.65	No Cumple
T13P	425.76	638.65	No Cumple	638.65	No Cumple
T12P	425.76	638.65	No Cumple	638.65	No Cumple
T11P	425.76	638.65	No Cumple	638.65	No Cumple
T10P	425.76	638.65	No Cumple	638.65	No Cumple

T9P	425.76	638.65	No Cumple	638.65	No Cumple
T8P	425.76	638.65	No Cumple	638.65	No Cumple
T7P	425.76	638.65	No Cumple	648.33	No Cumple
T6P	432.22	638.65	No Cumple	658.02	No Cumple
T5P	438.68	648.33	No Cumple	658.02	No Cumple
T4P	438.68	658.02	No Cumple	658.02	No Cumple
T3P	438.68	658.02	No Cumple	658.02	No Cumple
T2P	438.68	658.02	No Cumple	896.28	No Cumple
T1P	597.52	658.02	No Cumple		

---

Fuente: Elaboración Propia.

Según la Tabla 17, donde se analizó el peso de la estructura según las condiciones requeridas para la irregularidad de masa o peso, podemos concluir que no cumple con las condiciones dadas en ningún nivel de la estructura. Por lo tanto, no presenta irregularidad por Peso o Masa.

f) Irregularidad de Geometría Vertical:

La estructura no presenta irregularidad de geometría vertical, ya que el tamaño de las plantas estructurales tiene dimensiones similares no superando el límite del 30% que indica en la Norma.

g) Discontinuidad en los sistemas resistentes:

Todos los elementos verticales son continuos, no existe esta irregularidad en el edificio.

5.4.7 Irregularidad en planta (Ip)

a) Irregularidad Torsional:

$$\frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{h_i} > 1.3 \frac{\Delta_{prom}}{h_i}$$

$$\frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{h_i} > 0.5 \left(\frac{\Delta}{h}\right)_{Permisible}$$

Tabla N° 18. Irregularidad torsional en Dirección X

Nivel	Desplazamiento Max.	Desplazamiento Prom.	Ratio
T16P	0.079722	0.071016	1.123
T15P	0.074931	0.066556	1.126
T14P	0.07	0.062005	1.129
T13P	0.064875	0.057299	1.132
T12P	0.059547	0.052435	1.136
T11P	0.05403	0.047427	1.139
T10P	0.048358	0.042306	1.143
T9P	0.042579	0.037118	1.147
T8P	0.036758	0.031922	1.151
T7P	0.03098	0.026795	1.156
T6P	0.025348	0.021829	1.161
T5P	0.02001	0.017152	1.167
T4P	0.014975	0.012765	1.173
T3P	0.010348	0.008759	1.181
T2P	0.00626	0.005252	1.192
T1P	0.00287	0.002384	1.204

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 19. Irregularidad torsional en Dirección Y

Nivel	Desplazamiento Max.	Desplazamiento Prom.	Ratio
T16P	0.040826	0.040202	1.016
T15P	0.037735	0.037305	1.012
T14P	0.034664	0.034407	1.007
T13P	0.031568	0.031467	1.003
T12P	0.028534	0.028498	1.001
T11P	0.025664	0.025514	1.006
T10P	0.022777	0.022537	1.011
T9P	0.019897	0.019593	1.015
T8P	0.017054	0.016714	1.02
T7P	0.014282	0.013934	1.025
T6P	0.01163	0.0113	1.029
T5P	0.009203	0.008903	1.034
T4P	0.006931	0.006676	1.038
T3P	0.004846	0.004646	1.043
T2P	0.002989	0.002851	1.048
T1P	0.001398	0.001323	1.057

Fuente: Elaboración Propia.

El ratio es menor a 1.30 por lo que el edificio no presenta esta irregularidad.

b) Irregularidad por Esquinas Entrantes:

De acuerdo con lo que se indica en la Norma Técnica Peruana E030, se considerará como esquinas entrantes cuando las dimensiones en ambas direcciones son mayores al 20% de lo que corresponde a la dimensión total en planta. En la Figura 42 se muestra las esquinas entrantes en el eje X en una planta típica de la edificación.

En la dirección X se tiene una esquina entrante de  $13/21.80 \times 100 = 59.63\%$ , y para la dirección Y se tiene una esquina entrante de  $11.93/27.30 \times 100 = 43.70\%$ .

El límite del 20% es superado para ambas direcciones, por lo que el edificio si presenta esta irregularidad.

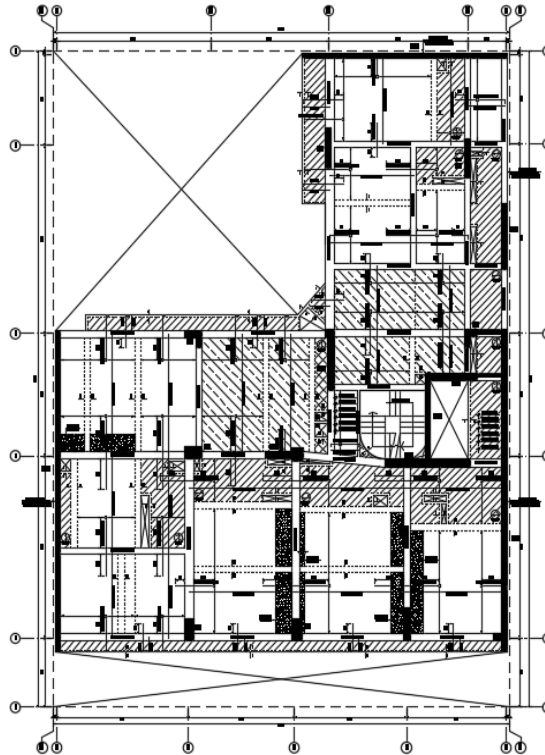


Figura N° 42: Plano estructura de la edificación

Fuente: Plano Estructuras Casa Nova

c) Irregularidad por Discontinuidad de Diafragma:

El edificio no presenta un estrechamiento del diafragma considerable por lo que no presenta esta irregularidad.

d) Irregularidad Sistema no Paralelos:

El edificio no presenta esta irregularidad, todos los ejes son ortogonales.

Para seleccionar el factor de irregularidad en planta, de acuerdo con la Norma E030, se toma el menor valor de las irregularidades calculadas. Debido a que la estructura presenta irregularidad por esquinas entrantes, se toma un valor de  $I_p = 0.90$ . Por lo tanto, el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas es de:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$
$$R = 6 * 1 * 0.90 = 5.4$$

Todos los parámetros sísmicos que se consideraron en el análisis sísmico se muestran en Tabla 20.

Tabla N° 20. Parámetros Sísmicos de la estructura

ITEM	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	R0	6	6
U	1	Ia	1	1
S	1	Ip	0.90	0.90
TP	0.4	R	5.4	5.4
TL	2.5			

Fuente: Norma E030 Diseño Sismorresistente

## 5.5 Análisis Dinámico

### 5.5.1 Aceleración Espectral

Según la Norma E 030 para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g$$

Para el análisis dinámico se considera 3 grados de libertad por piso, la estructura al presentar 16 niveles tiene un total de 48 modos de vibración.

La definición del espectro de respuesta en el Software ETABS, se realizó considerando los valores de la Tabla 20, obteniendo el espectro de respuesta que se observa en la Figura 43.

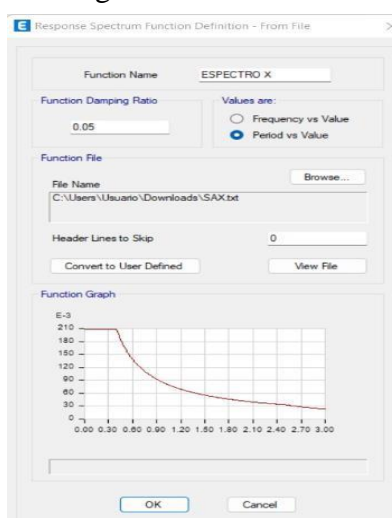


Figura N° 43: Definición de las cargas sísmicas dinámicas dirección X en el Software ETABS



Fuente: Etabs 20

Así mismo, para el análisis modal espectral se definieron los casos de carga Sismo XX y Sismo YY, los cuales se muestran en la Figura 44 y Figura 45.

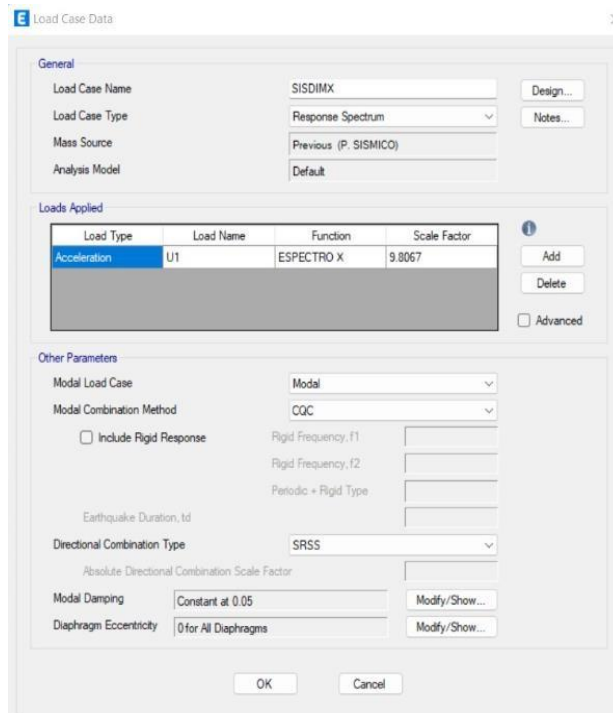


Figura N° 44: Definición de las cargas sísmicas dinámicas dirección X en el Software ETABS

Fuente: Etabs 20

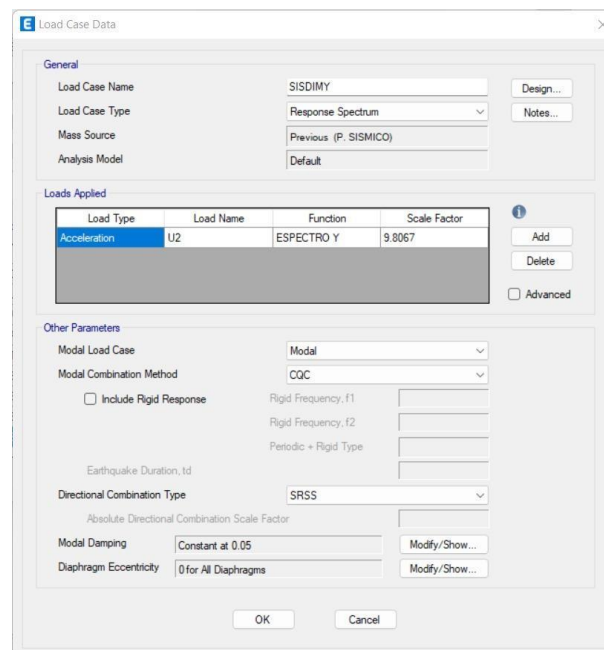


Figura N° 45: Definición de las cargas sísmicas dinámicas dirección Y en el Software ETABS v.18.0.2

Fuente: Etabs 20

### 5.5.2 Máxima deriva de entrepiso

En la Tabla 21 se muestran las derivas de entrepiso en la dirección X e Y, producidos por el sismo dinámico Y-Y, en el cual se observa que las derivas máximas se encuentran en la dirección Y.

Tabla N° 21. Derivas en dirección Y

Story	Altura	Drift Y	Drift CY	E-030	Condición Y
T16P	43.45	0.000739	0.0034	0.007	CUMPLE
T15P	40.75	0.000749	0.0034	0.007	CUMPLE
T14P	38.1	0.000755	0.0035	0.007	CUMPLE
T13P	35.45	0.000756	0.0035	0.007	CUMPLE
T12P	32.8	0.000752	0.0035	0.007	CUMPLE
T11P	30.15	0.00074	0.0034	0.007	CUMPLE
T10P	27.5	0.000722	0.0033	0.007	CUMPLE
T9P	24.85	0.000695	0.0032	0.007	CUMPLE
T8P	22.2	0.00066	0.0030	0.007	CUMPLE
T7P	19.55	0.000617	0.0028	0.007	CUMPLE
T6P	16.9	0.000561	0.0026	0.007	CUMPLE
T5P	14.25	0.000521	0.0024	0.007	CUMPLE
T4P	11.6	0.000476	0.0022	0.007	CUMPLE
T3P	8.95	0.000422	0.0019	0.007	CUMPLE
T2P	6.3	0.00039	0.0018	0.007	CUMPLE
T1P	3.65	0.000242	0.0011	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 21 se observa que el diseño cumple con lo indicado en la norma, debido a que las derivas máximas obtenidas son menores a 0.007, valor que corresponde al límite de distorsión de entrepiso para concreto armado.

Tabla N° 22. Derivas en Dirección X

Story	Altura	Drift X	Drift CX	E-030	Condición X
T16P	43.45	0.001326	0.0061	0.007	CUMPLE
T15P	40.75	0.001385	0.0064	0.007	CUMPLE
T14P	38.1	0.00143	0.0066	0.007	CUMPLE
T13P	35.45	0.001465	0.0067	0.007	CUMPLE
T12P	32.8	0.001483	0.0068	0.007	CUMPLE
T11P	30.15	0.001486	0.0068	0.007	CUMPLE
T10P	27.5	0.001475	0.0068	0.007	CUMPLE
T9P	24.85	0.00145	0.0067	0.007	CUMPLE
T8P	22.2	0.001415	0.0065	0.007	CUMPLE
T7P	19.55	0.001365	0.0063	0.007	CUMPLE
T6P	16.9	0.00129	0.0059	0.007	CUMPLE
T5P	14.25	0.00122	0.0056	0.007	CUMPLE
T4P	11.6	0.00113	0.0052	0.007	CUMPLE
T3P	8.95	0.001009	0.0046	0.007	CUMPLE
T2P	6.3	0.000849	0.0039	0.007	CUMPLE
T1P	3.65	0.000557	0.0026	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3 Fuerza cortante de entrepiso

Del análisis modal espectral, se obtuvieron las fuerzas cortantes de entrepiso en cada dirección de análisis. En la Tabla 23 se observa las fuerzas obtenidas por el sismo dinámico X-X en cada nivel de la estructura, obteniendo como fuerza cortante basal 462.61 tonf.

Tabla N° 23. Fuerza cortante de entrepiso

Nivel	Altura (m)	Carga	Vx (Ton)
T16P	43.45	Sismo X	90.6459
T15P	40.75	Sismo X	158.2895
T14P	38.1	Sismo X	202.2912
T13P	35.45	Sismo X	229.3441
T12P	32.8	Sismo X	244.598
T11P	30.15	Sismo X	252.8162
T10P	27.5	Sismo X	258.7104
T9P	24.85	Sismo X	267.0986
T8P	22.2	Sismo X	281.5109
T7P	19.55	Sismo X	302.9104
T6P	16.9	Sismo X	330.3848
T5P	14.25	Sismo X	361.5888
T4P	11.6	Sismo X	392.7633
T3P	8.95	Sismo X	420.9259
T2P	6.3	Sismo X	443.3871
T1P	3.65	Sismo X	462.5055

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la Tabla 24 se muestran las fuerzas cortantes obtenidas por el sismo dinámico Y-Y en cada nivel de la estructura, obteniendo como fuerza cortante basal 866.77 tonf.

Tabla N° 24. Fuerzas de entrepiso

Nivel	Altura (m)	Carga	Vy (Ton)
T16P	43.45	Sismo Y	134.3192
T15P	40.75	Sismo Y	250.335
T14P	38.1	Sismo Y	340.2605
T13P	35.45	Sismo Y	410.6902
T12P	32.8	Sismo Y	467.3499
T11P	30.15	Sismo Y	514.955

---

T10P	27.5	Sismo Y	557.3686
T9P	24.85	Sismo Y	597.4994
T8P	22.2	Sismo Y	637.0545
T7P	19.55	Sismo Y	676.544
T6P	16.9	Sismo Y	716.086
T5P	14.25	Sismo Y	755.2379
T4P	11.6	Sismo Y	791.3392
T3P	8.95	Sismo Y	822.4507
T2P	6.3	Sismo Y	846.4745
T1P	3.65	Sismo Y	866.7743

---

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE LOS AMORTIGUADORES DE MASA SINTONIZADA

### 6.1 Análisis Dinámico

Para definir los parámetros óptimos, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones de acuerdo con el método de Sadek et. al:

- a) La masa equivalente considerada es del 1% de la masa total de la estructura. Siendo  $\mu = 0.01$  - Se consideró una relación de frecuencias entre el AMS y el edificio igual a 1, siendo una sintonía perfecta.
- b) La rigidez del AMS se encuentra definida por la rigidez lateral de los aisladores elastoméricos con refuerzo de acero.
- c) Se consideró una razón de amortiguamiento entre el AMS y el edificio igual a 20% ( $\xi = 0.20$ ). En el modelo, el amortiguamiento del AMS fue definido por los amortiguamientos de los aisladores elastoméricos

#### 6.1.1 Masa del AMS

La masa del AMS corresponde a 1% de la masa total de la estructura. De acuerdo con los valores obtenidos del ETABS, se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Peso AMS} = \mu * \text{Peso de la Estructura}$$

$$\text{Peso Ams} = 0.01 * 7069.37 \text{ Tonf}$$

$$\text{Peso Ams} = 70.6937 \text{ Tonf}$$

#### 6.1.2 Rigidez del AMS

La rigidez total del AMS corresponde a la suma de las rigideces horizontales de los aisladores elastoméricos, por lo tanto, la rigidez total del AMS es:

$$K_{ams} = n \frac{4\pi^2 P_t}{T^2 g}$$

Dónde: n = número de aisladores elastoméricos Del análisis de ETABS se obtiene la carga de compresión máxima, Pt (corresponde al porcentaje de masa participativa del primer modo de vibración) y el periodo fundamental T. La respectiva rigidez total del AMS se calcula a continuación:

$$P_t = 0.6832 * (70.69 \text{ Tonf}) = 48.24 \text{ Tonf}$$

$$T = 1.521$$

Se obtuvo:

$$K_{AMS} = 4 \frac{4\pi^2 * 48.24}{1.521^2 * 9.81}$$

$$K_{AMS} = 335.96 \text{ Tonf/m}$$

En el cual, el valor de la rigidez de cada aislador es de:

$$K_{AISLADOR} = \frac{K_{AMS}}{4} = 839.912 \text{ kg/cm}$$

### 6.1.3 Amortiguamiento del AMS

El amortiguamiento del AMS, corresponde al amortiguamiento total de los 4 aisladores elastoméricos. Por lo que, el amortiguamiento del AMS resulta de la siguiente expresión:

$$c = 2 * \xi * \sqrt{K_{AMS} * m_{AMS}}$$

Para lo cual se reemplazaron los valores de acuerdo con los resultados obtenidos para reemplazar en la ecuación mencionada anteriormente para determinar el valor de  $c$ .

$$\xi = 0.20$$

$$K_{AMS} = 335.9647 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}} = 3359.647 \text{ Kgf/cm}$$

$$m_{AMS} = \frac{\text{Peso}_{AMS}}{g} = \frac{70693 \text{ kgf}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 7.206 \text{ tonfs}^2/\text{m}$$

Con los datos, se calculó el amortiguamiento del AMS:

$$c = 2 * 0.20 * \sqrt{3435.96 * 7.206} = 19.682 \text{ tonf/m}$$

Con lo cual, el amortiguamiento de cada aislador, es:

$$c_{aislador} = \frac{C}{4} = 49.20 \text{ kg/cm}$$

### 6.1.4 Diseño del AMS

El AMS está conformado por un bloque de concreto y cuatro aisladores elastoméricos con refuerzo de acero, los cuales actúan como un sistema de protección pasivo provisto de masa, rigidez y amortiguamiento a la estructura. El bloque de concreto se definió a fin de cumplir con la masa requerida del AMS, con un peso específico de 2.4 ton/m<sup>3</sup>, por lo tanto, se obtuvo lo siguiente:

$$a * b * h * 2.4 = 70.69 \text{ Tonf}$$



Dónde a y b son los lados del bloque de concreto del AMS y h es la altura.

$$a * b * h = 29.45 \text{ m}$$

Considerando  $h = 1.1 \text{ m}$ , y para que el bloque de concreto este apoyado en vigas o placas las dimensiones de a y b son :

$$a = 4.70 \text{ m}$$

$$b = 5.92 \text{ m}$$

Se muestra un bloque de concreto rectangular que actuará como amortiguador de la estructura en movimiento (Ver Figura 46), cuyas dimensiones son 4.70 metros de ancho y 1.10 metros de altura. El bloque estará apoyado sobre cuatro aisladores elastoméricos que en conjunto representan el AMS ubicado en la cúspide de la edificación.

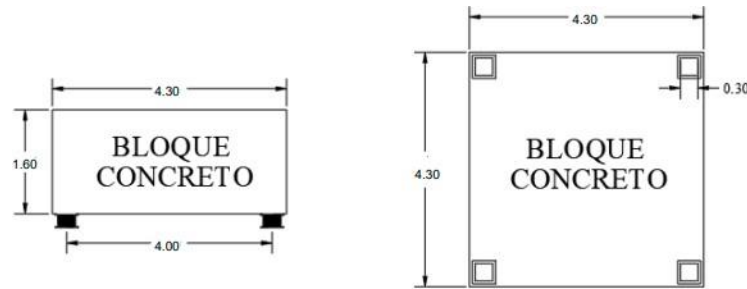


Figura N° 46: Bloque de concreto Ams

Fuente: Etabs 20

## 6.2 Modelamiento del AMS en Etabs

Para iniciar con el análisis de la edificación con amortiguadores de masa sintonizada, se mantuvo las características de estructura, no se eliminó elemento estructural. El modelado de los apoyos del AMS se realizará mediante aisladores elastómericos, creando un soporte tipo link con propiedades de caucho (Rubber Isolator) y para el modelamiento del bloque de concreto se definió una sección Slab.

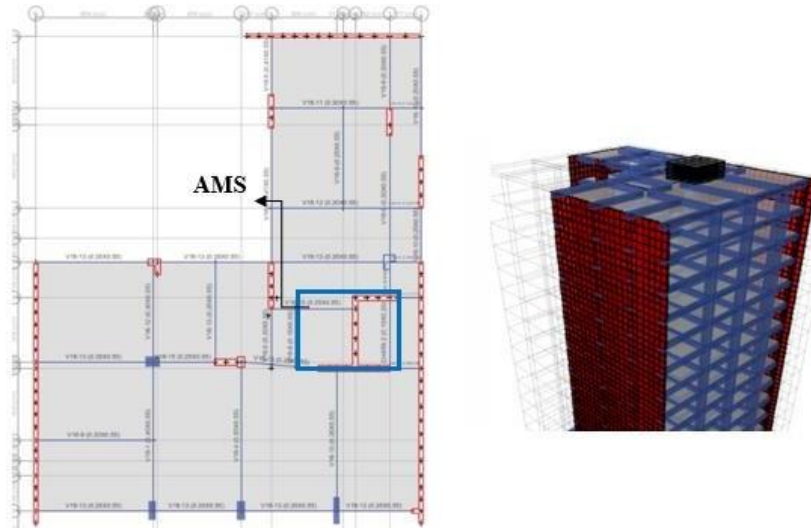


Figura N° 47: Modelamiento de la Estructura con AMS

Fuente: Etabs 20

### 6.2.1 Modelamiento del bloque de concreto

Se definió en el programa Etabs una propiedad de sección tipo Slab de nombre AMS, con un espesor de 1.10 m, se asignó un material de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , además se consideró un tipo de modelo Shell Thin como se puede observar en la Figura 48.

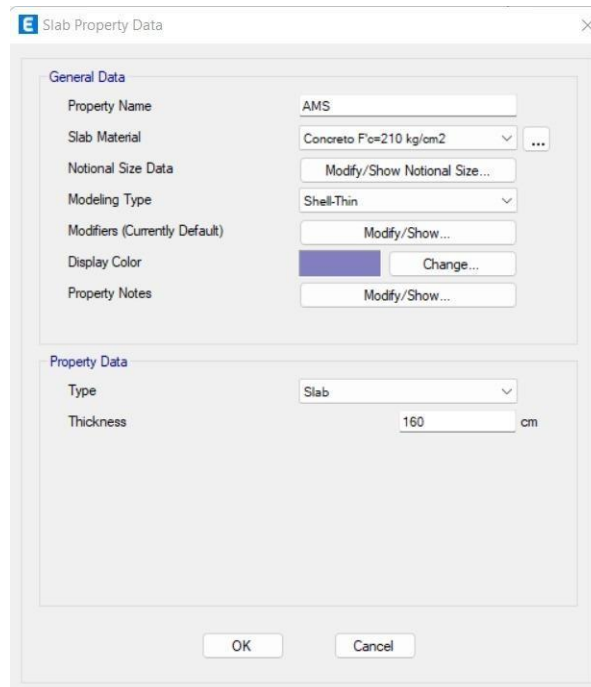


Figura N° 48. Definición del bloque de concreto

Fuente: Etabs 20

## 6.2.2 Modelamiento de los Aisladores

Para la asignación de los aisladores, se definió una propiedad de sección tipo Link de nombre Aislador, con el propósito de insertar los valores determinados para la rigidez y amortiguamiento de los apoyos del bloque de concreto, como podemos observar en la Figura 49.

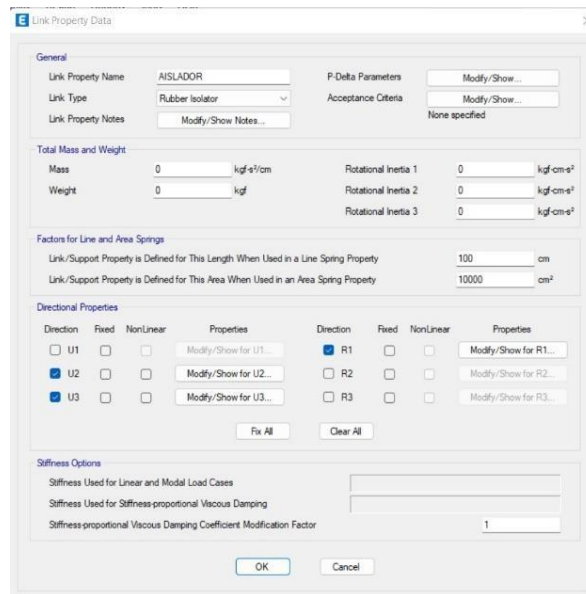


Figura N° 49. Definición de los aisladores.

Fuente: Etabs 20

Según Rojas, A. y Quispe, J. (2020) para la definición para las propiedades de link los grados de libertad con la característica de Rubber Isolator se considera los siguientes modos:

U1→UZ: traslación en la dirección del eje local 1 o eje global Z

U2→UX: traslación en la dirección del eje local 2 o eje global X

U3→UY: traslación en la dirección del eje local 3 o eje global

R1→RZ: rotación en torno al eje local 1 o eje global Z

R2→RX: rotación en torno al eje local 2 o eje global X

R3→RY: rotación en torno al eje local 3 o eje global Y

Por lo tanto, los grados de libertad para el AMS son U2, U3 y R1, en donde se ingresaron las rigideces efectivas y amortiguamiento de acuerdo con los parámetros calculados. Para el cálculo de la rigidez de rotación se obtiene por la siguiente ecuación:

$$\text{Rigidez efectiva} = Kh * (x^2 + y^2)$$

Dónde X y Y son las distancias del centro de masa del AMS al centro de masa del aislador en sus respectivas direcciones.

a) Dirección U2

Se ingresó los siguientes datos de la rigidez y amortiguamiento, como se observa en la figura 50.

$$\text{Rigidez efectiva} = 839.912 \text{ kg/cm}$$
$$\text{Amortiguamiento efectivo} = 49.20 \text{ kg/cm}$$

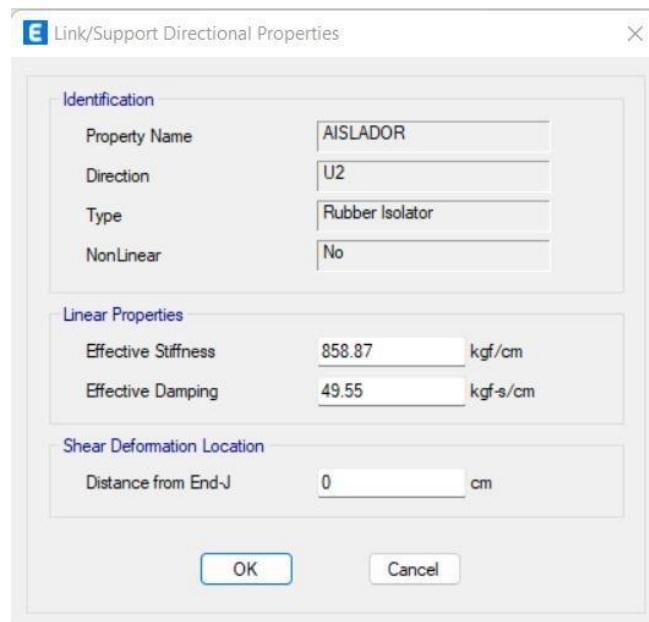


Figura N° 50. Rigidez y amortiguamiento en la Dirección U2

Fuente: Etabs 20

b) Dirección U3

Se ingresó los siguientes datos de la rigidez y amortiguamiento, como se observa en la figura 51.

$$\text{Rigidez efectiva} = 839.91 \text{ kg/cm}$$
$$\text{Amortiguamiento efectivo} = 49.20 \text{ kg/cm}$$

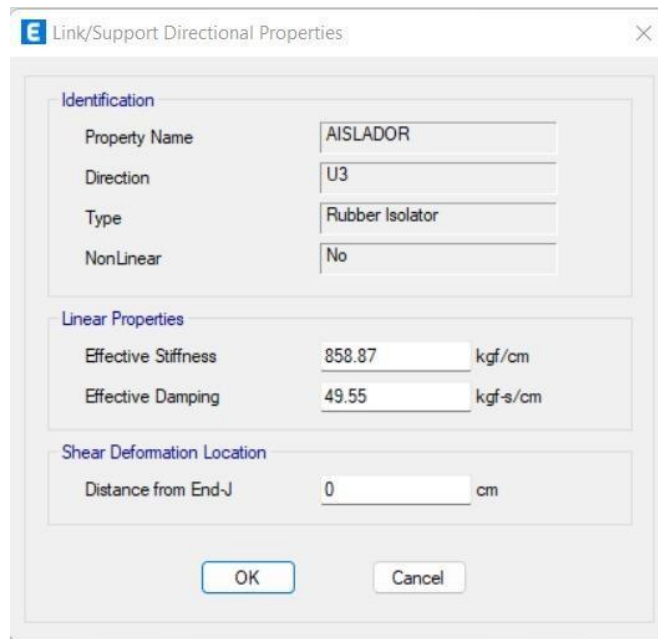


Figura N° 51: Rigidez y amortiguamiento en la Dirección U2 .

Fuente: Etabs 20

c) Dirección R1

Se ingresó los siguientes datos de la rigidez y amortiguamiento, como se observa en la figura 52.

$$\text{Rigidez efectiva} = 4117.67 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Amortiguamiento efectivo} = 49.20 \text{ kg/cm}$$

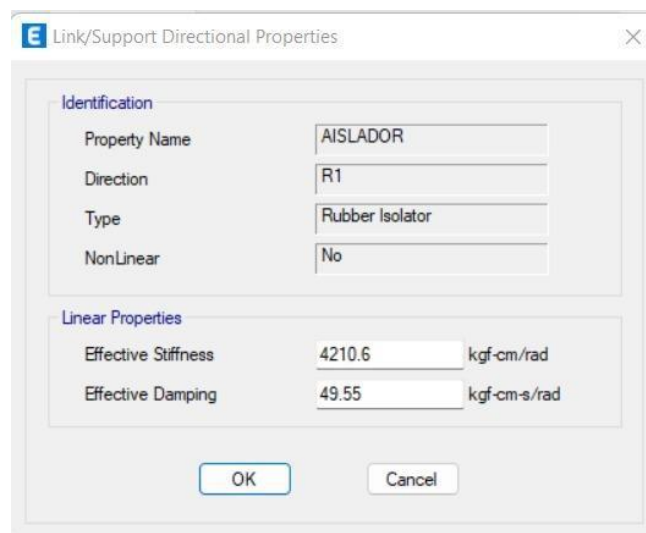


Figura N° 52: Rigidez y amortiguamiento en la Dirección U2.

Fuente: Etabs 20

### 6.2.3 Ubicación de los Amortiguadores de Masa Sintonizada

La ubicación del amortiguador en el modelo Etabs, corresponde en el nivel superior de la estructura, para evitar probables excentricidades, se utilizó un resorte como elemento de transferencia hacia la estructura mediante la asignación tipo link, asimismo se ubica en una viga principal que sirva de soporte, considerando un área libre en la azotea sin tener obstáculos que perjudiquen instalación.

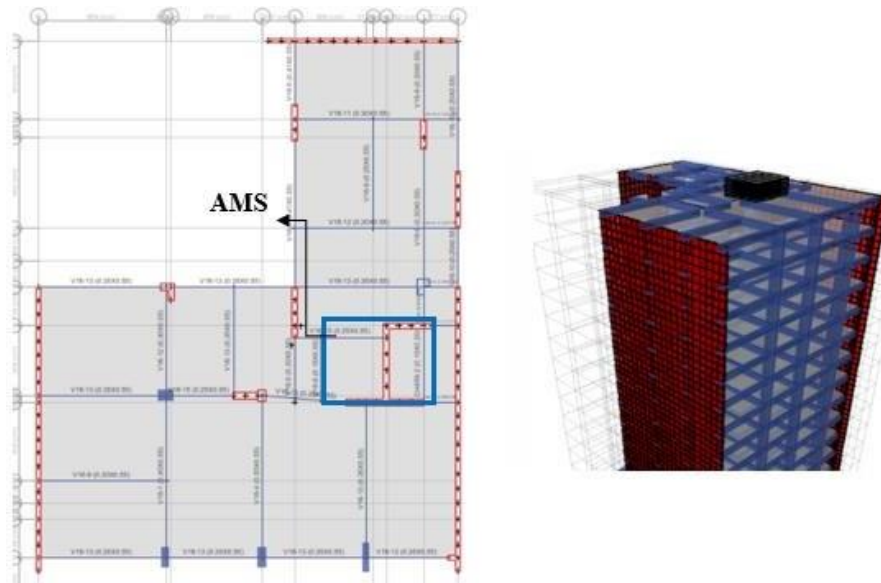


Figura N° 53: Ubicación del Ams en la estructura.

Fuente: Etabs 20

#### 6.2.4 Máxima deriva de entrepiso con reforzamiento sísmico

Luego de la asignación de los AMS en el último nivel del edificio, se verificó el nuevo desplazamiento relativo de entrepiso. Según el MVCS (2018), Norma Técnica E030, en el capítulo 5 “Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad”, artículo 32 “Desplazamientos laterales relativos admisibles”, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso para concreto armado debe ser 0.007. En la tabla 25 se muestran las derivas de entrepiso con la estructura incorporando el amortiguador de masa sintonizada, en el cual se observa que se obtienen las máximas derivas en la dirección X y que, además, todas las derivas se encuentran dentro de lo permitido para estructuras de concreto armado según la norma técnica E030.

Tabla N° 25. Derivas de entre piso con AMS en dirección X

<b>PISO</b>	<b>Altura</b>	<b>Drif X</b>	<b>Drif CX</b>
T16P	43.45	0.001197	0.0055
T15P	40.75	0.001222	0.0056
T14P	38.1	0.001246	0.0057
T13P	35.45	0.001262	0.0058
T12P	32.8	0.001267	0.0058
T11P	30.15	0.00126	0.0058
T10P	27.5	0.001242	0.0057
T9P	24.85	0.001229	0.0056
T8P	22.2	0.001208	0.0055
T7P	19.55	0.001176	0.0054
T6P	16.9	0.001123	0.0052
T5P	14.25	0.001069	0.0049
T4P	11.6	0.000996	0.0046
T3P	8.95	0.000894	0.0041
T2P	6.3	0.000753	0.0035
T1P	3.65	0.000497	0.0023

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 26 se muestran las derivas de entrepiso en la dirección X e Y incorporando el AMS, producidos por el sismo dinámico Y-Y, en el cual se observa que las derivas máximas se encuentran en la dirección Y. Adicional a ello, se observa que todas las derivas se encuentran dentro de lo permitido para estructuras de concreto armado según la norma técnica E030.

Tabla N° 26. Derivas de entre piso con AMS en dirección Y

<b>PISO</b>	<b>Altura</b>	<b>Drift Y</b>	<b>Drif CY</b>
T16P	43.45	0.000603	0.0028
T15P	40.75	0.000615	0.0028
T14P	38.1	0.000621	0.0029
T13P	35.45	0.000622	0.0029
T12P	32.8	0.000617	0.0028
T11P	30.15	0.000606	0.0028
T10P	27.5	0.00059	0.0027
T9P	24.85	0.000576	0.0026
T8P	22.2	0.000558	0.0026
T7P	19.55	0.000531	0.0024
T6P	16.9	0.000484	0.0022
T5P	14.25	0.000451	0.0021
T4P	11.6	0.000412	0.0019
T3P	8.95	0.000366	0.0017
T2P	6.3	0.000338	0.0016
T1P	3.65	0.00021	0.0010

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.2.5 Fuerza cortante de entrepiso con reforzamiento sísmico

Del análisis dinámico de la estructura incorporando el AMS, se obtuvieron las fuerzas cortantes de entrepiso en cada dirección de análisis. En la Tabla 27 se muestran las fuerzas cortantes obtenidas por el sismo dinámico X-X en cada nivel de la estructura, obteniendo como fuerza cortante basal 449.43 tonf.



Tabla N° 27. Fuerza cortante de entrepiso con AMS en dirección X

<b>Fuerza entrepiso en X CON AMS</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Carga</b>	<b>Vx (Ton)</b>
T16P	43.45	Sismo X	82.7218
T15P	40.75	Sismo X	150.9881
T14P	38.1	Sismo X	194.6463
T13P	35.45	Sismo X	220.5001
T12P	32.8	Sismo X	233.8717
T11P	30.15	Sismo X	239.706
T10P	27.5	Sismo X	242.9837
T9P	24.85	Sismo X	248.9878
T8P	22.2	Sismo X	261.7659
T7P	19.55	Sismo X	282.5545
T6P	16.9	Sismo X	310.3832
T5P	14.25	Sismo X	342.6726
T4P	11.6	Sismo X	375.3135
T3P	8.95	Sismo X	405.0445
T2P	6.3	Sismo X	428.9295
T1P	3.65	Sismo X	449.4325

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, se obtuvieron las fuerzas cortantes de entrepiso por el sismo dinámico Y-Y, las cuales se muestran en la Tabla 28, obteniendo como fuerza cortante basal 851.551 tonf.

Tabla N° 28. Fuerza cortante de entrepiso con AMS en dirección Y

Fuerza entrepiso en Y CON AMS			
Nivel	Altura (m)	Carga	Vy (Ton)
T16P	43.45	Sismo Y	117.0406
T15P	40.75	Sismo Y	234.8424
T14P	38.1	Sismo Y	323.707
T13P	35.45	Sismo Y	390.9726
T12P	32.8	Sismo Y	443.3031
T11P	30.15	Sismo Y	486.3236
T10P	27.5	Sismo Y	524.759
T9P	24.85	Sismo Y	562.2196
T8P	22.2	Sismo Y	600.8026
T7P	19.55	Sismo Y	641.0482
T6P	16.9	Sismo Y	682.8328
T5P	14.25	Sismo Y	725.4295
T4P	11.6	Sismo Y	765.5174
T3P	8.95	Sismo Y	800.6069
T2P	6.3	Sismo Y	828.0502
T1P	3.65	Sismo Y	851.551

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO VII: RESULTADOS

### 7.1 Resultados

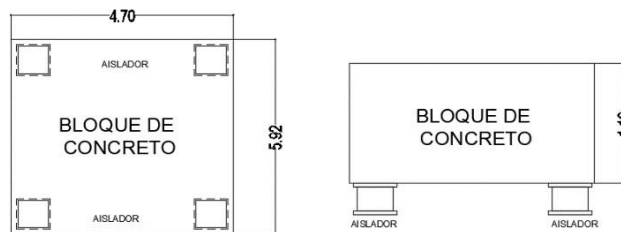
Los parámetros óptimos de los AMS que se incorporó en la estructura con la finalidad de mejorar la respuesta dinámica son los siguientes:

Tabla N° 29. Parámetros Óptimos

Parámetros óptimos
Razón de Masa: $\mu=0.01$
Razón de frecuencia: $f=1$
Razón de Amortiguamiento: $\varepsilon= 0.20$

Fuente: Elaboración Propia

De las cuales nos ayudaron a determinar las dimensiones del AMS y los parámetros de rigidez, amortiguamiento de la masa. Y así mismo obtener los parámetros mencionados para los aisladores elastómericos las cuales responden al primer objetivo específico de la presente investigación.



*Figura N° 54: Dimensiones del AMS*

Fuente: Elaboración Propia

A partir del análisis dinámico de la estructura, sin y con la incorporación del amortiguador de masa sintonizada, se presentan las tablas de los resultados de sus modos de vibración, derivas, fuerza cortante basal los cuales responden al segundo objetivo específico.

#### 7.1.1 Modos de vibración

SIN AMS					CON AMS			
Modos	Periodo	UX	UY	RZ	Periodo	UX	UY	RZ

1	1.521	0.68 3	0.0000 02051	0.0194	1.501	0.6822	0.0001	0.003 2
2	0.816	0.00 0001 487	0.6816	0.0061	1.057	4.11E-05	0.6804	0.001 5
3	0.683	0.00 63	0.0002	0.6453	0.879	0.0167	0.000002 24	0.000 0445
4	0.375	0.16 85	0.0000 1717	0.0014	0.789	0.0001	0.6069	0.004 9
5	0.182	0.00 01	0.1732	0.0192	0.376	0.1521	0.0001	0.050 1
6	0.167	0.05 44	0.0047	0.0075	0.202	0.0142	0.0202	0.665 7
7	0.144	0.01 11	0.0144	0.1653	0.175	0.0116	0.1532	0.067
8	0.1	0.02 92	0.0000 3431	0.0011	0.166	0.0444	0.0152	0.027 4
9	0.083	0.00 07	0.0546	0.0063	0.105	0	0	0.000 5
10	0.07	0.01 76	0.0000 3901	0.0000 1582	0.1	0.0314	4.62E-05	0.001
11	0.064	0.00 26	0.0064	0.0587	0.084	0.0011	0.0371	0.005 7
12	0.053	0.00 97	0.0002	0.0000 02881 0	0.074	1.41E-05	0.0219	0.002 8
13	0.052	0.00 01	0.0254	0.0029	0.069	0.0195	0.0014	0.001 1
14	0.042	0.00 6	0.0000 02537	0.0000 1002	0.053	0.0076	0.0001	0.004 9
15	0.04	0.00 16	0.0039	0.0298	0.052	0.0015	0.021	0.015 1
16	0.038	0.00 02	0.0143	0.002	0.044	0.004	0.0074	0.086 1

Tabla N° 30. Modos de Vibración sin AMS y con AMS

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 30 se muestra; para el primer modo de vibración, la reducción de la masa participativa en la dirección UX, es de 0.12%; en el segundo modo la reducción de la masa participativa en la dirección UY es del 0.18%. Y con

respecto al tercer modo de vibración la masa participativa predomina en la dirección Rz sin AMS, mientras que con AMS se mantiene la masa participativa en la dirección UX. Así mismo, es importante mencionar que el periodo en los tres primeros modos de vibración se reduce en un 18%. Aplicando el AMS.

### 7.1.2 Derivas

Tabla N° 31. Derivas de Entrepiso con AMS y sin AMS

Piso	Sin AMS		Con AMS		% Reducción	
	Derivas X	Derivas Y	Derivas X	Derivas Y	X	Y
16	0.00621	0.00330939	0.00549	0.00276777	11.60	16.37
15	0.00648	0.00335529	0.00561	0.00282285	13.39	15.87
14	0.00667	0.00337824	0.00572	0.00285039	14.25	15.63
13	0.00681	0.00338283	0.00579	0.00285498	14.96	15.60
12	0.00688	0.00335988	0.00582	0.00283203	15.48	15.71
11	0.00688	0.00330939	0.00578	0.00278154	15.89	15.95
10	0.00681	0.00323595	0.00570	0.0027081	16.31	16.31
9	0.00669	0.00315333	0.00564	0.00264384	15.71	16.16
8	0.00652	0.00304317	0.00554	0.00256122	14.93	15.84
7	0.00628	0.00288252	0.00540	0.00243729	14.10	15.45
6	0.00594	0.00262089	0.00515	0.00222156	13.21	15.24
5	0.00561	0.00243729	0.00491	0.00207009	12.59	15.07
4	0.00520	0.00222615	0.00457	0.00189108	12.09	15.05
3	0.00464	0.0019737	0.00410	0.00167994	11.57	14.88
2	0.00390	0.00182223	0.00346	0.00155142	11.41	14.86
1	0.00256	0.00112914	0.00228	0.0009639	10.93	14.63

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvieron las derivas máximas de la estructura sin y con AMS, los cuales se muestran de manera resumen en la Tabla 31; en donde, se muestra el porcentaje de reducción en las derivas al incluir los AMS en los diferentes niveles de la estructura. El porcentaje de reducción de las derivas es mayor en los pisos superiores, además, el porcentaje de reducción promedio es 13.65% para el análisis en la dirección X, y de 15.54 % para el análisis en la dirección Y, cumpliendo con la Norma E30.

### 7.1.3 Desplazamientos

Tabla N° 32. Desplazamiento de Entrepiso con AMS y sin AMS

Piso	Sin AMS		Con AMS		% Reducción	
	UX	UY	UX	UY	X	Y
16	5.2191	2.5142	4.3319	2.0925	17.00	16.77
15	4.877	2.3355	4.0705	1.9474	16.54	16.62
14	4.5313	2.1558	3.8026	1.8035	16.08	16.34
13	4.1783	1.9732	3.5257	1.6556	15.62	16.10
12	3.8187	1.7885	3.2405	1.5047	15.14	15.87
11	3.4546	1.6028	2.9485	1.3517	14.65	15.67
10	3.088	1.4176	2.651	1.1981	14.15	15.48
9	2.7208	1.2345	2.3493	1.0452	13.65	15.33
8	2.3552	1.0552	2.0452	0.8948	13.16	15.20
7	1.9941	0.8819	1.7407	0.7487	12.71	15.10
6	1.6416	0.7168	1.4397	0.6091	12.30	15.03
5	1.3049	0.5664	1.1485	0.4816	11.99	14.97
4	0.9847	0.4266	0.8693	0.363	11.72	14.91
3	0.6866	0.299	0.6076	0.2544	11.51	14.92
2	0.4198	0.1861	0.3722	0.1584	11.34	14.88

1	0.1947	0.0849	0.173	0.0723	11.15	14.84
---	--------	--------	-------	--------	-------	-------

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvieron los desplazamientos de entrepisos del análisis dinámico sin AMS y con AMS las cuales se muestran en la Tabla 32 observando una reducción promedio de 13.67% en la dirección X y un 15.50% en la dirección Y. De la misma forma se puede observar que la reducción es mayor en los últimos niveles.

#### 7.1.4 Periodos

Tabla N° 33. Periodo de la Edificación sin AMS y con AMS

Modos	Sin	Con	%
	AMS	AMS	Incremento
1	1.521	1.501	1.31
2	0.816	1.057	29.53
3	0.683	0.879	28.70
4	0.375	0.789	110.40
5	0.182	0.376	106.59
6	0.167	0.202	20.96
7	0.144	0.175	21.53
8	0.1	0.166	66.00
9	0.083	0.105	26.51
10	0.07	0.1	42.86
11	0.064	0.084	31.25
12	0.053	0.074	39.62
13	0.052	0.069	32.69
14	0.042	0.053	26.19
15	0.04	0.052	30.00

---

16	0.038	0.044	15.79
----	-------	-------	-------

---

Fuente: Elaboración Propia

En Tabla 33 se presenta los resultados de los valores de los períodos de vibración de la edificación, se puede observar que la implementación de AMS hizo que los períodos subieran en promedio de 39.37% este incremento del periodo de vibración en el edificio es a consecuencia del uso AMS que le añadió rigidez en la edificación y amortiguamiento estructura principal el periodo de vibración es más evidente.

#### 7.1.5 Frecuencia

Tabla N° 34. Frecuencia de la Edificación sin AMS y con AMS

Modos	Sin AMS	Con AMS	%
1	0.657	0.666	1.37
2	1.225	0.946	22.78
3	1.464	1.138	22.27
4	2.67	1.268	52.51
5	5.506	2.658	51.73
6	5.986	4.95	17.31
7	6.922	5.72	17.36
8	10.006	6.019	39.85
9	12.105	9.485	21.64
10	14.378	9.988	30.53
11	15.585	11.888	23.72
12	18.997	13.585	28.49
13	19.326	14.436	25.30
14	23.833	18.967	20.42
15	24.936	19.235	22.86

---



16	26.39	22.714	13.93
----	-------	--------	-------

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 34 se presenta los resultados de los valores de las frecuencias naturales de vibración de la edificación, se puede observar que la implementación de AMS hizo que los que la frecuencia de vibración se reduzca de manera considerable siendo en promedio 25.75 %, esta disminución está directamente relacionada con el incremento de periodo, son inversamente proporcional.

#### 7.1.6 Fuerza cortante

Tabla N° 35. Fuerza Cortante sin AMS y con AMS

Pisos	Sin AMS		Con AMS		% Reducción	
	FX	FY	FX	FY	X	Y
1	466.2926	873.7178	455.5435	853.59	2.31	2.30
2	447.0965	853.3657	436.4836	830.2366	2.37	2.71
3	424.5091	829.2792	414.647	803.4705	2.32	3.11
4	396.146	798.095	388.0547	768.7831	2.04	3.67
5	364.6822	761.9102	359.2966	728.6825	1.48	4.36
6	333.0972	722.6743	330.8476	685.6669	0.68	5.12
7	305.1771	683.0857	305.7841	643.1912	0.20	5.84
8	283.3414	643.6382	285.8166	602.2845	0.87	6.42
9	268.6398	604.287	271.588	563.3232	1.10	6.78
10	260.3016	564.607	262.2828	525.8676	0.76	6.86
11	254.9624	523.006	254.8515	487.6999	0.04	6.75
12	247.8505	476.7017	244.7748	445.0097	1.24	6.65
13	234.2034	421.9081	227.9058	393.1951	2.69	6.81
14	209.2246	353.9432	200.9186	327.2111	3.97	7.55

15	167.8164	267.1818	158.7861	241.1081	5.38	9.76
16	103.2994	155.0661	94.2447	128.4343	8.77	17.17

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 35 se presenta los valores obtenidos de la fuerza cortante producido por el sismo en la dirección X donde su reducción promedio es de 2.26%, y en el sismo dirección Y es de un 6.37% en consecuencia de esta disminución en la cortante hace que se reduzca la deformación lateral relativa de cada entrepiso.

#### 7.1.7 Control de irregularidad torsional

Tabla N° 36. Control de Irregularidad Torsional sin AMS y con AMS

Pisos	Sin AMS		Con AMS		% Reducción	
	RX	RY	RX	RY	X	Y
16	1.156	1.005	1	1	13.49	0.50
15	1.158	1.009	1.005	1.004	13.21	0.50
14	1.161	1.012	1.011	1.008	12.92	0.40
13	1.163	1.016	1.016	1.012	12.64	0.39
12	1.166	1.02	1.022	1.016	12.35	0.39
11	1.169	1.025	1.029	1.02	11.98	0.49
10	1.172	1.03	1.037	1.024	11.52	0.58
9	1.175	1.035	1.045	1.028	11.06	0.68
8	1.18	1.04	1.053	1.032	10.76	0.77
7	1.184	1.045	1.063	1.036	10.22	0.86
6	1.189	1.05	1.073	1.04	9.76	0.95
5	1.195	1.055	1.085	1.044	9.21	1.04
4	1.202	1.061	1.097	1.048	8.74	1.23
3	1.211	1.067	1.111	1.052	8.26	1.41

2	1.222	1.074	1.127	1.056	7.77	1.68
1	1.235	1.085	1.144	1.063	7.37	2.03

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 36 se presenta los valores obtenidos para el control de la irregularidad torsional mediante ratios, donde podemos observar que es menor a 1.30, como lo establece la Norma E030, cumpliendo así una reducción promedio de 10.70% en la dirección X y un 0.87% en la dirección Y.

## 7.2 Discusión de Resultados

### 7.2.1 Discusión de objetivo específico 1

Para determinar las dimensiones optimas de los amortiguadores de masa sintonizada, se optó por usar los principios de parámetros óptimos las cuales lo estableció Shadek, con ello se determinó la masa, rigidez y amortiguamiento con el objetivo de colocar los valores al software Etabs ya que el bloque de concreto debe ir apoyado en unos elementos llamado aisladores elastómericos. Las dimensiones también dependen de la ubicación del AMS, ya que se debe ubicar en un espacio libre, donde no genere obstrucción. Para terminar de definir las dimensiones optimas, luego de la ubicación y de tener los parámetros óptimos como son la masa, rigidez y amortiguamiento; además de definir el material del bloque del AMS se debe reducir la respuesta dinámica, como son las derivas, desplazamientos, fuerzas cortantes y con ello, quedaría demostrado que las dimensiones obtenidas son las óptimas para la reducción de la respuesta dinámica.

### 7.2.2 Discusión de objetivo específico 2

Para mejorar la respuesta dinámica de la estructura es necesario sintonizar el AMS al modo predominante buscando una sintonía perfecta ( $f = 1$ ) entre la frecuencia natural del modo predominante y la frecuencia natural del AMS, de esta manera ambas frecuencias de vibración serán iguales, esta igualdad entre las frecuencias busca de que el AMS absorba parte de la energía que ingresa al sistema, pues una vez alcanzada esta frecuencia de vibración (frecuencia del modo fundamental) el AMS vibrará fuera de fase con la vibración de la estructura con lo que, parte de la energía vibratoria de entrada es transferida y disipada por el AMS. Si los modos superiores de vibración contribuyen de

manera importante en la respuesta estructural, es necesario contemplar la posibilidad de implementar varios AMS, los mismos que cubrirán las frecuencias propias de la estructura que más contribuyan con la respuesta en particular, pero por las limitaciones que se tienen la posibilidad se deshecha. Por lo visto, tanto las propiedades dinámicas del terreno de fundación y el sistema resistente planteado están relacionados directamente, de ahí que, se puede apreciar la necesidad de implementación de algún dispositivo adicional para mejorar la respuesta estructural en los casos más desfavorables, si se opta por la implementación del AMS la sintonía de frecuencias perfecta optimiza o mejora la respuesta estructural. Con respecto a la frecuencia y periodos de vibración del edificio Casanova estos valores variaron tal como se muestra en la figura 55, en lo que respecta al periodo este en promedio aumento en 39.37%, mientras que las frecuencias se redujeron en un promedio de 25.75%.

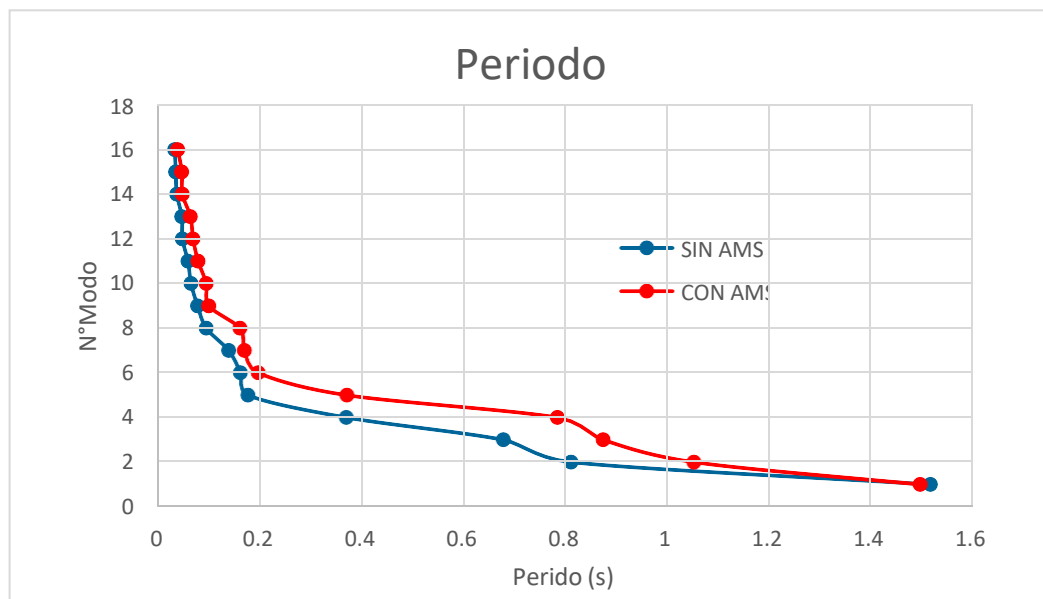


Figura N° 55: Comparación de Periodos sin y con AMS

Fuente: Elaboración Propia.

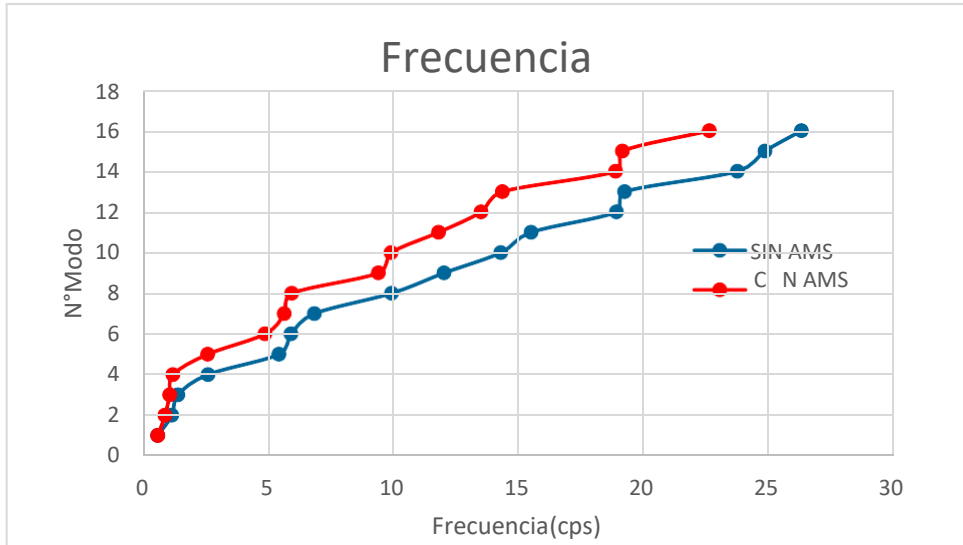


Figura N° 56: Comparación de Frecuencia sin y con AMS

Fuente: Elaboración Propia

La disminución en la cortante en la dirección del sismo x es de 2.26 % y en la dirección Y 6.37 %, que hace que la deformación lateral relativa de cada entrepiso se reduzca y por ende los esfuerzos generados en cada elemento se reduce tal como se observa en la figura 57 y 58.

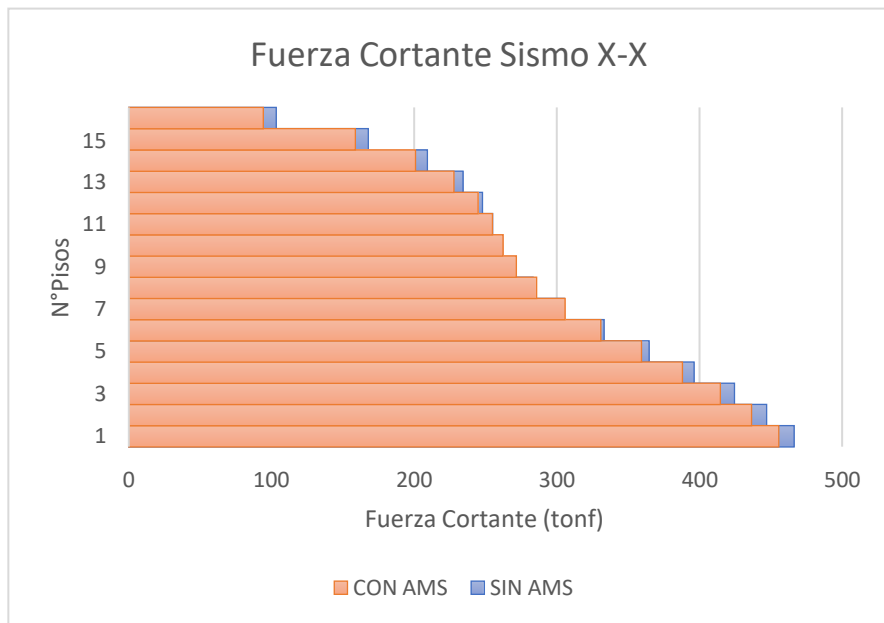


Figura N° 57: Comparación de Fuerza Cortante sin y con AMS en la Dirección X

Fuente: Elaboración Propia

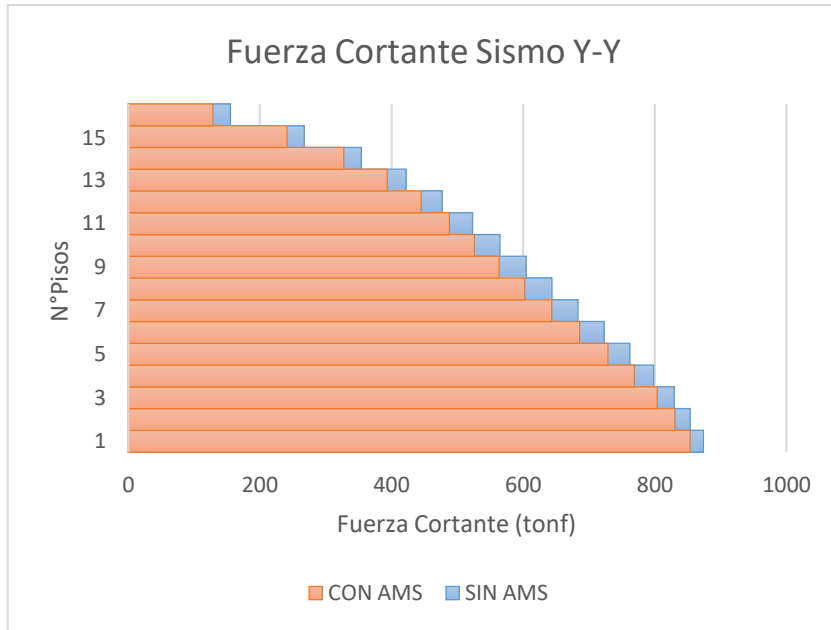


Figura N° 58: Comparación de Fuerza Cortante sin y con AMS en la Dirección Y  
Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.3 Discusión de objetivo específico 3

El propósito de las limitaciones en los desplazamientos laterales de una estructura sismo resistente es la de conferir a dicha estructura una rigidez mínima, la misma tiene el fin de controlar las deformaciones inelásticas y tal vez una posible inestabilidad frente a cargas sísmicas. El edificio en estudio presenta una reducción promedio de 13.67% en dirección X y en dirección Y un 15.50%.

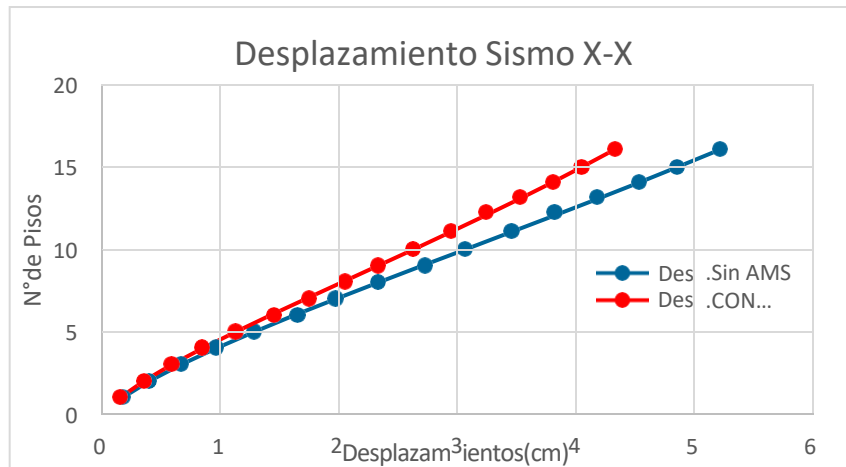


Figura N° 59: Comparación de Desplazamiento sin y con AMS en la Dirección X  
Fuente: Elaboración Propia

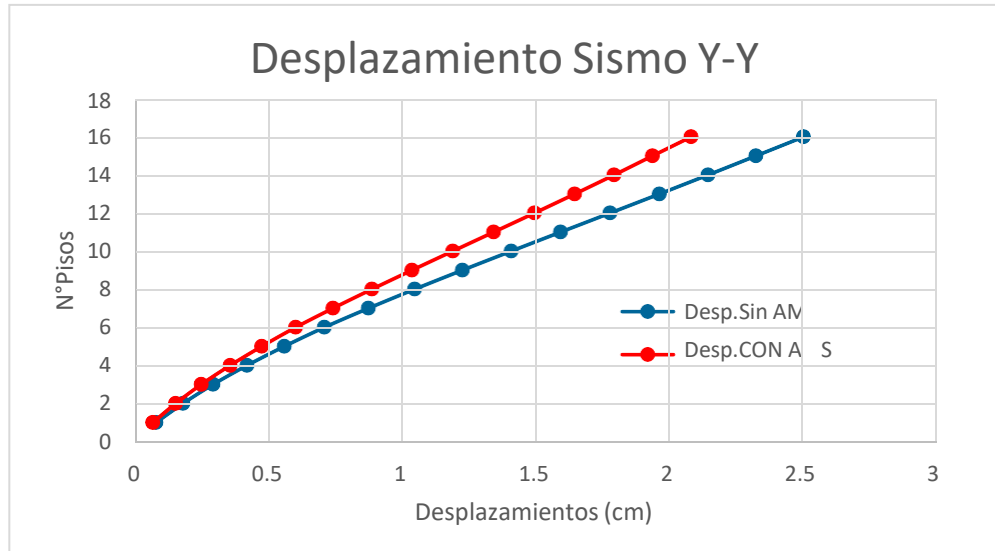


Figura N° 60: Comparación de Desplazamiento sin y con AMS en la Dirección Y

Fuente: Elaboración Propia

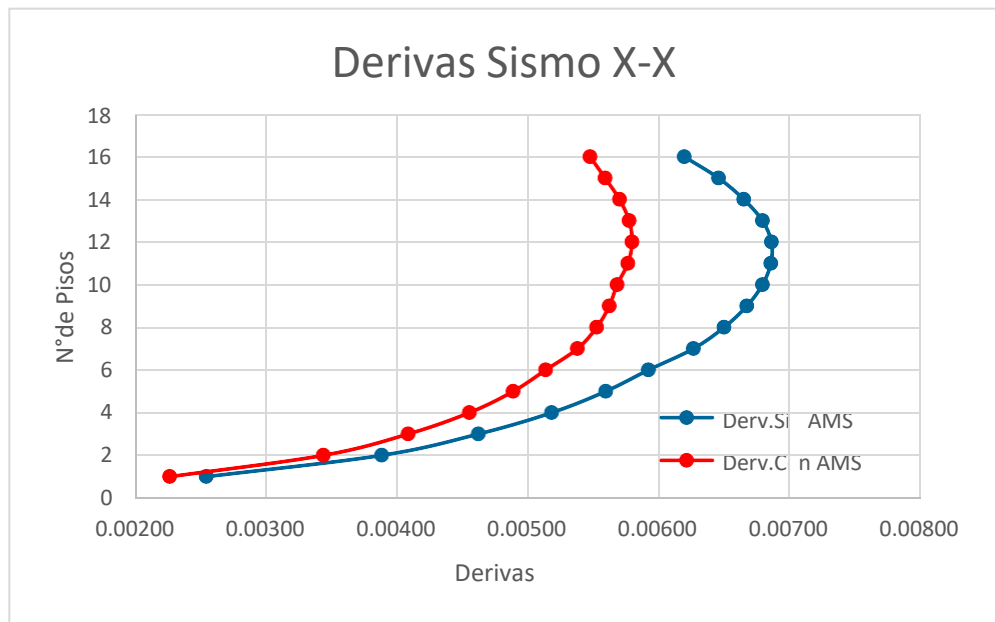


Figura N° 61: Comparación de Derivas sin y con AMS en la Dirección X

Fuente: Elaboración Propia

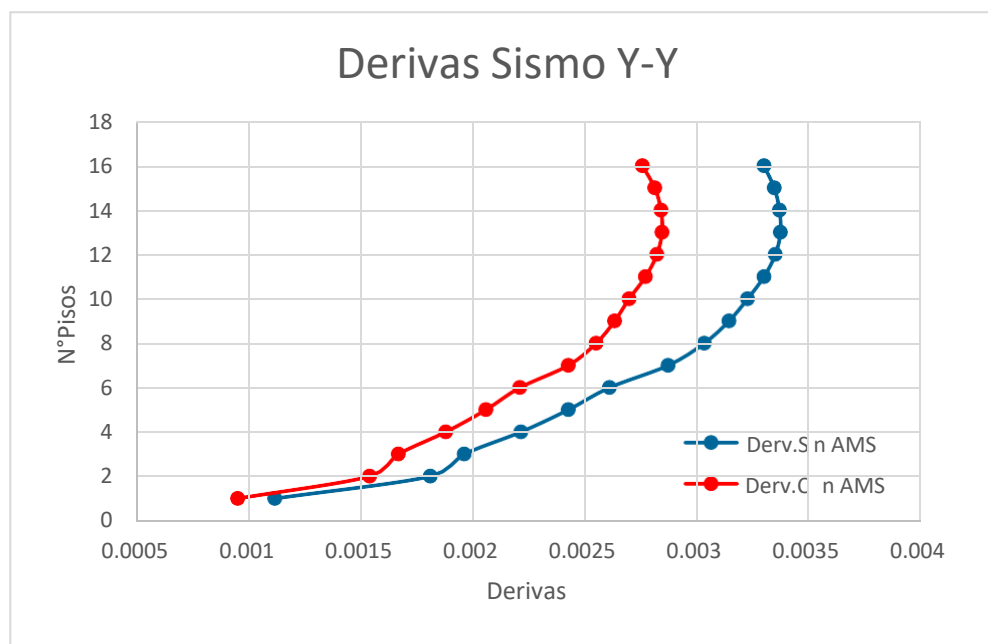


Figura N° 62: Comparación de Derivas sin y con AMS en la Dirección Y

Fuente: Elaboración Propia

La implementación de AMS aporta un amortiguamiento complementario a la que aporta el edificio, este incremento de amortiguamiento conlleva a un mejor control en los desplazamientos laterales, de esta forma el edificio tendrá una mejor respuesta frente a un sismo de magnitud importante y cumpliendo las derivas permisibles por la norma E.030.

### 7.3 Contrastación de Hipótesis

#### 7.3.1 Contrastación de Hipótesis General

(HG): La respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles en el distrito de Lince será mejorada en un 10% con la incorporación de amortiguadores de masa sintonizada.

No se cumple la hipótesis general planteada ya que de acuerdo con los resultados del análisis dinámico de la estructura con AMS realizado, se observa que los resultados obtenidos como derivas, desplazamiento, periodos y frecuencias superan el 10% del mejoramiento de la respuesta dinámica, sin embargo, para la fuerza cortante no se supera el 10%.

#### 7.3.2 Contrastación de Hipótesis Específicos

(HP1): Las dimensiones óptimas de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles en el distrito de Lince se determinarán con el 1% del Peso sísmico de la estructura.



Se cumple la hipótesis planteada ya que de acuerdo con los resultados del análisis dinámico de la estructura con AMS realizado, se observa que las dimensiones de diseño propuestos son óptimas al considerar el 1% del peso sísmico de la estructura que permite la mejora de la respuesta dinámica.

(HP2): La influencia de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles mejora en los periodos, la frecuencia y la fuerza cortante en un 10%.

La hipótesis no se cumple debido a que mejora en 39.37% en el periodo y 25.75% en la frecuencia, y en la fuerza cortante en 2.26% en la dirección X, y 6.37% en la dirección Y, por lo tanto, no llega al 10% en la fuerza cortante.

(HP3): La comparación de la respuesta dinámica con y sin el uso de los amortiguadores para una edificación de 16 niveles nos dará la reducción del 10% de los desplazamientos laterales.

Con la implementación de los AMS, la estructura tiene una mejor respuesta dinámica debido a que se reducen los desplazamientos laterales en cada nivel sobre la rasante de la estructura y se cumple la hipótesis específica planteada. En el primer nivel se tiene una reducción, para el análisis en la dirección X, de 11.15% hasta el último nivel con una reducción de 17%. Para el análisis en la dirección Y, se tiene una reducción en el primer nivel de 14.84% hasta el último nivel con una reducción del 16.77%.

## CONCLUSIONES

1. De los resultados obtenidos se concluye que, la utilización de Amortiguadores de Masa Sintonizada en edificios de 16 niveles el desempeño en la reducción de desplazamientos laterales es favorable, este desempeño favorable se puede evidenciar en la reducción de las derivas inelásticas cada piso, ya que se obtiene un 13.65% en la dirección x, y un 15.54 % en dirección de análisis Y. En cuanto a desplazamientos la reducción es del 13.67% en la dirección de análisis X y del 15.50% en la dirección de análisis.
2. Los parámetros propuestos para el AMS son óptimos e influyen positivamente en la estructura reduciendo su respuesta dinámica, cumpliendo con la hipótesis específica planteada, debido a que incorpora masa, rigidez y amortiguamiento a la estructura.
3. La ubicación en planta del AMS es de vital importancia para controlar la irregularidad torsional en planta de la estructura siendo la ubicación óptima en el centro de masas. En el presente trabajo de investigación se obtiene una reducción en los efectos torsionales del 10.70% en la dirección de análisis X y del 0.87% en la dirección de análisis Y.
4. De todo lo antes descrito, se concluye que es importante la necesidad de la implementación de algún sistema de disipación de energía en aquellas estructuras existentes que necesiten un sistema de reforzamiento o en aquellas donde se busca controlar los desplazamientos laterales o mejorar la respuesta estructural, los AMS son una alternativa práctica, menos disruptiva y económica ya que el costo no supera el 1.0% de la inversión total del edificio (Rojas, A. y Quispe, J. (2020).
5. Con la incorporación del AMS, se reduce el periodo del primer modo de vibración de la estructura en 1.31%. Así mismo, se reducen el porcentaje de masa participativa predominante en los 3 primeros modos de vibración.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para futuras investigaciones evaluar y considerar el uso de amortiguadores de masa sintonizada del tipo pendular, y verificar los desplazamientos, derivas comparándolo con el método tipo convencional.
2. Se recomienda realizar un análisis de la respuesta dinámica utilizando otro tipo de material como el acero, luego comparar dicha respuesta dinámica con el material de concreto para los AMS del tipo Convencional, debido al cambio de parámetros que pueden generar el material de acero.
3. Los amortiguadores de masa sintonizada son dispositivos versátiles pudiendo ser ubicados en cualquier área dentro de una edificación, se puede investigar a futuro el uso del AMS tipo losa; esto es, elementos de acero muy delgados y amplios que puedan ser ubicado en paños completos de losa, de modo que puedan utilizarse varios de estos y en los niveles donde se puedan esperar mayores deformaciones. Al ser delgados se podrían ubicar dentro de las losas; esto permitiría la no interrupción de las áreas dentro de la estructura, con el fin de comparar la reducción de la respuesta dinámica con el AMS tipo convencional.
4. Se recomienda evaluar el costo de una edificación implementado el AMS tipo pendular y comparar su costo con el AMS tipo convencional para determinar su rentabilidad.
5. Para futuras investigaciones se recomienda analizar la masa participativa y el periodo de una estructura irregular en los primeros 10 modos de vibración, implementando la acción del sismo de los años 1966 y 1970.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abatta,L. (2020). Diseño y construcción de un sistema de control pasivo para el aislamiento sísmico de tipo elemento flexible. (Tesis Pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui, Ecuador.
- ACI, C. (2005). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05). Estados Unidos. Recuperado de: [https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wpcontent/uploads/sites/14/2016/02/ACI\\_318\\_2005.pdf](https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wpcontent/uploads/sites/14/2016/02/ACI_318_2005.pdf)
- Álvarez-Risco, A. (2020). Clasificación de las Investigaciones.
- Ayhuasi, N y Añamuro, J. (2020). Comparación de la respuesta estructural en un edificio de 20 niveles con amortiguadores de masa sintonizada de tipo convencional y pendular mediante modelos físicos a escala reducida. (Tesis Pregrado). Universidad peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Barbat,H., Oller. S. , y Vielma,J. (2005). Cálculo y diseño sismo resistente de edificios. Aplicación de la norma NCSE-02. Criterios Heurísticos de Diseño (Ed.).Barcelona: Barbat. (monografía)
- Barjas X. y Sotomayor A, (2021). Influencia de la distribución de amortiguadores de masa sintonizada ubicados en el último piso de una edificación de concreto armado de 5 niveles para la reducción de los efectos torsionales ante respuestas sísmicas mediante un análisis estructural en Lima, Perú. (Tesis Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Blanco,A. (1997). Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.Lima,Perú: Colegio de Ingenieros del Perú
- Calderón, E. (2017). Reducción de la respuesta dinámica en estructuras sismo resistentes con amortiguadores de masa sintonizada. (Tesis Pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- Cassano, A. M. (2009). Análisis de estructuras bajo acciones dinámicas. Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de:

[https://www.academia.edu/9478743/Departamento\\_de\\_Ingeniería\\_Civil\\_ANALISIS\\_DE\\_ESTRUCTURAS\\_BAJO\\_ACCIONES\\_DINÁMICAS](https://www.academia.edu/9478743/Departamento_de_Ingeniería_Civil_ANALISIS_DE_ESTRUCTURAS_BAJO_ACCIONES_DINÁMICAS).

- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia, 2, 1-11.
- Cruz, A., y Herhuay, M. (2021). Análisis de la respuesta esperada de edificaciones existentes de concreto armado de 7, 10 y 20 pisos con Amortiguadores de Masa Sintonizada, en la ciudad de Lima. (Tesis Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Diseño de Sistemas de Protección Antisísmica. (2021) Futuro de la protección sísmica en el Perú. Recuperado de: <http://www.disipaing.com/blog/futuro-de-la-proteccion-sismica-en-el-peru/>
- Esteban Nieto, N. (2018). Tipos de investigación.
- Gómez, D., Marulanda, J., y Thomson, P. (2008). Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas dinámicas. *Dyna*, 75(155), 77-89. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v75n155/a08v75n155.pdf>
- Gómez, D., Marulanda, J., y Thomson, P. (2008). Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas dinámicas. *Dyna*, 75(155), 77-89.
- Guerra Valladares, M. D. (2016). Estudio de edificios de altura ubicados en la ciudad de Quito con amortiguadores de masa sintonizada (Bachelor's thesis, PUCE).
- Gutiérrez A. (2019). Dinámica Estructural manual interactivo con Matlab. (Tesis Pregrado). Universidad Corporativa de Colombia, Santa Marta, Colombia.
- Huaroc C. (2021). Control de desplazamientos laterales mediante el uso de amortiguadores de masa sintonizada – caso edificio Surquillo en Lima en el 2018. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Inga Gutiérrez, W. J. (2015). Mejora de la respuesta dinámica de edificaciones usando amortiguadores de masa sintonizada. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

- Lagos, E. (2020). Efecto del sismo vertical en la eficiencia de disipador de masa sintonizada. (Tesis Pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Lara Valencia, L, Vital de Brito, J y Avila, S. (2010). Control de vibraciones en una viga gerber utilizando amortiguadores de masa sintonizados. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Lilia, C. F. A. (2015). Población y muestra.
- López, C. (2011, noviembre). Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía. Protección Sísmica de Estructuras. Recuperado de: [https://issuu.com/publicacionescdt/docs/proteccion\\_sismica\\_de\\_estructuras](https://issuu.com/publicacionescdt/docs/proteccion_sismica_de_estructuras)
- López, C. y Moreno, J. (2006). Factibilidad del Uso de Amortiguadores de Masa Sintonizados (AMS) en el diseño de edificaciones en Colombia. (Tesis Pregrado). Universidad de Magdalena, Santa Marta, Colombia.
- Lozada H. y Rivera F, (2021). Reducción de desplazamientos laterales en edificios con sistema estructural de pórticos de 7 a 10 pisos utilizando amortiguadores de masa sintonizada. (Tesis Pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Martínez, G., Blandón, J., y Lara, L. (2022). Amortiguadores de masa sintonizada: una revisión general. Revista Politécnica, 18(35), 140-168.
- Monsalvo, I. (2019). Efectos de los amortiguadores de masa sintonizada en la respuesta sísmica de estructuras de la Ciudad de México. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Morales, P. (2012). Tipos de variables y sus implicaciones en el diseño de una investigación. Madrid: Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Variables.pdf> (21/05/05).
- Organización de las Naciones Unidas. (2020) América Latina y el Caribe: la segunda región más propensa a los desastres. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2020/01/1467501>
- Reguant Álvarez, M., & Martínez Olmo, F. (2014). Operacionalización conceptos/variables.

- Rojas, A. y Quispe, J. (2020). Mejoramiento de la respuesta dinámica en un edificio de 26 niveles incorporando amortiguadores de masa sintonizada en Jesús María. (Tesis Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Rotondo, L. M. B., & Barbat, A. H. (1999). Diseño sismorresistente de edificios. Reverté.
- Sanz Esteban, L. (2017). Sistemas constructivos para sismos. Sanz Esteban, L. (2017). Sistemas constructivos para sismos.
- Tavera, H. (2019, mayo). Perú un país altamente sísmico. GeoNoticias. Recuperado de: <https://www.sgp.org.pe/misgeonoticias/geonoticias-mayo-2019/>
- Tena, A. (2017). Diseño sísmico simplificado de estructuras con muros de mampostería aisladas sísmicamente. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 22(1).
- Vega, E. (5 de mayo del 2021). Crecimiento inmobiliario vertical de Lima muestra comportamiento diferenciados. El Comercio. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/>
- Vega, E. (9 de abril del 2021). Lince recobra su atractivo desarrollo inmobiliario con más proyectos a la venta. Perú21. Recuperado de: <https://peru21.pe/>
- Verdugo, J. (2020). Control de la Respuesta Dinámica de Estructuras mediante el uso de Disipadores de Energía de Fluido Viscoso del Tipo Lineal. (Tesis Pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Consistencia

<b>MEJORAMIENTO DE LA RESPUESTA DINAMICA DE UNA EDIFICACION DE 16 NIVELES INCORPORANDO LOS AMORTIGUADORES DE MASA SINTONIZADA EN EL DISTRITO DE LINCE</b>								
Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variables	Dimensiones	Indicador	Indice	Instrumento	Metodo
¿Cómo efectuar el mejoramiento de la respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles con azotea incorporando amortiguadores de masa sintonizada en el distrito de Lince?	Mejorar la respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles, incorporando amortiguadores de masa sintonizada en el distrito de Lince.	La respuesta dinámica de una edificación de 16 niveles en el distrito de Lince será mejorada en un 10% con la incorporación de amortiguadores de masa sintonizada.	Amortiguadores de Masa Sintonizada	Parametros de diseño	Masa, dimensiones, rigidez, amortiguamiento	Ton, metros (m), adimensional	Método de Sadek et. al. (1996), Microsoft Excel	Cuantitativo , transversal
Problemas específicos	Objetivo específico	Hipotesis específicas						
¿Cómo determinar las dimensiones óptimas de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles?	Determinar las dimensiones óptimas de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles.	.Las dimensiones óptimas de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles en el distrito de Lince se determinaran con el 1% del Peso sísmico de la estructura	<b>Respuesta Dinamica</b>	Análisis dinámico	Cortante basal, desplazamiento lateral, derivas, velocidades y aceleraciones	KN, metros (m), adimensional, m/s y m/s2	Norma E030 Sismorresistente, Etabs	Cuantitativo, transversal
¿Cómo determinar la influencia de los amortiguadores de masa sintonizada en la respuesta dinámica para una edificación de 16 niveles?	Determinar la influencia de los amortiguadores de masa sintonizada en la respuesta dinámica para una edificación de 16 niveles.	La influencia de los amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles mejora en los periodos, la frecuencia y la fuerza cortante en un 10%						
¿Como es la comparación de la respuesta dinámica con y sin el uso de amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles?	Comparar la respuesta dinámica con y sin el uso de amortiguadores de masa sintonizada para una edificación de 16 niveles.	La comparación de la respuesta dinámica con y sin el uso de los amortiguadores para una edificación de 16 niveles nos dará la reducción del 10% de los desplazamientos laterales						

Fuente: Elaboración propia

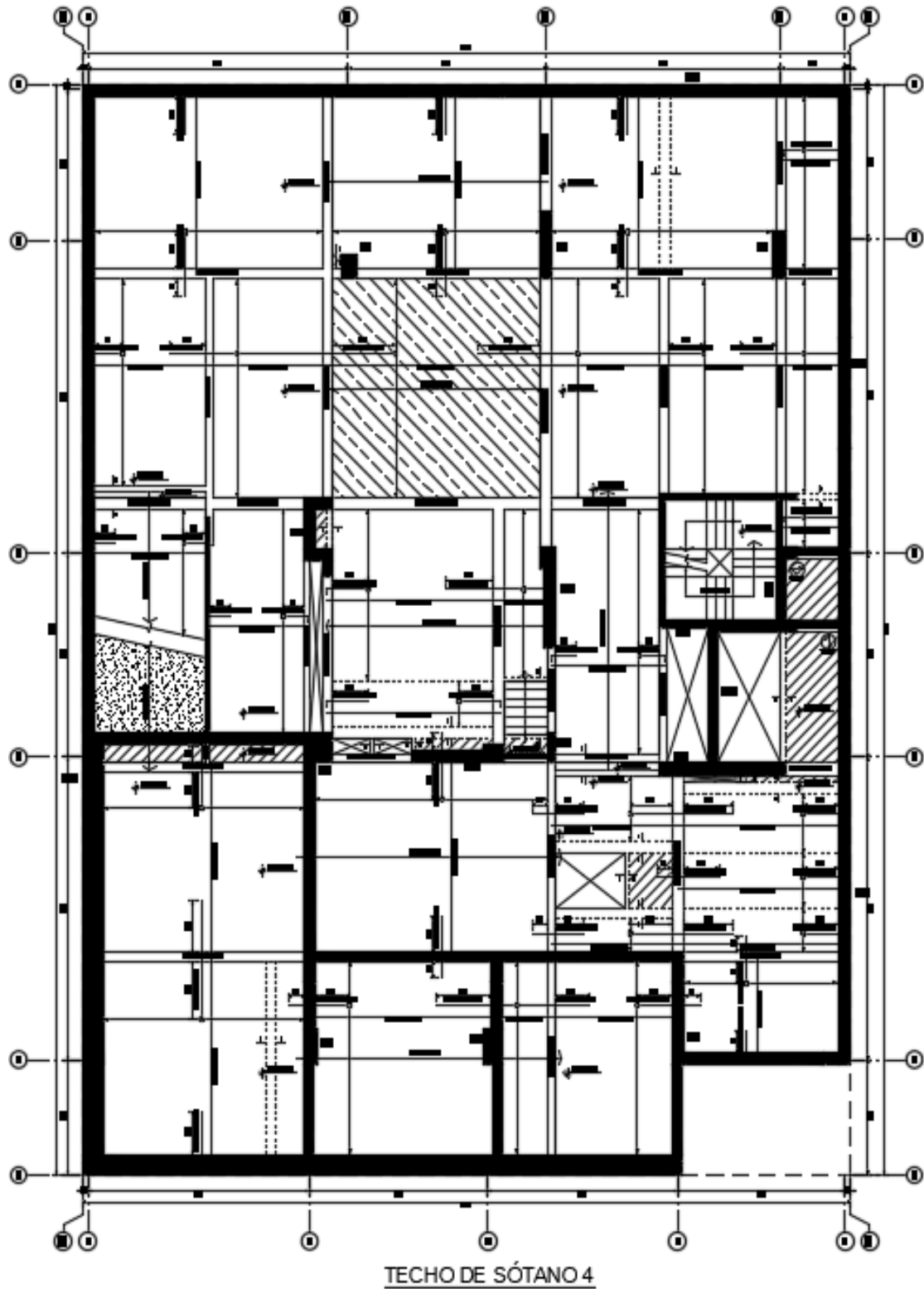


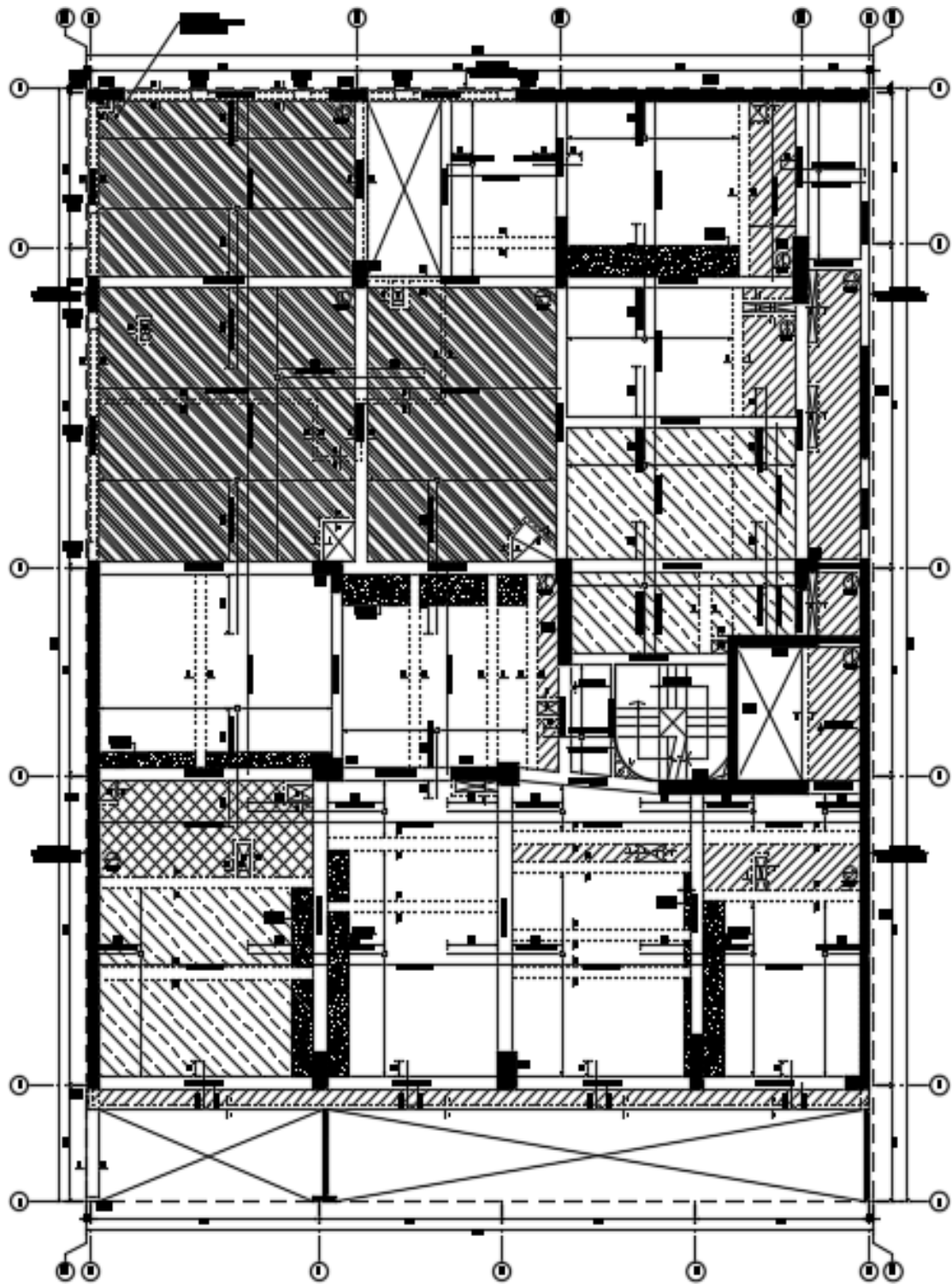
## Anexo 2: Matriz de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones (subvariables)	Indicador	Instrumento
VI: Amortiguadores de Masa Sintonizada	Según Inga W. (2015), Son dispositivos que absorben la energía de las acciones de las oscilaciones y reducen las amplitudes de la vibración	Parámetros de diseño	Masa, dimensiones, rigidez, amortiguamiento	Método de Sadek et. al. (1996), Microsoft Excel
VD: Respuesta Dinámica	Según Rotondo L. (1999), Es un resultado del análisis de la estructura en evaluación; es decir, de los desplazamientos y deformaciones que aparecen en la edificación ante un sismo	Análisis dinámico	Cortante basal, desplazamiento lateral, derivas, velocidades y aceleraciones	Norma E030 Sismorresistente, Etabs

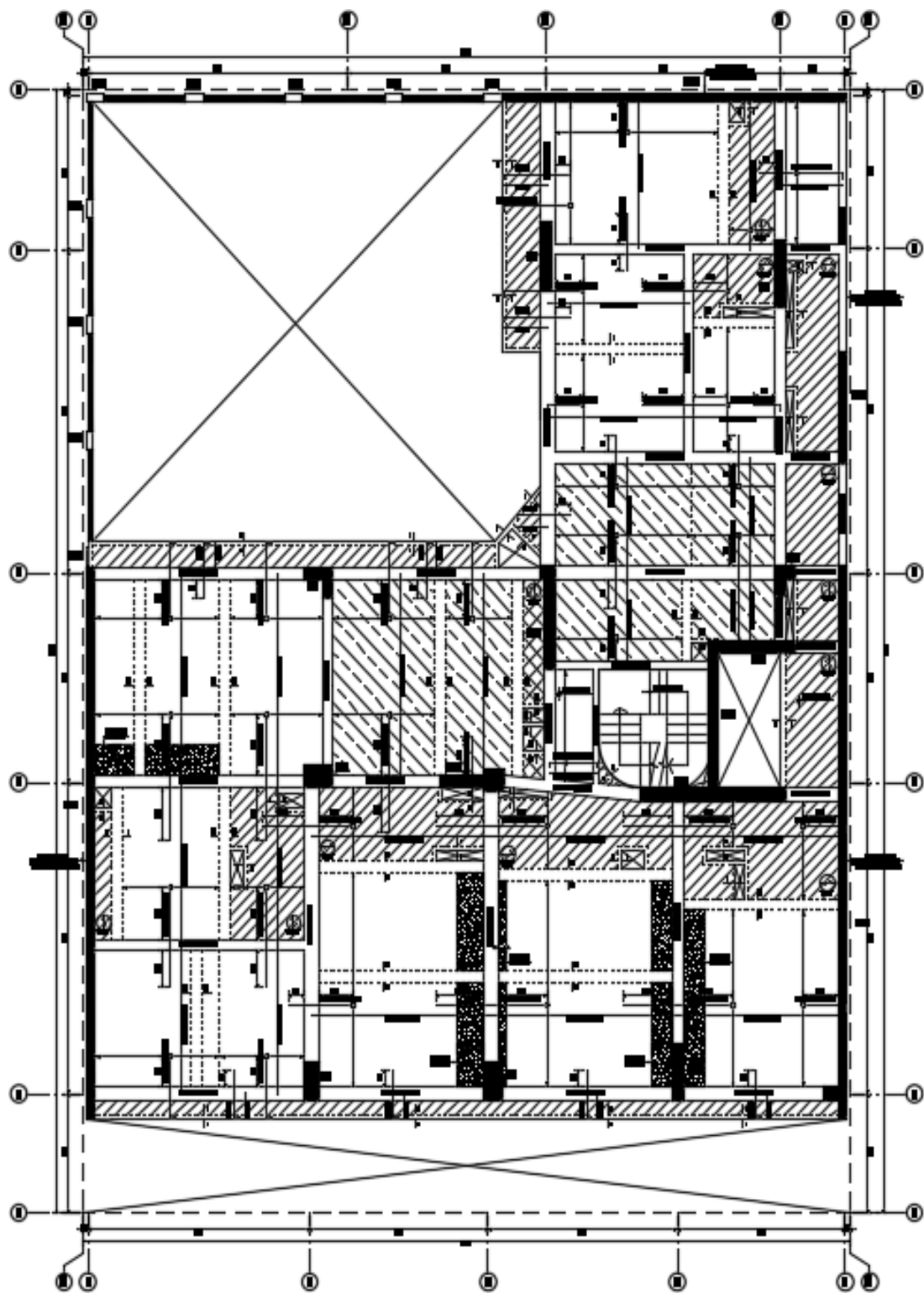
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Planos Estructurales





TECHO DE 1ER. PISO



TECHO DE 2DO. PISO

## Anexo 4: Permiso de Empresa

 UNIVERSIDAD  
RICARDO PALMA

RENZO EDUARDO AYLA ROJAS <renzo.ayala@urp.edu.pe>

---

**Re: SOLICITUD DE EXPEDIENTE DE LA RESIDENCIAL CASANOVA PARA ELABORACION DE TESIS**

1 mensaje

---

**Angelo Reyes** <areyes@taleconstrutora.com> 21 de octubre de 2022, 12:35  
Para: "renzo.ayala@urp.edu.pe" <renzo.ayala@urp.edu.pe>  
Cc: Miguel Rojas <mrojas@taleconstrutora.com>, ryalarojas98@gmail.com

Estimado:

Por indicación del Ing. Miguel Rojas (Gerente General - Tale Constructora) le hago llegar los planos de la especialidad de estructuras del proyecto RESIDENCIAL CASANOVA para los fines pertinentes.

Saludos.

El mié, 15 jun 2022 a las 14:17, Luis Ruiz <lruiz@taleconstrutora.com> escribió:

Estimados Walter, Angelo:  
Renzo Ayala es hijo de Eduardo Ayala, contratista Sanitario Aries.  
Renzo solicita apoyo con información del proyecto casanova, planos y memorias de cálculo, para modular el uso de amortiguadores de masa sintonizada, con fines estrictamente académicos.  
Por favor, coordinar con el Ing. Miguel, y de ser factible brindar la información al solicitante.  
Gracias;  
Luis Ruiz

----- Forwarded message -----  
De: **Renzo Eduardo Ayala Rojas** <ryalarojas98@gmail.com>  
Date: mié., 15 de junio de 2022 1:25 p. m.  
Subject: SOLICITUD DE EXPEDIENTE DE LA RESIDENCIAL CASANOVA PARA ELABORACION DE TESIS  
To: <lruiz@taleconstrutora.com>

Estimado Ingeniero Ruiz buenas tardes.

Le saluda Renzo Ayala, como le habla comentado, estoy iniciando con la elaboración de tesis para poder titularme como ingeniero civil. En el cual el tema de mi investigación es **realizar un mejoramiento de una respuesta dinámica haciendo uso de los amortiguadores de masa sintonizada**. De tal manera que esta investigación ayuda a disminuir los desplazamientos y derivas en edificaciones de grandes alturas. Por lo tanto estoy requiriendo de su apoyo para poder acceder al expediente de la obra Residencial Casanova ya que es un proyecto con una altura considerable para poder aplicar la tesis a este proyecto. Los datos sacados por los planos estructurales son para fines académicos.

Estaré a la espera de sus comentarios.

Saludos cordiales

==  
Renzo Ayala  
Bachiller en Ingeniería Civil  
Cel: 977359697

---

 **Planos estructuras-Casanova.rar**  
4940K

