

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 11 NIVELES  
EMPLEANDO DISIPADORES DE ENERGÍA SHEAR LINK  
BOZZO EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. DUEÑAS AÑAZCO, CARLA JENNIFER**

**Bach. MACEN CASTRO, DANY SAMIR**

**ASESOR: Mg. Ing. GÁRATE CÁCERES, FRANCISCO HÉCTOR**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi madre Aracely por brindarme su fortaleza, ser mi guía y sostén, a mi padre Carlos por el apoyo y esfuerzo. Son ustedes, mi familia el motor y motivo para no descansar y salir adelante, gracias por confiar en mí, el amor que siento por ustedes es inmenso y verlos sonreír es mi mayor alegría.

Carla Jennifer Dueñas Añazco

Agradezco a Dios por guiarme en el camino correcto. A mis padres por apoyarme de manera incondicional, inculcándome valores, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y perseverancia todo se puede conseguir en la vida.

Dany Samir Macen Castro

## AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a Dios por darnos la valentía de no flaquear en nuestros objetivos, a nuestra casa de estudio, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a nuestro asesor de tesis el Ing. Francisco Gárate, por sus recomendaciones y apoyo durante la investigación, a nuestra metodóloga la Dr. Dayma Carmenates, por la orientación para el correcto desarrollo de la tesis.

Carla Dueñas y Dany Macen

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivo general y específico.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Delimitación de la investigación.....	3
1.3.1. Delimitación temporal.....	3
1.3.2. Delimitación espacial.....	3
1.3.3. Delimitación temática.....	4
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.4.1. Justificación teórica.....	4
1.4.2. Justificación práctica.....	5
1.4.3. Justificación social.....	5
1.4.4. Importancia.....	5
1.5. Limitaciones de estudio.....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Investigaciones nacionales.....	7
2.1.2. Investigaciones internacionales.....	9
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable.....	13
2.2.1. Diseño sismorresistente E.030.....	13
2.2.2. Procesos para el análisis sísmico.....	13
2.2.3. Vulnerabilidad sísmica y sistemas de protección.....	16
2.2.4. Disipadores de energía.....	18
2.2.5. Disipadores Histerético Shear Link Bozzo.....	19
2.2.6. Geometría y anclaje del disipador SLB.....	22
2.2.7. Conexión a muro según Manual SLB (2018).....	23

2.3. Definición de términos básicos.....	24
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS.....</b>	<b>26</b>
3.1. Hipótesis.....	26
3.1.1. Hipótesis principal.....	26
3.1.2. Hipótesis secundarias.....	26
3.2. Variables.....	26
3.2.1. Definición conceptual de variables.....	26
3.2.2. Operacionalización de las variables.....	27
<b>CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. Tipo y nivel de la investigación.....	28
4.1.1. Tipo.....	28
4.1.2. Nivel.....	28
4.2. Diseño de la investigación.....	28
4.3. Población y muestra.....	29
4.3.1. Población.....	29
4.3.2. Muestra.....	29
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
4.4.1. Técnicas.....	30
4.4.2. Instrumentos.....	30
4.4.3. Criterios de validez y confiabilidad.....	30
4.4.4. Procedimientos para la recolección de datos.....	31
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	33
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>34</b>
5.1. Diagnóstico y situación actual.....	34
5.1.1. Generalidades.....	34
5.1.2. Propiedad de los materiales.....	34
5.2. Modelación estructural.....	35
5.3. Metrado de cargas.....	36
5.3.1. Áreas y pesos.....	36
5.3.2. Carga muerta.....	37
5.3.3. Carga viva.....	38
5.4. Validación de la estructura.....	38

5.4.1. Factor de zona (Z).....	38
5.4.2. Parámetros de sitio (S, $T_p$ , $T_l$ ).....	38
5.4.3. Factor de amplificación sísmica (C).....	39
5.4.4. Categoría de la edificación y factor de uso (U).....	39
5.4.5. Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R).....	41
5.5. Análisis líneas estático.....	41
5.5.1. Estimación del peso.....	41
5.5.2. Fuerza cortante de entrepiso.....	43
5.5.3. Fuerza cortante basal.....	43
5.6. Análisis Lineal dinámico.....	46
5.6.1. Análisis modal espectral.....	46
5.6.2. Espectro de aceleraciones.....	46
5.6.3. Fuerza cortante dinámicas en la base.....	49
5.6.4. Derivas de Entrepiso.....	50
5.7. Análisis dinámico no lineal tiempo historia (THNL).....	53
5.7.1. Espectro base Pseudo aceleraciones.....	53
5.7.2. Selección de registros.....	53
5.7.3. Tratamiento de registros sísmicos.....	54
5.7.4. Verificación de espectros.....	61
5.7.5. Diseño de disipadores SLB.....	63
5.8. Análisis con disipadores SLB.....	70
5.8.1. Curvas histeréticas.....	70
5.8.2. Energía disipada.....	74
5.8.3. Derivas de la Estructura con disipadores SLB.....	78
5.8.4. Estructura modificada sin disipadores de energía (EMSD).....	78
5.8.5. Estructura Modificada con disipadores de energía (EMCD).....	83
5.8.6. Curvas histeréticas EMCD.....	87
5.8.7. Disipación de energía.....	95
5.8.8. Derivas EMCD.....	102

## **CAPITULO VI: PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE**

<b>RESULTADOS.....</b>	<b>103</b>
6.1. Verificación del Modelo Estructural Original.....	103
6.2. Verificación del modelo estructural modificado.....	106

6.3. Inclusión de disipadores.....	107
6.4. Comparación EMSD vs. EMCD.....	108
6.4.1. Sismo dinámico.....	108
6.4.2. Tiempo historia no lineal.....	109
6.4.3. Comparación derivas.....	109
6.4.4. Comparación energía disipada.....	110
6.5. Contrastación de hipótesis.....	111
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>113</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	118
Anexo 2: Matriz operacional de variables .....	119
Anexo 3: Cronograma de actividades .....	120
Anexo 4: Modos de vibración Modal - Eigen de la estructura sin disipadores .....	121
Anexo 5: Modos de vibración Modal-Ritz de la estructura sin disipadores .....	122
Anexo 6: Verificación demanda - capacidad del disipador .....	123
Anexo 7: Derivas máximas de la estructura con disipadores SLB eje X .....	124
Anexo 8: Derivas máximas de la estructura sin disipadores SLB eje Y.....	125
Anexo 9: Verificación demanda - capacidad del disipador .....	126
Anexo 10: Derivas máximas de la EMCD en eje X .....	129
Anexo 11: Derivas máximas de la EMCD en el eje Y .....	130
Anexo 12: Cuadro para selección de disipadores SLB.....	131
Anexo 13: Plano arquitectura Piso 1.....	132
Anexo 14: Plano arquitectura Piso 2 y 3.....	133
Anexo 15: Plano arquitectura Piso 4 y 5.....	134
Anexo 16: Plano arquitectura Piso 6 y 7.....	135
Anexo 17 Plano arquitectura Piso 8 y 9.....	136
Anexo 18: Plano arquitectura Piso 10 y 11.....	137
Anexo 19: Plano arquitectura Azotea y techos .....	138
Anexo 20: Plano encofrado Piso 1.....	139
Anexo 21: Plano encofrado Piso 2 y Piso 3.....	140
Anexo 22: Plano variante de encofrado del Piso 4 al 9 .....	141

Anexo 23: Plano variante de encofrado del Piso 10 y Piso 11 .....	142
Anexo 24: Plano de detalle de vigas .....	143
Anexo 25: Plano de detalle de vigas .....	144
Anexo 26: Plano de Cimentación .....	145
Anexo 27 Plano de detalle columnas y placas .....	146
Anexo 28: Plano de detalle placas .....	147
Anexo 29: Permiso de empresa .....	148

## Índice de Tablas

Tabla 1: Propiedades del concreto .....	34
Tabla 2: Propiedades del acero .....	34
Tabla 3: Carga muerta piso 1 al 10 por losa aligerada.....	37
Tabla 4: Carga muerta piso 1 al 10 por losa maciza.....	37
Tabla 5: Carga muerta azotea por losa aligerada.....	37
Tabla 6: Carga muerta azotea por losa maciza .....	37
Tabla 7: Carga viva.....	38
Tabla 8: Factor de zona Z .....	38
Tabla 9: Factor de Suelo S.....	39
Tabla 10: Factor de Suelo S.....	39
Tabla 11: Categoría de edificaciones y factor (U).....	40
Tabla 12: Sistemas Estructurales .....	41
Tabla 13: Peso sísmico por piso .....	42
Tabla 14: Fuerzas estáticas equivalentes eje X.....	43
Tabla 15: Fuerzas estáticas equivalentes eje Y.....	43
Tabla 16: Fuerzas cortantes en la base, dirección X e Y .....	50
Tabla 17: Sismo dinámico en X.....	51
Tabla 18: Sismo dinámico en Y.....	52
Tabla 19: Selección de registros sísmicos .....	54
Tabla 20: Periodo en la estructura con disipadores SLB .....	70
Tabla 21: Fuerzas cortantes absorbidas por las placas .....	80
Tabla 22: Masa participativa modal de la estructura modificada .....	80
Tabla 23: Derivas de entrepiso EMSD en el eje X.....	81
Tabla 24: Derivas de entrepiso en el eje Y .....	82
Tabla 25: Masa participativa modal de la EMCD .....	87
Tabla 26: Verificación de Irregularidad Torsional en planta eje X .....	103
Tabla 27: Verificación de Irregularidad Torsional en planta en eje Y .....	104
Tabla 28. Porcentaje de reducción en derivas con y sin disipadores .....	105
Tabla 29: Energía disipada en estructura de muros estructurales dirección X.....	106
Tabla 30: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje X.....	106
Tabla 31: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje Y.....	107
Tabla 32: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje X.....	107

Tabla 33: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje Y .....	108
Tabla 34: Reducción de derivas EMSD vs EMCD dirección X.....	110
Tabla 35: Reducción de derivas de EMSD vs EMCD dirección Y .....	110
Tabla 36: Energía disipada en el edificio de muros estructurales dirección X.....	111
Tabla 37: Energía disipada en estructura de muros estructurales dirección Y .....	111

## Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación del Edificio Hotel MG .....	4
Figura 2: Modos de vibración en la estructura .....	15
Figura 3: Clasificación de disipadores de energía por sistema de control estructural ....	17
Figura 4: Tipos de disipadores de energía .....	18
Figura 5: Disipador SLB en modo doble disipación de energía .....	20
Figura 6: Generaciones de disipadores SLB .....	20
Figura 7: Muro desacoplado con disipador de energía incorporado .....	21
Figura 8: Disipador tipo Chevron .....	21
Figura 9: Geometría del disipador SLB .....	22
Figura 10: Ubicación y anclaje del disipador SLB en muros desacoplados .....	22
Figura 11: Disipador SLB sobre diagonales de acero Tipo Chevron .....	23
Figura 12: Mapa de zonificación .....	29
Figura 13: Procedimientos .....	32
Figura 14: Edificio MG planta típica estructura modelada en Etabs .....	35
Figura 15: Estructura en 3D .....	36
Figura 16: Incorporación del Peso sísmico de la estructura en Etabs .....	42
Figura 17: Incorporación de factores de carga de sismo en la dirección X .....	44
Figura 18: Incorporación de factores de carga de sismo en la dirección Y .....	46
Figura 19: Espectro de aceleración en la dirección X .....	47
Figura 20: Espectro de aceleración en la dirección Y .....	47
Figura 21: Incorporación de caso de carga sismo dinámico lineal en la dirección X .....	48
Figura 22: Incorporación de caso de carga sismo dinámico lineal en la dirección Y .....	49
Figura 23. Derivas de entrepiso en la dirección X .....	51
Figura 24: Derivas de entrepiso en la dirección Y .....	52
Figura 25: Espectro de diseño base de pseudo aceleraciones $R=1$ .....	53
Figura 26: Sismo 1951 EW, aceleración máx. 0.862g .....	55
Figura 27: Sismo 1951 NS, aceleración máx. 1.341g .....	55
Figura 28: Sismo 1966 EW, aceleración máx. 0.516g .....	56
Figura 29: Sismo 1966 NS aceleración máx. 0.616g .....	56
Figura 30: Sismo Ancash 1970 EW, aceleración máxima 0.657g .....	57
Figura 31: Sismo Ancash 1970 NS, aceleración máx. 0.492g .....	57
Figura 32: Sismo Ancash Ene-1974 EW, aceleración máx. 0.596g .....	58

Figura 33: Sismo Ancash Ene-1974 NS, aceleración máx. 0.793g .....	58
Figura 34: Sismo Ancash Oct-1974 EW, aceleración máx. 0.508g .....	59
Figura 35: Sismo Ancash Oct-1974 NS, aceleración máx. 0.475g.....	59
Figura 36: Sismo Ancash Nov-1974 EW aceleración máx. 0.471g .....	60
Figura 37: Sismo Ancash Nov-1974 NS, aceleración máx. 0.480g .....	60
Figura 38: Sismo Ancash 2021 EW aceleración máx. 0.866g.....	61
Figura 39: Sismo Ancash 2021 NS, aceleración máx. 0.747g.....	61
Figura 40: Espectro de pseudo- aceleraciones escalados dirección EW .....	62
Figura 41: Espectro de pseudo - aceleraciones escalados dirección NS.....	62
Figura 42: Espectro de pseudo- aceleraciones promedio dirección EW-NS .....	63
Figura 43: Prediseño de disipadores .....	63
Figura 44: Introducción de los parámetros no lineales de los disipadores SLB .....	64
Figura 45: Ubicación en planta de los disipadores SLB .....	65
Figura 46: Instalación de los dispositivos SLB eje D .....	66
Figura 47: Instalación de los dispositivos SLB eje E .....	67
Figura 48: Fuerza cortante máxima (KN) que reciben los disipadores en eje E .....	68
Figura 49: Fuerza cortante máxima (KN) que reciben los disipadores eje D.....	69
Figura 50: Fuerza cortante 314.03 KN, desplazamiento 1.71cm, Sismo 1951 EW .....	71
Figura 51: Fuerza cortante 296 KN, desplazamiento 1.40cm, Sismo 1966 EW .....	71
Figura 52: Fuerza cortante 297.68 KN, desplazamiento 1.41cm, Sismo 1970 EW .....	72
Figura 53: Fuerza cortante 297.77 KN, desplazamiento 1.42cm, Sismo 1974 Ene EW 72	
Figura 54: Fuerza cortante 315.65 KN, desplazamiento 1.72cm, Sismo 1974 Oct EW. 73	
Figura 55: Fuerza cortante 299.12 KN, desplazamiento 1.44cm, Sismo 1974 Nov EW 73	
Figura 56: Fuerza cortante 298.1 KN, desplazamiento de 1.5 cm, Sismo 2021 EW.....	74
Figura 57: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1951 EW .....	74
Figura 58: Disipación de energía por analisis THNL, sismo 1966 EW .....	75
Figura 59: Disipación de energía por analisis THNL, sismo 1970 EW .....	75
Figura 60: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Ene. EW .....	76
Figura 61: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Oct. EW.....	76
Figura 62: Disipación de energía por análisis THNL sismo 1974 Nov. EW.....	77
Figura 63: Disipación de energía por análisis THNL sismo 2021 EW .....	77
Figura 64: Estructura modificada sin disipadores de energía .....	79
Figura 65: Derivas de entrepiso de la EMSD en eje X.....	81
Figura 66: Derivas de entrepiso de la EMSD en eje Y .....	82

Figura 67: Estructura modificada con disipadores SLB vista en planta.....	83
Figura 68: Disipadores SLB en la dirección X, eje E.....	84
Figura 69: Disipadores SLB en la dirección Y, eje 1 .....	85
Figura 70: Disipadores SLB en la dirección Y, eje 9 .....	86
Figura 71: Fuerza cortante 455.3 KN, desplazamiento 2.2cm, Sismo 1951 EW .....	88
Figura 72: Fuerza cortante 417.2 KN, desplazamiento 1.76cm, Sismo 1966 EW .....	88
Figura 73: Fuerza cortante 466.48 KN, desplazamiento 2.36cm, Sismo 1970 EW .....	89
Figura 74: Fuerza cortante 405.97 KN, desplazamiento 1.62cm, Sismo 1974 Ene. EW	89
Figura 75: Fuerza cortante 439.1 KN y desplazamiento 1.76cm, Sismo 1974 Oct. EW	90
Figura 76: Fuerza cortante 475.2 KN, desplazamiento 2.47cm, Sismo 1974 Nov EW.	90
Figura 77: Fuerza cortante 452.3 KN, desplazamiento 2.19 cm, Sismo 2021 EW .....	91
Figura 78: Fuerza cortante 304.1 KN, desplazamiento 0.99cm, Sismo 1951 NS .....	91
Figura 79: Fuerza cortante 304.2 KN, desplazamiento 0.99cm, Sismo 1966 NS .....	92
Figura 80: Fuerza cortante 297.52 KN, desplazamiento 0.9cm, Sismo 1970 NS .....	92
Figura 81: Fuerza cortante 293.68 KN, desplazamiento 0.85cm, Sismo 1974 Ene. NS	93
Figura 82: Fuerza cortante 280.6 KN, desplazamiento 0.66cm, Sismo 1974 Oct. NS...	93
Figura 83: Fuerza cortante 307.1 KN, desplazamiento 1.03cm, Sismo 1974 Nov. NS..	94
Figura 84: Fuerza cortante 305.4 KN, desplazamiento 1.01 cm, Sismo 2021 NS .....	94
Figura 85. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1951 EW.....	95
Figura 86. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1966 EW.....	95
Figura 87. Disipación de energía por THNL, sismo 1970 EW.....	96
Figura 88. Disipación de energía por THNL, sismo 1974 Ene. EW .....	96
Figura 89. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Oct. EW .....	97
Figura 90. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Nov. EW.....	97
Figura 91. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 2021 EW.....	98
Figura 92. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1951 NS.....	98
Figura 93. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1966 NS.....	99
Figura 94. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1970 NS.....	99
Figura 95. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Ene. NS .....	100
Figura 96. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Oct. NS .....	100
Figura 97. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Nov. NS.....	101
Figura 98. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 2021 NS.....	101
Figura 99: Derivas de entrepiso en EMCD por análisis THNL, eje X.....	102
Figura 100: Derivas de entrepiso en EMCD por análisis THNL eje Y .....	102

Figura 101: Derivas de entrepiso eje X e Y de estructura sin disipadores .....	104
Figura 102: Derivas máximas eje EW .....	105
Figura 103: Derivas de entrepiso eje X e Y de EMSD.....	108
Figura 104: Verificación de derivas incorporando disipadores SLB.....	109

## RESUMEN

La presente tesis titulada: “Análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco” tuvo por objetivo analizar el comportamiento sísmico de una edificación donde se implementó disipadores histeréticos. Se determinó derivas, desplazamiento a causa del sismo lineal dinámico y análisis tiempo historia no lineal, como complemento se realizó una variante de la estructura con fines analíticos.

La metodología usada fue de tipo aplicada, ya que buscó mejorar el comportamiento de la estructura con la implementación de los disipadores, con enfoque cuantitativo de nivel descriptivo no experimental con diseño transversal, se consideró un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia.

Se evaluó a la edificación con el software Etabs 2019 como principal herramienta de modelación, además se usó Seismo signal, Seismo Match, Autocad y Excel. Se modeló la estructura bajo las normas vigentes E.030 - 2018 Norma Diseño Sismorresistente y E.020 – 2004 Norma de Cargas.

Finalmente, los principales resultados encontrados fueron que el edificio de muros estructurales estudiado cumplió con las derivas de entrepiso en las direcciones X e Y siendo estas por debajo de la deriva permisible para concreto armado 0.007. Se incorporó disipadores SLB sobre muros desacoplados en la dirección X donde disipando la energía sísmica en 35.4% y disminuye el periodo en 23%. La variación de la estructura de muros estructurales a pórticos generó irregularidad torsional y derivas máximas sobre la permisible en el eje X e Y, la cual fue corregida implementando disipadores SLB sobre muros desacoplados aportando rigidez a la estructura y disipando la energía sísmica en 42% en el eje Y, 52% en el eje X.

Los resultados comprobaron que, con la implementación de los disipadores Shear Link Bozzo, se obtiene una mejor respuesta sísmica de la edificación.

**Palabras clave:** Disipadores, derivas, análisis sísmico, muros desacoplados.

## ABSTRACT

The present thesis entitled: "Seismic analysis of an 11-story building using Shear Link Bozzo energy dissipaters in the district of Santiago de Surco" had the objective of analyzing the seismic behavior of a building where hysteretic dissipaters were implemented. Drifts, dynamic linear seismic displacement and nonlinear time-history analysis were determined, as a complement, a variant of the structure was made for analytical purposes.

The methodology used was of the applied type, since it sought to improve the behavior of the structure with the implementation of the dissipaters, with a quantitative approach at a non-experimental descriptive level with a transversal design, a non-probabilistic sampling by convenience was considered.

The building was evaluated using Etabs 2019 software as the main modeling tool, and Seismo signal, Seismo Match, Autocad and Excel were also used. The structure was modeled under the current standards E.030 - 2018 Seismic Resistant Standard and E.020 - 2004 Load Standard.

Finally, the main results found were that the structural wall building studied complied with the drifts in the X and Y directions being below the allowable drift for reinforced concrete 0.007. SLB dissipaters were incorporated on decoupled walls in the X direction where they dissipated seismic energy by 35.4% and decreased the period by 23%. The variation of the structure from structural walls to portal frames generated torsional irregularity and maximum drifts above the permissible in the X and Y axis, which was corrected by implementing SLB dissipaters on uncoupled walls, providing stiffness to the structure and dissipating seismic energy by 42% in the Y axis, 52% in the X axis.

The results proved that, with the implementation of the Shear Link Bozzo dissipaters, a better seismic response of the building is obtained.

**Keywords:** Heatsinks, drifts, seismic analysis, decoupled walls.

## INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Lima, ante el crecimiento demográfico y la poca expansión territorial el sector inmobiliario apuesta por construcciones de tipo vertical cada vez de mayor altitud, sin embargo, no podemos ignorar su ubicación geográfica donde convergen dos placas tectónicas que generan actividad sísmica constante, ante esta amenaza perenne se genera una necesidad de trabajar con los diversos mecanismos de protección sísmica.

En el Capítulo I, se analiza la problemática, se planteará el problema general y específicos, los objetivos y la importancia de nuestra investigación.

En el Capítulo II se colocan los antecedentes, términos básicos para el entendimiento de la presente tesis, así como las diferentes investigaciones relacionadas al tema de estudio, normas nacionales e internacionales y base teórica, las cuales serán de apoyo para el desarrollo de la investigación.

En el Capítulo III se realiza el planteamiento de las hipótesis y las variables de la investigación.

En el Capítulo IV se presenta la metodología de esta investigación, se encontrará el tipo, nivel, método y diseño de la investigación; población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo V se realiza el modelo de la estructura con muros estructurales y la estructura reduciendo muros estructurales reemplazando por pórticos realizando un análisis sísmico estático, dinámico lineal y tiempo historia no lineal bajo los lineamientos de la norma E.030-2018 y descripción de procedimientos de análisis analiza la estructura convencional de muros estructurales incorporando disipadores SLB para ambas estructuras bajo los lineamientos de la norma E.030-2018.

En Capítulo VI, se presenta el análisis de los resultados obtenidos y contrastación de hipótesis.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la investigación.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción y formulación del problema

Como ingenieros interesados en el comportamiento de las estructuras, una de nuestras preocupaciones diarias es determinar cómo podemos controlar las diferentes acciones convertidas en fuerzas que genera la naturaleza, estas sin duda alguna repercuten en diversas áreas de tipo social, económico, ambiental. Según Guardia (2011), el Perú es un país de alto riesgo sísmico, se encuentra ubicado a lo largo del límite de dos placas tectónicas la de Nazca (corteza oceánica) y la Sudamericana (corteza continental), la colisión de ambas placas ha dado origen a la evolución de la cordillera de los Andes. Por lo tanto, las presiones se liberan periódicamente a través de sismos de diferentes magnitudes a diferentes niveles de profundidad, por esta razón el país se divide en zonas de influencia sísmica de acuerdo al grado de vulnerabilidad que presenta cada región. Los sismos ocurridos en Perú a lo largo de los años, miles de edificios fueron destruidos o dañados debido a la alta sismicidad y las características socioeconómicas del territorio peruano, lo cual nos brinda enseñanzas acerca de la vulnerabilidad de las edificaciones ante la energía sísmica, principalmente por aspectos técnicos como un mal diseño estructural sismo resistente y aspectos socioeconómicos que conlleva a una construcción deficiente, por ello se necesita tomar medidas preventivas para evitar el colapso de las edificaciones como ocurrió con el sismo de pisco en el año 2007, por todo lo antes mencionado se genera una necesidad perenne para empezar a trabajar cada vez más de mano con los diversos mecanismos de disipación de energía.

En los últimos años las investigaciones para prevenir el colapso de edificaciones se han orientado principalmente en sistemas que resistan las acciones sísmicas tanto para el diseño de construcciones nuevas como para rehabilitaciones, como alternativa al diseño de estructuras convencionales presentamos como el diseño sismorresistente empleando el uso de disipadores de energía que permiten reducir en forma significativa las fuerzas inducidas por un sismo severo.

Según Bozzo (2017), los disipadores de energía Shear Link Bozzo se justifican en el alza progresiva localizada de la ductilidad del edificio, permitiendo una disminución significativa de las fuerzas inducidas por un sismo de alta intensidad.

La presente investigación pretende demostrar que la implementación de estos dispositivos de disipación de energía disminuye el periodo de vibración y mejora la respuesta sísmica, aplicado en un edificio multifamiliar ubicado en Santiago de Surco, Lima - Perú con la finalidad de analizar el comportamiento dinámico de la estructura con la implementación de disipadores de tipo histerético, los desplazamientos, fuerzas cortantes, derivas de entrepiso. Como aporte para futuras investigaciones, se realizará una variante de la estructura con fines analíticos siendo un aporte relevante para la industria de la construcción.

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

##### Problema general

¿Cómo realizar el análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco?

##### Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los desplazamientos y derivas de entrepiso en la estructura sin disipadores de energía SLB mediante un análisis sísmico dinámico lineal usando software Etabs V19?
- b) ¿Cuál es el comportamiento de la estructura con disipadores de energía SLB mediante un análisis no lineal Tiempo Historia usando software Etabs v19?
- c) ¿Cuáles son las derivas máximas de entrepiso de la estructura modificada con disipadores de energía SLB?

#### 1.2. Objetivo general y específico

##### 1.2.1. Objetivo General

Realizar el análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco.

### 1.2.2. Problemas específicos

- a) Determinar los desplazamientos y derivas de entrepiso en la estructura sin disipadores de energía SLB mediante un análisis sísmico dinámico lineal usando software Etabs v19.
- b) Analizar el comportamiento de la estructura con disipadores de energía SLB mediante un análisis no lineal Tiempo Historia usando software Etabs v19.
- c) Determinar las derivas máximas de la estructura modificada con disipadores de energía SLB mediante un análisis no lineal tiempo historia usando el software Etabs v19.

### 1.3. Delimitación de la investigación

#### 1.3.1. Delimitación temporal

La presente investigación se realiza en un periodo comprendido entre mayo 2021 – octubre 2021.

#### 1.3.2. Delimitación espacial

La presente investigación se realizó en Av. Encalada 1715, Coordenadas 285609.70 m E, 8661574.90 m S, Zona 18 L, en el distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima. Referencia frente a la embajada de Estados Unidos (Ver Figura 1). Sin embargo, la aplicabilidad de esta investigación puede emplearse en todos los distritos y/o provincias de la zona costera del Perú.

Límites:

- Norte: Av. El Derby
- Sur: Av. La Encalada
- Este: Av. El Polo
- Oeste: Embajada de Estados Unidos



Figura 1: Ubicación del Edificio Hotel MG

Fuente: Google Earth

### 1.3.3. Delimitación temática

Para la delimitación temática se tomaron cuatro ejes que definen el objeto de estudio:

- Enfoque: Análisis sísmico
- Objeto de estudio: Disipadores de energía Shear Link Bozzo
- Eje espacial: Edificio 11 niveles, Santiago de Surco, Lima
- Eje temporal: 2021

## 1.4. Justificación e importancia de la investigación

### 1.4.1. Justificación teórica

La presente investigación se estudia los disipadores SLB y su aplicación en edificaciones, ya que en comparación a otros dispositivos de disipación sísmica estos comienzan a plastificar desde deformaciones pequeñas, además de aportar rigidez y ductilidad, protegiendo la estructura de sismos severos, garantizando su funcionamiento al entrar en el rango inelástico. Tomando como precedencia investigaciones anteriores, encontramos una brecha, en casos irregularidades de tipo torsional ya que se estudian de manera aislada.

Se pretende estudiar desde planos existentes, análisis sísmico sin disipadores, análisis sísmico con disipadores, y darle una variante a la estructura que fuerce su falla para tener un panorama más completo de la acción de los disipadores SLB en la estructura.

#### 1.4.2. Justificación practica

La presente investigación resuelve beneficiar las nuevas construcciones que aún no adopten un sistema de disipadores, puedan incluir estos dispositivos SLB sin cambiar el presupuesto estimado drásticamente, además de obtener estructuras seguras para el cliente final.

#### 1.4.3. Justificación social

La presente investigación se justifica socialmente por el crecimiento poblacional, expansión vertical de las urbes implica su desarrollo en altura, además, nuestra ubicación geográfica donde convergen dos placas tectónicas en la costa peruana generan una actividad sísmica constante por ello se genera una necesidad perenne para empezar a trabajar cada vez más de mano con los diversos mecanismos de disipación de energía, el uso de disipadores SLB permiten un nivel de desempeño de operación continua, garantizando la seguridad de los ocupantes.

#### 1.4.4. Importancia

La presente investigación estudia una edificación en la ciudad de Lima, una de las urbes con mayor crecimiento del Perú, y de ubicación en el cinturón de fuego. El uso de los Disipadores SLB con muros discontinuos en edificaciones garantiza el desempeño operativo es beneficioso no solo por el hecho de que aportan ductilidad y rigidez, además de ofrecer un beneficio en los costos de diseño, fabricación, instalación y mantenimiento; además su implementación en sistemas tradicionales los 6 elementos estructurales presentaran menor sección y cuantías de acero.

### 1.5. Limitaciones de estudio

La presente investigación en el análisis del modelo en Etabs, se modeló desde el piso 1 al piso 11, sin considerar los sótanos, ya que no se está considerando la interacción suelo estructura, teniendo un análisis conservador.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Investigaciones nacionales

Miranda & Ontiveros (2020), para optar el título profesional de Ingeniero Civil en su tesis titulada “Análisis Comparativo del desempeño sísmico y costos entre los disipadores Shear Link Bozzo y Taylor aplicados en una edificación multifamiliar, Trujillo”. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo. Tuvo por objetivo analizar dos tipos de disipadores en un edificio de 8 niveles, realizando en primera instancia el análisis sísmico estático y dinámico obteniéndose una falta de rigidez, posteriormente se integró los disipadores. Al analizar la edificación integrando los disipadores Taylor, se obtuvo reducción de derivaciones en un 24.14% y a su vez este sistema no generó una variación en el periodo fundamental de la estructura. De igual modo, al aplicar los disipadores SLB a la edificación propuesta, se alcanzó distorsiones de 36.85% en comparación a la estructura convencional, igualmente se determinó que hubo un aumento de rigidez lateral provocado por estos dispositivos mecánicos por lo que se generó una inflación del periodo de la estructura. Esta investigación concluye que los disipadores Shear Link Bozzo son los que aportan una mejor respuesta a la edificación frente a cargas sísmicas y económicas, ya que se encuentra en un 23.11% por debajo de los disipadores Taylor. De la presente investigación se puede concluir que es necesario realizar un análisis en cuanto su proceso constructivo, es necesario una buena instalación de los disipadores en los nodos para que este pueda garantizar una verdadera transmisión de esfuerzos, y trabajen de manera adecuada.

Cervantes & Albrizzio (2020), para optar el título profesional de Ingeniero Civil en su tesis titulada “Desempeño sísmico de un hospital de concreto armado con disipadores “SLB” Shear Link Bozzo en la zona sísmica 4”. Universidad Ricardo Palma. Tuvo como objetivo analizar el desempeño sísmico óptimo y la estructura permanezca operacional frente a un sismo máximo. Mediante análisis dinámico modal espectral y dinámico no lineal tiempo histórico realizado con 3 registros sísmicos del CISMID ocurridos en

la zona costera del Perú. Dando como resultados derivas y aceleraciones de entrepiso, porcentajes de energía disipada, curvas histeréticas y deformaciones de los disipadores. Esta investigación concluye en que el hospital de concreto armado incorporando disipadores SLB seguirá funcional y operativo ante un sismo máximo disipando la energía del sistema y absorbiendo gran cantidad de esfuerzos y mitigando posibles daños. De esta investigación se concluye que es posible diseñar una estructura considerada como “Edificaciones esenciales” según la norma E030 con disipadores SLB dado a su alta ductilidad ante sismos severos y evitar daños estructurales, sin embargo, en la actualidad las “Edificaciones esenciales” deberán ser diseñadas con aisladores sísmicos por la norma E.031.

Enciso (2019), para optar el título profesional de Ingeniero Civil en su tesis titulada “Análisis Comparativo del diseño sísmico de una estructura con muros continuos y con muros desacoplados incorporando disipadores SLB en la ciudad de Huancayo”. Universidad Nacional del centro del Perú. Tuvo por objetivo determinar la variación del diseño sísmico de una estructura con muros continuos y una estructura con muros desacoplados incorporando disipadores SLB. Donde se analizó mediante análisis sísmicos espectrales en la estructura con la finalidad de obtener las respuestas sísmicas y mediante un análisis tiempo historia no lineal verificar la asignación de los disipadores SLB. Dando como resultado que la estructura con estructura con muros continuos presentó mayor rigidez lateral que los muros desacoplados presentando derivas inferiores en 28.38% y 24.69%, desplazamiento de techo inferior en 26.52% y 23.03%, cortante basal superior en 28.45% y 24.14%, periodo inferior en 30.08% y 23.54% y torsión superior en 1.96% y 1.45% correspondientes a la dirección X y dirección Y respectivamente, obteniendo un incremento de acero en columnas del 50.01%, vigas de 3.20% y una reducción de 39.78% en muros respecto a la estructura con muros continuos. Esta investigación concluye que las estructuras con muros desacoplados presentan menor rigidez, obteniendo menores cantidades de acero en los muros y mayores cantidades de acero en elementos estructurales como vigas y columnas respecto a la estructura de muros continuos. De la investigación se puede concluir que la estructura con muros continuos presenta mayor

rigidez lateral reduciendo los desplazamientos laterales dando menor ductilidad respecto a la estructura con muros desacoplados, sin embargo, la incorporación de los disipadores SLB permitirán que los elementos estructurales no fallen debido al sismo severo, reduciendo costos evitando reparar los elementos estructurales.

Paredes (2018), para optar el título profesional de Ingeniero Civil en su tesis titulada “Diseño estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía, Trujillo-La Libertad, 2018”. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo. Tuvo por objetivo diseñar un edificio de 8 niveles, en Trujillo añadiendo un sistema de protección de disipadores SLB, para un área de 416 m<sup>2</sup>, de suelo arena mal gradada, con capacidad portante de 1.28kg/cm<sup>2</sup>, en primera instancia el análisis sísmico estático y dinámico obteniéndose una falta de rigidez, posteriormente se integró los disipadores. El análisis final consistió en una observación tiempo-historia, se usó disipadores SLB los cuales son de arrostramiento excéntrico de pórticos lo que permite potencialmente una disipación de energía óptima en toda el alma. Esta investigación, permite identificar de acuerdo a los parámetros, capacidad portante, área, arquitectura, la mejor posición para ubicar los disipadores.

#### 2.1.2. Investigaciones internacionales

Bozzo, Ramirez, Bairan, Bozzo, & Muñoz (2020). Edificios prefabricados equipados con dispositivos sísmicos SLB. 17th Conferencia mundial sobre ingeniería sísmica, 17WCEE, Simposio llevado a cabo en Sendai, Japón. En este artículo se realizó el estudio un edificio de concreto armado prefabricado de 5 pisos incorporando disipadores SLB incluyendo aspectos de modelamiento y dos procedimientos automatizados denominados (1) Procedimiento iterativo directo y (2) procedimiento iterativo de fuerza fija o inversa. Este edificio fue equipado con 80 pequeños disipadores SLB mostrando su desempeño para un máximo terremoto del código peruano sísmico. El análisis no lineal tiempo historia se realizó para 10 registros sísmicos con parámetros de suelo S1 y ubicado en la zona 4 indicado en la norma técnica peruana de diseño sismorresistente E.030. Se comparó 2 configuraciones estructurales para las columnas: (1) fijas o (2) abisagradas en

sus bases mostrando como resultados de derivas similares, en el rango de 0,003 a 0,007 y en aceleraciones de pisos el rango fue de 0,30g a 0,50g con valores menores para la solución de base de columna articulada. Llega a la conclusión que si la solución finalmente adoptada es la columna de base fija y en caso de un terremoto sobrepase la capacidad de flexión en la base de las columnas, la respuesta de la estructura tiende a mejorar reduciendo las aceleraciones de piso, pero manteniendo los desplazamientos máximos, observando así que la aceleración de piso se reduce con la altura. Este artículo nos sirve como referencia para el incorporar mediante un modelo analítico en ETABS los disipadores SLB y el análisis no lineal tiempo historia incorporando registros sísmicos ubicados en la zona 4.

Ciliento et all. (2020), En su artículo titulado Comparación de procedimientos de diseño sísmico para estructuras equipadas con amortiguadores histéricos. 17th Conferencia mundial sobre ingeniería sísmica, 17WCEE, Simposio llevado a cabo en Sendai, Japón. Este documento proporciona una descripción general de tres procedimientos prácticos de diseño para estructuras equipadas con amortiguadores histeréticos. A pesar de los continuos avances en el estado del arte de los procedimientos de diseño basados en análisis no lineales, los profesionales a menudo prefieren implementar análisis elásticos lineales, más simples de manejar y con un procesamiento de tiempo reducido. Esto es particularmente cierto para las primeras etapas del proceso de diseño donde se toman las decisiones más importantes y el análisis no lineal completo requiere mucho tiempo. Se presentan tres procedimientos de diseño que emplean un amortiguador particular, el Shear Link Bozzo (SLB): (1) procedimiento directo, (2) procedimiento “inverso” o de fuerza fija, (3) método de diseño basado en desplazamiento. A saber, el marco basado en desplazamiento se basa en el análisis estático no lineal del marco desnudo y permite obtener las propiedades mecánicas deseadas del sistema disipador, en términos de fuerza de fluencia y rigidez elástica, de acuerdo con un nivel de rendimiento fijo. De manera diferente, los procedimientos iterativos de fuerza fija y directa se basan en un análisis modal elástico lineal simple. Es relevante especificar que los procedimientos (1) y (2) antes mencionados son para una selección

preliminar rápida de dispositivos, sin embargo, se recomienda una verificación no lineal para obtener una mejor verificación del comportamiento de la estructura incorporando disipadores SLB.

Iasevoli (2019), para optar el grado de magíster en Ingeniería Civil en su investigación titulada “Uso y Diseño de “Shear Link Bozzo” (SLB) dispositivos de disipación de energía para la protección sísmica de Edificios Prefabricados R.C”. Universidad de Nápoles Federico II, Italia. Tuvo como objetivo evaluar el comportamiento experimental de un módulo prefabricado de concreto armado incorporando disipadores de energía Shear Link Bozzo (SLB) de tercera generación y optimización del diseño de los disipadores SLB en una edificación prefabricada de 5 pisos de concreto armado. Mediante análisis tiempo historia no lineal se realizó el diseño de los disipadores de energía SLB y la optimización del diseño de las columnas de concreto armado aplicado iterativamente para 3 casos, obteniendo como resultado que para el caso 1 columnas de 40cmx40cm con un costo de 20301.07 soles, para el caso 2 columnas de 30cmx30cm con un costo de 23652.77 soles y para el caso 3 columnas de 35cmx35cm con un costo de 20224.85 soles, evidenciando que el caso 2 refleja un mayor costo debido a que requiere mayor cantidad acero respecto del caso 1 y 2. Llega a la conclusión que el disipador sísmico SLB incorporado en edificaciones prefabricadas R.C. limita el desplazamiento lateral y al mismo tiempo disipar la energía, la conexión en peine de este dispositivo permite (tercera generación) tiene una instalación simple y antes un sismo severo es reemplazable, su principal ventaja es transferir las cargas sísmicas sin cargas axiales, por lo tanto es buena solución la incorporación para estructuras de bajo costo y sismo resistentes. Esta investigación sirve como base guía para el pre-diseño de los disipadores SLB y nos brinda un alcance económico iterativo en la optimización de columnas.

Ciliento (2019), para optar el título profesional de Ingeniero Civil en su investigación titulada “Desarrollo de procedimientos de diseño sísmico para estructuras de construcción equipadas con SLB amplificadores metálico histeréticos”. Universidad de Nápoles Federico II, Italia. Esta investigación tuvo por objetivo la aplicación y desarrollo de procedimientos de diseño para

dispositivos histeréticos metálicos Shear Link Bozzo en una estructura RC en una zona altamente sísmica en la ciudad de México, el enfoque principal para su diseño y elementos de soporte dados por una pared desacoplada. Se usaron tres métodos de cálculo: (1) método iterativo “directo”, este método permite seleccionar dispositivos, su valor de la relación demanda de corte a capacidad es un valor fijo, recomienda un análisis no lineal tiempo-historia, hace que los SLB aumenten sus dimensiones y sus elementos de soporte; (2) método iterativo “inverso” o de “fuerza fija”, para limitar el grosor de los muros desacoplados, el tamaño de los dispositivos aumentan consecutivamente con cada iteración, se recomienda el análisis no lineal tiempo-historia; (3) método de diseño basado en desplazamiento, se basa en el método Capacity Spectrum que incluye curvas de capacidad no lineales de la estructura desnuda, el sistema disipativo y la estructura rígida,. Resultando que el método “inverso” es el más efectivo, asegurando un mejor comportamiento estructural, espesores aceptables para muros desacoplados, y menor tiempo computacional y en diseño más económico. Esta investigación nos sirve como guía para el diseño la incorporación de los disipadores SLB y brinda un discernimiento del método más adecuado a usar para el diseño de la estructura, según nuestro tipo de proyecto.

Bozzo (2018), para optar el título de Ingeniero Civil en su tesis titulada “Simulación de un ensayo en mesa vibrante de una estructura con dispositivos de disipación sísmicas para viviendas de bajo coste”. Universidad Politécnica de Cataluña, España. Tuvo como objetivo comparar el comportamiento sísmico de los modelos físicos y numéricos frente a diferentes señales e intensidades sísmicas, también propuso parámetros para la simulación de viviendas de bajo coste con el tipo de disipador estudiado. Para los ensayos realizados en la Universidad Católica del Perú se dispuso de un pórtico equipado con disipadores de energía y se sometió a diferentes intensidades sísmicas en una mesa vibratoria para el estudio paramétrico de las condiciones de contorno en la estructura elástica para la obtención del periodo del modelo que tenga más similitud a la estructura ensayada. Llega a la conclusión que para predecir el comportamiento de las estructuras que lleven instalados disipadores sería conveniente el uso de dos modelos

distintos, uno para las aceleraciones y otro para los desplazamientos. Esta investigación sirve como indicador del comportamiento y eficiencia de los disipadores sísmicos en estructuras en base a ensayos físicos y numéricos.

## 2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable

### 2.2.1. Diseño sismorresistente E.030

Esta normativa es aplicada para el diseño de edificaciones nuevas, reforzamiento de edificaciones existentes y para la reparación de estructuras que resulten dañadas por sismos, de acuerdo a la filosofía de diseño:

- Evita pérdidas de vidas humanas. La estructura no deberá colapsar ni causar daños graves en las personas debido a movimientos sísmicos calificados como severos.
- Operatividad continua de servicios básicos. Las estructuras importantes o comunes podrán soportar daños calificados como moderados pudiendo encontrarse con daños reparables. Las estructuras esenciales como establecimientos, instituciones educativas y en general que puedan servir como refugio después de un sismo deberán seguir operativas luego de un sismo severo.
- Reducir daños a la estructura. Los daños en las estructuras podrán ser reparables siempre y cuando se encuentren en los límites aceptables.

### 2.2.2. Procesos para el análisis sísmico

Según Moreno (2008), en su mayoría las normas vigentes para el diseño sismorresistente están basados en el análisis elástico de las estructuras donde incluye el análisis estático y dinámico. (p.7).

- Análisis de estático

En el Capítulo IV de la norma E.030 indica que este método representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas en cada nivel de la edificación. (p.21).

La fuerza cortante en la base de la estructura correspondiente a la dirección considerada, es determinada mediante la siguiente expresión.

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

Z: Factor de Zona.

U: Categoría de la edificación y factor de uso.

C: Factor de Amplificación sísmica.

S: Factor de Suelo.

R: Coeficiente de Reducción.

P: Peso sísmico de la Edificación.

- Análisis de dinámico lineal modal espectral

En el Capítulo IV de la norma E.030 muestra que este método puede ser utilizado para el diseño sísmico de cualquier edificación con los resultados del análisis dinámico por combinación modal espectral. (p. 21).

Según Bozzo & Barbat (2004), el modelo dinámico de una estructura con un solo grado de libertad es definido estudiando vibraciones libres no amortiguadas denominadas por la siguiente expresión, donde  $m$  y  $k$  son la masa y rigidez del modelo respectivamente, y  $x(t)$  es el desplazamiento según la dirección del grado de libertad. (p.34)

$$m\ddot{x}(t) + kx(t) = 0$$

Usando la notación  $w = k/m$ , donde  $w$ , medido en radianes por segundo es la frecuencia de vibración del modelo y dividiendo la expresión por la masa  $m$ , se obtiene la siguiente expresión.

$$\ddot{x}(t) + w^2x(t) = 0$$

Otra característica es el periodo natural  $T$ , medido en segundos definida por la expresión.

$$T = \frac{2\pi}{w}$$

Los modos de vibración poseen distintas formas de vibrar ante cargas dinámicas antes movimientos por acción del sismo. En la Figura 2, se

observar que el primer modo la edificación se desplaza en un sentido, segundo modo tiene desplazamiento en sentido contrario al primer modo y el tercer modo movimiento rotacional.



Figura 2: Modos de vibración en la estructura

Fuente: Ingeniería sísmica y construcción civil 2018

Los modos de vibración pueden ser determinadas por un análisis que considere las características de rigidez y la distribución de las masas (E.030 p.23), definidas por la expresión.

$$(k - w^2 M)\phi = 0$$

Donde  $\phi$  son los modos de vibración de la estructura.

La suma de las masas efectivas debe sumar por lo menos 90% de la masa total en cada dirección, se toma en cuenta los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis (E.030 p.23).

En el Capítulo IV de la norma E.030, artículo 29 encontramos que la aceleración espectral en una estructura es aplicada para cada dirección de análisis mediante un espectro inelástico de pseudo – aceleraciones es definida según indica. (p.24).

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Z: Factor de Zona.

U: Categoría de la edificación y factor de uso.

C: Factor de Amplificación sísmica.

S: Factor de Suelo.

R: Coeficiente de Reducción.

P: Peso sísmico de la Edificación.

$g$ : gravedad

- Análisis dinámico tiempo historia

Este análisis muestra un comportamiento más aproximado a la realidad aplicado para la evaluación y estudio con disipadores de energía en una estructura.

Según la Norma E.030 en el En el Capítulo IV de la norma E.030, artículo 30, este método considera directamente el comportamiento histerético de los elementos de la estructura, determinando la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno. Para este análisis requiere como mínimo 3 conjuntos de registros de aceleraciones sísmicas. (p.25).

- Análisis no lineal

Este método incorpora directamente la respuesta inelástica del material, afirma Moreno (2008), este método solo puede ser aplicado a través de un análisis tiempo historia usando diferentes tipos de registros de acelerogramas, donde se evalúa el tiempo de respuesta, distribución y la propagación de daños en la estructura. (p.10).

### 2.2.3. Vulnerabilidad sísmica y sistemas de protección

Según lo señalado por Kuroiwa (2016), “Según estimaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), cerca del 70% de las viviendas que se construyen en el país son informales, es decir, que son edificadas por el propietario con la ayuda o por medio de un “maestro de obra”. Sin embargo, ojalá fuera incluso así, porque frecuentemente son oficiales o ayudantes, que le siguen en rango a los maestros de obra, los encargados de las construcciones” (p.10). En base a lo anterior y teniendo en cuenta que vivimos en un País que se encuentra en el cinturón de Fuego,

cuando estas construcciones son sometidas a eventos sísmicos tienen a sufrir distorsiones haciendo que dichas estructuras queden gravemente comprometidas o en el peor de los casos colapsen. En base a estas perennes necesidades la Norma técnica E.030, Capítulo 1, introduce el concepto de diseño sismo resistente como “La filosofía del diseño sismorresistente consiste en evitar pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad”.

Sabemos que las construcciones siguen siendo vulnerables en distintos niveles a estos eventos sísmicos; por ello, se han desarrollado sistemas de control para dirigir las fuerzas sísmicas hacia elementos o conexiones integradas que evitan que la estructura y sus elementos se vean afectados, logrando disipar la energía generada por este.

Se tiene en consideración el estudio de cuatro sistemas de control en las cuales se encuentran los sistemas de control pasivo, sistemas de control activo, sistemas de control semi-activo y sistemas de control híbrido, ver Figura 3.

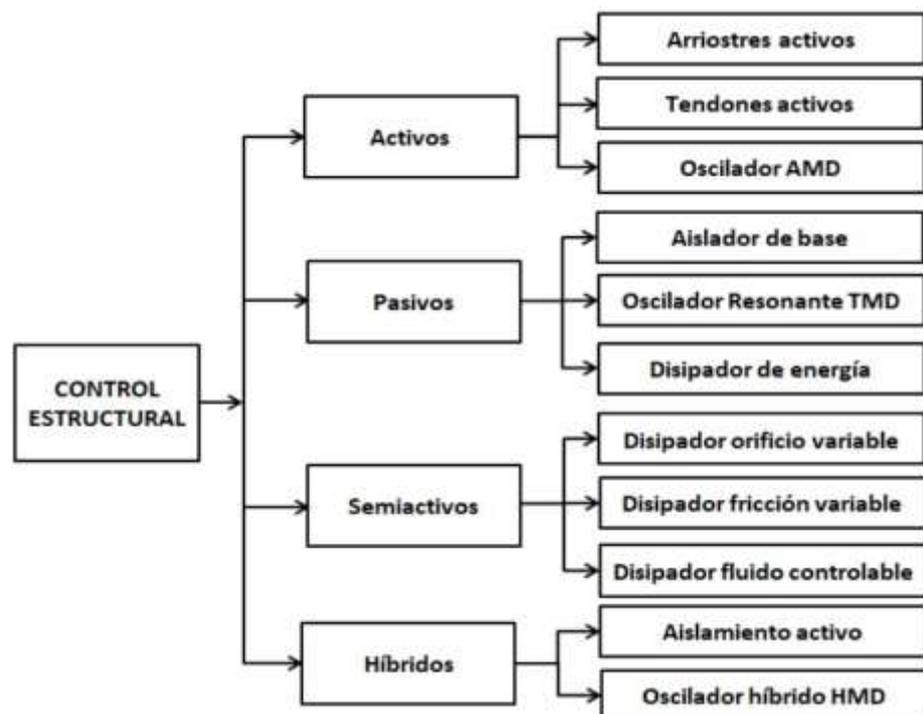


Figura 3: Clasificación de disipadores de energía por sistema de control estructural

Fuente: Propia, extraído de ASCE 7-10

#### 2.2.4. Disipadores de energía

Tienen como principio fundamental disipar las acumulaciones de energía que recibe la estructura en una eventualidad sísmica, estos dispositivos se subdividen dependiendo de tres factores.

Según la ASCE 7-10 capítulo 18, señala que estos dispositivos se clasifican según su comportamiento en tres diferentes categorías; es decir, Dependientes de desplazamientos, dependientes de la velocidad y dependientes del desplazamiento y de la velocidad las cuales se pueden observar detalladamente en la Figura 4.

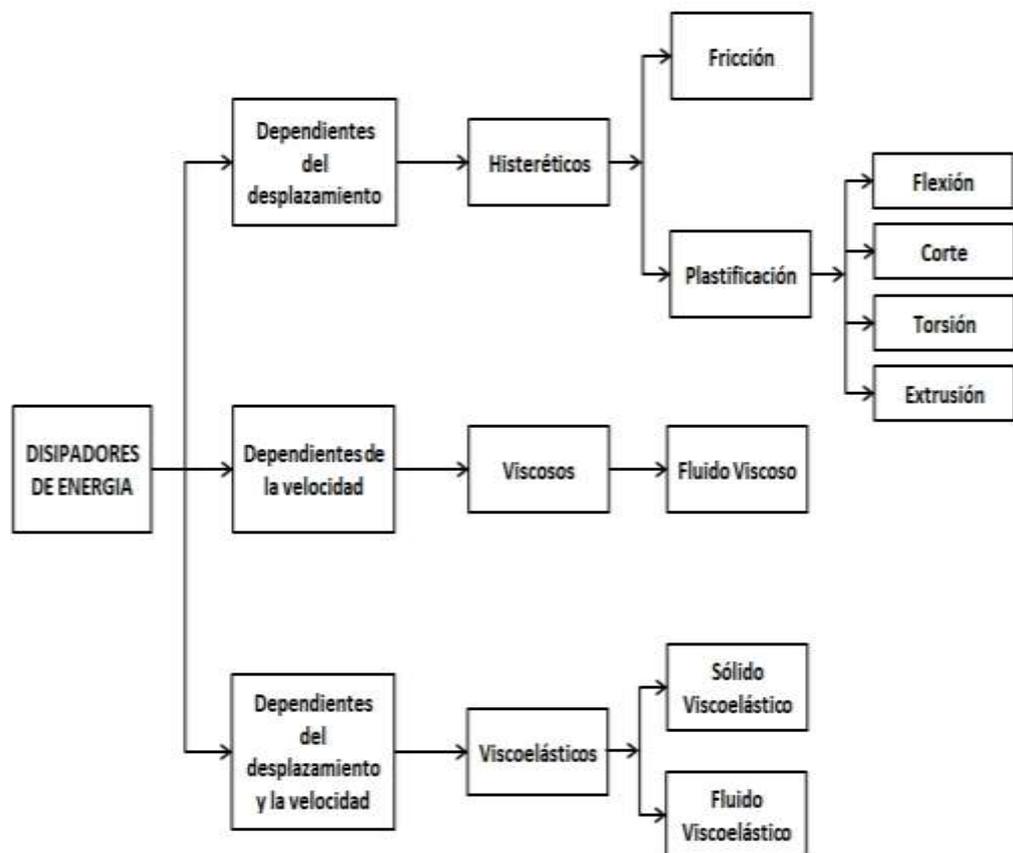


Figura 4: Tipos de disipadores de energía

Fuente: Propia, extraído de ASCE 7-10

- Disipador dependiente de velocidad (viscoso): Estos dispositivos de fluido viscoso dependen únicamente de la velocidad, logran generar fuerzas proporcionales a esta, que se oponen al movimiento de la estructura, comienzan su función de disipación de energía con la

velocidad relativa del entrepiso, estos en la estructura no generan ningún efecto en la rigidez; por ello, el periodo de esta permanece igual y de la misma manera, no se acrecientan los esfuerzos.

- Disipador dependiente de desplazamiento (histerético): Estos dispositivos responden al desplazamiento en los entrepisos de la estructura, mediante la deformación inelástica de metales, se basan en la plasticidad del acero a partir de los esfuerzos. Al comenzar su trabajo estos disipadores producen un incremento de la rigidez y se altera el periodo de la estructura.
- Disipador dependiente del desplazamiento y velocidad (visco-elástico): Estos dispositivos logran activarse y responder a pequeños desplazamientos y/o velocidad, el periodo de vibración del dispositivo es casi invariable, y consigue linealizar su acción y permite obtener un modelo más sencillo.

#### 2.2.5. Disipadores Histerético Shear Link Bozzo

Los disipadores Shear Link Bozzo son dispositivos que disipan energía para proteger otros elementos estructurales que sufren daños cuando una estructura es sometida a un determinado terremoto (Bozzo L. et al, 2019). Este sistema aprovecha el comportamiento histórico de los metales para disipar energía cuando se deforman en su rango inelástico, utilizando un doble modo para disipar energía, siendo la principal y el primero en presentarse, las ocasionadas por tensiones de cortante, y luego las generadas por esfuerzos de flexión. (Muñoz E, 2021).

Según Bozzo (2017) afirma que el disipador SLB se basa en el aumento localizado de la ductilidad del edificio, permitiendo una reducción significativa en las fuerzas inducidas por un sismo de alta intensidad. Es el único sistema de disipación con un doble modo de disipación de energía que permite mayor seguridad y capacidad, en el siguiente prototipo se observa a la izquierda que el disipador trabaja por corte modo habitual de trabajo y a la derecha por flexión adicionando energía no considerada en el diseño, ver Figura 5.

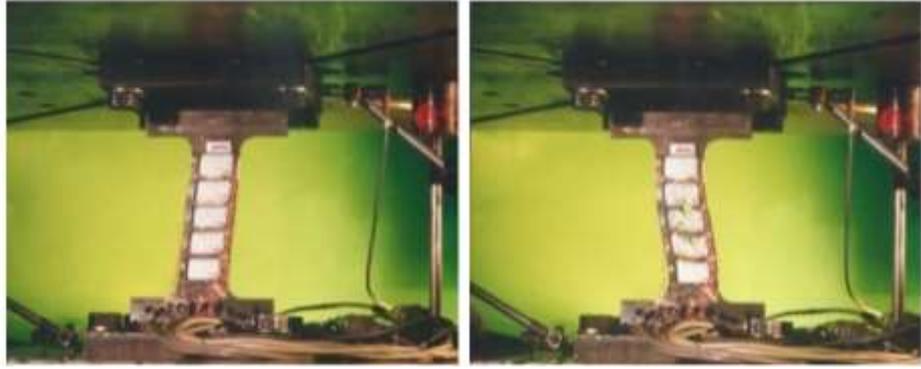


Figura 5: Disipador SLB en modo doble disipación de energía

Fuente: Disipadores SLB para diseño sismo resistente, Bozzo 2017

- Modelos de disipadores SLB

Los dispositivos SLB actualmente fabricados son de acero ASTM A36 ( $F_y$  2530 kg/cm<sup>2</sup>). La fabricación de cada dispositivo SLB tiene una sobre resistencia del 25% al 40% respecto al  $F_y$  teórico para ello se ensaya el acero base y el desplazamiento de rotura de todos los dispositivos es de 30mm a 35mm, ver Anexo 12.

En la Figura 6, se muestra los dispositivos Shear Link Bozzo de primera 2002, segunda 2016 y tercera 2019 generación consecutivamente.



Figura 6: Generaciones de disipadores SLB

Fuente: Disipadores SLB, Muñoz E. 2021

- Muros Desacoplados: También llamado muros discontinuos, se diseñan dejando una abertura esquinera entre pórtico y el muro; se sabe que un muro discontinuo en modo convencional ante una eventualidad sísmica sufriría fallo por pandeo de las columnas que lo soportan, pero incorporando el disipador se pueden realizar muros desacoplados con seguridad ya que estos dispositivos actúan limitando la fuerza y

proporcionando ductilidad. La conexión en “peine” o “endentada” del dispositivo evita la transferencia de carga axial en los dispositivos lo cual permite ubicarlas de forma libre en planta y altura, en la Figura 7 a la izquierda el muro desacoplado y a la derecha incorpora disipador de energía sísmica en su marco.



Figura 7: Muro desacoplado con disipador de energía incorporado

Fuente: Disipadores SLB para diseño sismo resistente, Bozzo 2017

- Muro aislado tipo Chevron: Según Bozzo (2017) afirma que el disipador SLB puede ser utilizado para aumentar la resistencia de estructuras existentes esenciales como hospitales, colegios, etc. También proporciona ductilidad por lo que puede diseñarse para edificaciones nuevas, ver Figura 8.



Figura 8: Disipador tipo Chevron

Fuente: Disipadores SLB para diseño sismo resistente, Bozzo 2017

### 2.2.6. Geometría y anclaje del dissipador SLB

Forma de H ladeada, con almenas endentadas y ubicada en la parte superior de los dissipadores cuenta con las principales características:

- Ventanas Disipativas: Posee 4/8 ventanas disipativas en cada cara.
- Rigidizadores de seguridad: Rigidizadores verticales ubicados en los extremos y al centro entre ventanas disipativas.
- Altura: Placa dentada: 80 mm + Dissipador: 155 mm, Total= 235 mm.
- Longitud: Variable.

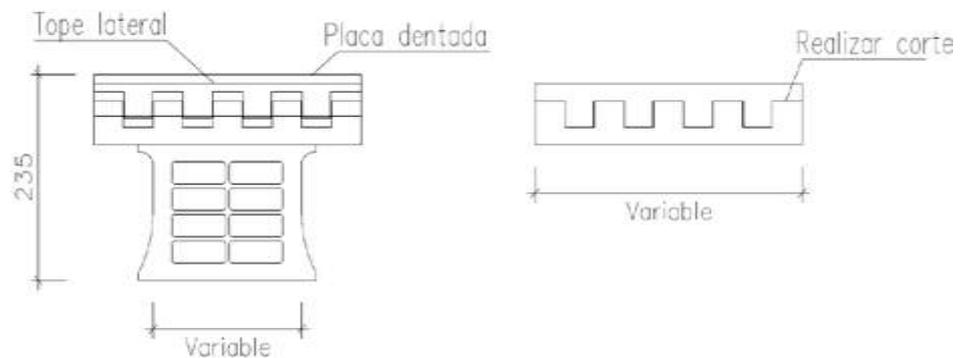


Figura 9: Geometría del dissipador SLB

Fuente: Ficha técnica dissipador SLB, Postensa

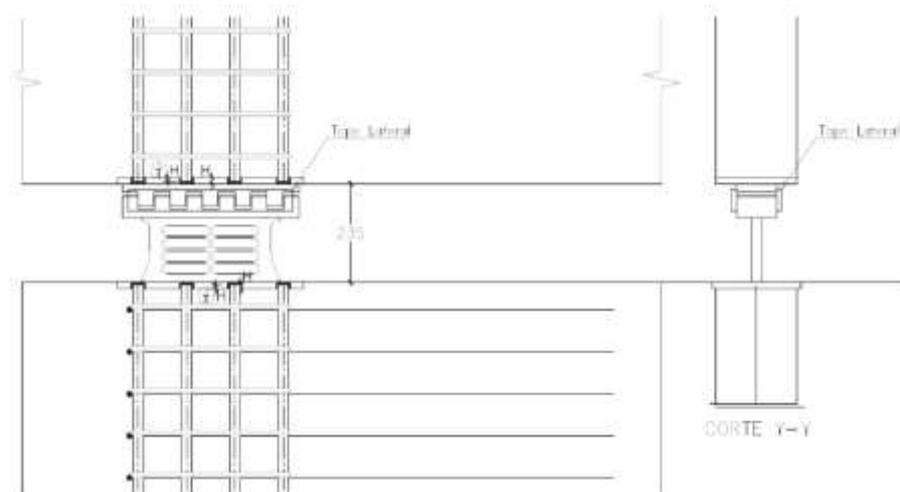


Figura 10: Ubicación y anclaje del dissipador SLB en muros desacoplados

Fuente: Ficha técnica dissipador SLB, Postensa

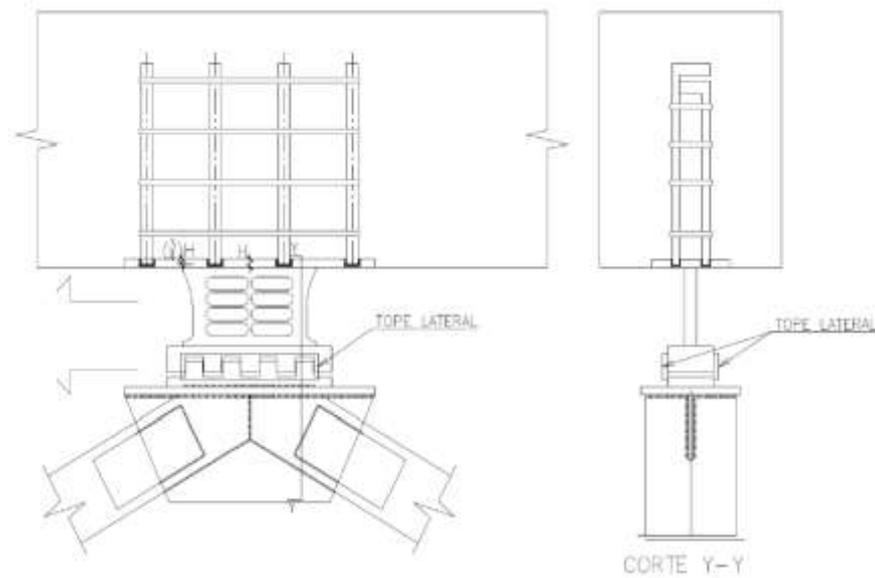


Figura 11: Disipador SLB sobre diagonales de acero Tipo Chevron

Fuente: Ficha técnica disipador SLB, Postensa

#### 2.2.7. Conexión a muro según Manual SLB (2018)

- Características del hormigón del muro y anclajes

$$\text{Min separación entre anclajes} = S_{a\_min} = 4d_a$$

$d_a$ : Diámetro de anclaje

$$\text{Diámetro de anclaje modificado} = d_a' = \min\left(\frac{S_a}{S_{a\_min}}\right)$$

$S_a$ : Menor separación entre anclajes

$S_{a\_min}$ : Mínima separación entre anclajes para evitar falla por hendimiento

$$\text{Resistencia a la tracción de anclaje} = \varphi N_{sa} = 0.75 * A_b * F_y$$

$A_b$ : Área de anclaje

$F_y$ : Resistencia de materiales

- Cálculo de fuerzas en anclajes según distribución plástica

$$q_{max} = 0.65 * 0.85 * f'c * e_{muro}$$

- Según el manual 1 AISC se debe cumplir lo siguiente:

$$Y = \text{if} \left( \left( f + \frac{H}{2} \right)^2 \geq \frac{2 * (M_m + P_u * f)}{q_{max}}, \text{OK, Aumentar dimensión} \right)$$

$$E. N. = Y = \frac{\left(f + \frac{H}{2}\right) * q_{max} - \sqrt{\left(\left(f + \frac{H}{2}\right) * q_{max}\right)^2 - 4 * \left(\frac{q_{max}}{2}\right) * M_m}}{q_{max}}$$

$$\text{Tension en anclajes} = T = \frac{abs(P_u - q_{max} * Y)}{n * n_f}$$

f: Distancia centro de la placa a baricentro de anclajes traccionados

Pu: Compresión positiva

- Cálculo de solicitaciones de anclaje por V

$$V = \frac{(F_{max})}{8}$$

- Resistencia a corte de anclaje crítico

$$\frac{V}{0.75 * A_b * 0.6 * F_y}$$

- Interacción cortante-tracción (Von Mises)

$$\frac{\sqrt{\left(\frac{V}{A_b}\right)^2 + 3 * \left(\frac{V}{A_b}\right)^2}}{F_y}$$

- Interacción cortante ACI318-14

$$\frac{\left(\frac{V}{0.75 * A_b * F_y}\right) + \left(\frac{V}{0.75 * A_b * 0.6 * F_y}\right)}{F_y}$$

### 2.3. Definición de términos básicos

- Elementos Estructurales: Se consideran a aquellos elementos que están conectados al sistema resistente y/o que aportan rigidez a la estructura.
- Elementos no Estructurales: Se consideran a aquellos que no aportan rigidez y están aislados al sistema resistente de la estructura.
- Análisis estructural: Es evaluar el comportamiento del edificio con el fin de obtener e interpretar resultados de las fuerzas internas en los elementos estructurales que componen la edificación o estructura.

- Desplazamiento: Es el movimiento que realiza la estructura al aplicar fuerzas horizontales comúnmente fuerzas de sismo o perpendiculares a la estructura.
- Derivas: Relación entre el desplazamiento en su comportamiento inelástico y la altura de entrepiso.
- Sismo Severo: Son sismos que pueden realizar daños a elementos estructurales y no estructurales en una estructura.
- Análisis Sísmico: Comprende en la interpretación de resultados debido a cargas sísmicas aplicadas a la estructura, donde se obtienen resultados de desplazamientos, derivas, fuerzas cortantes, velocidades y aceleraciones sísmicas.
- Parámetros de diseño: Son lineamientos y/o factores necesarios para el diseño de la estructura, son obtenidos de normas vigentes.
- Concreto armado: Es el compuesto de concreto (cemento, agregados, agua) con refuerzo de acero corrugado.
- Muros Estructurales de Concreto Armado: Sistema en el que las solicitaciones debido a cargas sísmicas son absorbidas por placas o muros de corte.
- RNE-E.020: Reglamento nacional de edificaciones, norma de cargas.
- RNE-E.030: Norma técnica peruana para el diseño sismorresistente de edificaciones.
- RNE-E0.20: Norma técnica peruana para el diseño de concreto armado.
- Etabs: Software computacional de ayuda para el modelamiento y análisis numérico de estructuras.
- Disipadores SLB: Son disipadores de energía “Shear Link Bozzo” que se utilizan para disipar la energía sísmica por efecto de sismos aplicados en la estructura.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS**

### **3.1. Hipótesis**

#### **3.1.1. Hipótesis principal**

Los disipadores de energía SLB reducirán la energía sísmica de una edificación de 11 niveles en el distrito de Santiago de Surco.

#### **3.1.2. Hipótesis secundarias**

- a) Los desplazamientos y derivas en la estructura sin disipadores de energía SLB cumplen con los desplazamientos y derivas máximas de la norma E.030-2018.
- b) El comportamiento de la estructura con disipadores de energía SLB mediante el análisis no lineal tiempo historia cumplirá con las derivas máximas de entrepiso de la norma E.030-2018.
- c) La estructura modificada con disipadores SLB reducirán la cantidad de placas o muros estructurales de concreto armado, cumpliendo con las derivas máximas permisibles de la norma E.030-2018.

### **3.2. Variables**

#### **3.2.1. Definición conceptual de variables**

- Variable Independiente

Según Borja (2016) afirma que "es la variable que produce el efecto o es la causa de la variable dependiente"

X: Disipador de energía Shear Link Bozzo.

- Variable Dependiente

Según Borja (2016) afirma que "es el resultado o efecto producido por la acción de la variable independiente"

Y: Análisis Sísmico de una edificación de 11 niveles.

### 3.2.2. Operacionalización de las variables

Según Borja (2016), afirma que “es el proceso mediante el cual se explica cómo se medirán las variables formuladas en la hipótesis, para lo cual en muchos casos habrá que descomponerlas en indicadores susceptibles de poder medirse”. (p.24). Ver Anexo 2: Matriz operacional de variables.

## **CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 4.1. Tipo y nivel de la investigación

#### 4.1.1. Tipo

Según Borja (2016), la investigación aplicada indica que se basa en el sistema de conocimientos descubiertos por la ciencia básica para poder resolver sus problemas y la investigación cuantitativa se basa en la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. (p.11).

La presente investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo debido a que está orientada a conocer resultados mediante cálculos y análisis del comportamiento sísmico, diseño estructural y optimizar costos de un edificio de 11 niveles con y sin disipadores de energía SLB.

#### 4.1.2. Nivel

Según Borja (2016), indica que la investigación descriptiva determina las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio. (p.13)

La presente investigación es de nivel descriptivo dado que se someterá a un análisis de resultados del comportamiento sísmico de una edificación de 11 niveles con y sin disipadores de energía SLB.

### 4.2. Diseño de la investigación

Según Borja (2016), indica que la investigación no experimental no establece, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos. (p.13).

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), indica que el diseño transversal recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (p.187)

La presente investigación es no experimental con diseño transversal dado que no se manipula ninguna de las variables. Dado que evaluamos el comportamiento sísmico de una edificación con y sin disipadores de energía SLB, obteniendo información

recolectada (derivadas, desplazamientos, cortantes basales, dimensionamiento estructural optimizado, costos) pudiendo analizar cada resultado obtenido.

### 4.3. Población y muestra

#### 4.3.1. Población

Según Borja (2016), se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. (p.30)

La población de la presente investigación son todas las edificaciones de concreto armado (Pórticos y muros estructurales) de 11 niveles ubicados en la zona 4, ver Figura 12.



Figura 12: Mapa de zonificación

Fuente: Norma técnica sismorresistente E.030-2018

#### 4.3.2. Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), indica que muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población. (p.175)

La muestra de la presente investigación es el edificio Hotel MG de 11 niveles y 4 sótanos de uso para viviendas multifamiliares ubicado en el distrito de Santiago de Surco lo cual pertenece a la zona 4, el edificio existente cuenta con un sistema de muros estructurales. Esta muestra fue seleccionada por un muestreo no probabilístico, por conveniencia.

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

##### 4.4.1. Técnicas

Según Borja (2012), las técnicas a usarse para recolectar la totalidad de evidencia de campo, se deben anunciar todos los formatos utilizados en esta tarea.

En la presente investigación se utilizará la técnica de observación directa, dado que información directa de planos del edificio en estudio.

##### 4.4.2. Instrumentos

- Norma técnica peruana E.020 (Cargas)
- Norma técnica peruana E.030(Diseño Sismorresistente)
- Norma técnica peruana E.060(Diseño de Concreto Armado)
- Tablas de diseño de disipadores SLB de la empresa POSTENSA.
- Planos del proyecto Edificio Multifamiliar Hotel MG.
- Hojas de cálculo en el programa Excel 2016.
- Edición de dibujo software AUTOCAD 2019.
- Corrección de acelerogramas SEISMO SIGNAL V4.3.0
- Escalamientos de registros sísmicos software SEISMOMATCH 2021.
- Importación de propiedades de los disipadores Plugin Dissipa SLB V21.1.1

##### 4.4.3. Criterios de validez y confiabilidad

Para la presente investigación se usaron datos de recolección confiables bajo lineamientos de normas técnicas peruanas vigentes, utilizamos planos del edificio existente en estudio Hotel MG de 11 niveles para realizar el

modelamiento estructural con el software ETABS V.19.1, y data de registros sísmicos del CISMID y por consiguiente es corregida por el software SEISMO SIGNAL V4.3.0 y es escalada con el software SEISMOMATCH 2021.

Durante el procesamiento de la data recolectada del edificio en estudio, mediante un análisis lineal, modal espectral y No lineal Tiempo historia con ayuda del software ETABS V.19.1 se obtendrá las respuestas sísmicas con y sin disipadores SLB, logrando obtener resultados de fuerzas cortantes en la base, desplazamientos laterales y derivas de entrepiso.

#### 4.4.4. Procedimientos para la recolección de datos

##### - Procedimiento 1

Se obtendrán los planos en AUTOCAD de arquitectura y estructura, del cual se usará la distribución, los parámetros de resistencia de materiales, parámetros de suelo, parámetros sísmicos y categoría de la edificación.

##### - Procedimiento 2

En base a los datos recolectados del procedimiento 1, se determinarán los parámetros de diseño según la norma sismorresistente E.030-2018, la norma de cargas E.020 vigente; se realizará el metrado de cargas y se modelará la estructura sin disipadores con el programa ETABS V19.1.

##### - Procedimiento 3

Se realizará el análisis lineal estático de la estructura sin disipadores SLB del cual se obtendrá el peso de la estructura, las fuerzas cortantes, desplazamientos, derivas elásticas e inelásticas de entrepiso.

##### - Procedimiento 4

Se realizará el análisis dinámico lineal modal espectral de la estructura sin disipadores sísmicos SLB; del cual se obtendrá el espectro de aceleraciones, factor de escala y cortantes dinámicas en la base, luego se realizará el análisis modal espectral tipo Eigen y tipo Ritz verificando el porcentaje de masa participativa y periodo fundamental de la estructura.

- Procedimiento 5

Se realizará la selección de 7 pares de registros sísmicos, previamente escalados según la norma E.030 - 2018, seleccionados en base a los parámetros de suelo y zona similar a los parámetros del edificio en estudio.

- Procedimiento 6

Se realizará el análisis tiempo historia no lineal en la estructura con disipadores incorporando parámetros no lineales, se determinará las fuerzas cortantes, curvas de histéresis.

- Procedimiento 7

Luego del procesamiento se obtendrá los resultados del análisis sísmico optimizando la estructura con disipadores sísmicos SLB. Realizamos la interpretación de resultados de las estructuras y realizamos la comparación técnica y económica del edificio con y sin disipadores SLB.

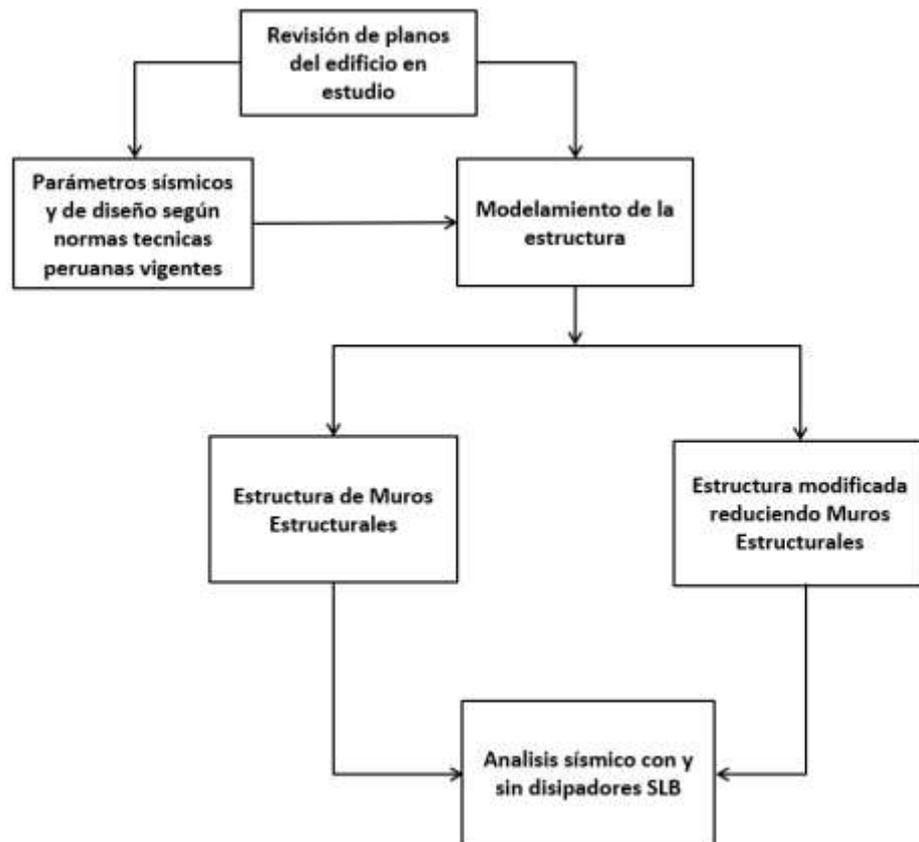


Figura 13: Procedimientos

Fuente: Propia

#### 4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

La presente investigación usará tablas y fichas técnicas del manual Postensa para diseño de disipadoras, además de herramientas tales como internet, pappers del congreso 17th World Conference on Earthquake Engineering, 17WCEE.

Los análisis de datos van de acuerdo con la estructura de la investigación la cual se encuentra esquematizada en la matriz de consistencia, ver Anexo 1: Matriz de consistencia.

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 5.1. Diagnóstico y situación actual

#### 5.1.1. Generalidades

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en la Av. Encalada 1715, de uso Departamento Hotel, consta de un área de 475.74 m<sup>2</sup>, el edificio consta de 4 sótanos, 11 pisos y una azotea. Esta investigación contempla el análisis sismorresistente de la superestructura.

#### 5.1.2. Propiedad de los materiales

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en la Av. Encalada 1715, de uso Departamento Hotel, consta de un área de 475.74 m<sup>2</sup>, el edificio consta de 4 sótanos, 11 pisos y una azotea. Esta investigación contempla el análisis sismorresistente de la superestructura.

Tabla 1: Propiedades del concreto

Propiedades	Símbolo	Valor	Ud.	
Resistencia a la compresión	$f_c$	210	280	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	$E_c$	217371	250998	kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico	$\gamma$	2400	2400	kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de poisson	$\nu$	0.2	0.2	-

Fuente: Propia

Tabla 2: Propiedades del acero

Propiedades	Símbolo	Valor	Ud.
Esfuerzo de fluencia	$f_y$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	$E_s$	2000000	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Propia

## 5.2. Modelación estructural

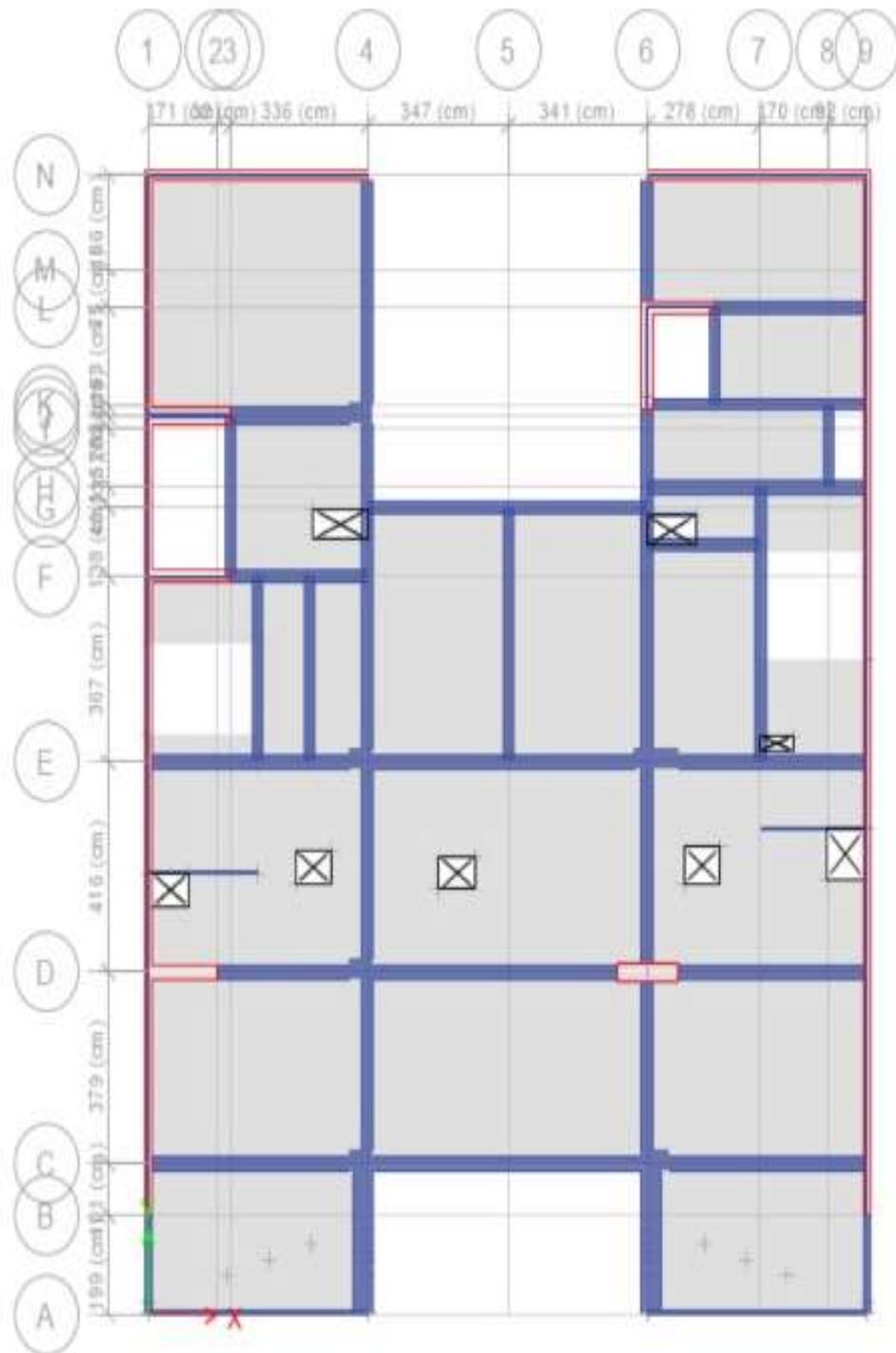


Figura 14: Edificio MG planta típica estructura modelada en Etabs

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

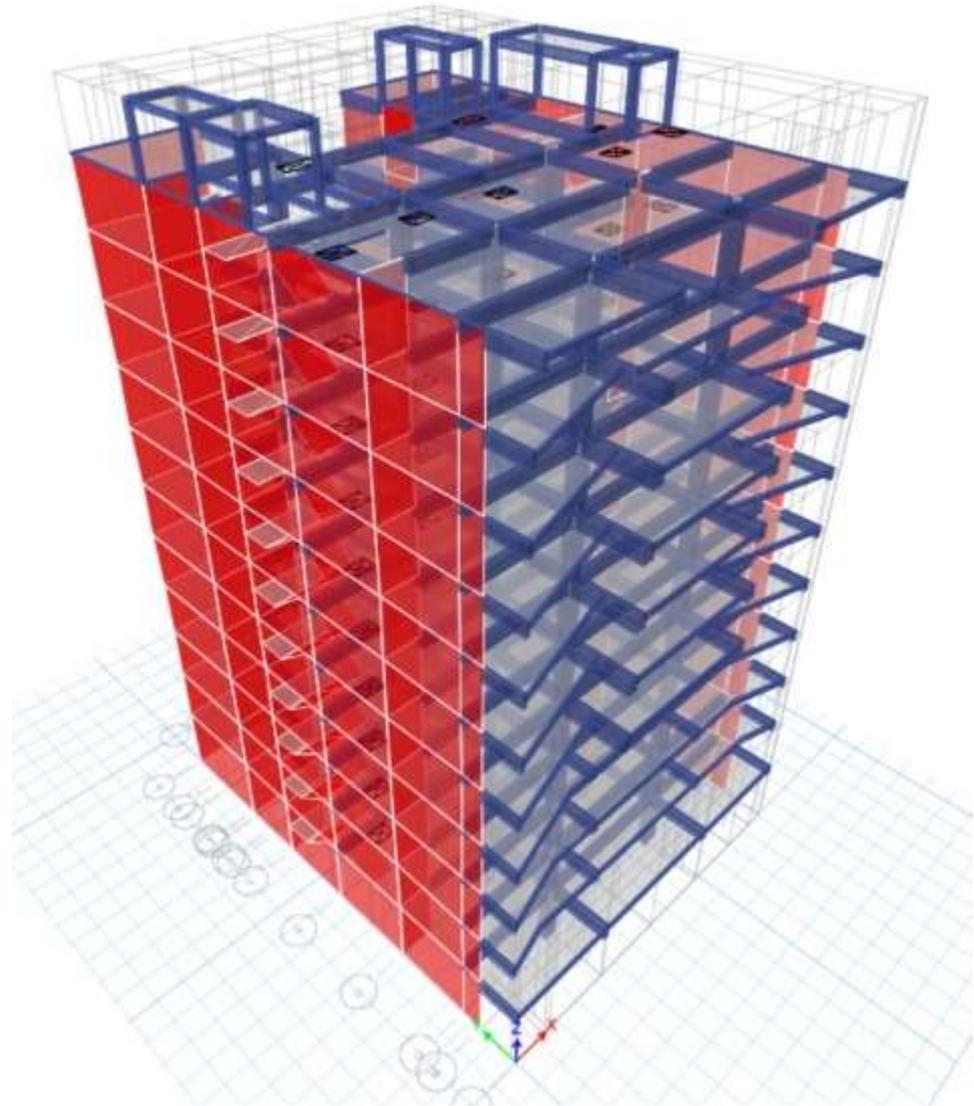


Figura 15: Estructura en 3D

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

### 5.3. Metrado de cargas

#### 5.3.1. Áreas y pesos

Área losa =  $262.59 \text{ m}^2$

Área tabiquería =  $357.33 \text{ m}^2$

Peso de tabiquería + tarrajeo =  $274 \text{ kg/m}^2$

Muro cortina =  $200 \text{ kg/ml}$

### 5.3.2. Carga muerta

Tabla 3: Carga muerta piso 1 al 10 por losa aligerada

	Elementos	Cant.	Ud.
Losa Aligerada e=0.20m	Ladrillo bovedilla	86.5	kg/m <sup>2</sup>
	Tabiquería	375	kg/m <sup>2</sup>
	Contrapiso	100	kg/m <sup>2</sup>
	Piso	70	kg/m <sup>2</sup>
Total		635	kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

Tabla 4: Carga muerta piso 1 al 10 por losa maciza

	Elementos	Cant.	Ud.
Losa Maciza e=0.20m	Tabiquería	375	kg/m <sup>2</sup>
	Contrapiso	100	kg/m <sup>2</sup>
	Piso	70	kg/m <sup>2</sup>
Total		545	kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

Tabla 5: Carga muerta azotea por losa aligerada

	Elementos	Cant.	Ud.
Losa Aligerada e =0.20m	Ladrillo	86.5	kg/m <sup>2</sup>
	Bovedilla		
	Concreto	193.5	kg/m <sup>2</sup>
	Contrapiso	100	kg/m <sup>2</sup>
	Acabado	70	kg/m <sup>2</sup>
Total		450	kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

Tabla 6: Carga muerta azotea por losa maciza

	Elementos	Cant.	Ud.
Losa Aligerada e=0.20m	Ladrillo	86.5	kg/m <sup>2</sup>
	Bovedilla		
	Contrapiso	100	kg/m <sup>2</sup>
	Acabado	70	kg/m <sup>2</sup>
Total		260	kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

### 5.3.3. Carga viva

Tabla 7: Carga viva

Total	S/C	Ud.
Cuartos	200	kg/m <sup>2</sup>
Sala asamblea	400	kg/m <sup>2</sup>
Escalera	400	kg/m <sup>2</sup>
Azotea	100	kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Propia

## 5.4. Validación de la estructura

### 5.4.1. Factor de zona (Z)

Considerando la norma de Diseño Sismorresistente E.030-2018, y de acuerdo a la ubicación del proyecto en el Departamento de Lima, Ciudad de Lima Metropolitana, Distrito de Santiago de Surco, se tiene un factor de zona  $Z=0.45$ .

Tabla 8: Factor de zona Z

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Propia, adaptado de norma técnica E.030

### 5.4.2. Parámetros de sitio (S, Tp, Tl)

De acuerdo al estudio de los suelos de lugar, evidenciados en el expediente técnico del proyecto, se denominó tipo de suelo S1, según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente describe como suelos tipo roca o suelos muy rígidos. Obteniendo como resultado de cotejar las tablas los valores de  $S1=1$ ,  $Tp=0.4$ ,  $Tl=2.5$ .

Tabla 9: Factor de Suelo S

Zona/Suelo	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1	1.05	1.1
Z3	0.8	1	1.15	1.2
Z2	0.8	1	1.2	1.4
Z1	0.8	1	1.6	2

Fuente: Propia, adaptado de norma técnica E.030

Tabla 10: Factor de Suelo S

Periodo/Suelo	S0	S1	S2	S3
Tp(s)	0.3	0.4	0.6	1
Tl(s)	3	2.5	2	1.6

Fuente: Propia, adaptado de norma técnica E.030

#### 5.4.3. Factor de amplificación sísmica (C)

Periodo fundamentad de vibración:

$$h_n = 34.52$$

$$C_T = 60$$

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{34.52}{60} = 0.575$$

Condición según Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente

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

$$T_p < T < T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_p - T_L}{T^2}\right)$$

Se obtiene que el valor de amplificación sísmica

$$C = 2.5 * \left(\frac{0.4}{0.575}\right) = 1.74$$

#### 5.4.4. Categoría de la edificación y factor de uso (U)

Según Norma técnica E.030 Sismorresistente, la categoría del proyecto es de tipo “C” Edificaciones Comunes, y de factor de uso hotel vivienda U=1.

Tabla 11: Categoría de edificaciones y factor (U)

Categoría	Descripción	Factor U
A Edificaciones Esenciales	<p>A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.</p> <p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría 41.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.</li> <li>- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul> <p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1.5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.</p>	1.3
C Edificaciones Comunes	<p>Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.</p>	1
D Edificaciones Temporales	<p>Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.</p>	

Fuente: Propia, adaptado de norma técnica E.030

#### 5.4.5. Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R)

Según norma técnica E.030 se tiene el factor de reducción sísmica, el proyecto en estudio no cuenta con irregularidades por lo tanto  $R=R_0=6$

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Tabla 12: Sistemas Estructurales

Material	Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R0
Acero	Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
	Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
	Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
	Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
	Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
	Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
	Pórticos	8
Concreto Armado	Dual	7
	De muros estructurales	6
	Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería	Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	Madera	7

Fuente: Propia, adaptado de norma técnica E.030

#### 5.5. Análisis líneas estático

##### 5.5.1. Estimación del peso

Para la estimación del peso sísmico se consideró el 100% de carga muerta + 25% de la carga viva, según norma E.030 para edificaciones de categoría C.

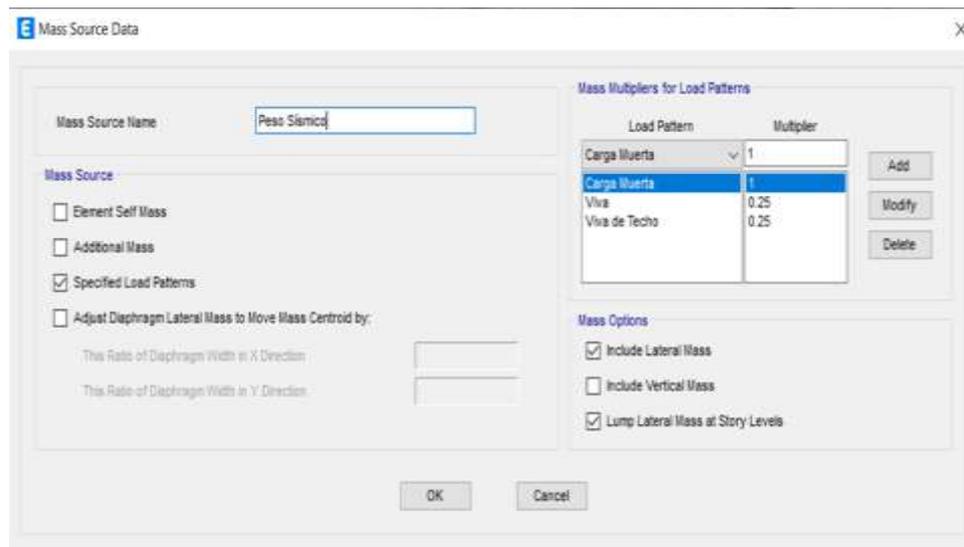


Figura 16: Incorporación del Peso sísmico de la estructura en Etabs

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Los valores de los pesos sísmicos por nivel son obtenidos del programa Etabs v19 visualizados en la Tabla 13, donde el peso de la estructura es de 5071.26 tonf.

Tabla 13: Peso sísmico por piso

Nivel	hei (m)	P (tonf)
Story11	2.82	439.32
Story10	2.82	424.35
Story9	2.82	461.34
Story8	2.82	476.61
Story7	2.82	461.34
Story6	2.82	461.34
Story5	2.82	461.34
Story4	2.82	448.44
Story3	2.82	452.11
Story2	2.82	461.8
Story1	3.45	523.27

Fuente: Propia

### 5.5.2. Fuerza cortante de entrepiso

Tabla 14: Fuerzas estáticas equivalentes eje X

Nivel	he <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	F <sub>i</sub> (Tn)	V <sub>i</sub> (Tn)
Story11	2.82	31.65	60.26	60.26
Story10	2.82	28.83	58.17	118.42
Story9	2.82	26.01	51.96	170.38
Story8	2.82	23.19	46.32	216.70
Story7	2.82	20.37	37.95	254.66
Story6	2.82	17.55	31.34	286.00
Story5	2.82	14.73	25.02	311.02
Story4	2.82	11.91	18.51	329.53
Story3	2.82	9.09	13.19	342.72
Story2	2.82	6.27	8.36	351.08
Story1	3.45	3.45	4.38	355.46

Fuente: Propia

Tabla 15: Fuerzas estáticas equivalentes eje Y

Nivel	he <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> (m)	F <sub>i</sub> (Tn)	V <sub>i</sub> (Tn)
Story11	2.82	31.65	142.49	142.49
Story10	2.82	28.83	141.48	283.97
Story9	2.82	26.01	130.15	414.12
Story8	2.82	23.19	119.88	533.99
Story7	2.82	20.37	101.93	635.92
Story6	2.82	17.55	87.82	723.73
Story5	2.82	14.73	73.70	797.44
Story4	2.82	11.91	57.93	855.37
Story3	2.82	9.09	44.57	899.94
Story2	2.82	6.27	31.40	931.34
Story1	3.45	3.45	19.52	950.86

Fuente: Propia

### 5.5.3. Fuerza cortante basal

Se realizará el análisis estático, en cada entrepiso de acuerdo a lo indicado en la norma E.030. El peso sísmico total de la estructura se tomará de acuerdo a la Tabla 14. El factor de amplificación sísmica, se calcula en ambas direcciones para los periodos fundamentales.  $T_P=0.4$  y  $T_L=2.5$ .

- Dirección X:

Donde el periodo  $T_X=1.07$  s, el factor de amplificación sísmica  $C_x$ .

$$T_p < T_X < T_L \rightarrow C_x = 2.5 * \left(\frac{0.4}{1.07}\right) = 0.935$$

Se verifica que:

$$\frac{C_x}{R} \geq 0.11 \rightarrow \left(\frac{0.935}{6}\right) = 0.156 \text{ Cumple}$$

Constante del exponente k para la distribución de fuerzas sísmicas por nivel en función del periodo en la dirección X, indicado en la norma E. 0.30.

$$T_X > 1 \rightarrow k = (0.75 + 0.5T_x) \leq 2$$

$$k = 1.285$$

Coefficiente de la cortante sísmica en la base en función del peso sísmico en la dirección X.

$$V_x = \frac{0.45 * 1 * 0.935 * 1}{6} * P = 0.070 * P$$

Incorporación del coeficiente sísmico, incluyendo excentricidad accidental del 5% en la dirección X en Etabs.

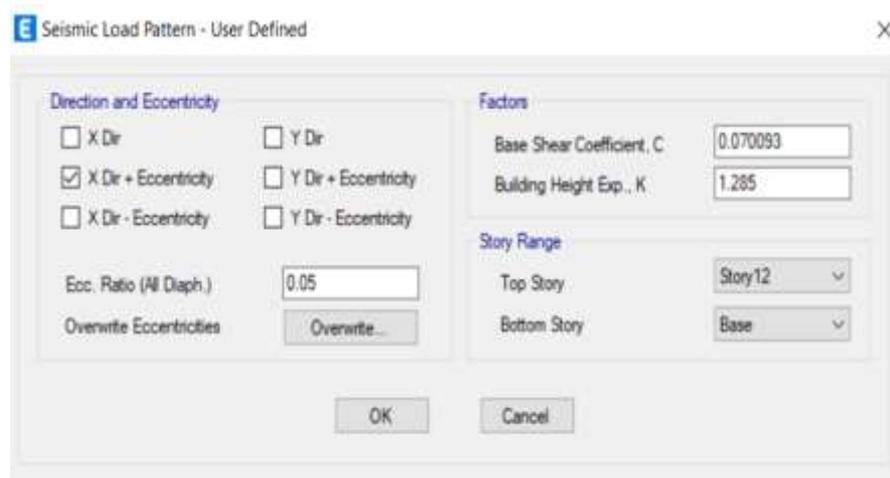


Figura 17: Incorporación de factores de carga de sismo en la dirección X

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Fuerza cortante en la dirección X:

$$V_x = \frac{0.45 * 1 * 0.935 * 1}{6} * 5071.26 = 355.46 \text{ tonf.}$$

- Dirección Y:

Donde el periodo  $T_Y = 0.32$  s, el coeficiente de amplificación sísmica  $C_y$ .

$$T_Y < T_p \rightarrow C_y = 2.5$$

Se verifica que:

$$\frac{C_y}{R} \geq 0.11 \rightarrow \left(\frac{2.5}{6}\right) = 0.417 \text{ Cumple}$$

Constante de la exponente k para la distribución de fuerzas sísmicas por nivel en función del periodo en la dirección Y, indicado en la norma E. 0.30.

$$T_y \leq 1 \rightarrow k_y = 1$$

Coeficiente de la cortante sísmica en la base en función del peso sísmico en la dirección Y.

$$V_y = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1}{6} * P = 0.1 * P$$

Incorporación del coeficiente sísmico, incluyendo excentricidad accidental del 5% en la dirección Y en Etabs.

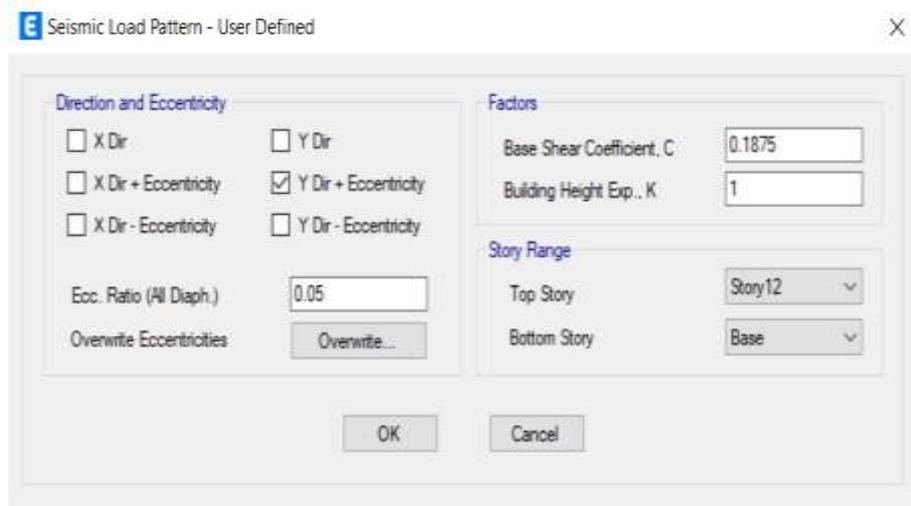


Figura 18: Incorporación de factores de carga de sismo en la dirección Y

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Fuerza cortante en la dirección Y:

$$V_y = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1}{6} * 5071.26 = 950.86 \text{ tonf.}$$

## 5.6. Análisis Lineal dinámico

### 5.6.1. Análisis modal espectral

Para el análisis Modal - Eigen se consideró 18 modos de vibración visualizados en el Anexo 4 y para el Modal - Ritz se consideró 21 modos de vibración, debido a que, con este valor mínimo, la sumatoria de las sus masas participativas superaron el 90% de la masa total de la edificación.

En el Anexo 5 muestra que en la dirección X la masa participativa a partir del modo 14 en un 92.65%; en la dirección Y la masa participativa a partir del modo 15 es de 91.75%, ambas direcciones traslacionales superan el 90%. Se determinó que el periodo fundamental de la estructura es 1.07 segundos por presentar un porcentaje de masa participativa del 69.55% en el eje X

### 5.6.2. Espectro de aceleraciones

Definimos el espectro inelástico de pseudo - aceleraciones indicado en la norma E. 030, que relaciona el periodo y la aceleración espectral.

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

Se consideró un espectro de pseudo – aceleraciones en función de la gravedad para cada dirección de análisis X e Y mostradas en la Figura 19 y Figura 20, respectivamente.

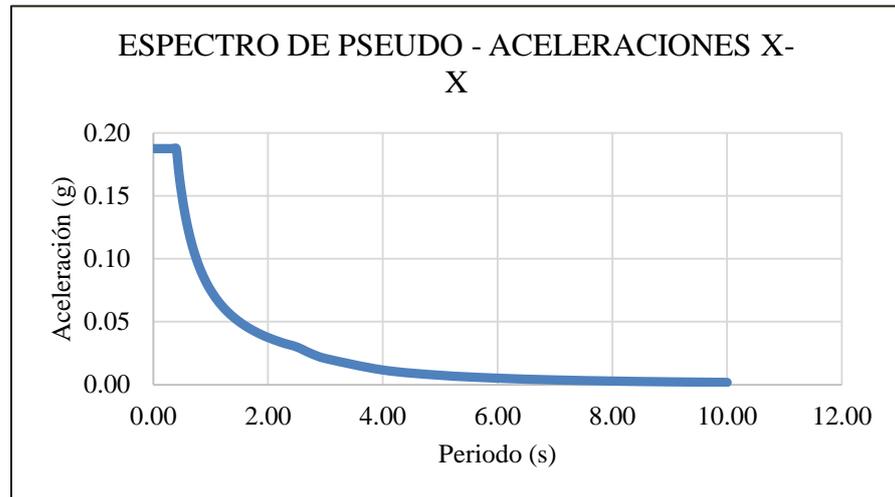


Figura 19: Espectro de aceleración en la dirección X

Fuente: Propia

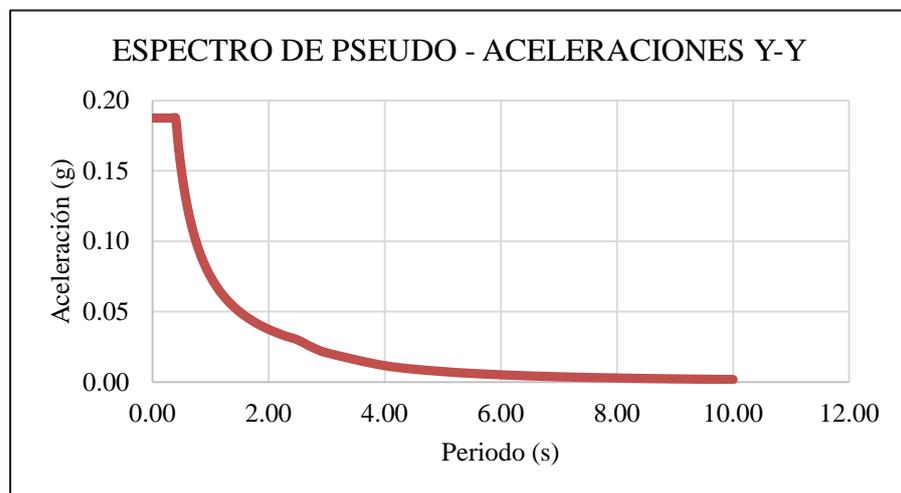


Figura 20: Espectro de aceleración en la dirección Y

Fuente: Propia

Incorporación de parámetros de carga del sismo dinámico incluyendo excentricidad de diafragma del 5% en la dirección X en Etabs, ver Figura 21.

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: SDN X-X lineal [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro X-X R=6	9.81

[Add] [Delete]  Advanced

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

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

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

[OK] [Cancel]

Figura 21: Incorporación de caso de carga sismo dinámico lineal en la dirección X

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Incorporación de parámetros de carga del sismo dinámico incluyendo excentricidad de diafragma del 5% en la dirección Y en Etabs, ver Figura 22.

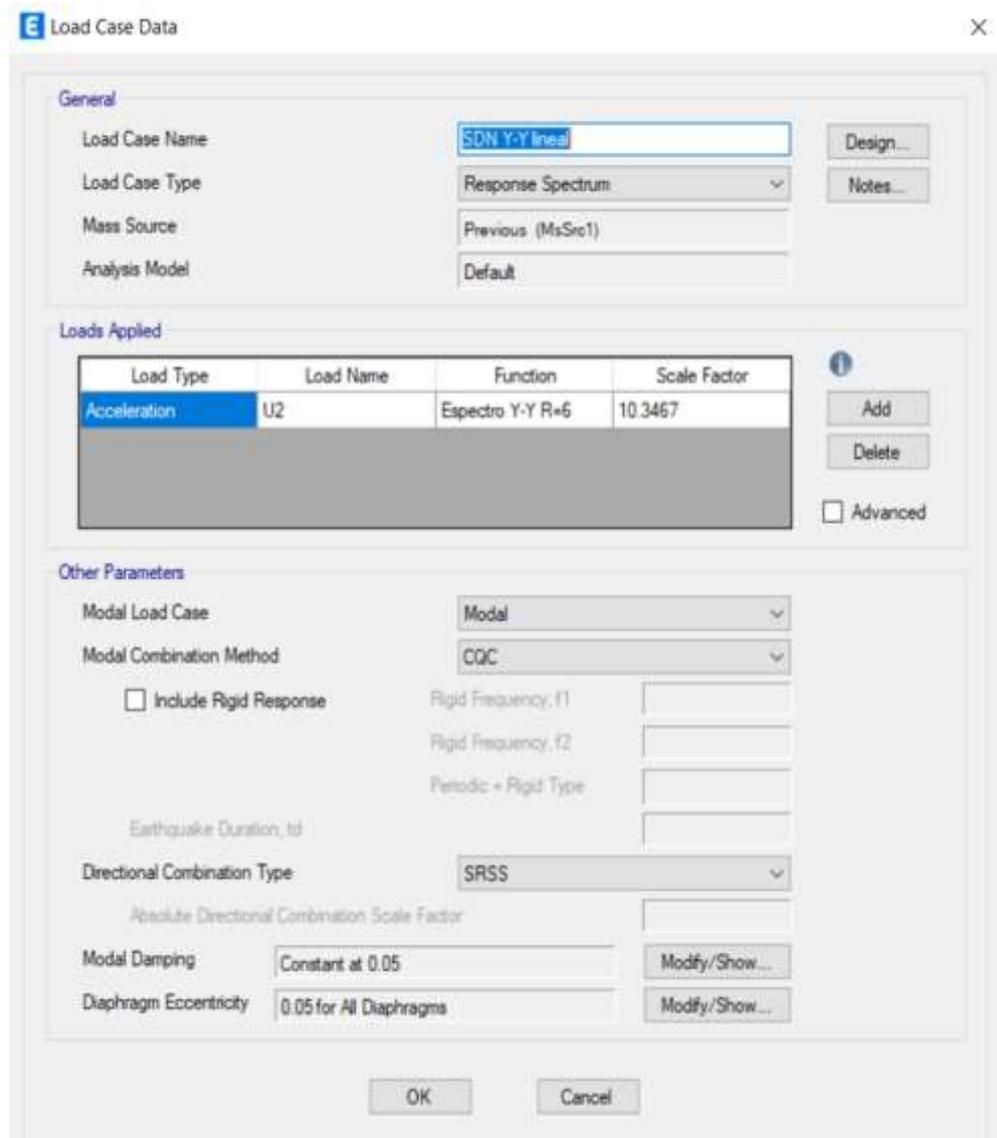


Figura 22: Incorporación de caso de carga sismo dinámico lineal en la dirección Y

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

### 5.6.3. Fuerza cortante dinámicas en la base

Se muestran en la las fuerzas cortantes en la base del sismo estático y sismo dinámico en cada dirección ortogonal a la estructura, ver Tabla 16.

Tabla 16: Fuerzas cortantes en la base, dirección X e Y

Load Case/Combo	FX (tonf)	FY (tonf)
Sismo Estático X-X	-355.4623	0
Sismo Estático Y-Y	-6.69E-07	-950.8616
Sismo Dinámico X-X Max	300.2452	31.6594
Sismo Dinámico Y-Y Max	33.3915	721.24

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Según la norma E. 030-2018, indica que la fuerza cortante del primer entepiso de la estructura no puede ser menor que el 80% de la fuerza cortante estática en ambas direcciones para estructurales regulares.

Fuerza cortante dinámica en el eje X.

$$V_{dinámicaX} > 80\%V_{estáticaX}$$

$$V_{dinámicaX} = 300.25 \text{ tonf} > 284.37 \text{ tonf}$$

Por lo tanto, la cortante dinámica de diseño en el eje X

$$V_{dinámicaX} = 300.25 \text{ tonf.}$$

Fuerza cortante dinámica en el eje Y.

$$V_{dinámicaY} > 80\%V_{estáticaY}$$

$$V_{dinámicaY} = 950.86 \text{ tonf} < 760.69 \text{ tonf}$$

Por lo tanto, requiere un factor de escala F.E.

$$F.E = \frac{80\% * V_{estáticaY}}{V_{dinámicaY}} = 1.0547$$

Por lo tanto, la cortante dinámica de diseño en el eje Y.

$$V_{dinámicaY} = 760.69 \text{ tonf.}$$

#### 5.6.4. Derivas de Entrepiso

Los desplazamientos inelásticos se obtendrán multiplicando desplazamientos obtenidos del análisis lineal y elástico por  $0.75 * R$  para estructuras regulares, según norma E.030.

Las derivas inelásticas máximas de entrepiso no deberán exceder la deriva permisible, para estructuras de concreto armado 0.007, indicado en la norma E.030, ver Tabla 17 y Tabla 18.

Tabla 17: Sismo dinámico en X

Piso	He (m)	Deriva	Deriva*0.75R	Desp.(m)	Estado
Story11	2.82	0.00109	0.00488	0.00306	Ok
Story10	2.82	0.00119	0.00535	0.00335	Ok
Story9	2.82	0.00125	0.00562	0.00352	Ok
Story8	2.82	0.00130	0.00584	0.00366	Ok
Story7	2.82	0.00132	0.00596	0.00373	Ok
Story6	2.82	0.00132	0.00593	0.00371	Ok
Story5	2.82	0.00128	0.00574	0.00360	Ok
Story4	2.82	0.00119	0.00535	0.00335	Ok
Story3	2.82	0.00105	0.00470	0.00295	Ok
Story2	2.82	0.00081	0.00365	0.00228	Ok
Story1	3.45	0.00044	0.00196	0.00150	Ok

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

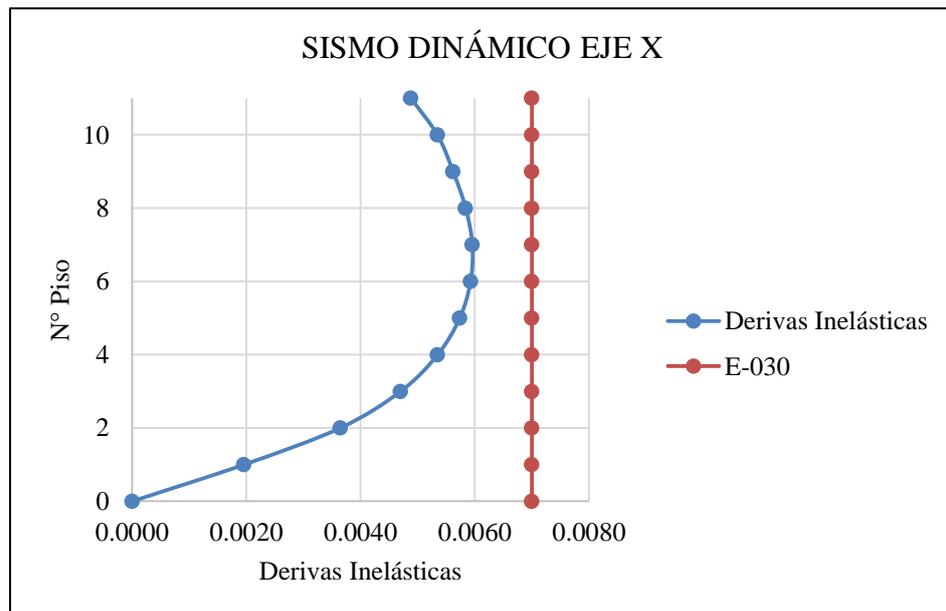


Figura 23. Derivas de entrepiso en la dirección X

Fuente: Propia

Tabla 18: Sismo dinámico en Y

Piso	He (m)	Deriva	Deriva * 0.75R	Desp.(m)	Estado
Story11	2.82	0.00023	0.00105	0.00066	Ok
Story10	2.82	0.00025	0.00114	0.00071	Ok
Story9	2.82	0.00027	0.00122	0.00076	Ok
Story8	2.82	0.00028	0.00126	0.00079	Ok
Story7	2.82	0.00029	0.00129	0.00081	Ok
Story6	2.82	0.00028	0.00128	0.00080	Ok
Story5	2.82	0.00028	0.00124	0.00078	Ok
Story4	2.82	0.00026	0.00117	0.00073	Ok
Story3	2.82	0.00024	0.00106	0.00066	Ok
Story2	2.82	0.00020	0.00092	0.00058	Ok
Story1	3.45	0.00015	0.00068	0.00052	Ok

Fuente: Elaboración propia.

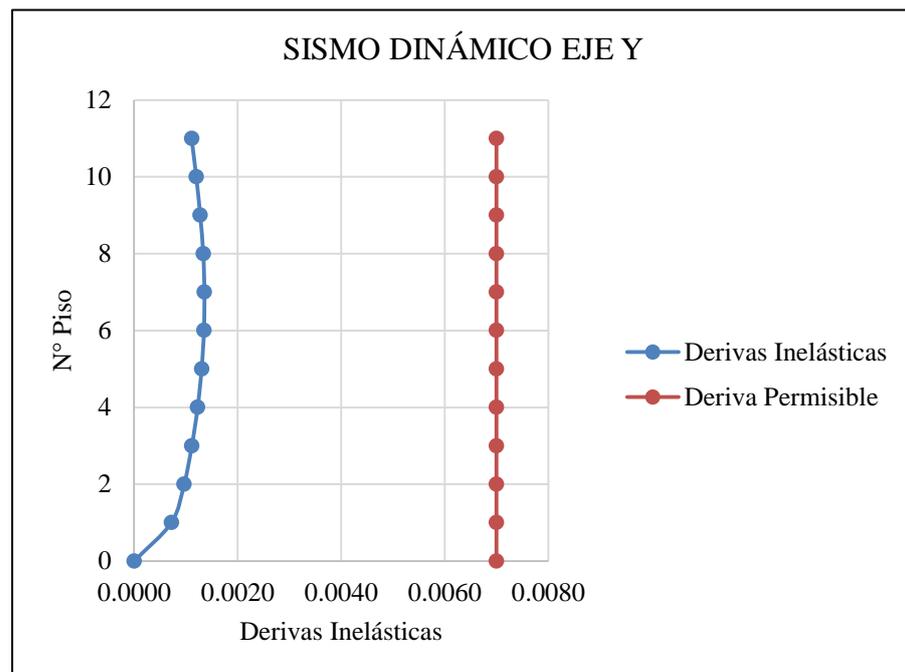


Figura 24: Derivas de entrepiso en la dirección Y

Fuente: Propia

## 5.7. Análisis dinámico no lineal tiempo historia (THNL)

### 5.7.1. Espectro base Pseudo aceleraciones

El espectro de diseño base es calculado con coeficiente de reducción  $R=1$ , según indica la norma E.030.

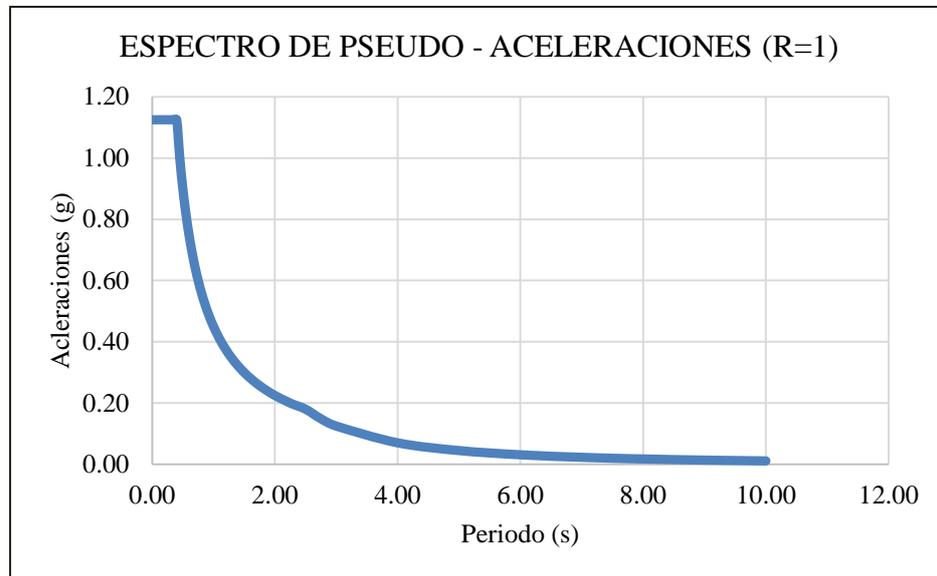


Figura 25: Espectro de diseño base de pseudo aceleraciones  $R=1$

Fuente: Propia

### 5.7.2. Selección de registros

La normativa ASCE 7-16 en su capítulo 8, indica que “para realizar un análisis tiempo historia debe de considerarse no menos de 7 pares de aceleración horizontales”. Estos registros de aceleraciones han sido seleccionados de estaciones sobre suelo rígido análogos al tipo de suelo y ubicados en la zona sísmica 4 de la estructura en estudio.

En la presente investigación se obtuvo los registros sísmicos en las direcciones Este-Oeste (EW) y Norte-Sur (NS) de la red acelerográfica CISMID – REDACIS.

Tabla 19: Selección de registros sísmicos

Fecha Evento	Estación	Magnitud	EW (gal)	NS (gal)	N° Muestras
31/06/1951	Parque de la reserva	6.0ml	-60.35	45.71	1846
17/10/1966	Parque de la reserva	8.1mw	-180.56	268.24	3283
31/05/1970	Parque de la reserva	6.6mb	-105.05	-97.81	2255
05/01/1974	Parque de la reserva	6.1mb	-66.72	-71.63	1804
03/10/1974	Parque de la reserva	6.6mb	-194.21	180.09	1899
03/11/1974	Parque de la reserva	6mb	46.28	-69.96	2391
02/08/2012	CENEP	6m	-81.466	87.24	24000

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

### 5.7.3. Tratamiento de registros sísmicos

Los registros sísmicos seleccionados han sido corregidos en sus dos direcciones por línea base para los valores de lo acelerogramas que se encuentran desfasados respecto a la línea cero de aceleraciones y filtrado que reducen los errores de frecuencias con el software Seismo Signal.

Según la norma E.030, indica que los registros sísmicos deberán ser escalados para cada par de componentes horizontales tomando la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados (SRSS), ambas componentes son escalados por un mismo factor con un periodo mínimo  $1.2T$  y un periodo máximo  $1.5T$ , tal que el promedio de los valores espectrales SRSS no sea menor que el espectro de diseño base.

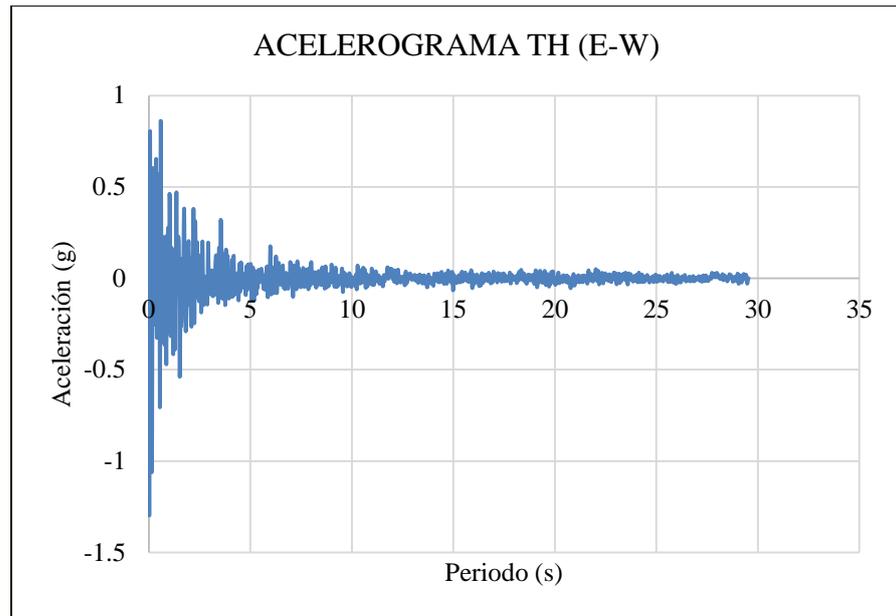


Figura 26: Sismo 1951 EW, aceleración máx. 0.862g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

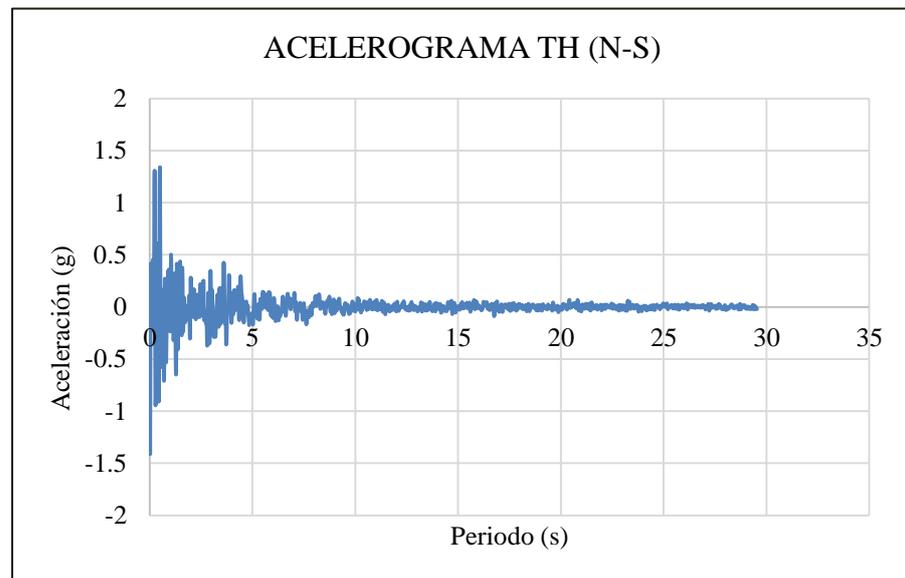


Figura 27: Sismo 1951 NS, aceleración máx. 1.341g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

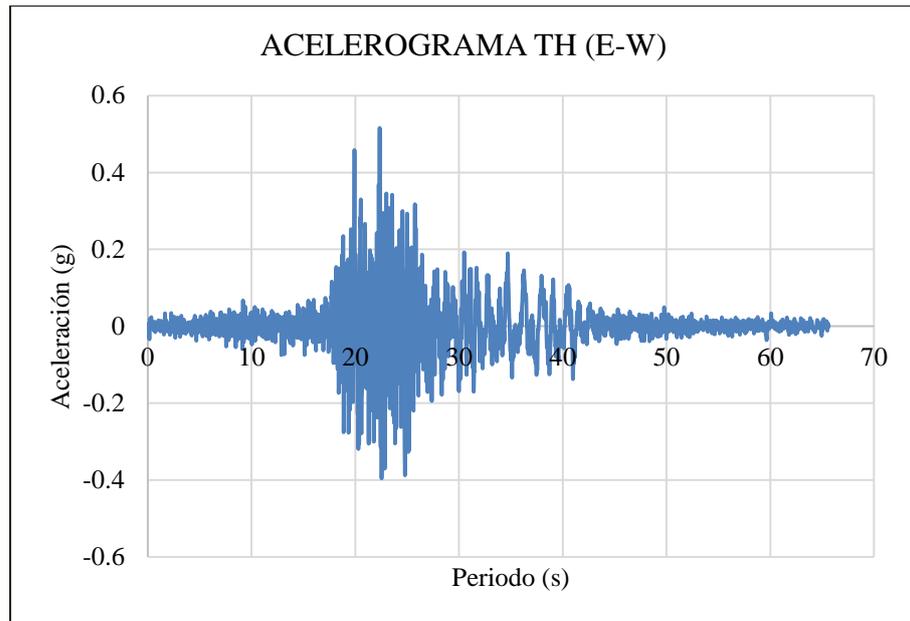


Figura 28: Sismo 1966 EW, aceleración máx. 0.516g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

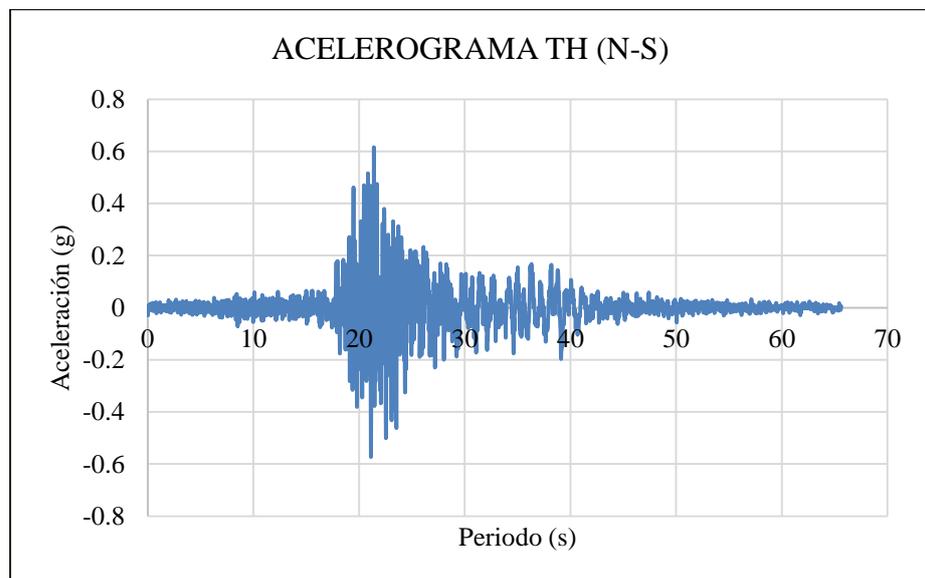


Figura 29: Sismo 1966 NS aceleración máx. 0.616g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

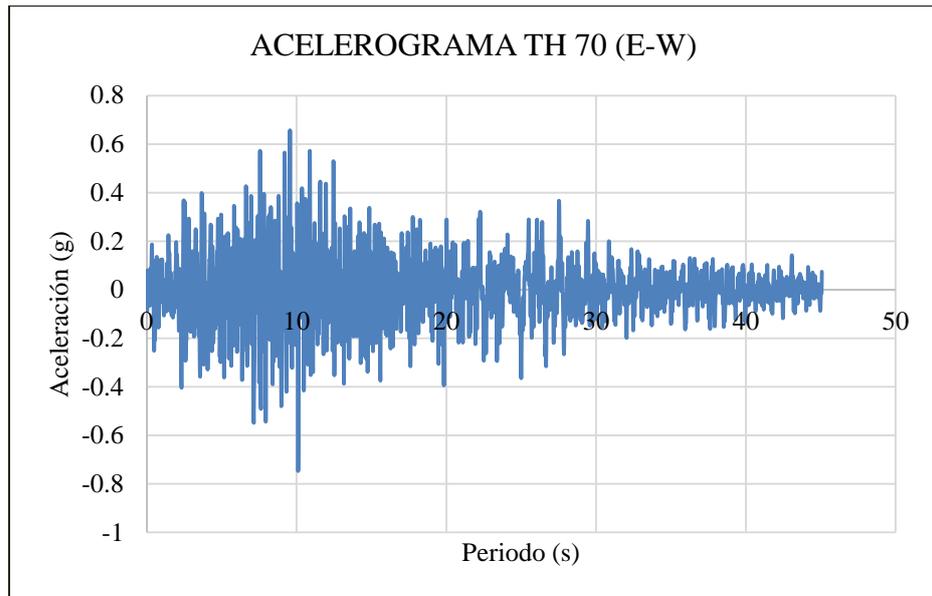


Figura 30: Sismo Ancash 1970 EW, aceleración máxima 0.657g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

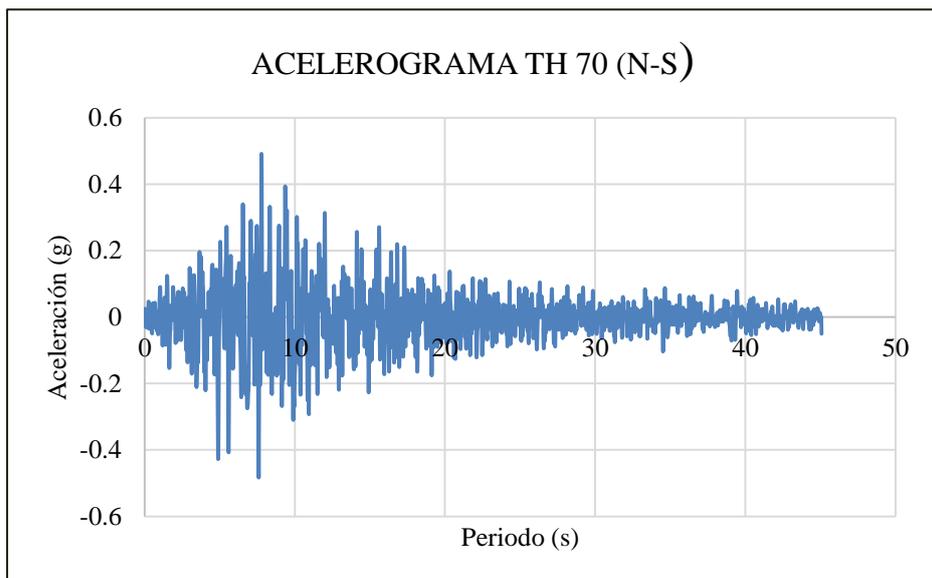


Figura 31: Sismo Ancash 1970 NS, aceleración máx. 0.492g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

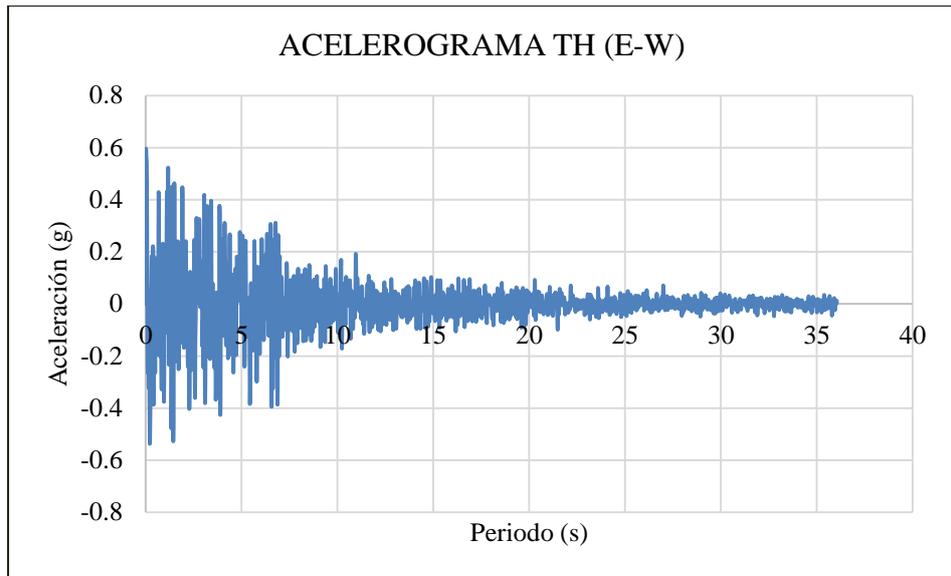


Figura 32: Sismo Ancash Ene-1974 EW, aceleración máx. 0.596g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

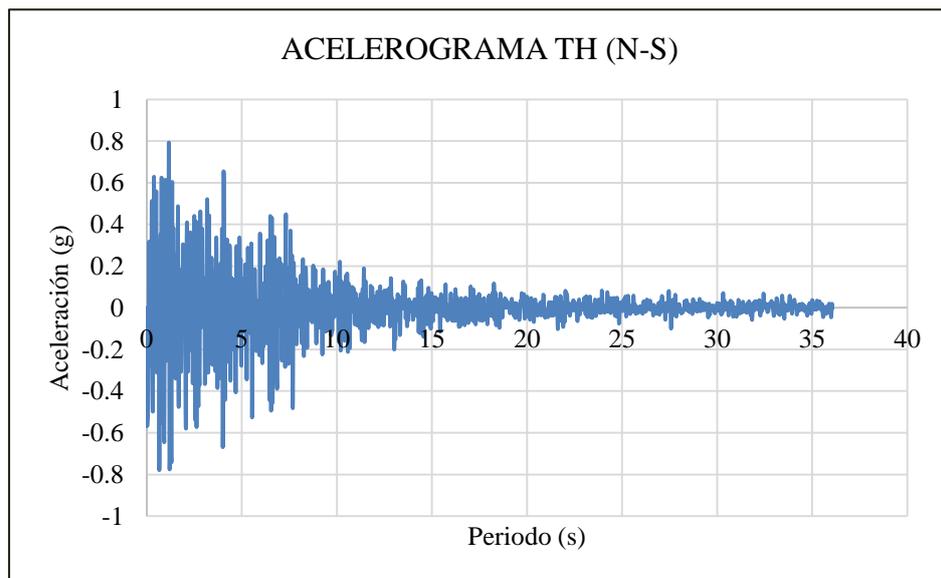


Figura 33: Sismo Ancash Ene-1974 NS, aceleración máx. 0.793g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

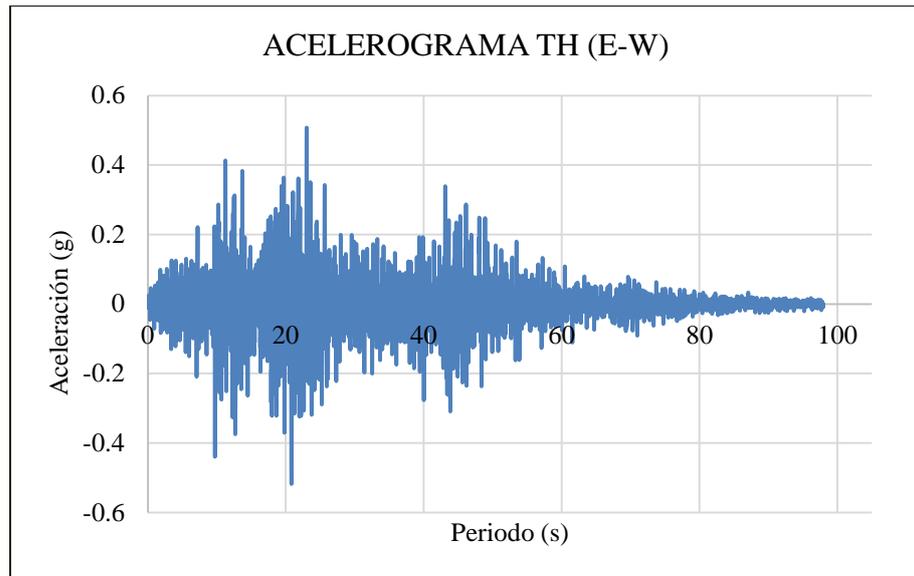


Figura 34: Sismo Ancash Oct-1974 EW, aceleración máx. 0.508g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

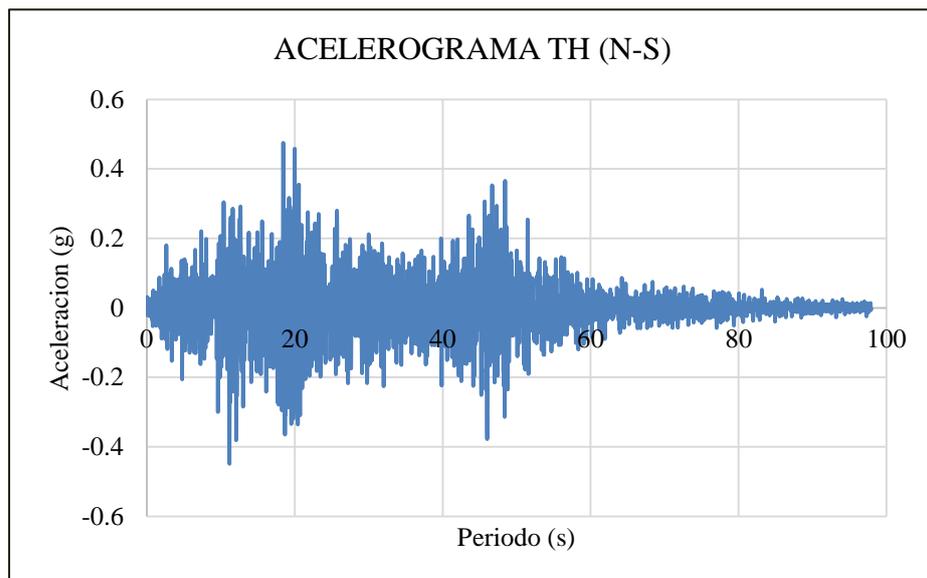


Figura 35: Sismo Ancash Oct-1974 NS, aceleración máx. 0.475g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

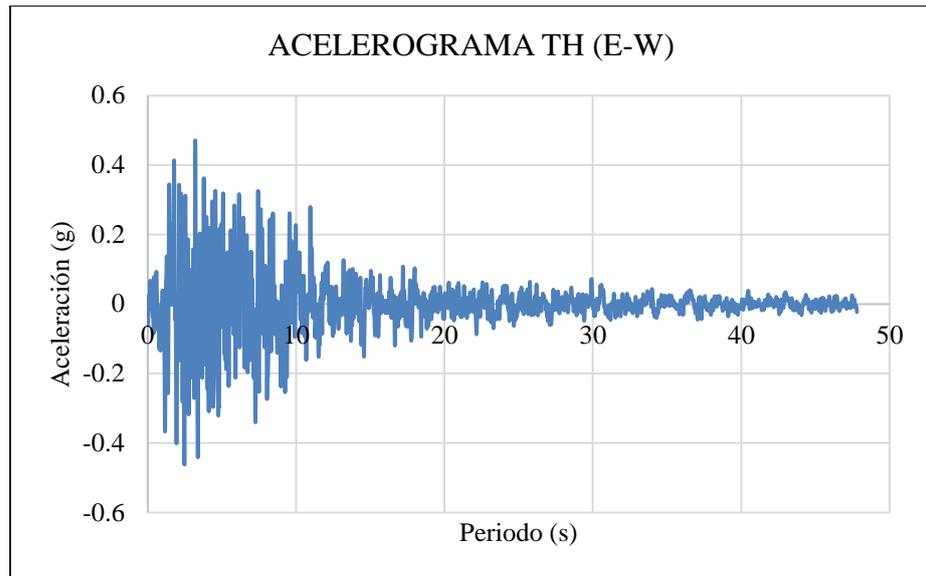


Figura 36: Sismo Ancash Nov-1974 EW aceleración máx. 0.471g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

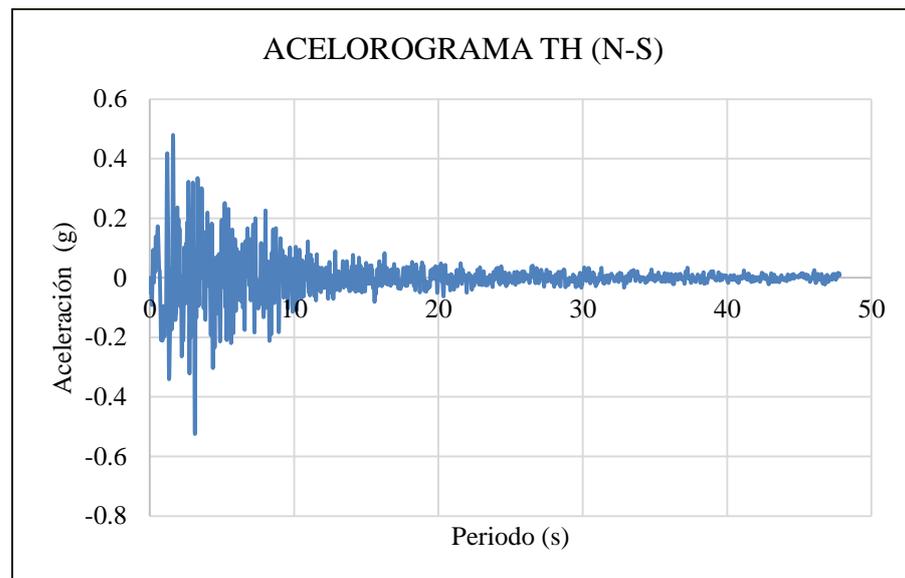


Figura 37: Sismo Ancash Nov-1974 NS, aceleración máx. 0.480g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

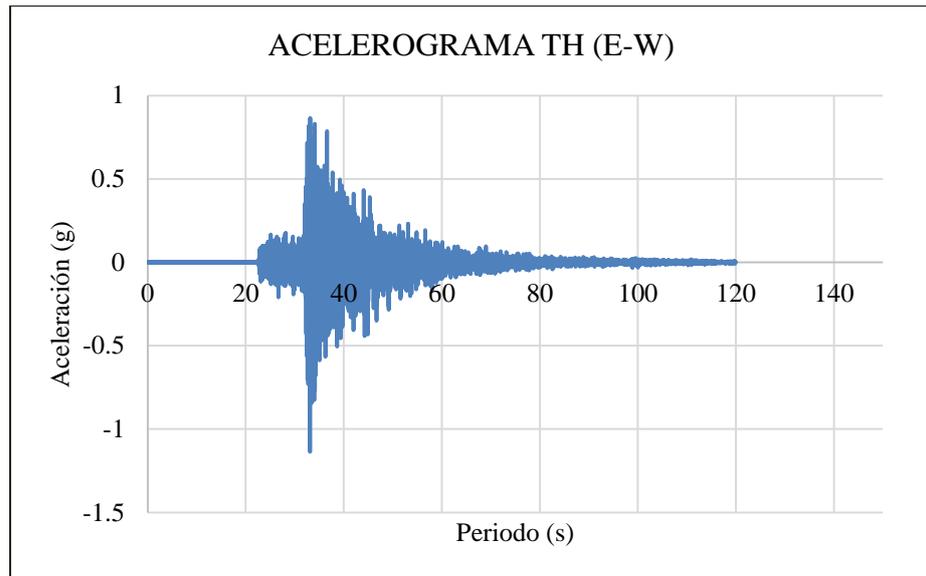


Figura 38: Sismo Ancash 2021 EW aceleración máx. 0.866g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

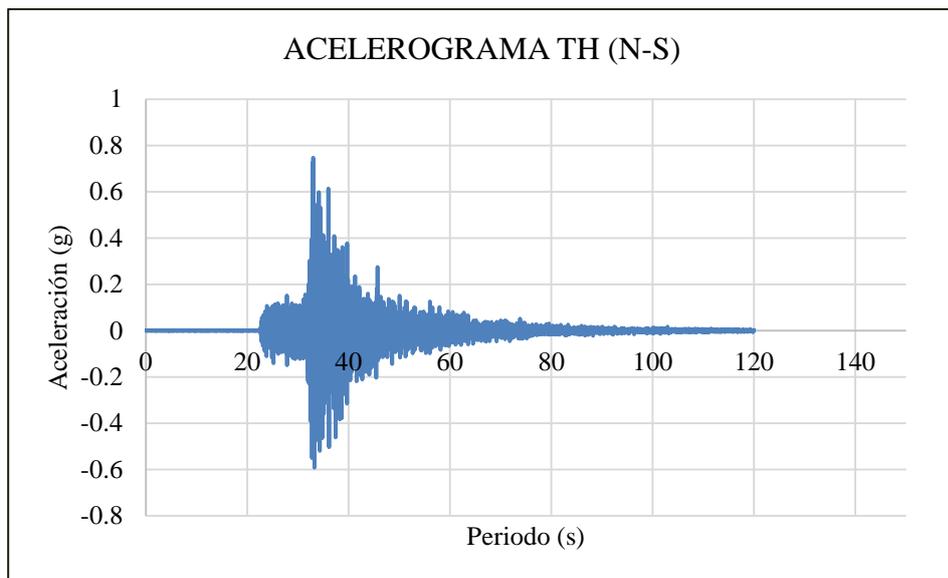


Figura 39: Sismo Ancash 2021 NS, aceleración máx. 0.747g

Fuente: Propia, adaptado de CISMID

#### 5.7.4. Verificación de espectros

En la Figura 42, muestra el espectro de aceleraciones SRSS y el promedio de las aceleraciones en dirección EW y NS respectivamente, siendo estas por encima del rango del periodo mínimo 0.214s y máximo de 1.605s.

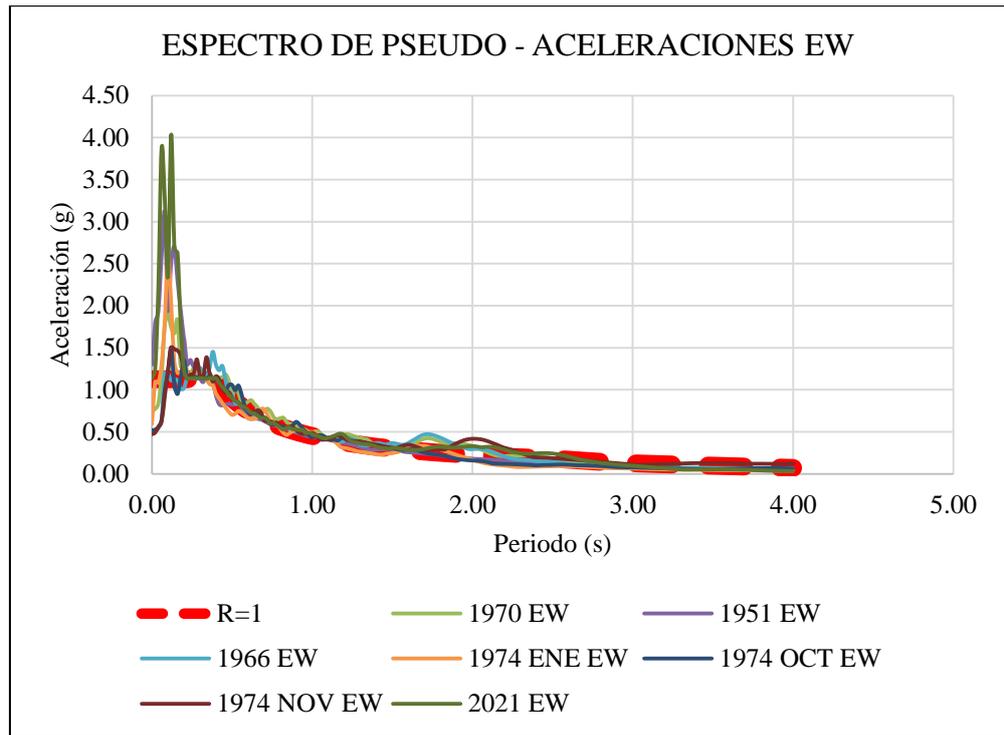


Figura 40: Espectro de pseudo- aceleraciones escalados dirección EW

Fuente: Propia

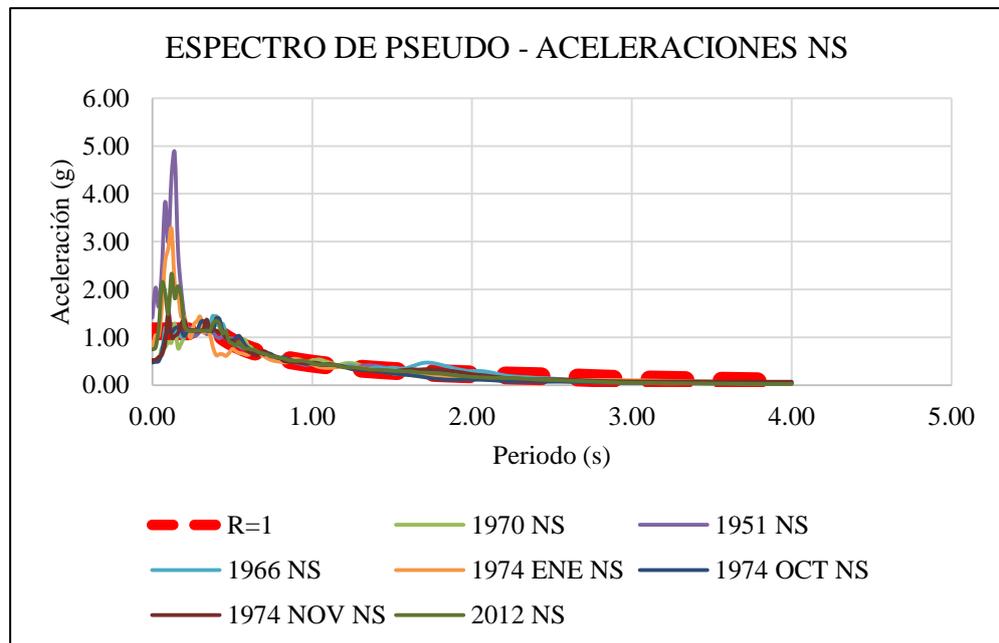


Figura 41: Espectro de pseudo - aceleraciones escalados dirección NS

Fuente: Propia

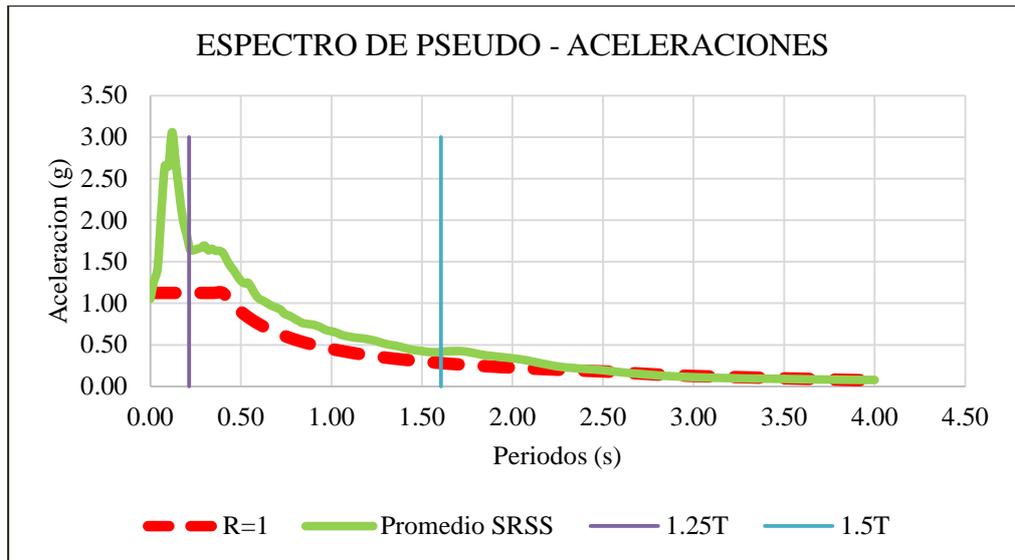


Figura 42: Espectro de pseudo- aceleraciones promedio dirección EW-NS

Fuente: Propia

### 5.7.5. Diseño de disipadores SLB

Para este proceso se prediseña por el método de iteración directa, utilizando el Plugin Dissipa SLB 4gen V21.1.1 para la incorporación de parámetros no lineal en Etabs.

Para el prediseño de los disipadores se analizará con la envolvente de combinación de cargas de la norma E 060, obteniendo la fuerza cortante máxima ejercidas en los disipadores SLB.

Tabla de Resultados:

Tipo	Piso	Vmax	Cmax	Vmax	Cmax	Vmax	Cmax
New 11	421	146.70	0.013,0	93.00	146.28	0.013,0	93.00
New 11	446	216.85	0.013,0	146.70	216.87	0.013,0	146.70
New 11	522	88.44	0.013,0	47.40	88.07	0.013,0	47.40
New 10	60	202.20	0.013,0	146.70	216.87	0.013,0	146.70
New 10	197	216.89	0.013,0	146.70	216.87	0.013,0	146.70
New 10	44	76.80	0.013,0	47.40	88.07	0.013,0	47.40
New 9	44	202.20	0.013,0	146.70	216.87	0.013,0	146.70
New 9	446	216.89	0.013,0	146.70	216.87	0.013,0	146.70
New 9	44	88.44	0.013,0	47.40	88.07	0.013,0	47.40
New 8	44	216.70	0.013,0	146.70	216.87	0.013,0	146.70
New 8	446	202.17	0.013,0	146.28	216.83	0.013,0	146.40
New 8	44	88.11	0.013,0	46.30	100.07	0.013,0	46.30
New 7	44	246.73	0.013,0	146.70	216.87	0.013,0	146.70
New 7	446	202.88	0.013,0	146.30	246.83	0.013,0	216.40

Figura 43: Prediseño de disipadores

Fuente: Propia, extraído de Plugin Dissipa

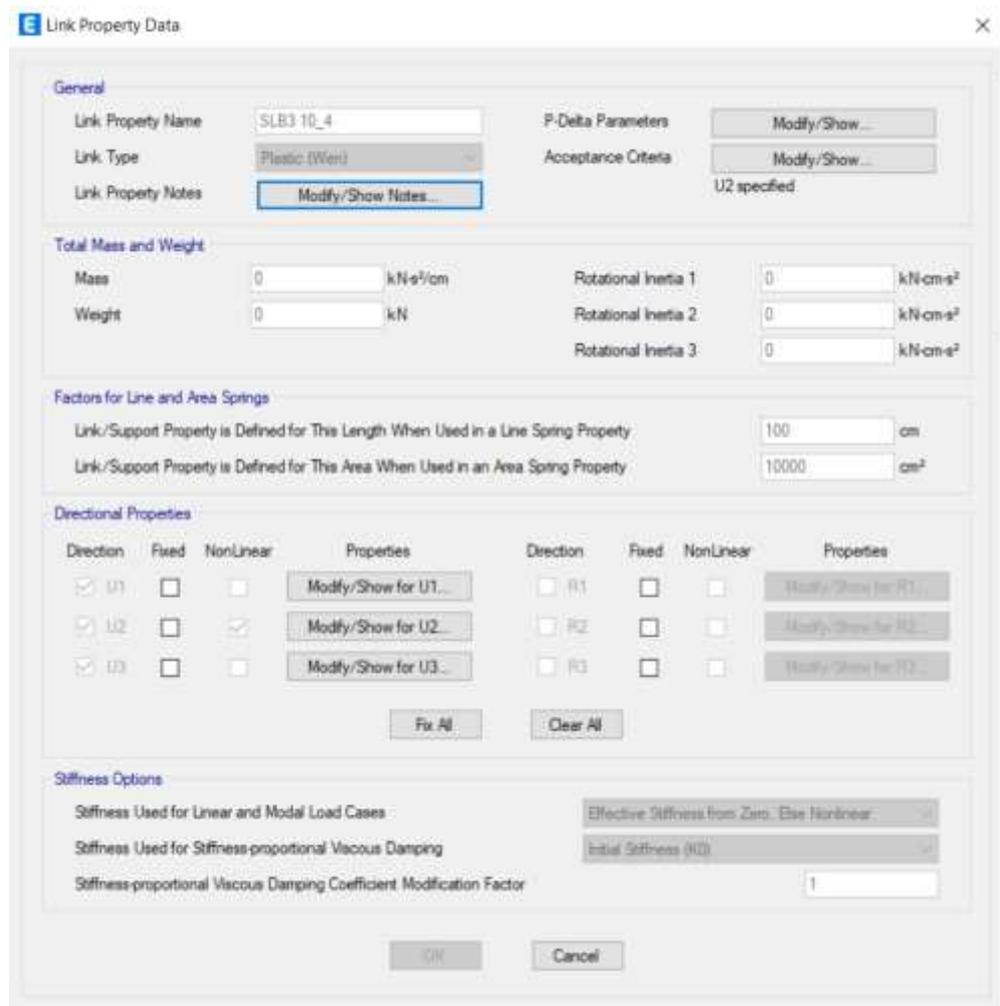


Figura 44: Introducción de los parámetros no lineales de los disipadores SLB

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Se incorporó disipadores SLB de tercera generación con muros desacoplados en la dirección X eje E y D en la estructura con muros estructurales, ubicación en planta ver Figura 45, elevación en la Figura 46 y Figura 47.

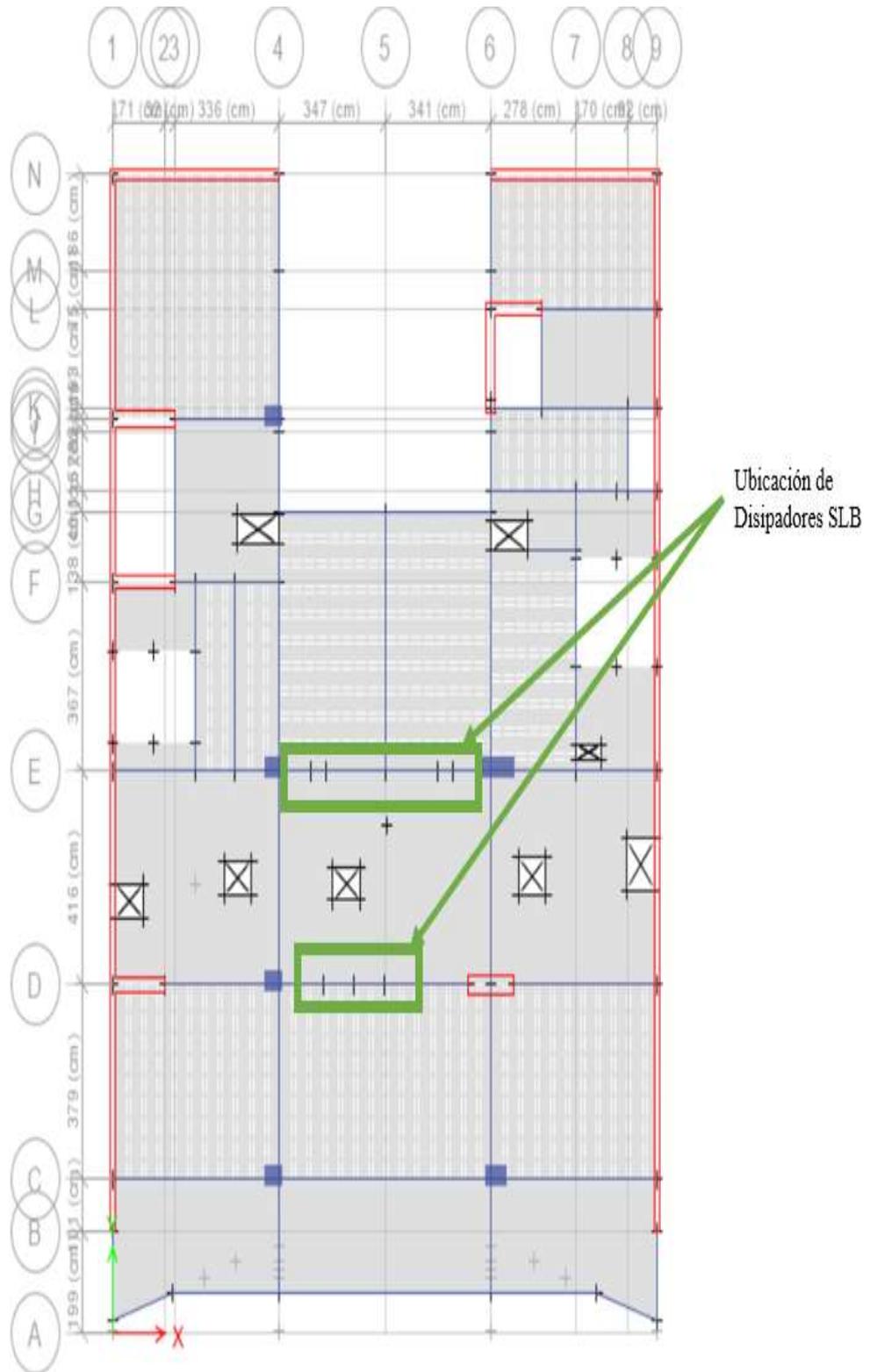


Figura 45: Ubicación en planta de los disipadores SLB

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

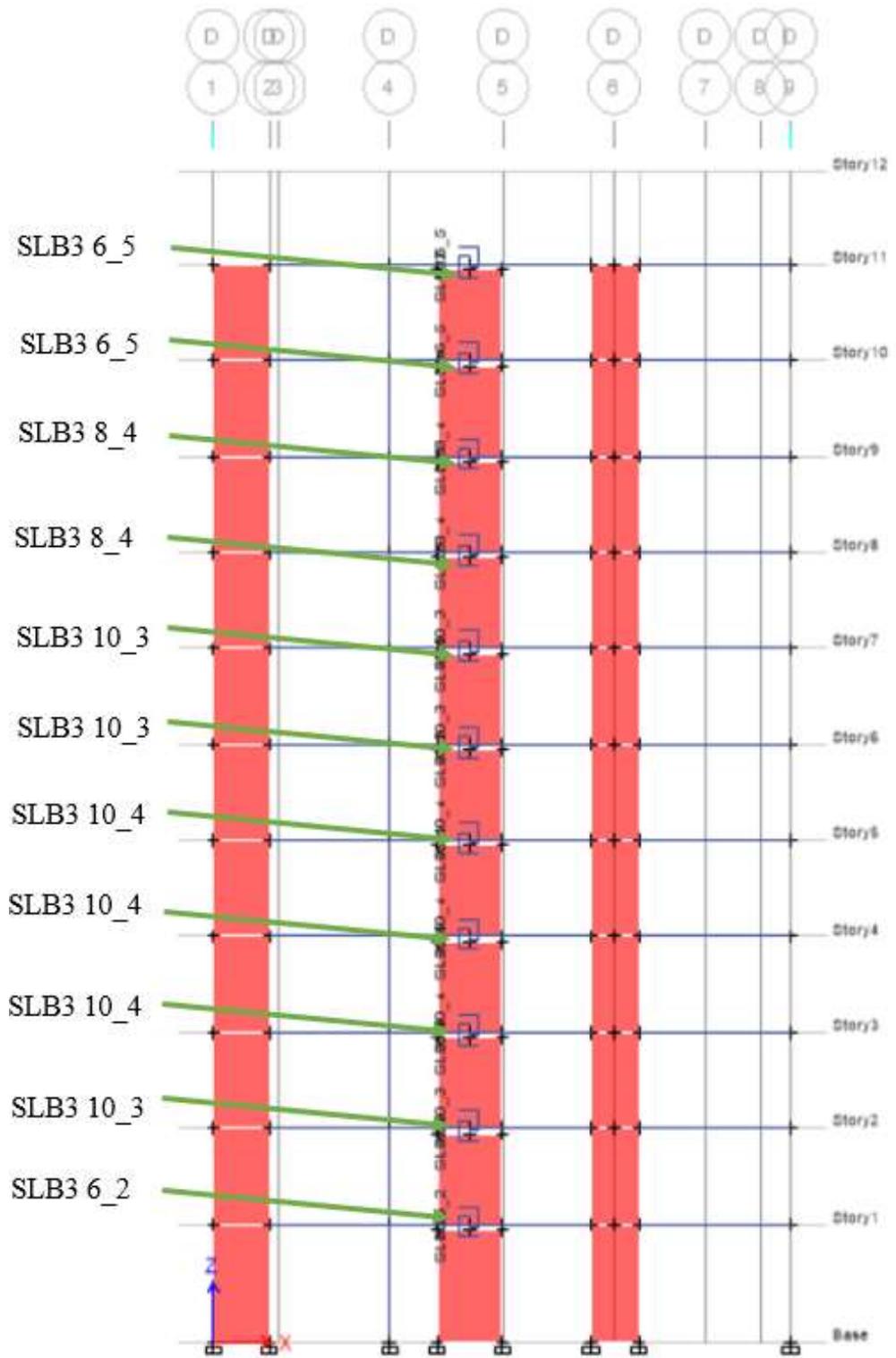


Figura 46: Instalación de los dispositivos SLB eje D

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

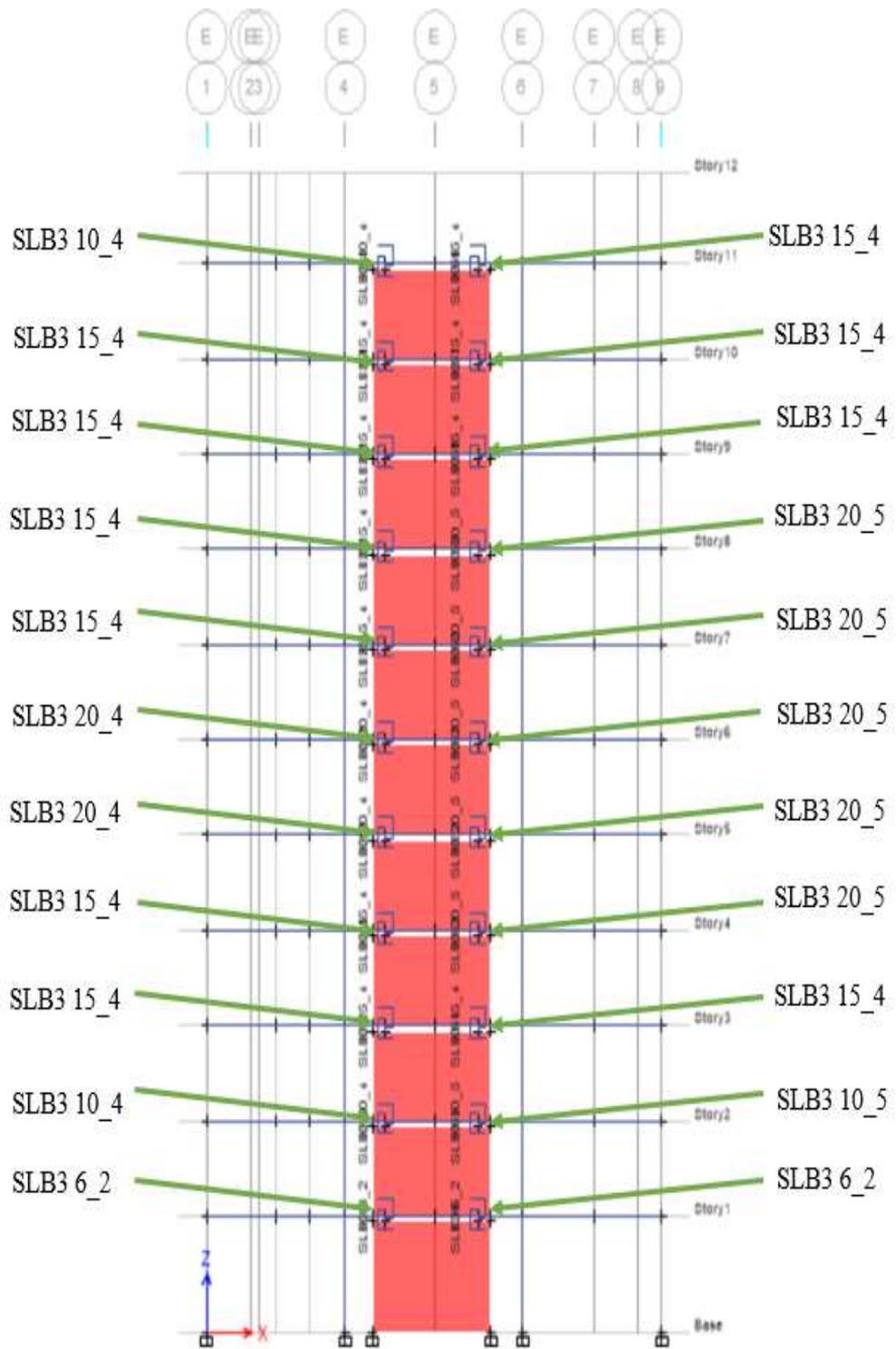


Figura 47: Instalación de los dispositivos SLB eje E

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

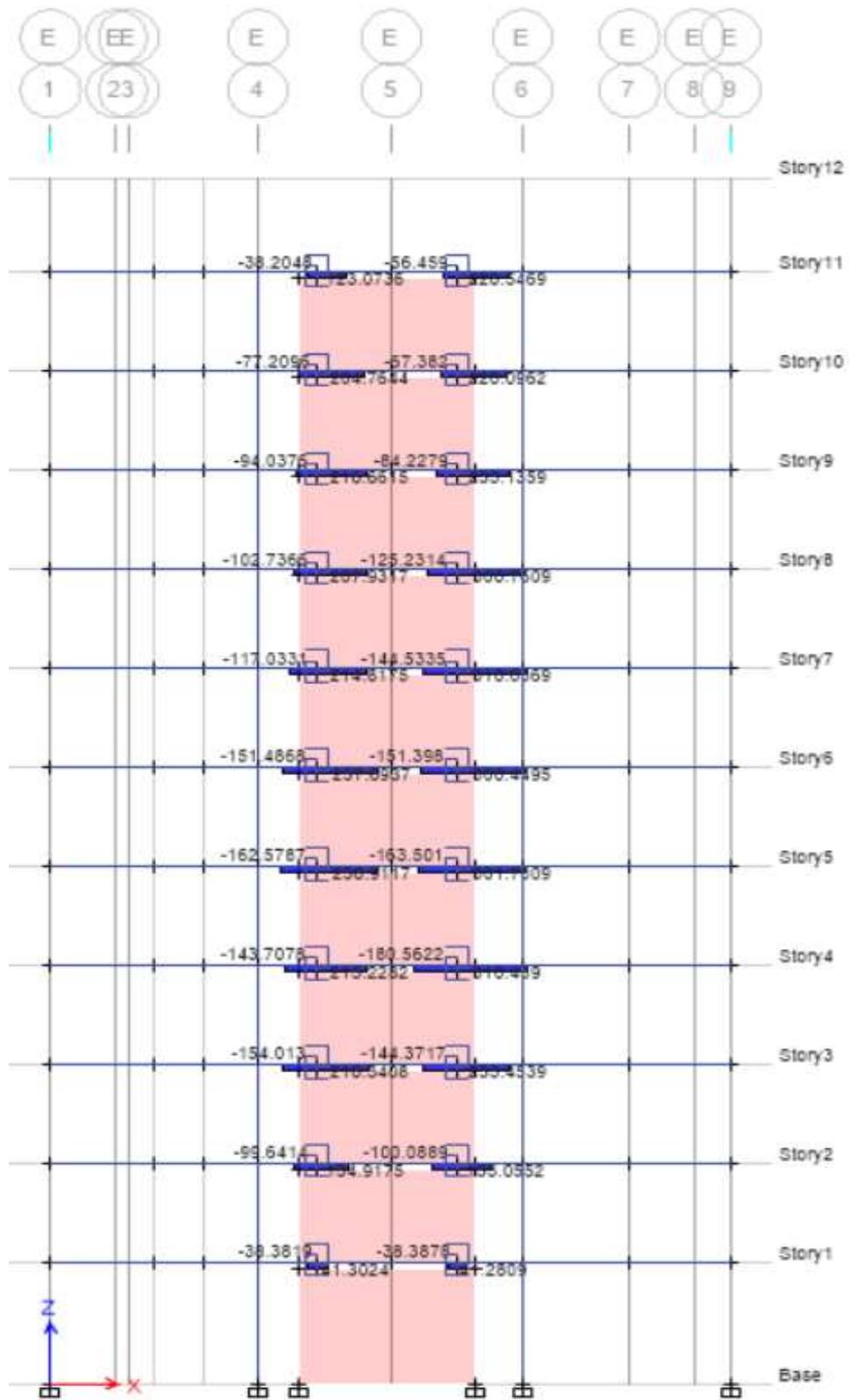


Figura 48: Fuerza cortante máxima (KN) que reciben los disipadores en eje E

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

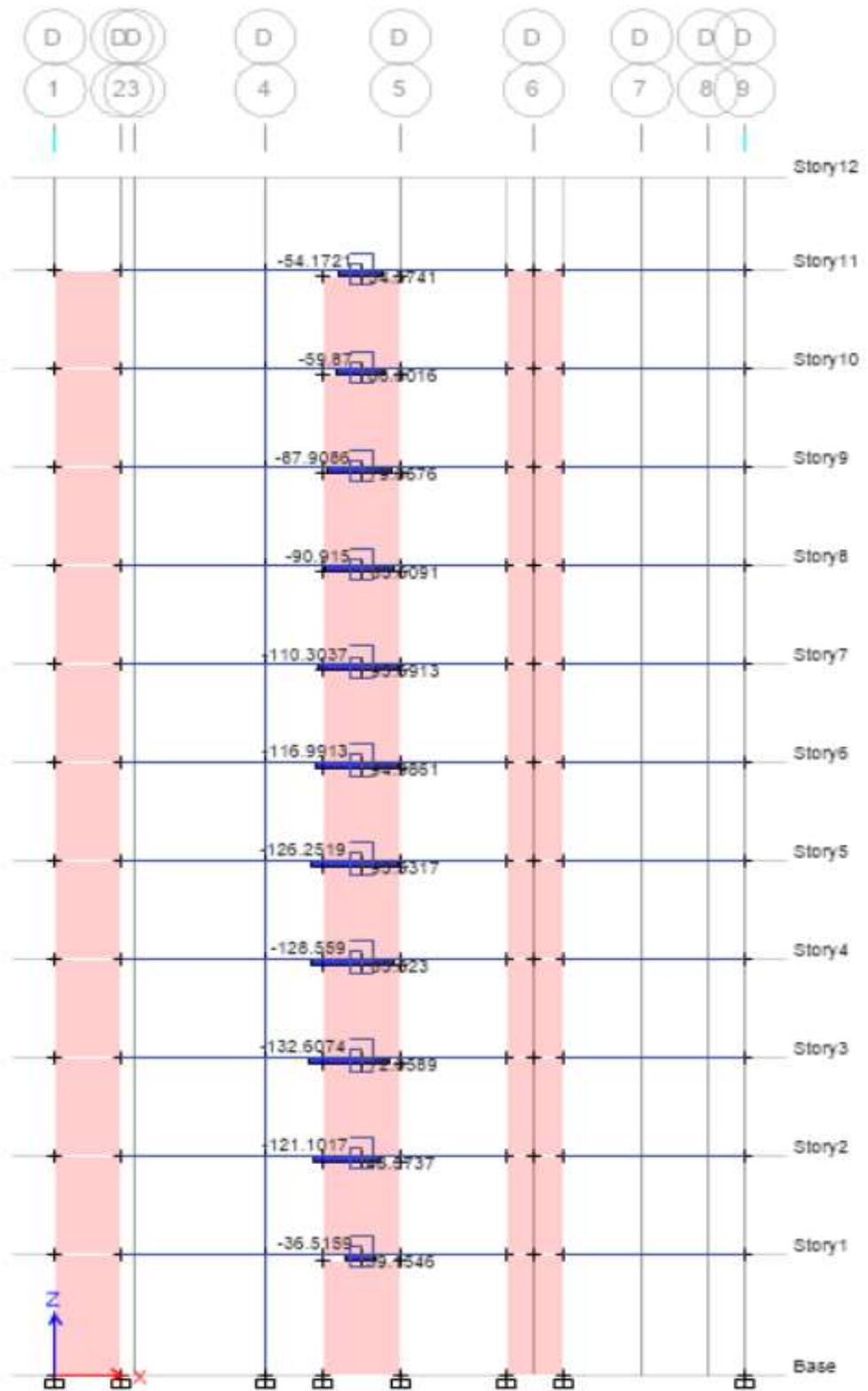


Figura 49: Fuerza cortante máxima (KN) que reciben los disipadores eje D

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Se realizó el análisis de demanda – capacidad del disipador SLB en el edificio con sistema de muros estructurales, en su mayoría por debajo de lo recomendable  $D/C < 1.5$ ; por lo que la  $D/C > 1.5$  se verifica que el desplazamiento máximo del disipador SLB deberá ser menor a 3cm para los dispositivos de tercera generación y el cortante máximo sea mayor a la fuerza cortante que absorbe el dispositivo SLB visualizados en el Anexo 6.

## 5.8. Análisis con disipadores SLB

Se determinó que el periodo fundamental es 0.904 segundos por presentar un porcentaje de masa participativa del 71.42% en el eje X y en el eje Y un periodo fundamental 0.321 y el porcentaje de la masa participativa 71.7%.

Tabla 20: Periodo en la estructura con disipadores SLB

Modo	Periodo	UX	UY
Modo 1	0.904	0.7142	0.0001
Modo 2	0.321	0.0004	0.717

Fuente: Propia

### 5.8.1. Curvas histeréticas

Con la finalidad de verificar el desplazamiento máximo y las fuerzas cortantes máximas ejercidas en el disipador obtendremos la Curvas de histéresis del disipador SLB con mayor fuerza cortante en la dirección X mediante un análisis tiempo historia no lineal.

Curvas de histéresis disipador SLB3 20\_5 ubicado en el piso 4, en la dirección X, se presentan a continuación las fuerzas cortantes y desplazamientos máximos del disipador SLB.

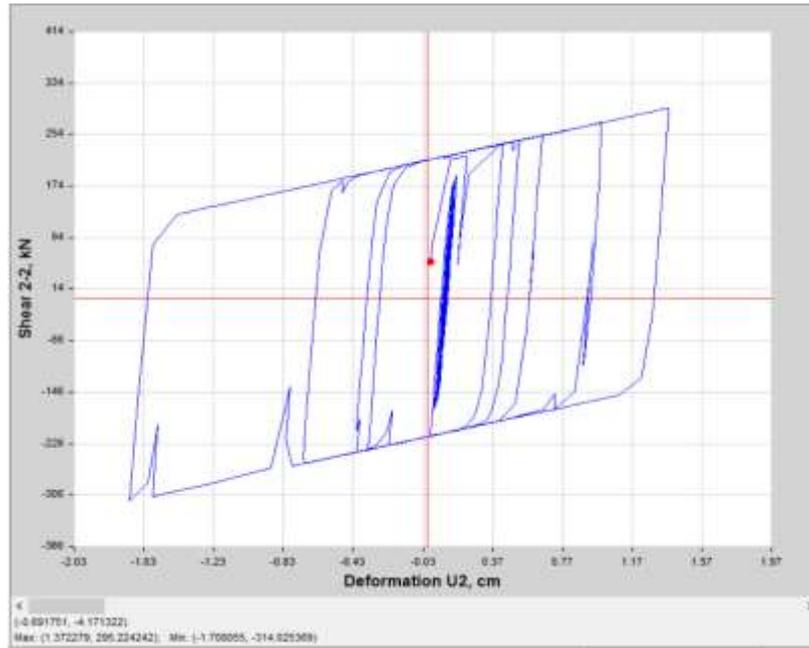


Figura 50: Fuerza cortante 314.03 kN, desplazamiento 1.71cm, Sismo 1951 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

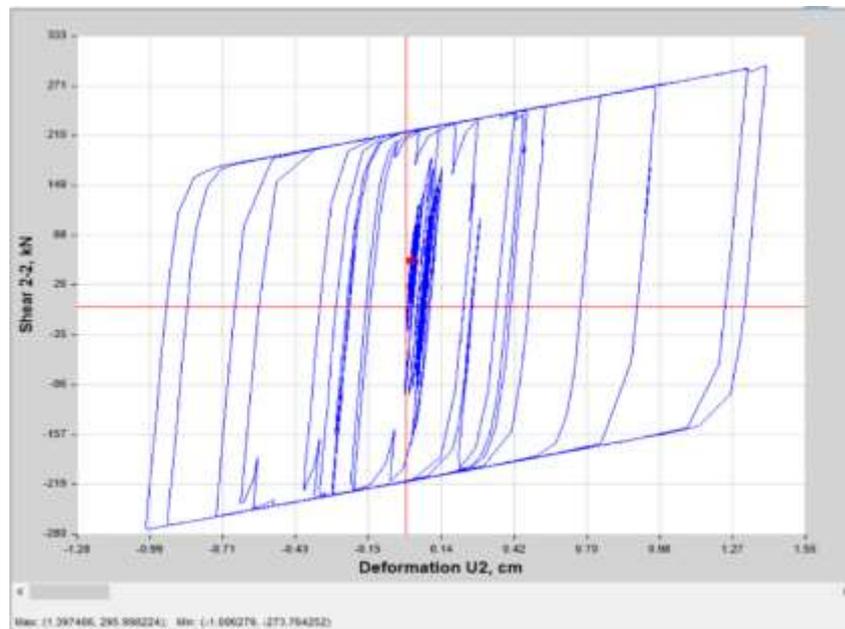


Figura 51: Fuerza cortante 296 kN, desplazamiento 1.40cm, Sismo 1966 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

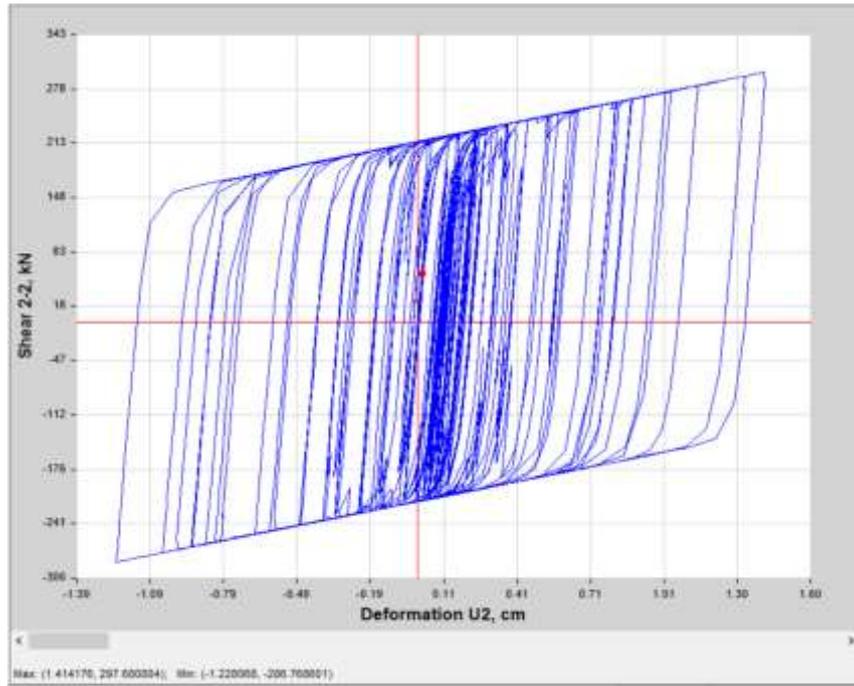


Figura 52: Fuerza cortante 297.68 KN, desplazamiento 1.41cm, Sismo 1970 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

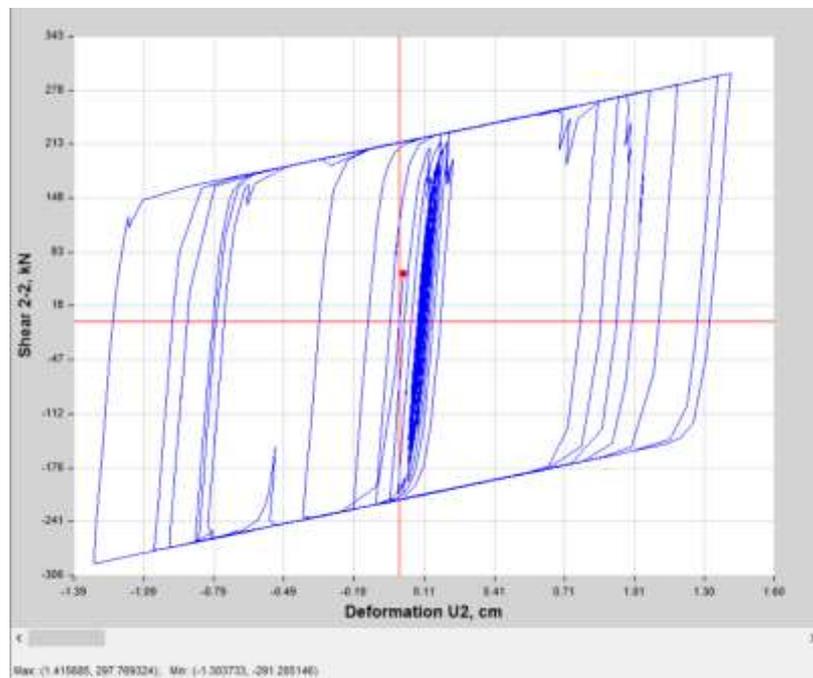


Figura 53: Fuerza cortante 297.77 KN, desplazamiento 1.42cm, Sismo 1974 Ene EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

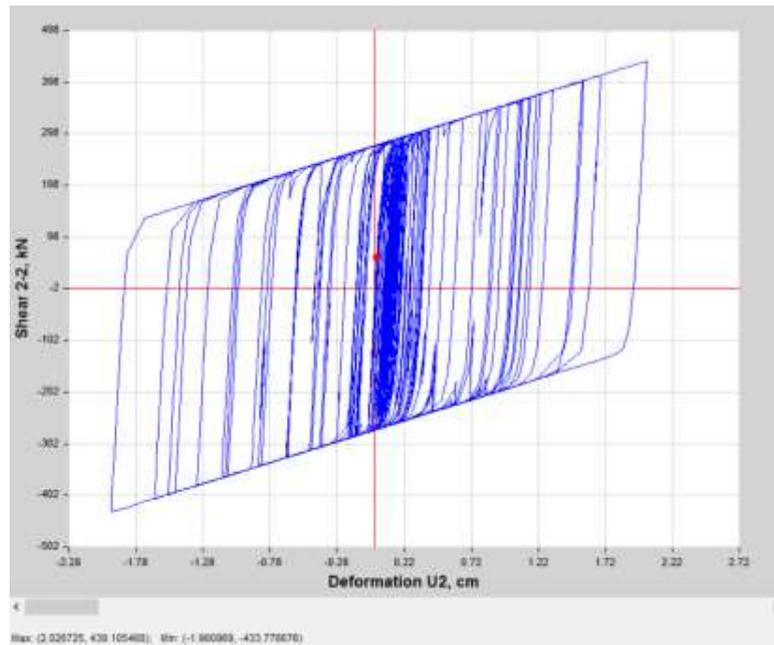


Figura 54: Fuerza cortante 315.65 KN, desplazamiento 1.72cm, Sismo 1974 Oct EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

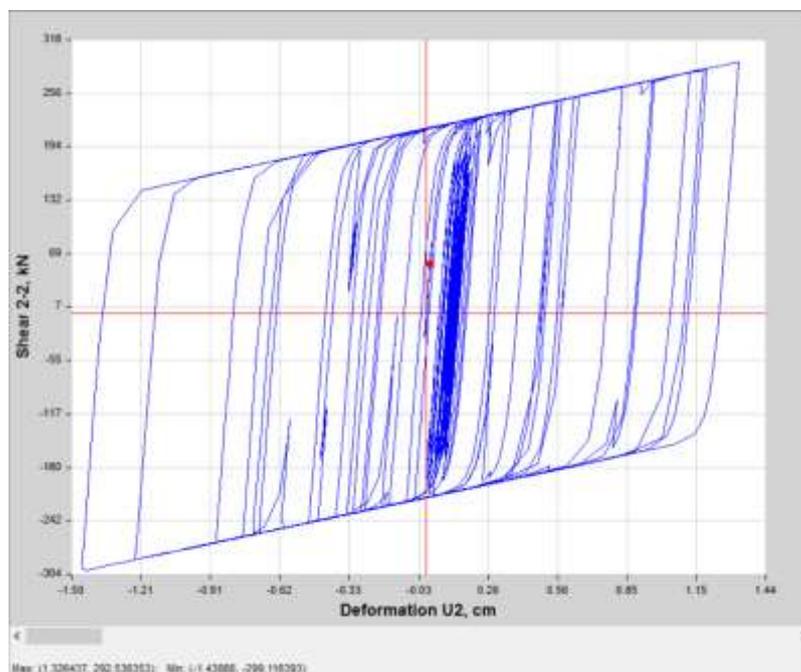


Figura 55: Fuerza cortante 299.12 KN, desplazamiento 1.44cm, Sismo 1974 Nov EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

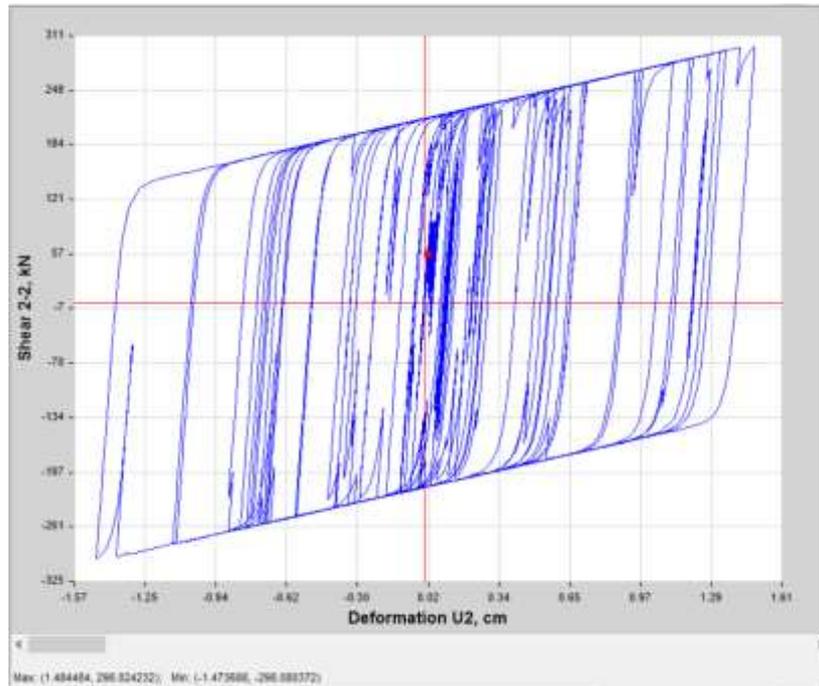


Figura 56: Fuerza cortante 298.1 kN, desplazamiento de 1.5 cm, Sismo 2021 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

### 5.8.2. Energía disipada

Disipación de energía absorbida por los disipadores SLB en la dirección X

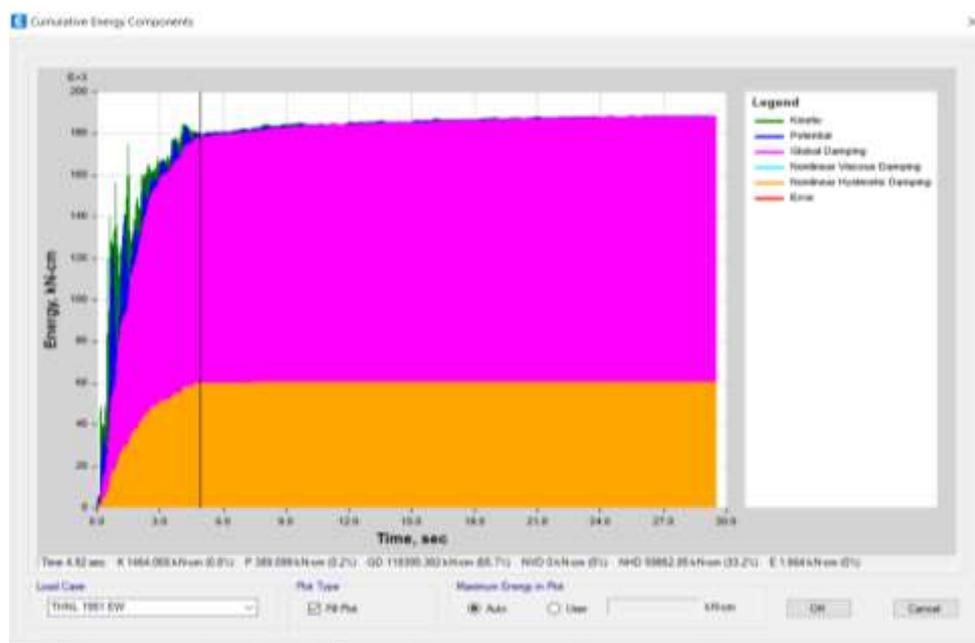


Figura 57: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1951 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

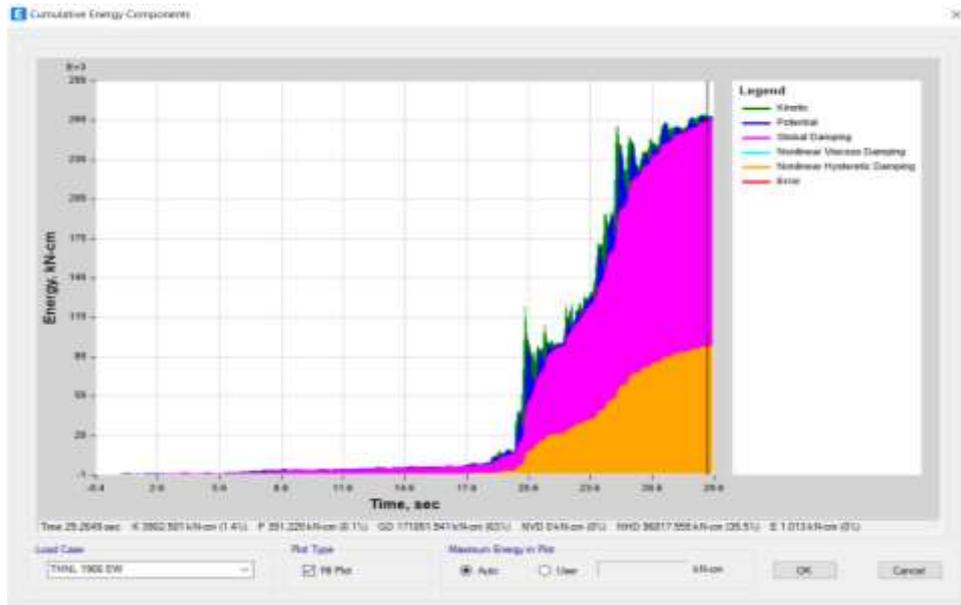


Figura 58: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1966 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

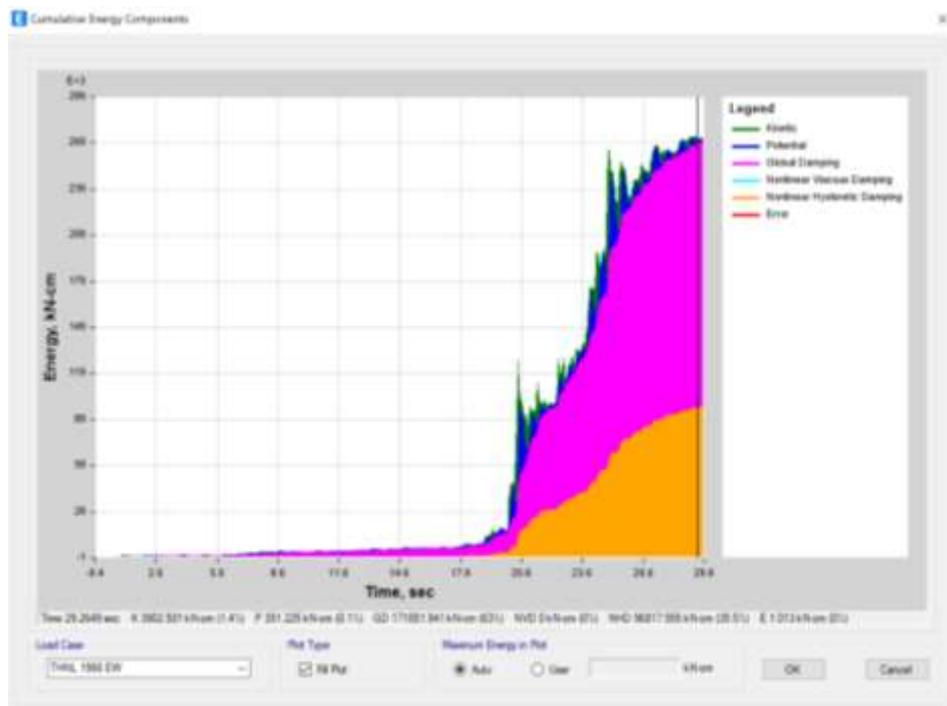


Figura 59: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1970 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19



Figura 60: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Ene. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

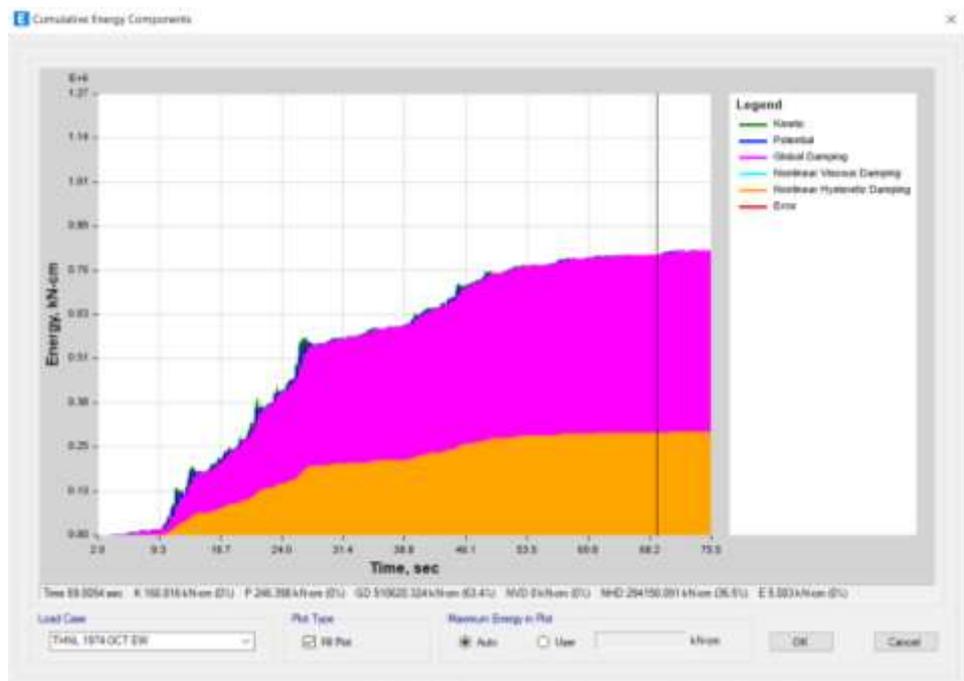


Figura 61: Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Oct. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

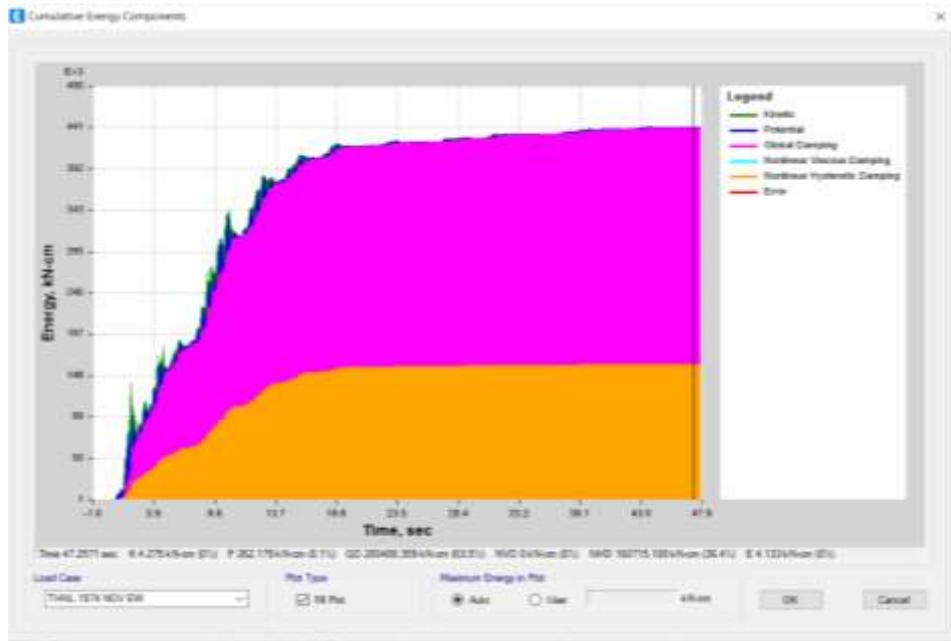


Figura 62: Disipación de energía por análisis THNL sismo 1974 Nov. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

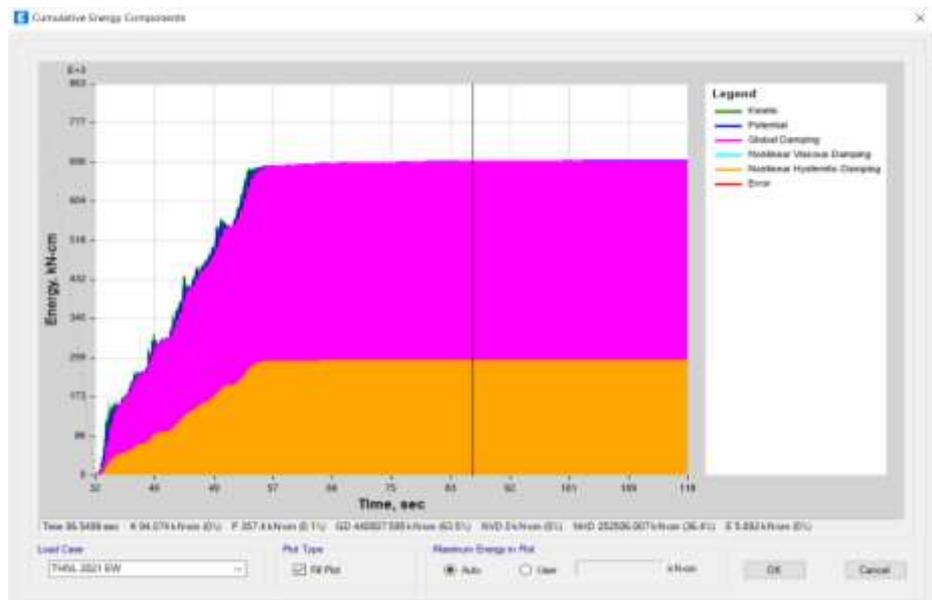


Figura 63: Disipación de energía por análisis THNL sismo 2021 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

### 5.8.3. Derivas de la Estructura con disipadores SLB

Mediante el análisis tiempo historia no lineal, se obtuvieron las derivas máximas de los 7 registros sísmicos, obteniendo un promedio de ellas en la dirección X y en la dirección Y cumpliéndose que el promedio de las derivas es menor a 1.25 veces la deriva permisible visualizados para la dirección X en el Anexo 7 y para la dirección Y en el Anexo 8.

### 5.8.4. Estructura modificada sin disipadores de energía (EMSD)

Para este análisis, reduciremos la cantidad de muros estructurales viéndose reflejado en la disminución de su rigidez en su perímetro del eje X y eje Y reemplazando por pórticos, vigas de 30x50cm y columnas de 40x50cm y 40x60cm donde se incluirán muros desacoplados con disipadores SLB, verificando mediante un análisis tiempo historia no lineal las derivas máximas de entrepiso.

En la estructura modificada se redujeron las placas la dirección X entre los ejes N/1-4, N/6-9, D/1-2 y en la dirección Y entre los ejes 1/C-D, 1/D-E, 1/E-F, 1/K-F, 9/C-D, 9/D-E, 9/E-K, 9/K-F incorporando pórticos visualizados en la Figura 64.

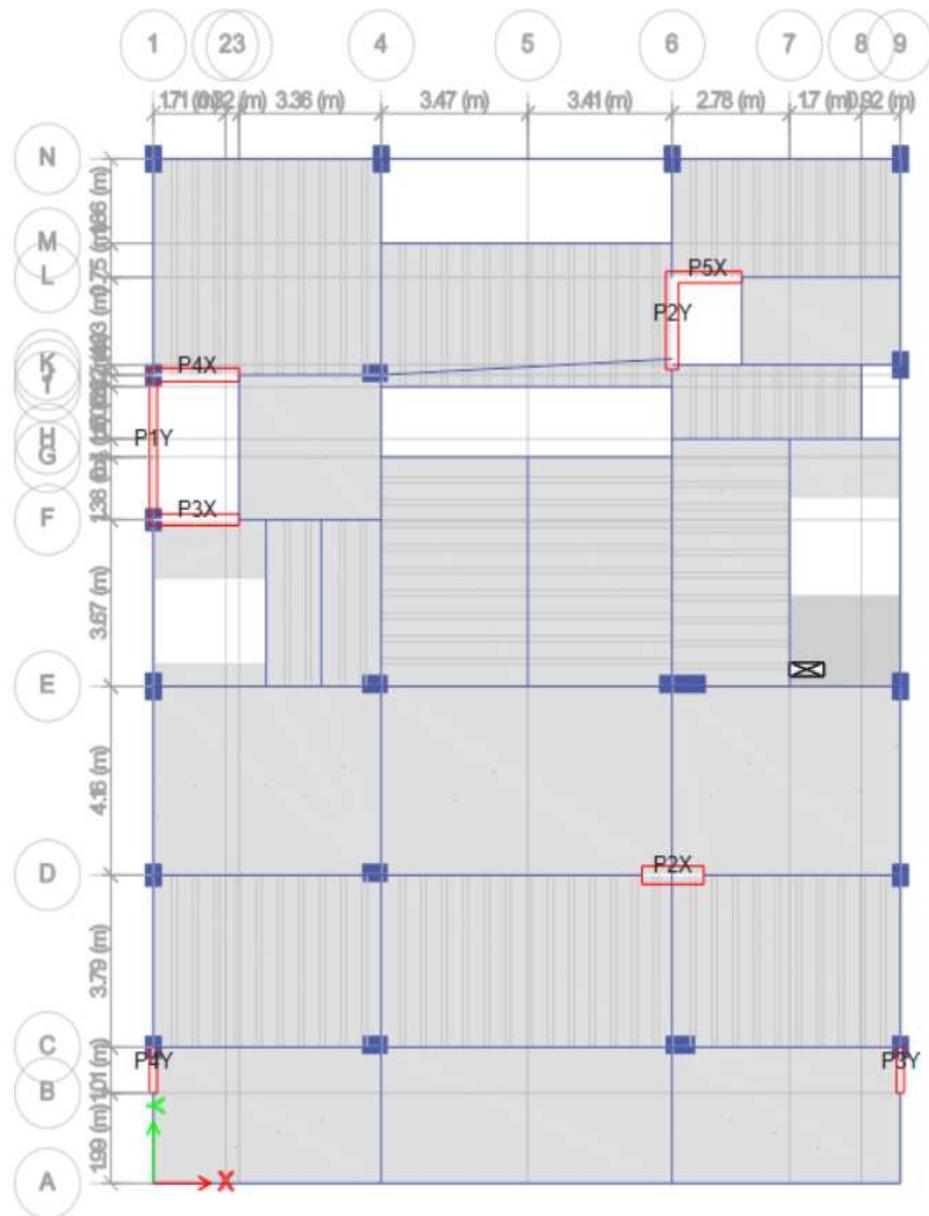


Figura 64: Estructura modificada sin disipadores de energía

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

- Clasificación del sistema estructural de la estructura modificada:

En la Tabla 21, la estructura en el eje X, la cortante en los muros estructurales reciben el 65.17% de la cortante máxima en la base siendo un sistema dual con un coeficiente de reducción  $R=7$ , la estructura en el eje Y, la cortante en los muros estructurales reciben 70.13% de la cortante máxima en la base, siendo un sistema de muros estructurales con un coeficiente de reducción  $R=6$ .

Tabla 21: Fuerzas cortantes absorbidas por las placas

	Vx (tonf)	Vy (tonf)
Cortante máxima en la base	191.4322	229.9396
Cortante recibidas por las placas	124.7558	161.2619
% Placas	65.17%	70.13%

Fuente: Propia

Se determinó que el periodo fundamental es 1.46 segundos por presentar un porcentaje de masa participativa del 68% en el eje X y en el eje Y un periodo fundamental 1.25 y el porcentaje de la masa participativa 46%, visualizados en la Tabla 22.

Tabla 22: Masa participativa modal de la estructura modificada

Case	Modo	Periodo (s)	UX	UY
Modal Ritz	1	1.46	0.68	0.03
Modal Ritz	2	1.25	0.07	0.46

Fuente: Propia

- Derivas de entrepiso de la estructura modificada

Los desplazamientos inelásticos se obtendrán multiplicando desplazamientos obtenidos del análisis lineal y elástico por  $0.85 \cdot R$  para estructuras irregulares, según norma E.030.

En la Tabla 23, las derivas inelásticas máximas de entrepiso en el eje X exceden la deriva permisible, para estructuras de concreto armado 0.007, indicado en la norma E.030.

Tabla 23: Derivas de entrepiso EMSD en el eje X

Piso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva permisible	Estado
Story11	0.0008	0.0047	0.0070	Ok
Story10	0.0010	0.0061	0.0070	Ok
Story9	0.0012	0.0072	0.0070	No cumple
Story8	0.0014	0.0080	0.0070	No cumple
Story7	0.0015	0.0088	0.0070	No cumple
Story6	0.0016	0.0093	0.0070	No cumple
Story5	0.0016	0.0098	0.0070	No cumple
Story4	0.0017	0.0100	0.0070	No cumple
Story3	0.0016	0.0097	0.0070	No cumple
Story2	0.0014	0.0082	0.0070	No cumple
Story1	0.0008	0.0049	0.0070	Ok

Fuente: Propia

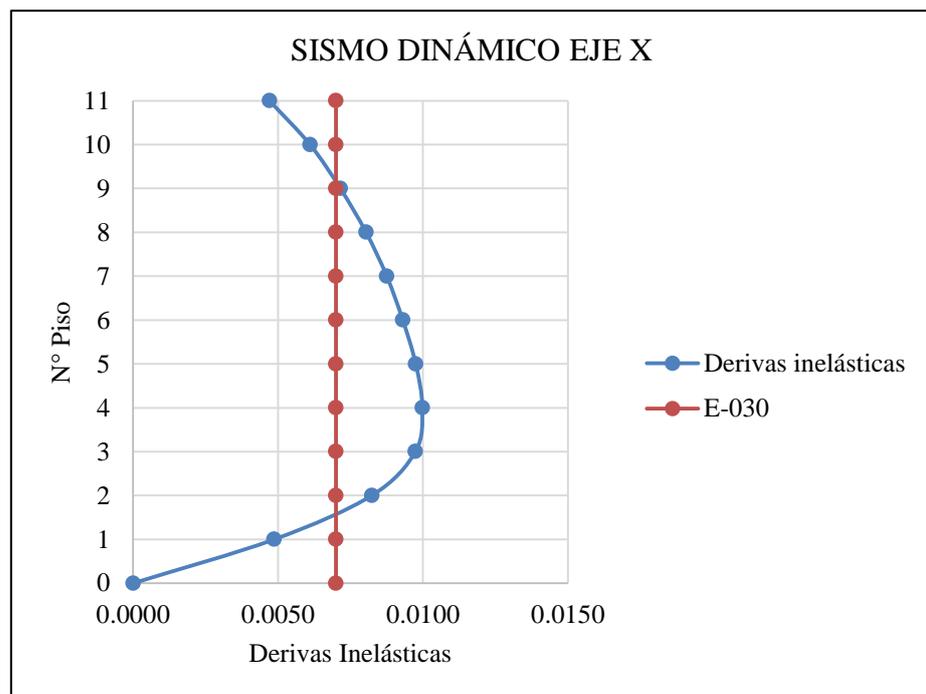


Figura 65: Derivas de entrepiso de la EMSD en eje X

Fuente: Propia

En la Tabla 24, las derivas inelásticas máximas de entrepiso en el eje Y exceden la deriva permisible, para estructuras de concreto armado 0.007, indicado en la norma E.030

Tabla 24: Derivas de entrepiso en el eje Y

Piso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Deriva permisible	Estado
Story11	0.0007	0.0033	0.0070	Ok
Story10	0.0008	0.0042	0.0070	Ok
Story9	0.0010	0.0051	0.0070	Ok
Story8	0.0012	0.0059	0.0070	Ok
Story7	0.0013	0.0066	0.0070	Ok
Story6	0.0014	0.0071	0.0070	No cumple
Story5	0.0015	0.0075	0.0070	No cumple
Story4	0.0015	0.0079	0.0070	No cumple
Story3	0.0015	0.0079	0.0070	No cumple
Story2	0.0014	0.0073	0.0070	No cumple
Story1	0.0009	0.0044	0.0070	Ok

Fuente: Propia

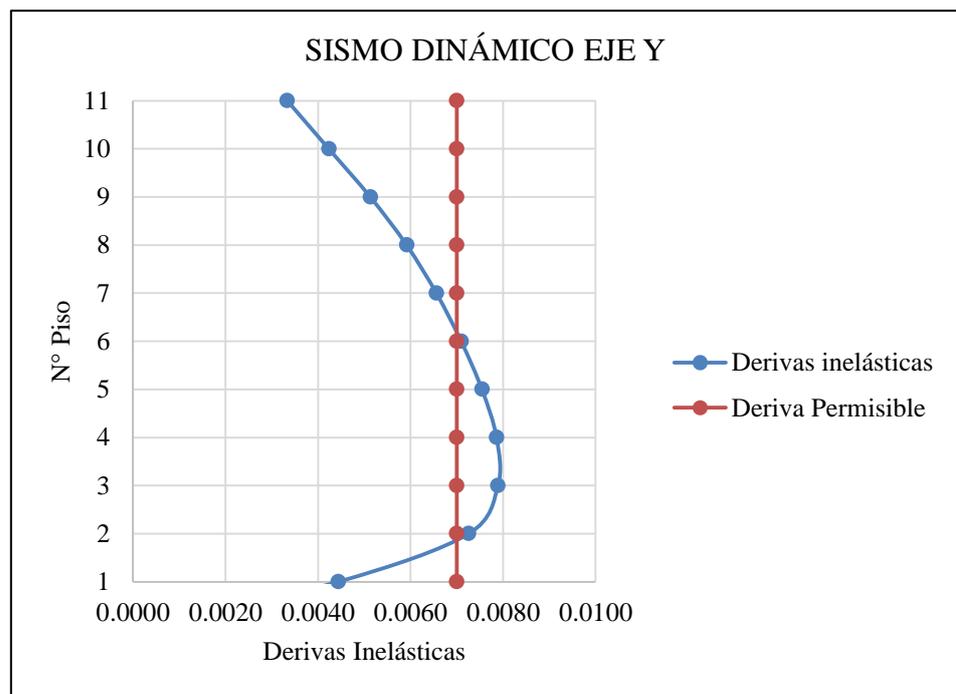


Figura 66: Derivas de entrepiso de la EMSD en eje Y

Fuente: Propia

### 5.8.5. Estructura Modificada con disipadores de energía (EMCD)

De la estructura modificada se introdujo los disipadores SLB sobre muros desacoplados en la dirección X entre los ejes E/4-6 y en la dirección Y entre los ejes 1/C-D, 1/D-E, 1/K-N, 9/C-D, 9/D-E y 9/K-N visualizados en la Figura 67 .

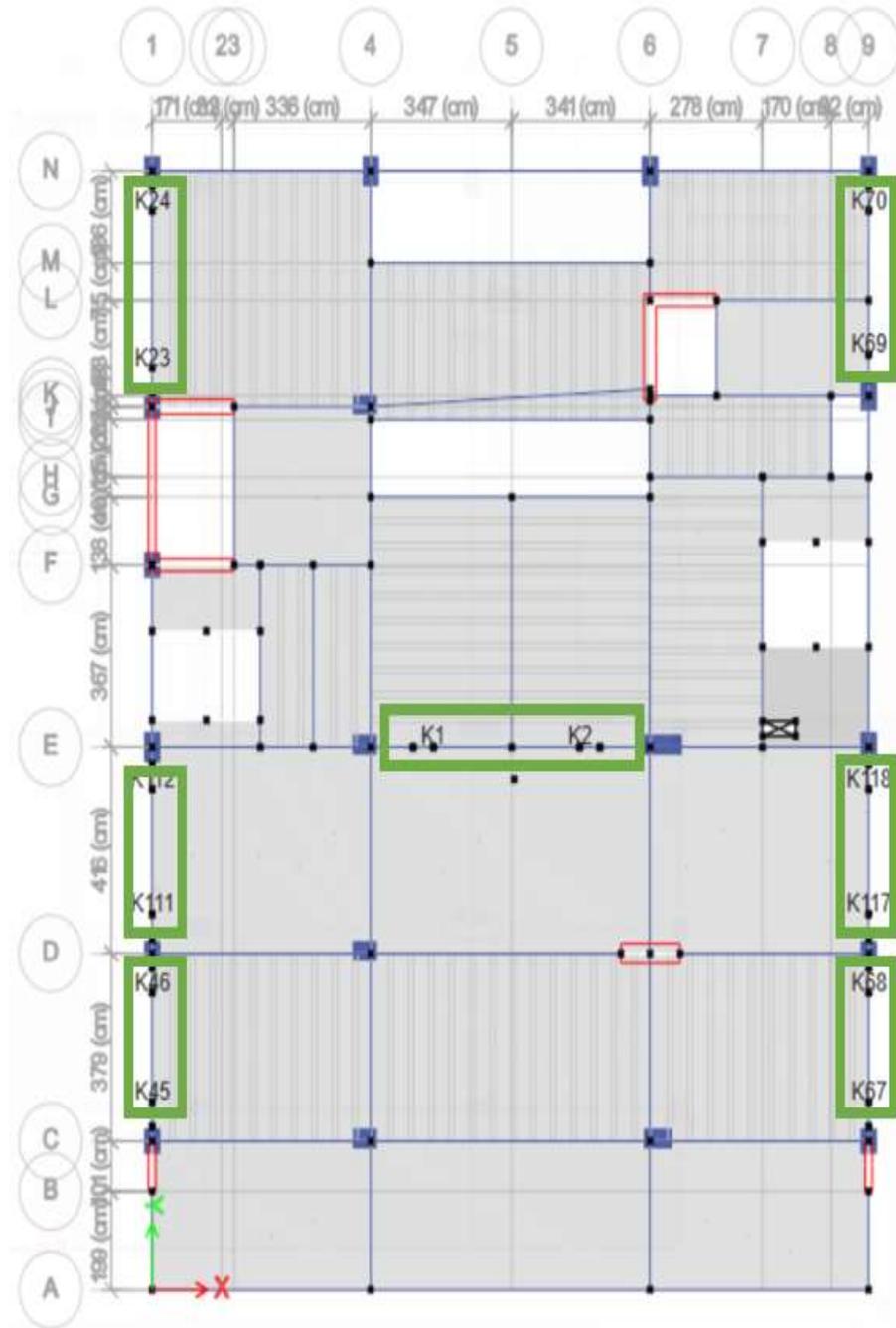


Figura 67: Estructura modificada con disipadores SLB vista en planta

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

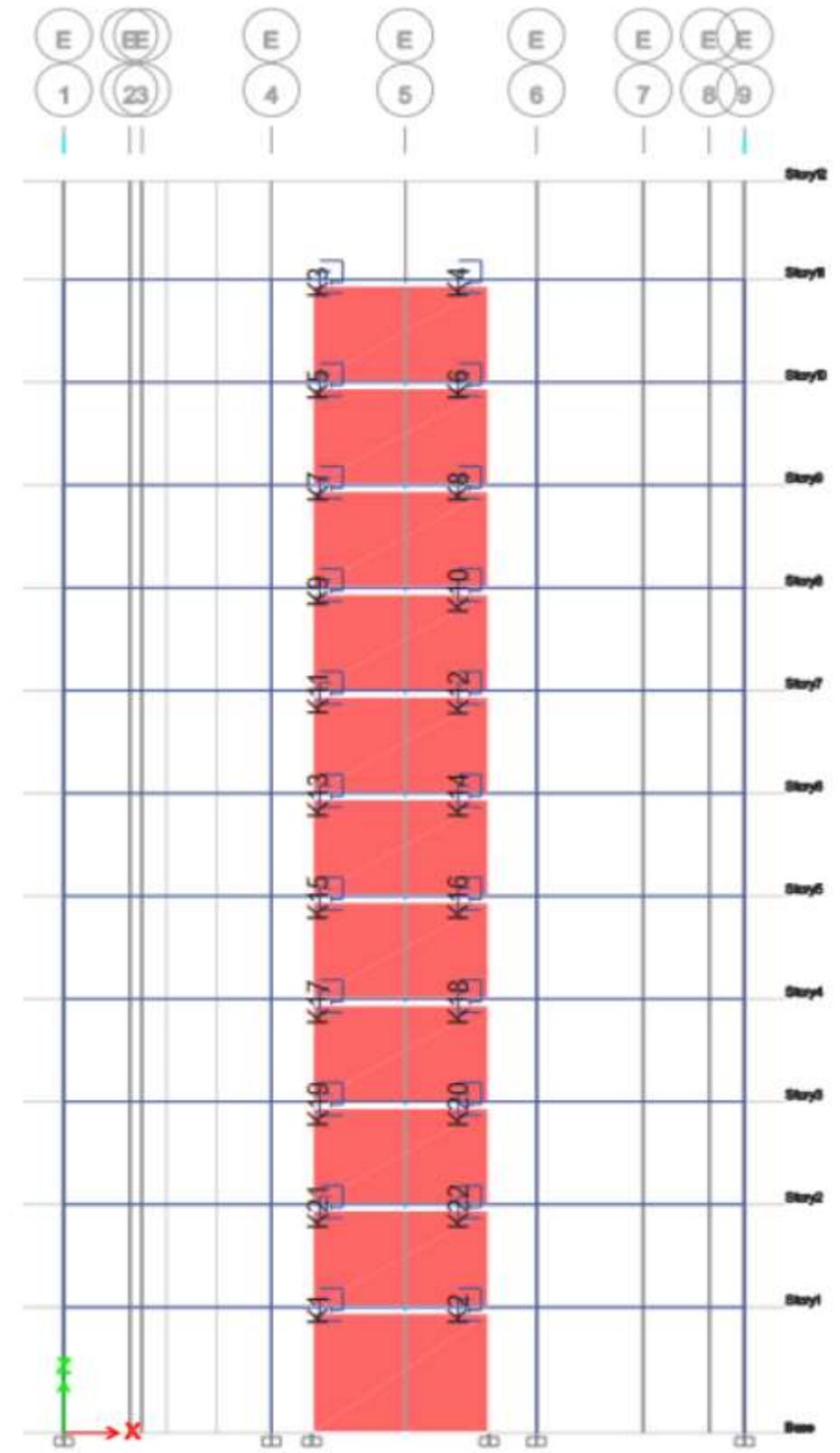


Figura 68: Disipadores SLB en la dirección X, eje E

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

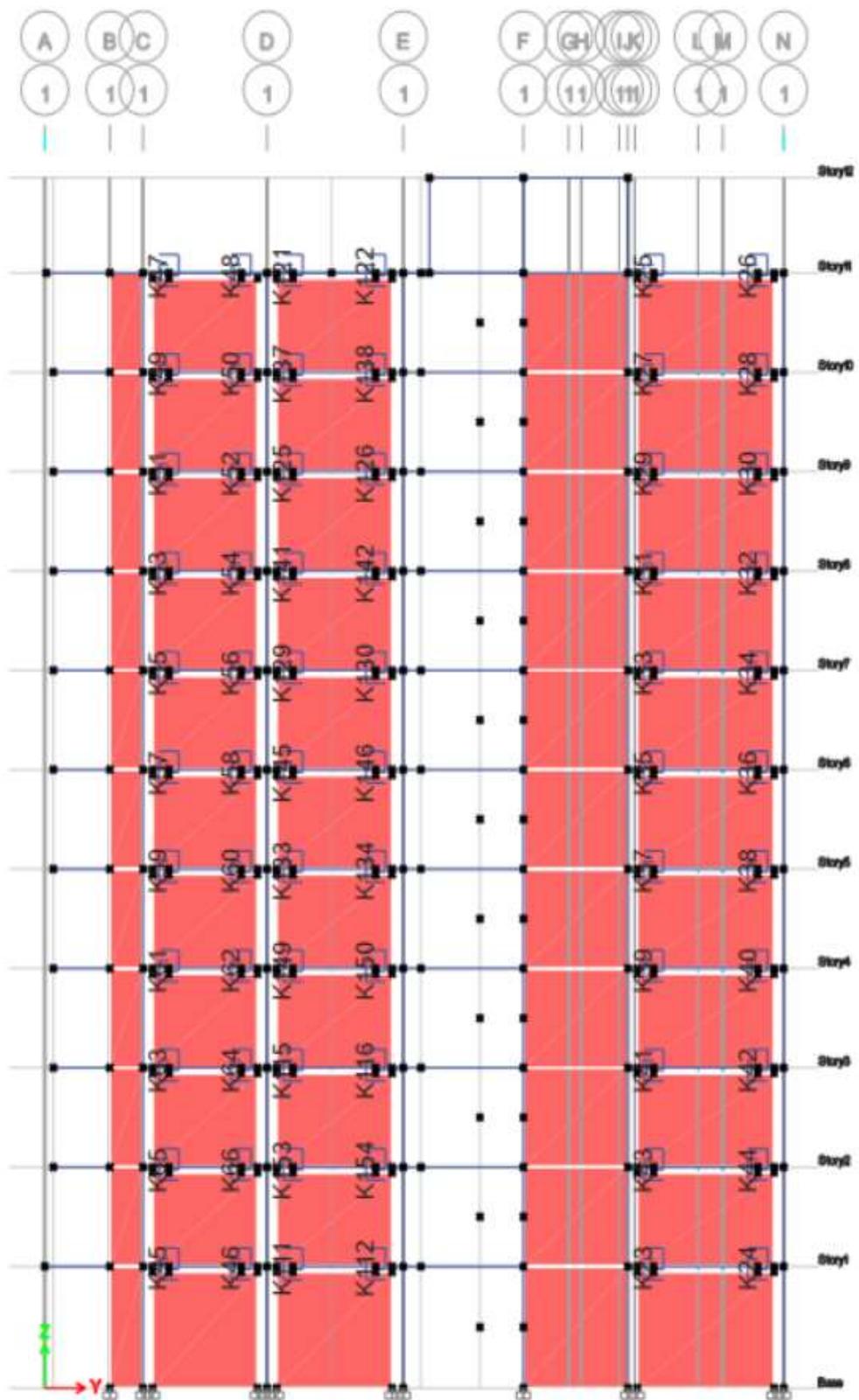


Figura 69: Disipadores SLB en la dirección Y, eje 1

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

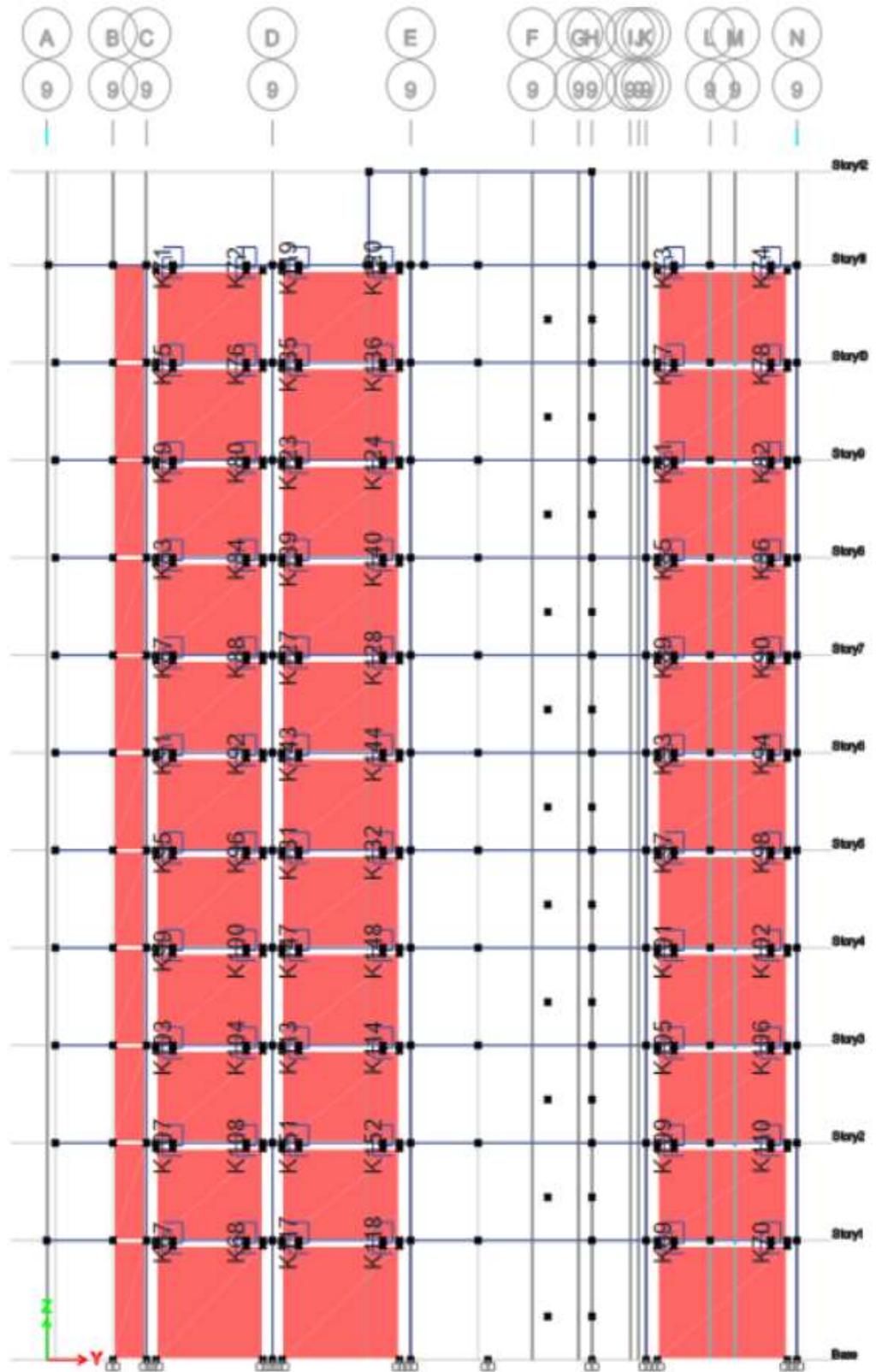


Figura 70: Disipadores SLB en la dirección Y, eje 9

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Se realizó el análisis de demanda – capacidad del disipador SLB, en su mayoría por debajo de lo recomendable  $D/C < 1.5$ ; por lo que la  $D/C > 1.5$  se verifica que el desplazamiento máximo del disipador SLB deberá ser menor a 3cm para los dispositivos de tercera generación y el cortante máximo sea mayor a la fuerza cortante que absorbe el dispositivo SLB visualizados en el Anexo 9.

Se determinó que el periodo fundamental es 1.157 segundos por presentar un porcentaje de masa participativa del 74.83% en el eje X y en el eje Y un periodo fundamental 0.813 y el porcentaje de la masa participativa 51.48%, visualizados en la Tabla 25.

Tabla 25: Masa participativa modal de la EMCD

Case	Modo	Periodo (s)	UX	UY
Modal Ritz	1	1.157	0.7483	0.0008
Modal Ritz	2	0.813	0.005	0.5148

Fuente: Propia

#### 5.8.6. Curvas histeréticas EMCD

Con la finalidad de verificar el desplazamiento máximo y las fuerzas cortantes máximas ejercidas en el disipador obtendremos la Curvas de histéresis del disipador SLB con mayor fuerza cortante en la dirección X e Y.

Curvas de histéresis disipador SLB3 25\_4 ubicado en el piso 4, en la dirección X, a continuación se muestran las fuerzas cortantes y desplazamientos máximos del disipador SLB.

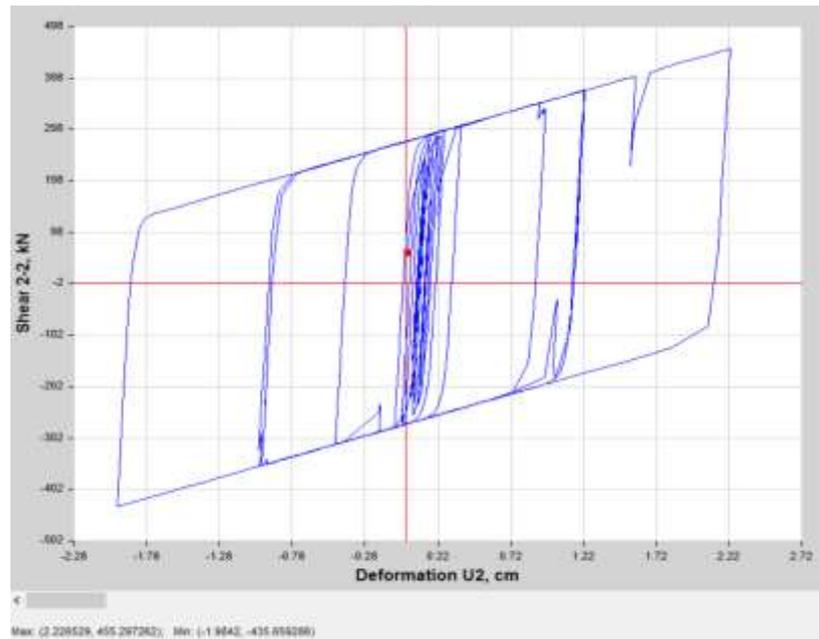


Figura 71: Fuerza cortante 455.3 kN, desplazamiento 2.2cm, Sismo 1951 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

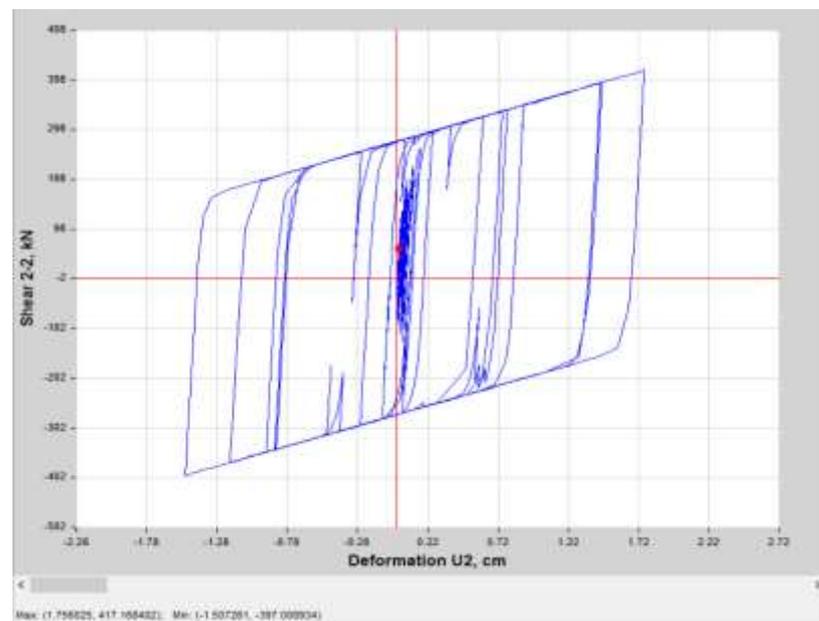


Figura 72: Fuerza cortante 417.2 kN, desplazamiento 1.76cm, Sismo 1966 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

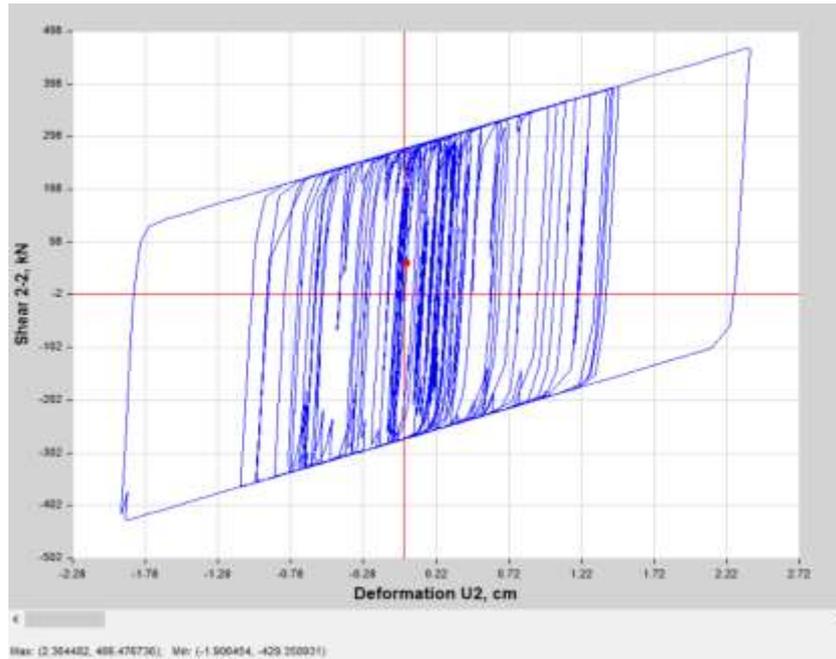


Figura 73: Fuerza cortante 466.48 kN, desplazamiento 2.36cm, Sismo 1970 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

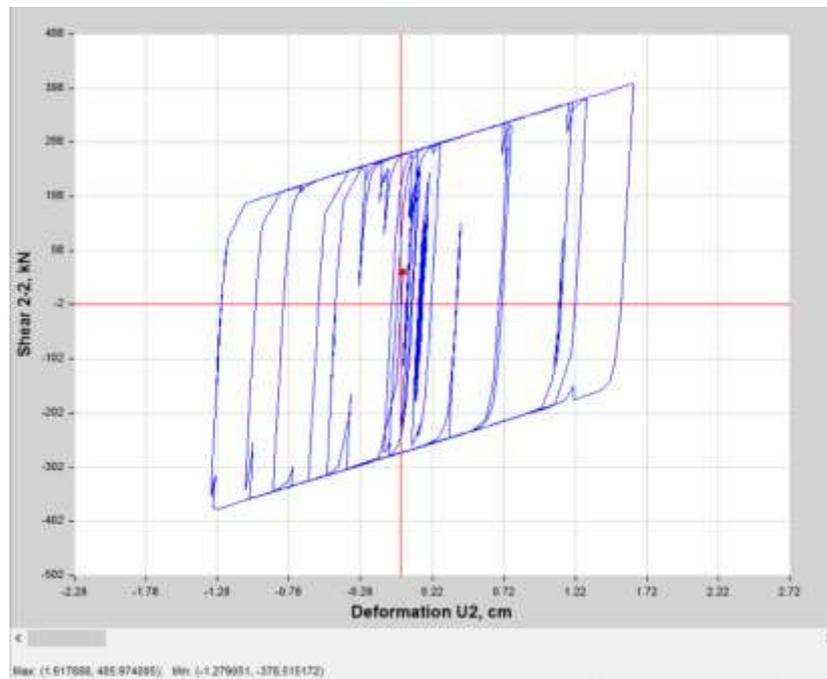


Figura 74: Fuerza cortante 405.97 kN, desplazamiento 1.62cm, Sismo 1974 Ene. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

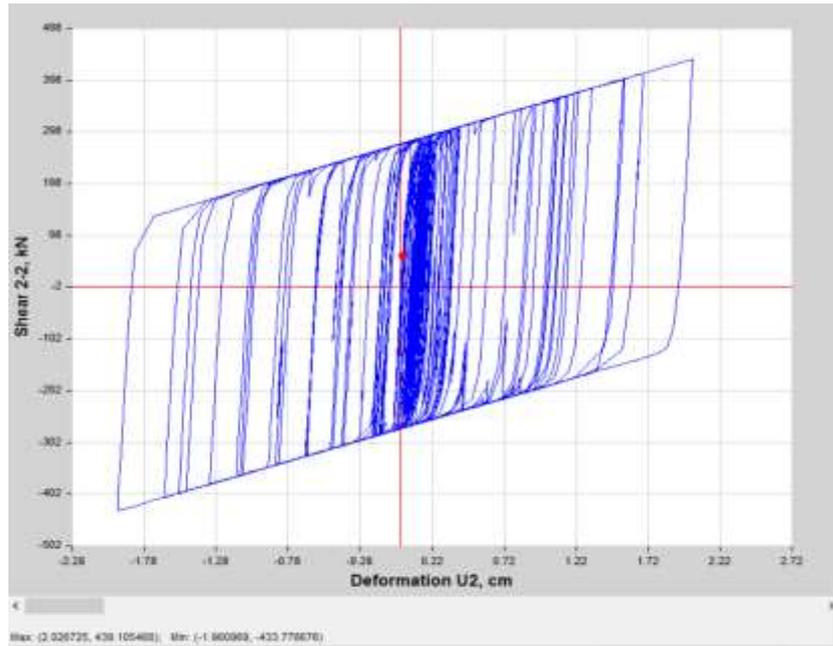


Figura 75: Fuerza cortante 439.1 KN y desplazamiento 1.76cm, Sismo 1974 Oct. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

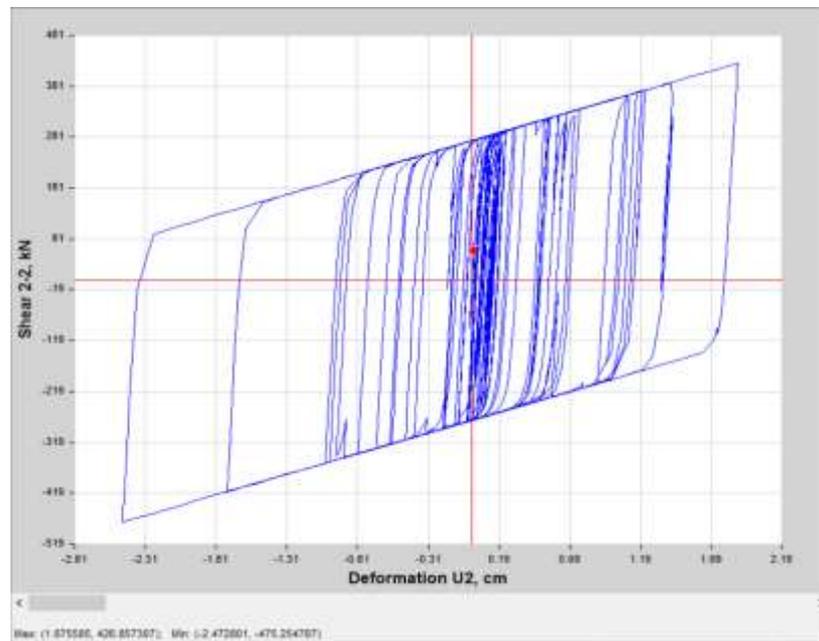


Figura 76: Fuerza cortante 475.2 KN, desplazamiento 2.47cm, Sismo 1974 Nov EW.

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

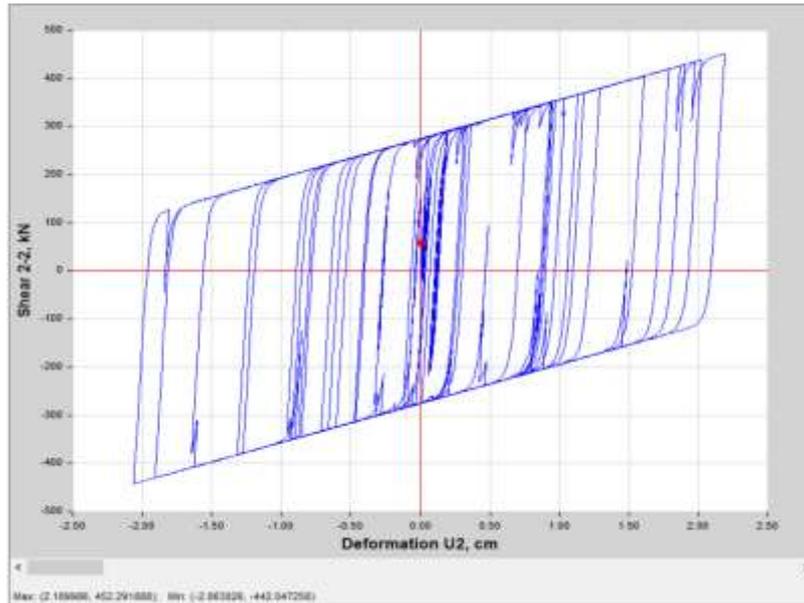


Figura 77: Fuerza cortante 452.3 KN, desplazamiento 2.19 cm, Sismo 2021 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Curvas de histéresis disipador SLB3 25\_3 ubicado en el piso 1, en la dirección Y, a continuación, se muestran las fuerzas cortantes y desplazamientos máximos del disipador SLB.

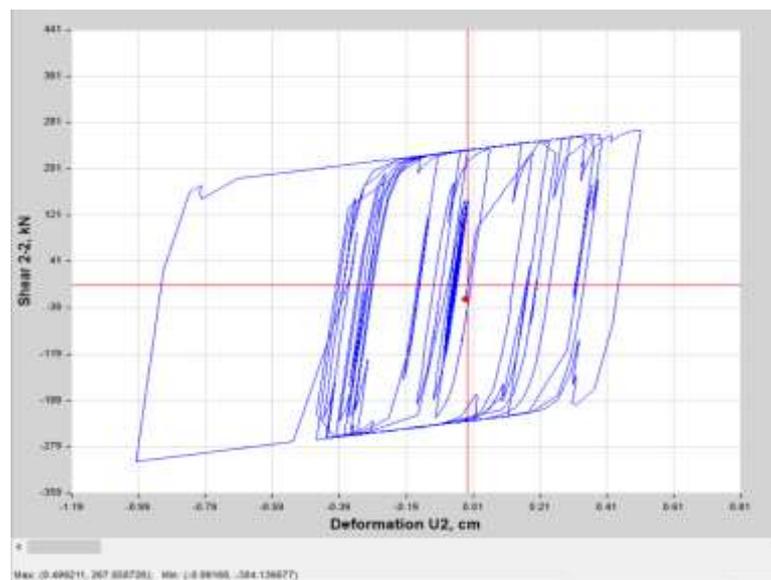


Figura 78: Fuerza cortante 304.1 KN, desplazamiento 0.99cm, Sismo 1951 NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

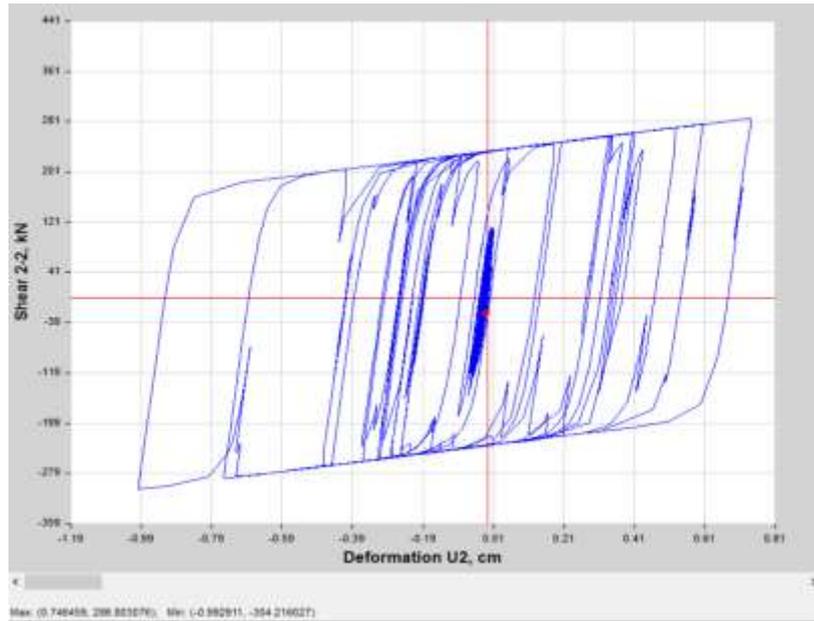


Figura 79: Fuerza cortante 304.2 KN, desplazamiento 0.99cm, Sismo 1966 NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

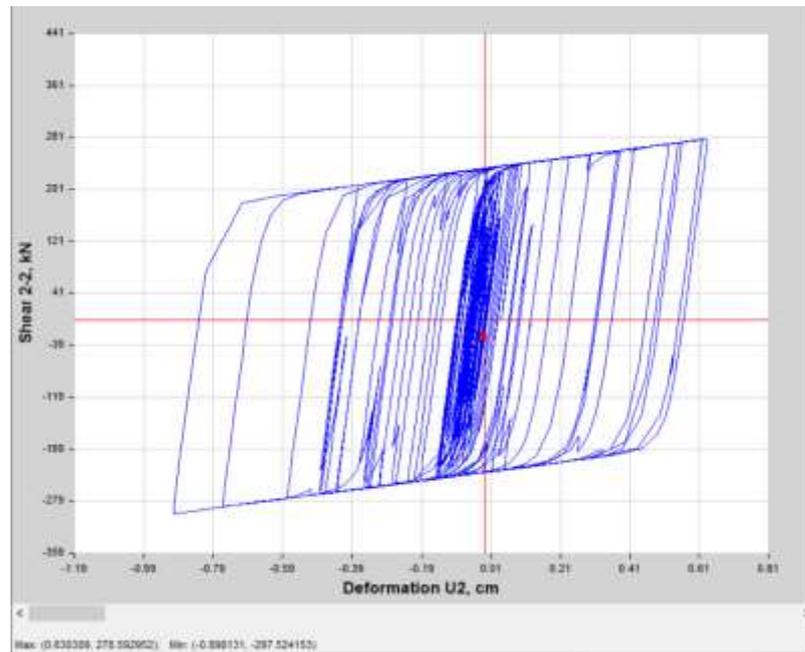


Figura 80: Fuerza cortante 297.52 KN, desplazamiento 0.9cm, Sismo 1970 NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

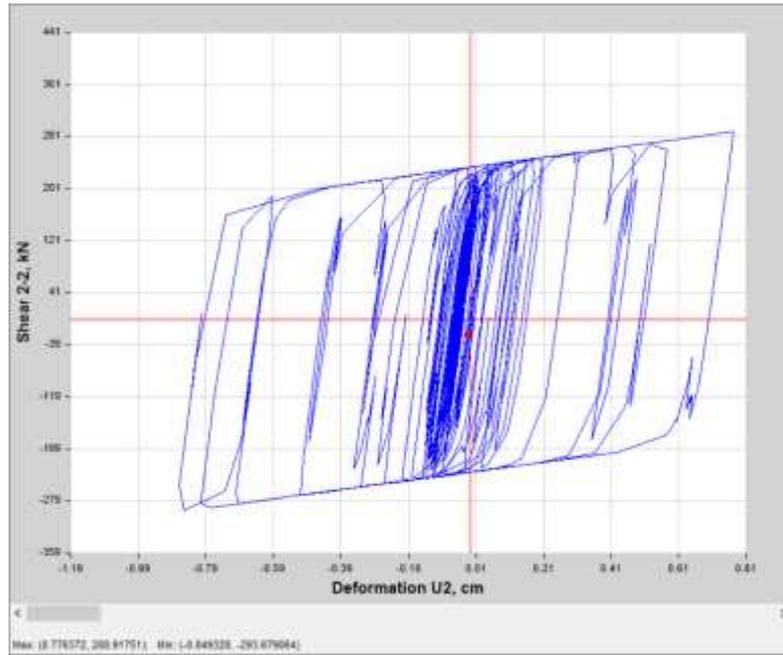


Figura 81: Fuerza cortante 293.68 KN, desplazamiento 0.85cm, Sismo 1974 Ene. NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

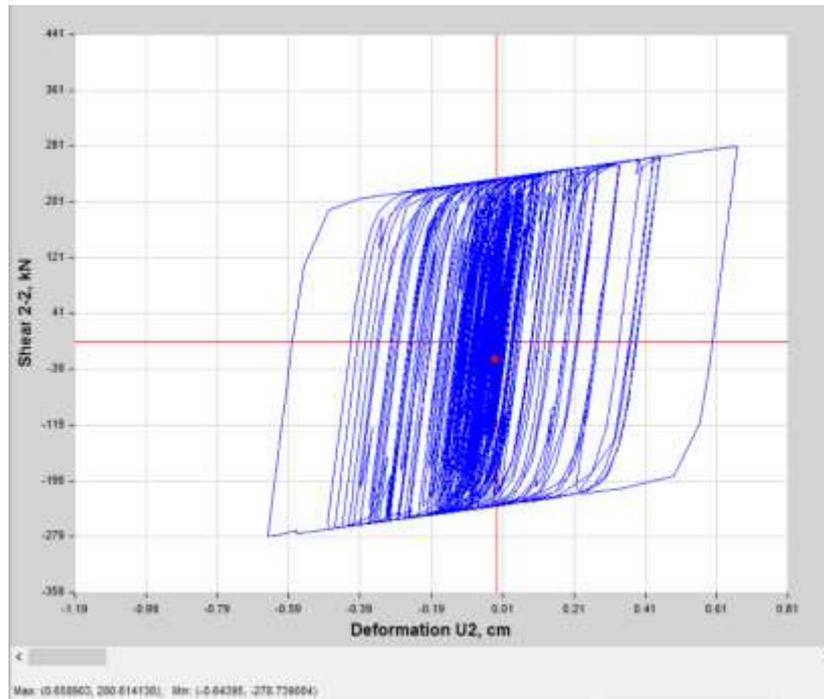


Figura 82: Fuerza cortante 280.6 KN, desplazamiento 0.66cm, Sismo 1974 Oct. NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

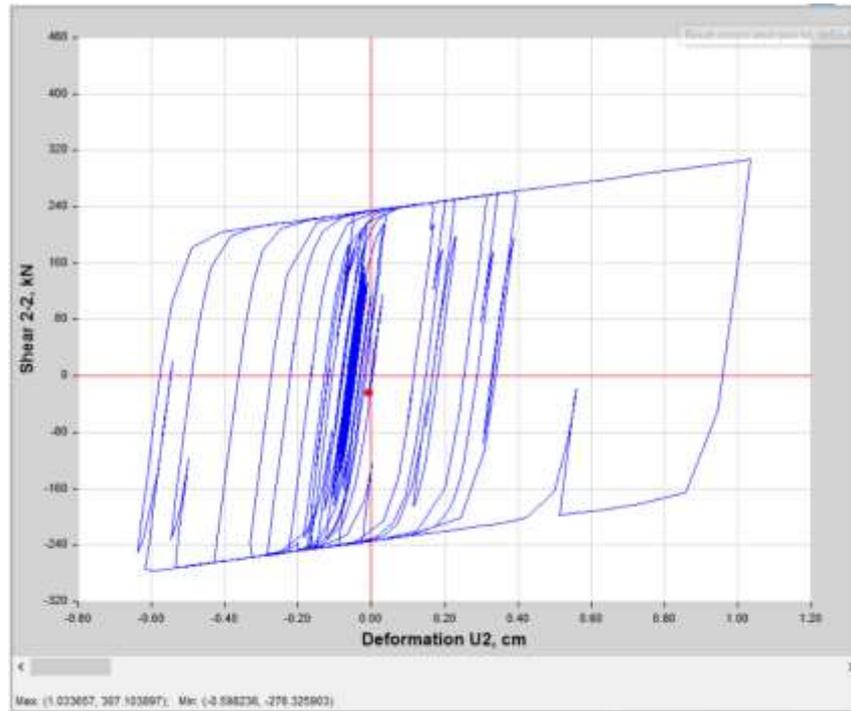


Figura 83: Fuerza cortante 307.1 KN, desplazamiento 1.03cm, Sismo 1974 Nov. NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

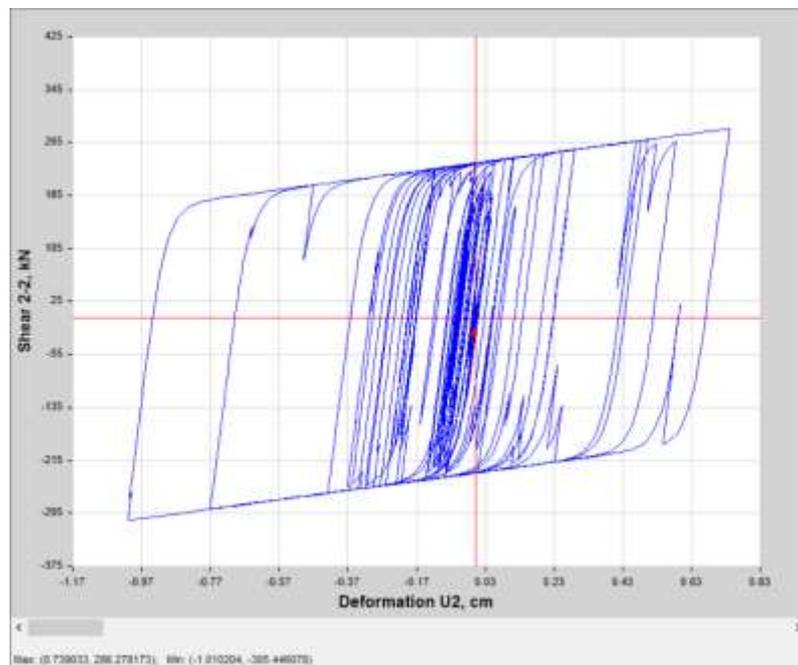


Figura 84: Fuerza cortante 305.4 KN, desplazamiento 1.01 cm, Sismo 2021 NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

### 5.8.7. Disipación de energía

Verificación de la energía sísmica absorbida por los disipadores en la dirección X e Y mediante un análisis tiempo historia no lineal.

Disipación de energía absorbida por los disipadores SLB en la dirección X.

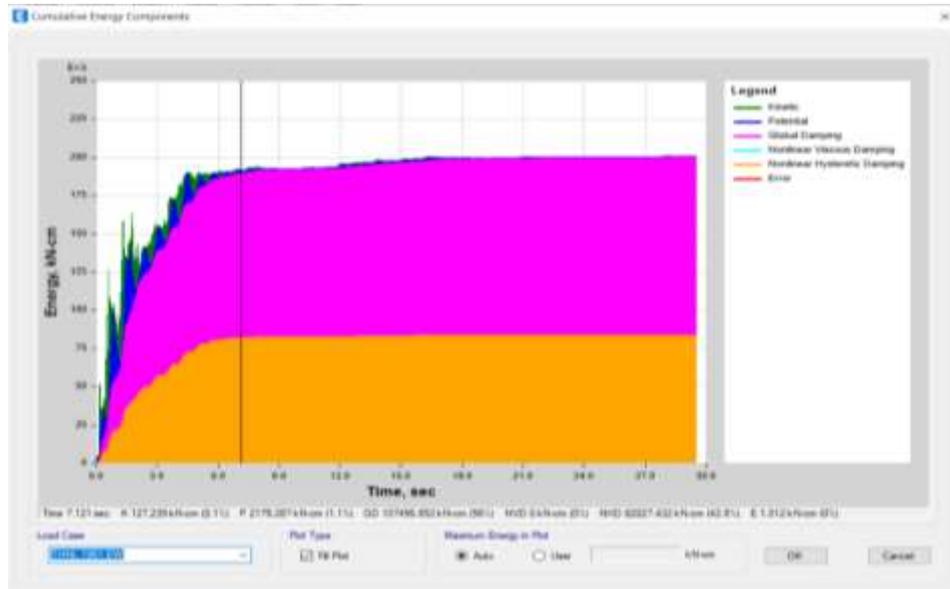


Figura 85. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1951 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

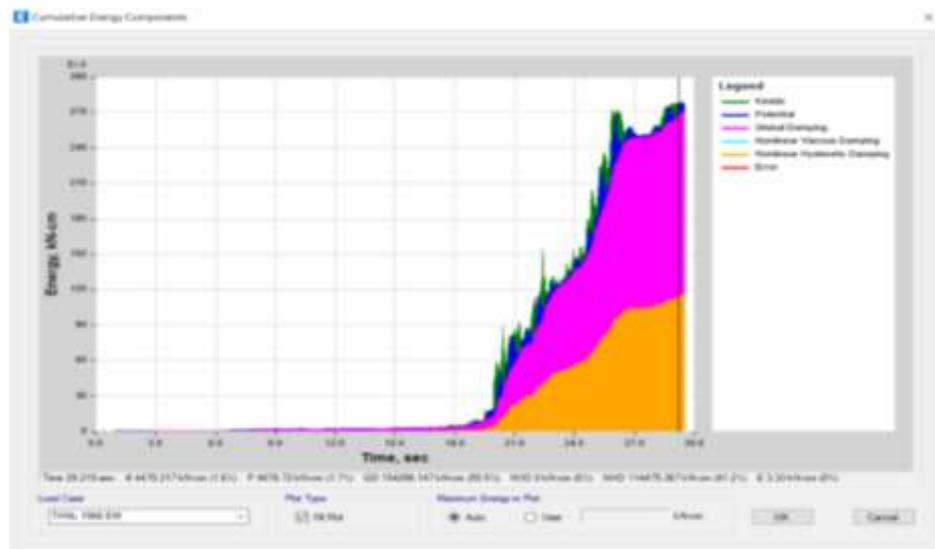


Figura 86. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1966 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19



Figura 87. Disipación de energía por THNL, sismo 1970 EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19



Figura 88. Disipación de energía por THNL, sismo 1974 Ene. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19



Figura 89. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Oct. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

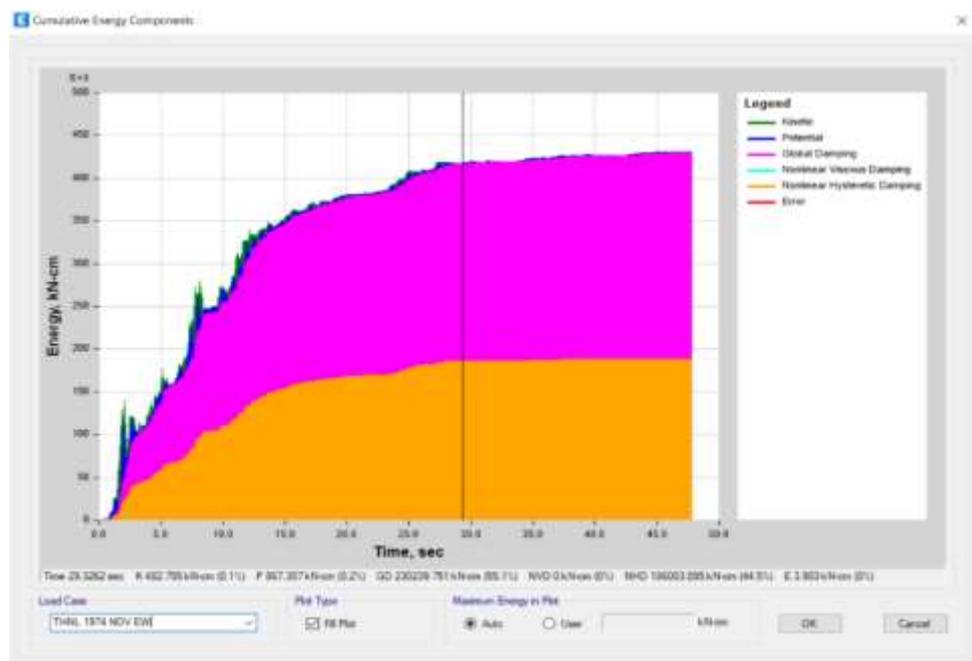


Figura 90. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Nov. EW

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

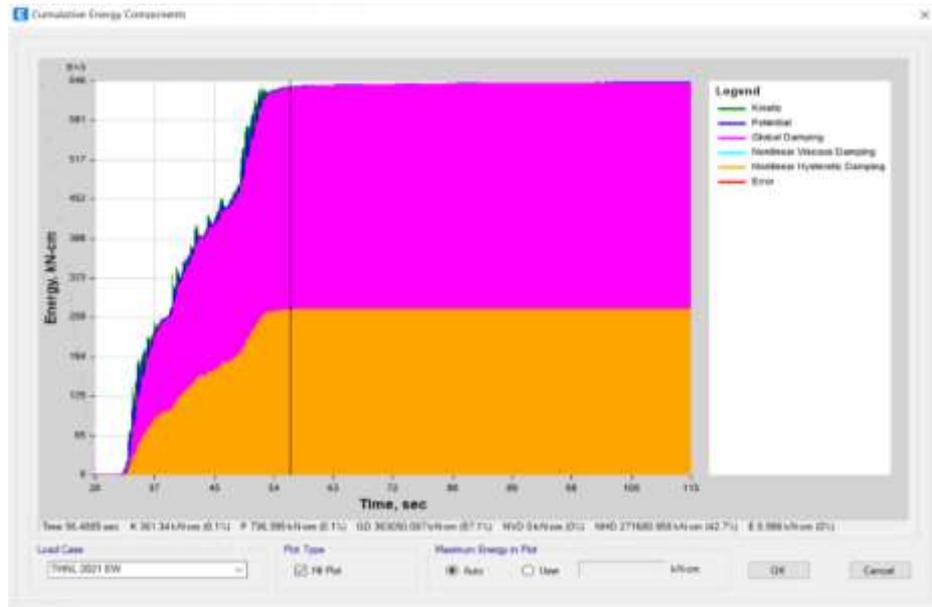


Figura 91. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 2021 EW.

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Disipación de energía absorbida por los disipadores SLB en la dirección Y.



Figura 92. Disipación de energía por analisis THNL, sismo 1951 NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

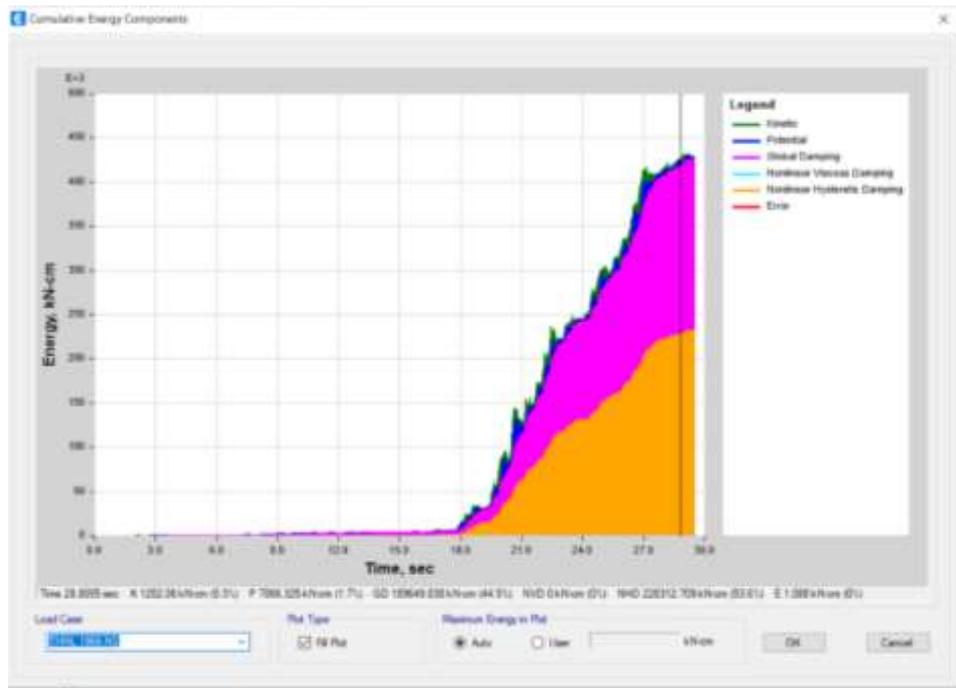


Figura 93. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1966 NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19



Figura 94. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1970 NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

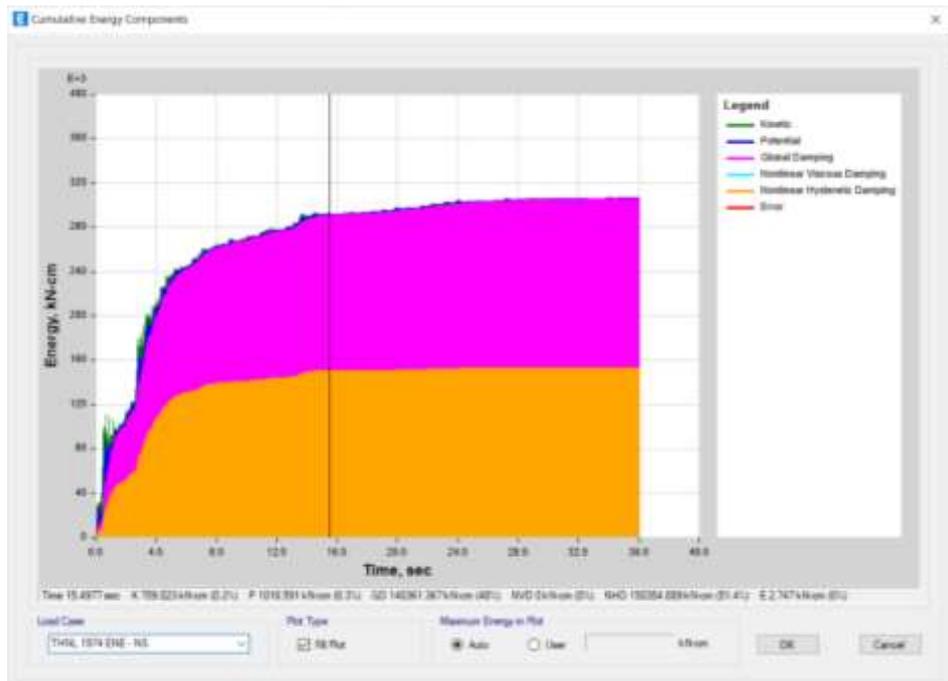


Figura 95. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Ene. NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19



Figura 96. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Oct. NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19



Figura 97. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 1974 Nov. NS

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

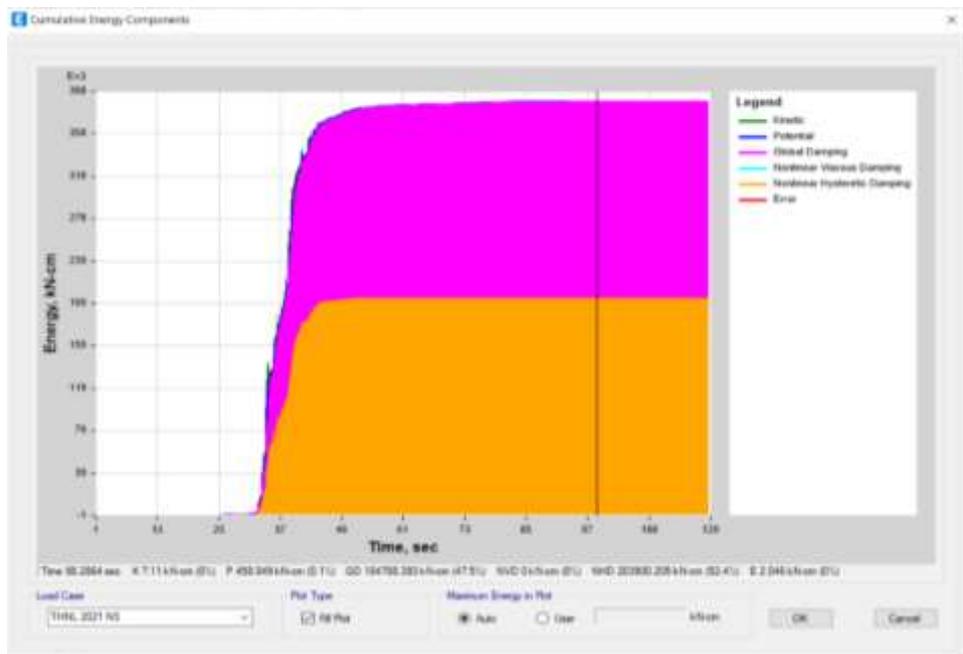


Figura 98. Disipación de energía por análisis THNL, sismo 2021 NS.

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

### 5.8.8. Derivas EMCD

Mediante el análisis tiempo historia no lineal, se obtuvieron las derivas máximas de los 7 registros sísmicos, obteniendo un promedio de ellas en la dirección X y en la dirección Y cumpliéndose que el promedio de las derivas es menor a 1.25 veces la deriva permisible ver Anexo 10: Derivas máximas de la EMCD en eje X y Anexo 11: Derivas máximas de la EMCD en el eje Y.

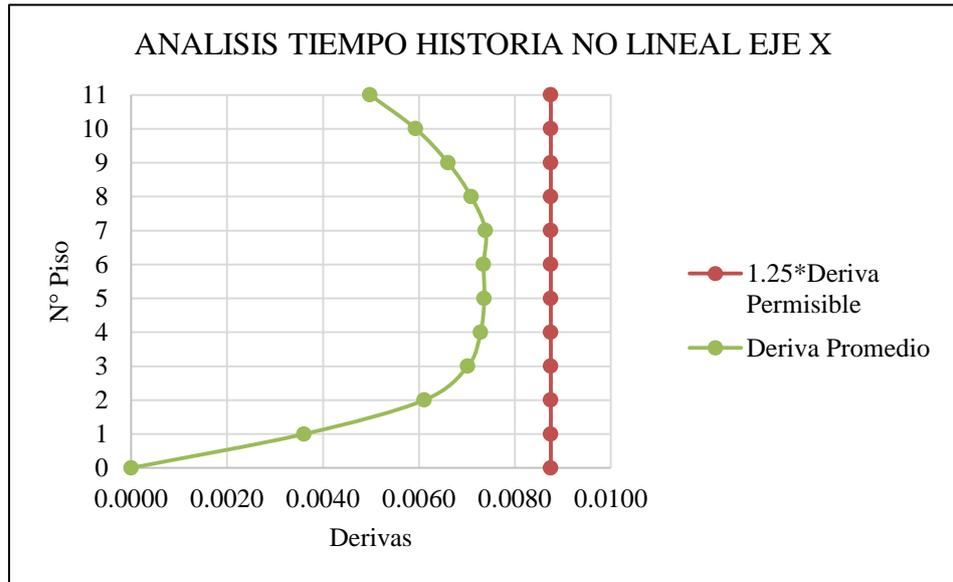


Figura 99: Derivas de entrepiso en EMCD por análisis THNL, eje X

Fuente: Propia

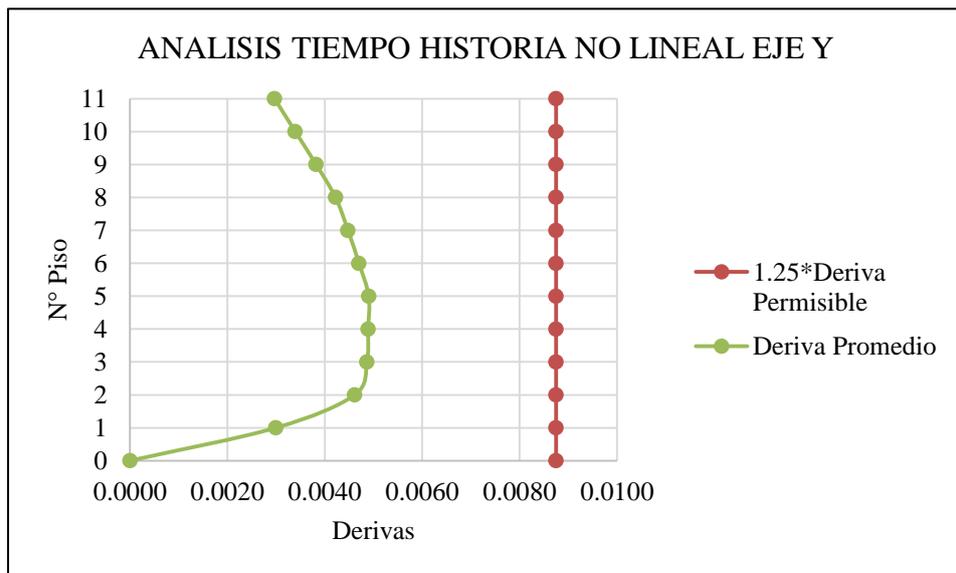


Figura 100: Derivas de entrepiso en EMCD por análisis THNL eje Y

Fuente: Propia

## CAPITULO VI: PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Verificación del Modelo Estructural Original

Del análisis del modelo de la estructura sin disipadores se verifica en la Tabla 26 que no tenemos irregularidades torsionales en el eje X siendo la relación del máximo desplazamiento y el promedio menor a 1.3 y en la Tabla 27 no aplica verificar la irregularidad en el eje Y debido al poco desplazamiento que generan la rigidez que aportan los muros estructurales.

Tabla 26: Verificación de Irregularidad Torsional en planta eje X

Piso	h(m)	Xmáx relativo (m)	Xprom relativo (m)	Xmáx/Xprom inelástico relativo	Estado
Story11	31.65	0.013	0.012	1.11	Regular
Story10	28.83	0.014	0.013	1.12	Regular
Story9	26.01	0.015	0.013	1.12	Regular
Story8	23.19	0.016	0.014	1.13	Regular
Story7	20.37	0.016	0.014	1.13	Regular
Story6	17.55	0.016	0.014	1.14	Regular
Story5	14.73	0.016	0.014	1.14	Regular
Story4	11.91	0.015	0.013	1.14	Regular
Story3	9.09	0.013	0.011	1.15	Regular
Story2	6.27	0.01	0.009	1.17	Regular
Story1	3.45	0.007	0.006	1.21	Regular

Fuente: Propia

Tabla 27: Verificación de Irregularidad Torsional en planta en eje Y

Piso	h(m)	Deriva	Deriva Inelástica	50%Deriva	Estado
Story11	31.65	0.0002	0.0011	0.0035	No aplica
Story10	28.83	0.0003	0.0012	0.0035	No aplica
Story9	26.01	0.0003	0.0013	0.0035	No aplica
Story8	23.19	0.0003	0.0013	0.0035	No aplica
Story7	20.37	0.0003	0.0014	0.0035	No aplica
Story6	17.55	0.0003	0.0014	0.0035	No aplica
Story5	14.73	0.0003	0.0013	0.0035	No aplica
Story4	11.91	0.0003	0.0012	0.0035	No aplica
Story3	9.09	0.0002	0.0011	0.0035	No aplica
Story2	6.27	0.0002	0.001	0.0035	No aplica
Story1	3.45	0.0002	0.0007	0.0035	No aplica

Fuente: Propia

Se verifica que la estructura existente sin disipadores, que las derivas inelásticas mediante un análisis dinámico lineal cumplen con deriva permisible 0.007 para muros estructurales indicado en la norma E. 030, siendo la deriva máxima de 0.006 dirección X y 0.001 en la dirección Y, ver la Figura 101.

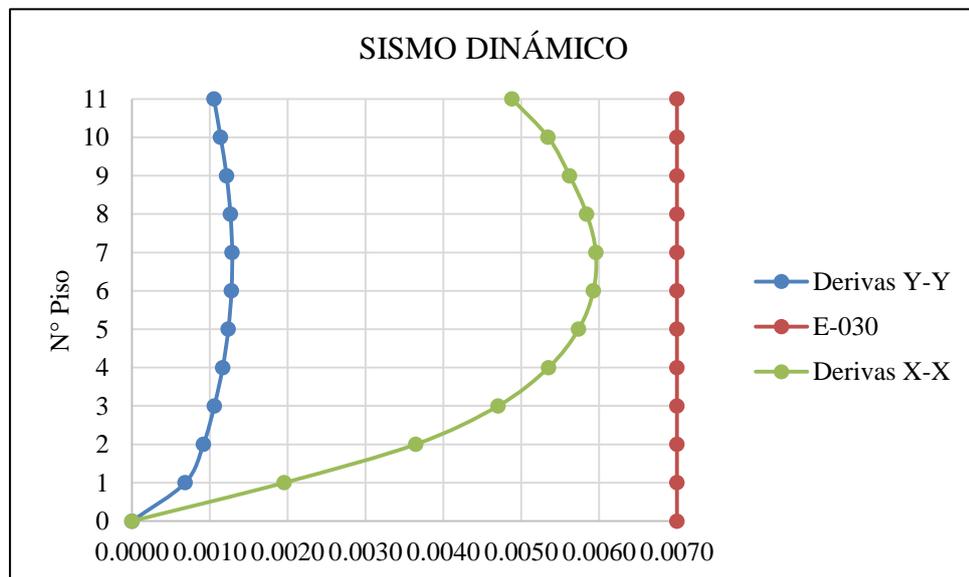


Figura 101: Derivas de entrepiso eje X e Y de estructura sin disipadores

Fuente: Propia

De la figura anterior se observa que en el eje Y tenemos mucha rigidez debido al aporte de los muros estructurales, por ello al incorporar disipadores SLB mediante

muros desacoplados en el eje X donde se genera mayor desplazamiento, se obtuvo el promedio de derivas mediante un análisis tiempo historia no lineal menor a 1.25 veces de la deriva permisible cumpliendo con la norma E.030 visualizados en la Figura 102.

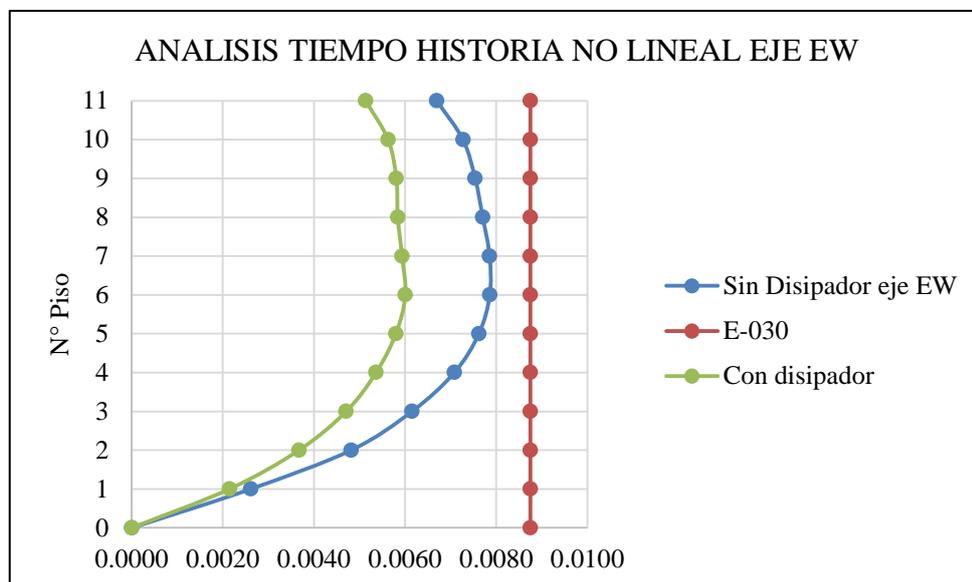


Figura 102: Derivas máximas eje EW

Fuente: Propia

En la se muestra el porcentaje de reducción de derivas de la estructura con muros estructurales con y sin disipadores SLB en el eje X. Ver Tabla 28.

Tabla 28. Porcentaje de reducción en derivas con y sin disipadores

Nivel	Sin disipadores	Con disipadores	% Reducción
Story11	0.0067	0.0051	23%
Story10	0.0073	0.0056	23%
Story9	0.0075	0.0058	23%
Story8	0.0077	0.0058	24%
Story7	0.0079	0.0059	24%
Story6	0.0079	0.006	24%
Story5	0.0076	0.0058	24%
Story4	0.0071	0.0054	24%
Story3	0.0062	0.0047	23%
Story2	0.0048	0.0037	24%
Story1	0.0026	0.0021	18%

Fuente: Propia

La energía disipada en la estructura de muros estructurales en el eje X por los dispositivos es 35.4% visualizados en la Tabla 29.

Tabla 29: Energía disipada en estructura de muros estructurales dirección X

Sismo	Tipo	Input Energy tonf-m	Link Hysteresis Energy tonf-m	% Disipación
THNL 1951 EW	Max	192.4	61.7	32.1%
THNL 1966 EW	Max	279.2	99.6	35.7%
THNL 1970 EW	Max	770.9	277.2	36.0%
THNL 1974 Ene EW	Max	341.0	119.8	35.1%
THNL 1974 Oct EW	Max	836.1	303.1	36.2%
THNL 1974 Nov EW	Max	451.3	163.9	36.3%
THNL 2021 EW	Max	708.5	257.5	36.3%
			Promedio	35.4%

Fuente: Elaboración propia

## 6.2. Verificación del modelo estructural modificado

Mediante la reducción de muros estructurales y/o placas en la dirección X e Y, incluyendo pórticos en tales direcciones en reemplazo de los muros estructurales. Al cambiar el sistema estructural en el perímetro en tales direcciones X e Y, verificamos las irregularidades obteniendo que la estructura reducida sin disipadores SLB tiene irregularidad torsional en el eje X, ver Tabla 30 y irregularidad torsional en planta eje Y, ver Tabla 31. Siendo la relación del máximo desplazamiento y el promedio mayor a 1.3 y según la norma E.030.

Tabla 30: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje X

Piso	h(m)	X <sub>máx</sub> relativo (m)	X <sub>prom. máx</sub> relativo (m)	X <sub>máx</sub> /X <sub>prom</sub> relativo	Estado
Story11	31.65	0.0115	0.0112	1.02	Regular
Story10	28.83	0.0142	0.0131	1.08	Regular
Story9	26.01	0.0168	0.0150	1.12	Regular
Story8	23.19	0.0194	0.0168	1.15	Regular
Story7	20.37	0.0218	0.0185	1.18	Regular
Story6	17.55	0.0238	0.0200	1.19	Regular
Story5	14.73	0.0255	0.0210	1.22	Regular
Story4	11.91	0.0265	0.0214	1.24	Regular
Story3	9.09	0.0260	0.0205	1.27	Regular
Story2	6.27	0.0232	0.0177	1.31	Irregularidad Torsional
Story1	3.45	0.0168	0.0121	1.39	Irregularidad Torsional

Fuente: Propia

Tabla 31: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje Y

Piso	h(m)	X <sub>máx</sub> relativo (m)	X <sub>prom. máx</sub> relativo (m)	X <sub>máx</sub> / X <sub>prom</sub> relativo	Estado
Story11	31.65	0.0080	0.0072	1.11	Regular
Story10	28.83	0.0102	0.0088	1.15	Regular
Story9	26.01	0.0126	0.0105	1.20	Regular
Story8	23.19	0.0149	0.0123	1.21	Regular
Story7	20.37	0.0170	0.0137	1.24	Regular
Story6	17.55	0.0190	0.0149	1.28	Regular
Story5	14.73	0.0206	0.0157	1.31	Irregularidad Torsional
Story4	11.91	0.0218	0.0162	1.35	Irregularidad Torsional
Story3	9.09	0.0221	0.0159	1.39	Irregularidad Torsional
Story2	6.27	0.0204	0.0144	1.42	Irregularidad Torsional
Story1	3.45	0.0153	0.0108	1.42	Irregularidad Torsional

Fuente: Propia

### 6.3. Inclusión de disipadores

Al añadir disipadores SLB en la estructura modificada se obtiene una disminución drástica de las irregularidades, resultando en una estructura regular tanto en la dirección X e Y siendo la relación del máximo desplazamiento y el promedio menor a 1.3 y esto se aprecia en la Tabla 32 y Tabla 33 respectivamente.

Tabla 32: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje X

Piso	h(m)	X <sub>máx</sub> relativo (m)	X <sub>prom. máx</sub> relativo (m)	X <sub>máx</sub> / X <sub>prom</sub> relativo	Estado
Story11	31.65	0.8547	0.8211	1.041	Regular
Story10	28.83	1.0348	0.9555	1.083	Regular
Story9	26.01	1.1939	1.0894	1.096	Regular
Story8	23.19	1.3440	1.2212	1.101	Regular
Story7	20.37	1.4695	1.3367	1.099	Regular
Story6	17.55	1.5666	1.4270	1.098	Regular
Story5	14.73	1.6427	1.4952	1.099	Regular
Story4	11.91	1.6637	1.5162	1.097	Regular
Story3	9.09	1.6202	1.4621	1.108	Regular
Story2	6.27	1.4422	1.2716	1.134	Regular
Story1	3.45	1.0526	0.8678	1.213	Regular

Fuente: Propia

Tabla 33: Verificación Irregularidad Torsional en planta eje Y

Piso	X <sub>máx</sub> relativo (m)	X <sub>prom.</sub> inelástico relativo (m)	X <sub>máx</sub> / X <sub>prom.</sub> relativo	Estado
Story11	0.0077	0.0064	1.202	Regular
Story10	0.0091	0.0075	1.213	Regular
Story9	0.0103	0.0084	1.225	Regular
Story8	0.0112	0.0090	1.239	Regular
Story7	0.0118	0.0095	1.243	Regular
Story6	0.0119	0.0095	1.243	Regular
Story5	0.0120	0.0096	1.250	Regular
Story4	0.0115	0.0092	1.252	Regular
Story3	0.0110	0.0088	1.242	Regular
Story2	0.0096	0.0077	1.239	Regular
Story1	0.0075	0.0063	1.193	Regular

Fuente: Propia

#### 6.4. Comparación EMSD vs. EMCD

##### 6.4.1. Sismo dinámico

Mediante un análisis dinámico lineal se verifica que, en la EMSD, las derivas inelásticas no cumplen con la deriva máxima permisible 0.007 para estructuras de concreto armado indicado en la norma E. 030, siendo la deriva máxima de 0.010 dirección X y 0.0079 en la dirección Y como se aprecia en la Figura 103.

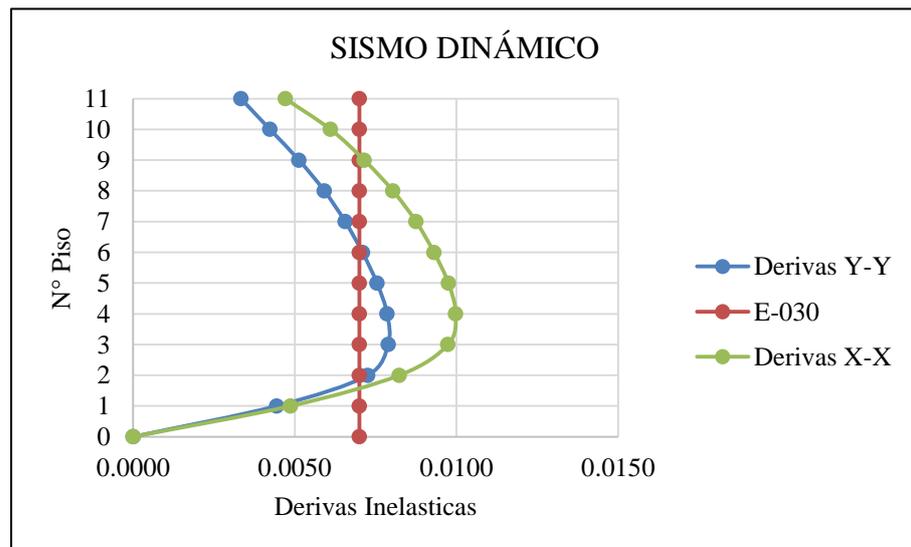


Figura 103: Derivas de entrepiso eje X e Y de EMSD

Fuente: Propia

#### 6.4.2. Tiempo historia no lineal

Mediante un análisis tiempo historia no lineal, se verificaron las derivas máximas de la estructura modificada con disipadores SLB obteniendo derivas máximas en el eje EW 0.0074 y eje NS 0.0049 menores a 1.25 veces la deriva permisible, cumpliendo con la norma E. 030, ver Figura 104.

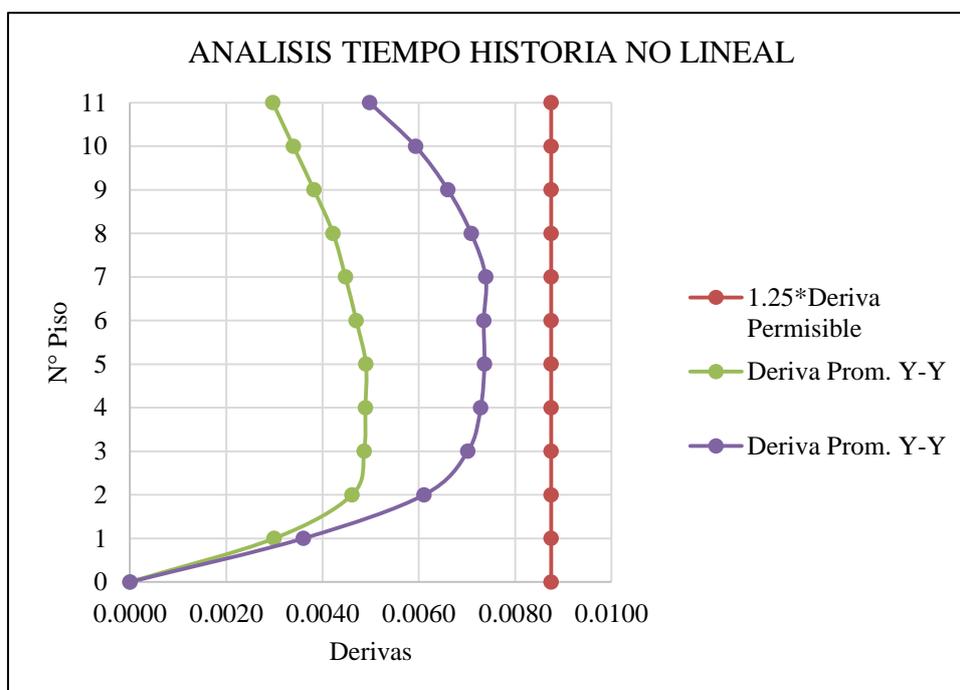


Figura 104: Verificación de derivas incorporando disipadores SLB

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.3. Comparación derivas

Con la finalidad de comparar derivas y obtener el porcentaje reducción de las derivas máximas de entrepiso en la estructura modificada, se realizó un análisis tiempo historia no lineal visualizados en la Tabla 34 para la dirección X y en la Tabla 35 para la dirección Y.

Tabla 34: Reducción de derivas EMSD vs EMCD dirección X

Piso	Sin disipadores	Con disipadores	% Reducción
Story11	0.0062	0.0050	20%
Story10	0.0076	0.0059	22%
Story9	0.0087	0.0066	24%
Story8	0.0093	0.0071	24%
Story7	0.0097	0.0074	24%
Story6	0.0100	0.0073	27%
Story5	0.0103	0.0074	28%
Story4	0.0105	0.0073	31%
Story3	0.0103	0.0070	32%
Story2	0.0086	0.0061	29%
Story1	0.0050	0.0036	28%

Fuente: Propia

Tabla 35: Reducción de derivas de EMSD vs EMCD dirección Y

Piso	Sin disipadores	Con disipadores	% Reducción
Story11	0.0050	0.0030	41%
Story10	0.0060	0.0034	43%
Story9	0.0070	0.0038	45%
Story8	0.0078	0.0042	46%
Story7	0.0084	0.0045	47%
Story6	0.0087	0.0047	46%
Story5	0.0090	0.0049	46%
Story4	0.0092	0.0049	47%
Story3	0.0092	0.0049	47%
Story2	0.0084	0.0046	45%
Story1	0.0051	0.0030	41%

Fuente: Propia

#### 6.4.4. Comparación energía disipada

La energía disipada en la estructura modificada por los dispositivos es de 42% en la dirección X visualizados en la Tabla 36 y 52% en la dirección Y visualizados en la Tabla 37.

Tabla 36: Energía disipada en el edificio de muros estructurales dirección X

Output Case	Step Type	Input Energy tonf-m	Link Hysteresis Energy tonf-m	% Disipación
THNL 1970 EW	Max	205.1	85.4	42%
THNL 1951 EW	Max	284.3	118.0	42%
THNL 1974 Oct EW	Max	675.7	287.9	43%
THNL 1974 Ene EW	Max	202.8	85.6	42%
THNL 1974 Nov EW	Max	820.5	345.9	42%
THNL 1966 EW	Max	439.6	192.0	44%
THNL 2021 EW	Max	657.0	277.5	42%
			Promedio	42.3%

Fuente: Propia

Tabla 37: Energía disipada en estructura de muros estructurales dirección Y

Output Case	Step Type	Input Energy tonf-m	Link Hysteresis Energy tonf-m	% Disipación
THNL 1951 NS	Max	235.8	125.5	53%
THNL 1966 NS	Max	440.6	237.5	54%
THNL 1970 NS	Max	514.0	280.0	54%
THNL 1974 Ene NS	Max	312.7	155.9	50%
THNL 1974 Oct NS	Max	796.7	404.7	51%
THNL 1974 Nov NS	Max	269.6	140.3	52%
THNL 2021 NS	Max	396.9	207.9	52%
			Promedio	52.4%

Fuente: Propia

### 6.5. Contrastación de hipótesis

Hipótesis general: Los disipadores de energía SLB reducirán la energía sísmica de una edificación de 11 niveles en el distrito de Santiago de Surco.

Se incorporó disipadores SLB al edificio de muros estructurales solo en la dirección X, mediante un análisis tiempo historia no lineal en el se encontró que la energía disipada en esa dirección alcanza 35.4%, ver Tabla 29. En la estructura modificada la energía disipada en la dirección X es de 42.3% ver Tabla 36, y en la dirección Y es de 52.4% ver Tabla 37, lo que verifica el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 1: Los desplazamientos y derivas en la estructura de muros estructurales sin disipadores de energía SLB cumplen con los desplazamientos y derivas máximas de la norma E 030-2018.

Mediante un análisis dinámico lineal de la estructura sin disipadores SLB se obtuvo que la deriva máxima en la dirección X es de 0.0059 y en la dirección Y es de 0.0013 menores en 15.76% y 81.43% respectivamente a la deriva máxima permisible de la norma E 030-2018; estos resultados se ven evidenciados en la Tabla 17 y Tabla 18, demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 2: El comportamiento de la estructura con disipadores de energía SLB mediante el análisis no lineal tiempo historia cumplirá con las derivas máximas de entrepiso de la norma E 030-2018.

Mediante un análisis tiempo historia no lineal de la estructura con disipadores SLB tienen menor desplazamiento la dirección X es de 0.0060 y en la dirección Y es de 0.0018 menores en 31.43% y 79.43% respectivamente a 1.25 veces la deriva máxima de la norma E 030-2018 evidenciado en la Anexo 7, debido a que solo se instaló dispositivos en la parte más flexible o menos rígida, siendo esta la dirección X, demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 3: La estructura modificada con disipadores SLB reducirán la cantidad de placas o muros estructurales de concreto armado, cumpliendo con las derivas permisibles de la norma E.030-2018.

La estructura de muros estructurales fue modificada en su perímetro por pórticos en la dirección X e Y agregando muros desacoplados con disipadores SLB mediante un análisis tiempo historia no lineal, se obtuvieron las derivas máximas en la dirección X es de 0.0074 y en la dirección Y es de 0.0049 menores en 15.54% y 43.97% respectivamente a 1.25 veces la deriva máxima de la norma E 030-2018 evidenciado en el Anexo 10 y Anexo 11.

## CONCLUSIONES

1. En el edificio con sistema de muros estructurales se verificó mediante un análisis dinámico lineal que no requiere disipadores de energía para controlar derivas o irregularidades, ya que cumplen con las derivas máximas permisibles de acuerdo a la norma E.030 – 2018 debido al gran aporte de rigidez de muros estructurales en ambas direcciones.
2. Al incorporar disipadores SLB en el edificio con sistema de muros estructurales se verificó mediante un análisis tiempo historia no lineal, donde se evidenció que la deriva máxima de entrepiso disminuyó en 23.1%, su periodo en un 15.5%, disipando energía sísmica en 35.4% en la dirección X en la cual se implementaron dichos dispositivos.
3. La implementación de los disipadores SLB en la estructura modificada corrigió la irregularidad torsional y las derivas máxima de entrepiso ambas verificaciones cumplen satisfactoriamente con la norma E.030-2018, reduciendo los periodos en 79.2% en la dirección X y 65.1% en la dirección Y, disipando la energía sísmica en 42% en la dirección X y 52% en la dirección Y, estos resultados se evaluaron mediante un análisis tiempo historia no lineal.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la conexión tipo peine en los disipadores SLB ya que no permite que se apliquen cargas axiales de la estructura por lo que puede ubicarse continuamente, alternante y/o en sectores donde se requiera que el disipador tome mayor fuerza cortante, control de derivas e irregularidades y otros, con el fin de reducir la cantidad de disipadores y costos.
2. Se recomienda realizar un análisis de fuerzas cortantes aplicados en los disipadores SLB para verificar demanda/capacidad de los dispositivos a utilizar y de esta manera colocar un disipador optimo que pueda desplazarse y plastificar absorbiendo energía sísmica.
3. Se recomienda para futuras investigaciones realizar un análisis sísmico comparativo económico de los sistemas de incorporación disipación SLB con Muros desacoplados, arriostres tipo Chevron y vigas de acople.
4. Se recomienda para futuras investigaciones realizar un comparativo del diseño estructural con y sin disipadores SLB en sistema estructurales flexibles aporticadas y duales verificando las fuerzas cortantes de diseño para los elementos estructurales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCE [2016], Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures (ASCE/SEI 7-10), American Society of Civil Engineers
- Borja, M. (2016). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, Perú. Obtenido de <https://docer.com.ar/doc/c8sc1v>
- Bozzo, G. (2018). Simulación de una ensayo en mesa vibrante de una estructura con dispositivos de disipación sísmica para viviendas de bajo coste (Tesis de pregrado). UPC Barcelonatech, Barcelona, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/131255>
- Bozzo, L. (2017). Disipadores SLB para diseño sismorresistente. Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L., 4-8. Obtenido de <https://cutt.ly/rE1jNW8>
- Bozzo, L., & Barbat, A. (2004). Diseño sismorresistente de edificios. Barcelona, España: Reverté.
- Bozzo, L., Gaxiola, G., & Gonzales, H. (14 de 01 de 2016). Proceso de Analisis y Diseño utilizando Disipadores. Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L., 1-39. Obtenido de <https://cutt.ly/FE1j07m>
- Bozzo, L., Ramirez, J., Bairan, J., Bozzo, G., & Muñoz, E. (13th to 18th de september de 2020). Precast Buildings Equipped with SLB Seismic Devices. 17th World Conference on Earthquake Engineering, 17WCEE.
- Cervantes, F., & Albrizzio, Y. (2020). Desempeño sísmico de un hospital de concreto armado con disipadores “SLB” Shear Link Bozzo en la zona sísmica 4 (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3559>
- Ciliento. (13 al 18 de Septiembre de 2020). Comparison of Seismic Design Procedures for Structures. 17 World Conference on Earthquake Engineering, 17WCEE.
- Ciliento, F. (2019). Development of Seismic Design procedures. Università Degli Studi di Napoli Federico ii, Nápoles, Italia.
- Centro de observación para la Ingeniería Sísmica (CEOIS – CISMID), Perú. Obtenido de <http://www.cismid.uni.edu.pe/ceois/red/#>

- Enciso, F. (2019). Análisis comparativo del diseño sísmico de una estructura con muros continuos y con muros desacoplados incorporando disipadores SLB en la ciudad de Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5046>
- Guardia, P. (2011). Determinación de la superficie de acoplamiento sísmico interplaca en el borde occidental del Perú. Instituto Geofísico del Perú. Obtenido de <https://repositorio.igp.gob.pe/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. ISBN:978-1-4562-2396-0
- Iasevoli, R. (2019). The use and design of "Shear Link Bozzo" (SLB) Energy Dissipation Devices for Seismic Protection of Precast r.c. Buildings (tesis de maestría). Università Degli Studi di Napoli Federico ii, Nápoles, Italia.
- Kuroiwa, J. (2016). Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas en el Perú (2016 ed.). Lima. Obtenido de <https://n9.cl/ysim>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), RNE – E.020 Reglamento Nacional de Edificaciones – Cargas (2004), Perú. Obtenido de <https://www.gob.pe/sencico>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), RNE – E.060 Reglamento Nacional de Edificaciones – Concreto Armado (2009), Perú. Obtenido de <https://www.gob.pe/sencico>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), RNE – E.030 Reglamento Nacional de Edificaciones – Diseño Sismorresistente (2018), Perú. Obtenido de <https://www.gob.pe/sencico>
- Miranda, Y., & Ontiveros, Y. (2020). Análisis Comparativo del desempeño sísmico y costos entre los disipadores Shear Link Bozzo y Taylor aplicados en una edificación multifamiliar, Trujillo” (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49777>
- Moreno, R., Pujades, L., Aparicio, Á., & Barbat, H. (2008). Herramientas necesarias para la evaluación sísmica de edificios. Barcelona, España: Centre Internacional

de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE). Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/28503>

Muñoz, E. (2021). Diseño de estructuras con disipadores histeréticos Shear Link Bozzo (SLB). Obtenido de <https://postensa.pe/empresa-postensado/>

Paredes, E. (2018). Diseño estructural de un edificio de 8 niveles con disipadores de energía, Trujillo-La Libertad (Tesis de Pregrado). Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32609>

Postensa. (2018). Ficha Técnica Disipador SLB. Obtenido de <https://xdocs.pl/doc/190321-ficha-tecnica-disipador-slb-987793lqg78z>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

FORMULACION DEL PROBLEMA	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
GENERAL	PG. ¿Cómo realizar el análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco?	OG. Realizar el análisis sísmico de una edificación de 11 niveles empleando disipadores de energía Shear Link Bozzo en el distrito de Santiago de Surco.	HG. Los disipadores de energía SLB reducirán la energía sísmica de una edificación de 11 niveles en el distrito de Santiago de Surco.	Variable Independiente: Disipador Shear Link Bozzo	Características de disipador Shear Link Bozzo, Fuerza Cortante, desplazamiento	
	PE1. ¿Cuáles son los desplazamientos y derivas de entepiso en la estructura sin disipadores de energía SLB mediante un análisis sísmico dinámico lineal usando software Etabs V19?	OE1. Determinar los desplazamientos y derivas de entepiso en la estructura con y sin disipadores SLB mediante un analisis sísmico dinámico usando software ETABS V19.	HE1. Los desplazamientos y derivas en la estructura sin disipadores de energía SLB cumplen con los desplazamientos y derivas máximas de la norma E 030-2018.		Ubicacion del disipador	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Planos del Edificio</li> <li>•RNE-E020 (Cargas)</li> <li>•RNE-E060 (Concreto Armado)</li> <li>•RNE-E030 (Diseño Sismo resistente)</li> <li>•Ficha tecnica y tabla de diseño Disipador SLB</li> </ul>
	PE2. ¿Cuál es el comportamiento de la estructura con disipadores de energía SLB mediante un análisis no lineal Tiempo Historia usando software Etabs V19?	OE2. Analizar el comportamiento de la estructura con disipadores de energía SLB mediante un análisis no lineal Tiempo Historia usando software Etabs v19.	HE2. El comportamiento de la estructura con disipadores de energía SLB mediante el análisis no lineal tiempo historia cumplirá con las derivas máximas de entepiso de la norma E 030-2018.		Variable Dependiente: Análisis Sísmico de un edificio de 11 niveles	Desplazamientos, derivas, fuerzas cortantes, energía sísmica
ESPECIFICO	PE3. ¿Cuáles son las derivas máximas de entepiso de la estructura modificada con disipadores de energía SLB?	OE3. Determinar las derivas máximas de la estructura modificada con disipadores de energía SLB mediante un análisis no lineal tiempo historia usando el software Etabs v19.	HE3. La estructura modificada con disipadores SLB reducirán la cantidad de placas o muros estructurales de concreto armado, cumpliendo con las derivas máximas permisibles de la norma E.030-2018.		Análisis estático lineal, dinámico modal espectral y tiempo historia no lineal.	

Fuente: Propia.

Anexo 2: Matriz operacional de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Independiente Disipador Shear Link Bozzo	Según Borja (2016) afirma que "es la variable que produce el efecto o es la causa de la Variable Dependiente". Diseño e implementación de los dispositivos en la estructura	Capacidad de disipación de energía sísmica	- Ubicación de disipadores -Características del disipador SLB -Fuerza Cortante -Desplazamiento	*Ficha técnica y tabla de diseño Disipador SLB POSTENSA *ETABS Versión 19
Dependiente Análisis Sísmico de un edificio de 11 niveles	Según Borja (2016) afirma que "es el resultado o efecto producido por la acción de la variable independiente". Resultados de la estructura bajo un análisis sísmico estático, dinámico, no lineal tiempo historia.	Resultados de la evaluación sísmico dinámica	-Desplazamientos -Derivas -Fuerzas Cortantes -Energía sísmica	*Planos del Edificio *RNE-E020 (Cargas) *RNE-E060 (Concreto Armado) *RNE-E030 (Diseño Sismo resistente)

Fuente: Propia

Anexo 3: Cronograma de actividades

N°	Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
		S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
1	Elección del tema de investigación	X																							
2	Planteamiento del Problema y Marco Teórico		X	X	X	X	X	X																	
3	Objetivos y Sistema de Hipótesis			X	X	X	X	X																	
4	Metodología de la Investigación					X	X	X	X	X	X														
5	Recolección de Datos							X	X	X	X	X	X	X	X										
6	Análisis de Resultados													X	X	X	X	X	X	X					
7	Presentación de Resultados																X	X	X	X	X				
8	Conclusiones y Recomendaciones																					X	X		
9	Revisión de la Investigación																					X	X	X	
10	Presentación de la Investigación																								X

Fuente: Propia

Anexo 4: Modos de vibración Modal - Eigen de la estructura sin disipadores

Modos	Periodo (s)	UX	UY	RZ	Σ UX	Σ UY	Σ RZ
1	1.07	0.6955	0.0001	0.0095	0.6955	0.0001	0.0095
2	0.32	0.0001	0.6488	0.0126	0.6956	0.6489	0.0222
3	0.318	0.013	0.0767	0.017	0.7086	0.7255	0.0391
4	0.279	0.0569	0.0006	0.2871	0.7655	0.7261	0.3262
5	0.255	0.0982	0.0066	0.3827	0.8636	0.7328	0.7089
6	0.222	0.0008	0.0001	0.0063	0.8644	0.7329	0.7152
7	0.213	0.0049	0.0001	0.0007	0.8693	0.733	0.7159
8	0.208	0.0009	0.0061	0.019	0.8701	0.739	0.7349
9	0.204	0.0003	0.0002	0.0001	0.8705	0.7392	0.735
10	0.171	2.751E-05	0.0036	0.0069	0.8705	0.7428	0.7419
11	0.149	0.0000218	0.0009	0.0007	0.8705	0.7437	0.7426
12	0.145	0.0011	0.0002	0.0004	0.8716	0.7439	0.7429
13	0.141	0.0002	0.001	7.136E-06	0.8718	0.7449	0.7429
14	0.125	0.0547	2.765E-05	0.0038	0.9265	0.7449	0.7467
15	0.091	0	0.1726	0.0004	0.9265	0.9175	0.7471
16	0.079	0.0232	1.526E-05	0.0076	0.9497	0.9175	0.7546
17	0.075	0.0088	0.0002	0.158	0.9585	0.9177	0.9126
18	0.056	0.0145	7.855E-07	9.623E-07	0.973	0.9177	0.9126

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Anexo 5: Modos de vibración Modal-Ritz de la estructura sin disipadores

Modos	Periodo (s)	UX	UY	RZ	$\Sigma$ UX	$\Sigma$ UY	$\Sigma$ RZ
1	1.07	0.6955	0.0001	0.0095	0.6955	0.0001	0.0095
2	0.32	0.0001	0.6488	0.0126	0.6956	0.6489	0.0222
3	0.318	0.013	0.0767	0.017	0.7086	0.7255	0.0391
4	0.279	0.0569	0.0006	0.2871	0.7655	0.7261	0.3262
5	0.255	0.0982	0.0066	0.3827	0.8636	0.7328	0.7089
6	0.222	0.0008	0.0001	0.0063	0.8644	0.7329	0.7152
7	0.213	0.0049	0.0001	0.0007	0.8693	0.733	0.7159
8	0.208	0.0009	0.0061	0.019	0.8701	0.739	0.7349
9	0.204	0.0003	0.0002	0.0001	0.8705	0.7392	0.735
10	0.171	2.74E-05	0.0036	0.0068	0.8705	0.7428	0.7418
11	0.147	2.60E-05	0.0014	0.0004	0.8705	0.7442	0.7422
12	0.145	0.0012	0.0001	0.0003	0.8717	0.7443	0.7425
13	0.139	0.0001	0.0006	0.0001	0.8718	0.7449	0.7426
14	0.125	0.0547	2.73E-05	0.0038	0.9265	0.7449	0.7464
15	0.091	0	0.1727	0.0002	0.9265	0.9176	0.7467
16	0.078	0.0298	0	0.0022	0.9563	0.9176	0.7489
17	0.064	0.0073	0.0003	0.1067	0.9636	0.9179	0.8555
18	0.049	0.0153	0.0058	0.0124	0.9788	0.9237	0.868
19	0.047	0.0025	0.0402	0.0035	0.9814	0.9639	0.8714
20	0.029	0.0092	0.0095	0.0315	0.9906	0.9734	0.9029
21	0.027	0.0038	0.02	0.0212	0.9943	0.9935	0.9241

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Anexo 6: Verificación demanda - capacidad del disipador

Story	Link	Dissipator Etabs	Fy (kN) Etabs	Fy max (kN) Etabs	V2 (kN) It.	D/C It.	Dissipator It.
Story11	K21	SLB3 10_4	93	166.26	123.07	1.32	Ok
Story11	K66	SLB3 15_4	149.7	276.57	228.55	1.53	Ok
Story11	K22	SLB3 6_5	47.4	96.67	54.57	1.15	Ok
Story10	K3	SLB3 15_4	149.7	276.57	204.76	1.37	Ok
Story10	K57	SLB3 15_4	149.7	276.57	220.1	1.47	Ok
Story10	K4	SLB3 6_5	47.4	96.67	60	1.27	Ok
Story9	K5	SLB3 15_4	149.7	276.57	216.66	1.45	Ok
Story9	K58	SLB3 15_4	149.7	276.57	233.14	1.56	Ok
Story9	K6	SLB3 8_4	66.3	120.87	87.91	1.33	Ok
Story8	K7	SLB3 15_4	149.7	276.57	207.93	1.39	Ok
Story8	K59	SLB3 20_5	218.4	395.71	300.76	1.38	Ok
Story8	K8	SLB3 8_4	66.3	120.87	90.92	1.37	Ok
Story7	K9	SLB3 15_4	149.7	276.57	214.82	1.43	Ok
Story7	K60	SLB3 20_5	218.4	395.71	310.04	1.42	Ok
Story7	K10	SLB3 10_3	81.1	148.63	110.3	1.36	Ok
Story6	K11	SLB3 20_4	188.3	348.53	257.69	1.37	Ok
Story6	K61	SLB3 20_5	218.4	395.71	300.45	1.38	Ok
Story6	K12	SLB3 10_3	81.1	148.63	116.99	1.44	Ok
Story5	K13	SLB3 20_4	188.3	348.53	258.91	1.37	Ok
Story5	K62	SLB3 20_5	218.4	395.71	301.7	1.38	Ok
Story5	K14	SLB3 10_4	93	166.26	126.25	1.36	Ok
Story4	K15	SLB3 15_4	149.7	276.57	215.23	1.44	Ok
Story4	K63	SLB3 20_5	218.4	395.71	310.44	1.42	Ok
Story4	K16	SLB3 10_4	93	166.26	128.56	1.38	Ok
Story3	K17	SLB3 15_4	149.7	276.57	218.34	1.46	Ok
Story3	K64	SLB3 15_4	149.7	276.57	233.45	1.56	Ok
Story3	K18	SLB3 10_4	93	166.26	132.61	1.43	Ok
Story2	K19	SLB3 10_4	93	166.26	134.92	1.45	Ok
Story2	K65	SLB3 10_5	112.2	182.26	153.06	1.36	Ok
Story2	K20	SLB3 10_3	81.1	148.63	121.1	1.49	Ok
Story1	K1	SLB3 6_2	35.6	69.01	41.3	1.16	Ok
Story1	K56	SLB3 6_2	35.6	69.01	41.28	1.16	Ok
Story1	K2	SLB3 6_2	35.6	69.01	39.15	1.1	Ok

Fuente: Propia, extraído de Etabs v19

Anexo 7: Derivas máximas de la estructura con disipadores SLB eje X

Nivel	THNL 1951 EW	THNL 1966 EW	THNL 1970 EW	THNL 1974-Ene EW	THNL 1974-Oct EW	THNL 1974- Nov EW	THNL 2021 EW	Deriva Promedio	1.25*Deriva Permisible	Estado
Story11	0.0061	0.0054	0.0043	0.0044	0.0055	0.0048	0.0054	0.0051	0.0088	Ok
Story10	0.0066	0.0059	0.0048	0.0048	0.0061	0.0053	0.0059	0.0056	0.0088	Ok
Story9	0.0067	0.0062	0.005	0.0049	0.0064	0.0055	0.0059	0.0058	0.0088	Ok
Story8	0.0064	0.0063	0.0052	0.0051	0.0066	0.0055	0.0058	0.0058	0.0088	Ok
Story7	0.0069	0.0061	0.0054	0.0052	0.0066	0.0056	0.0057	0.0059	0.0088	Ok
Story6	0.007	0.0057	0.0053	0.0054	0.0066	0.0057	0.0063	0.006	0.0088	Ok
Story5	0.0066	0.0053	0.0053	0.0053	0.0064	0.0057	0.006	0.0058	0.0088	Ok
Story4	0.006	0.0048	0.0049	0.005	0.0059	0.0055	0.0053	0.0054	0.0088	Ok
Story3	0.0051	0.0043	0.0044	0.0044	0.0051	0.0051	0.0046	0.0047	0.0088	Ok
Story2	0.0034	0.0035	0.0034	0.0034	0.0038	0.0042	0.0039	0.0037	0.0088	Ok
Story1	0.0019	0.002	0.0019	0.002	0.0021	0.0026	0.0026	0.0021	0.0088	Ok

Fuente: Propia

Anexo 8: Derivas máximas de la estructura sin disipadores SLB eje Y

Nivel	THNL 1951 NS	THNL 1966 NS	THNL 1970 NS	THNL 1974-ENE NS	THNL 1974-OCT NS	THNL 1974-NOV NS	THNL 2021 NS	Deriva Promedio	1.25*Deriva Permisible	Estado
Story11	0.0016	0.0016	0.0013	0.0016	0.0016	0.0014	0.0014	0.0015	0.0088	Ok
Story10	0.0018	0.0017	0.0015	0.0018	0.0018	0.0015	0.0013	0.0016	0.0088	Ok
Story9	0.0019	0.0018	0.0016	0.0019	0.0019	0.0017	0.0014	0.0017	0.0088	Ok
Story8	0.0019	0.0019	0.0016	0.002	0.002	0.0017	0.0017	0.0018	0.0088	Ok
Story7	0.0019	0.0019	0.0017	0.0019	0.0021	0.0018	0.0017	0.0018	0.0088	Ok
Story6	0.0018	0.0018	0.0017	0.0017	0.0021	0.0017	0.0016	0.0018	0.0088	Ok
Story5	0.0016	0.0017	0.0016	0.0015	0.0021	0.0017	0.0015	0.0017	0.0088	Ok
Story4	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	0.0021	0.0016	0.0015	0.0016	0.0088	Ok
Story3	0.0015	0.0011	0.0014	0.0015	0.0019	0.0014	0.0013	0.0014	0.0088	Ok
Story2	0.0013	0.001	0.0011	0.0014	0.0016	0.0012	0.0012	0.0013	0.0088	Ok
Story1	0.001	0.0009	0.001	0.0012	0.0011	0.0009	0.001	0.001	0.0088	Ok

Fuente: Propia

Anexo 9: Verificación demanda - capacidad del disipador

Story	Link	Dissipator ETABS	Fy (kN) ETABS	Fy max (kN) ETABS	V2 (kN) It.	D/C It.	Dissipator It.
Story11	K3	SLB3 10_4	93	166.26	141.42	1.52	Ok!
Story11	K4	SLB3 10_5	112.2	182.26	159.64	1.42	Ok!
Story11	K25	SLB3 6_2	35.6	69.01	43.53	1.22	Ok!
Story11	K26	SLB3 6_2	35.6	69.01	43.19	1.21	Ok!
Story11	K47	SLB3 6_2	35.6	69.01	48.74	1.37	Ok!
Story11	K48	SLB3 6_2	35.6	69.01	48.7	1.37	Ok!
Story11	K71	SLB3 6_4	44.9	88.58	62.69	1.4	Ok!
Story11	K72	SLB3 6_4	44.9	88.58	62.66	1.4	Ok!
Story11	K73	SLB3 6_2	35.6	69.01	34	0.96	Ok!
Story11	K74	SLB3 6_2	35.6	69.01	34.3	0.96	Ok!
Story11	K119	SLB3 10_3	81.1	148.63	123.22	1.52	Ok!
Story11	K120	SLB3 10_3	81.1	148.63	122.91	1.52	Ok!
Story11	K121	SLB3 6_2	35.6	69.01	40.35	1.13	Ok!
Story11	K122	SLB3 6_2	35.6	69.01	40.12	1.13	Ok!
Story10	K5	SLB3 15_4	149.7	276.57	215.93	1.44	Ok!
Story10	K6	SLB3 15_4	149.7	276.57	230.72	1.54	Ok!
Story10	K27	SLB3 6_2	35.6	69.01	48.7	1.37	Ok!
Story10	K28	SLB3 6_2	35.6	69.01	48.34	1.36	Ok!
Story10	K49	SLB3 6_4	44.9	88.58	61.8	1.38	Ok!
Story10	K50	SLB3 6_4	44.9	88.58	61.76	1.38	Ok!
Story10	K75	SLB3 10_4	93	166.26	131.77	1.42	Ok!
Story10	K76	SLB3 10_4	93	166.26	131.69	1.42	Ok!
Story10	K77	SLB3 6_2	35.6	69.01	47.98	1.35	Ok!
Story10	K78	SLB3 6_2	35.6	69.01	48.24	1.36	Ok!
Story10	K135	SLB3 10_4	93	166.26	136.19	1.46	Ok!
Story10	K136	SLB3 10_4	93	166.26	135.83	1.46	Ok!
Story10	K137	SLB3 6_2	35.6	69.01	46.57	1.31	Ok!
Story10	K138	SLB3 6_2	35.6	69.01	46.78	1.31	Ok!
Story9	K7	SLB3 15_4	149.7	276.57	213.34	1.43	Ok!
Story9	K8	SLB3 20_5	218.4	395.71	308.96	1.41	Ok!
Story9	K29	SLB3 8_3	58	107.57	87.63	1.51	Ok!
Story9	K30	SLB3 8_3	58	107.57	87.01	1.5	Ok!
Story9	K51	SLB3 6_5	47.4	96.67	68.7	1.45	Ok!
Story9	K52	SLB3 6_5	47.4	96.67	68.6	1.45	Ok!
Story9	K79	SLB3 10_4	93	166.26	142.22	1.53	Ok!
Story9	K80	SLB3 10_4	93	166.26	142.14	1.53	Ok!
Story9	K81	SLB3 6_3	41	79.21	59.72	1.46	Ok!
Story9	K82	SLB3 6_3	41	79.21	59.99	1.46	Ok!
Story9	K123	SLB3 15_4	149.7	276.57	211.81	1.41	Ok!

Story	Link	Dissipator ETABS	Fy (kN) ETABS	Fy max (kN) ETABS	V2 (kN) It.	D/C It.	Dissipator It.
Story5	K15	SLB3 25_3	238.2	457.15	333.2	1.4	Ok!
Story5	K16	SLB3 25_4	279.6	526.49	391.96	1.4	Ok!
Story5	K37	SLB3 10_4	93	166.26	141.94	1.53	Ok!
Story5	K38	SLB3 10_4	93	166.26	140.95	1.52	Ok!
Story5	K59	SLB3 10_4	93	166.26	138.17	1.49	Ok!
Story5	K60	SLB3 10_4	93	166.26	138.08	1.48	Ok!
Story5	K95	SLB3 15_4	149.7	276.57	238.82	1.6	Ok!
Story5	K96	SLB3 15_4	149.7	276.57	238.72	1.59	Ok!
Story5	K97	SLB3 10_4	93	166.26	141.13	1.52	Ok!
Story5	K98	SLB3 10_4	93	166.26	141.78	1.52	Ok!
Story5	K131	SLB3 20_4	188.3	348.53	279.09	1.48	Ok!
Story5	K132	SLB3 20_4	188.3	348.53	278.22	1.48	Ok!
Story5	K133	SLB3 10_4	93	166.26	128.25	1.38	Ok!
Story5	K134	SLB3 10_4	93	166.26	128.8	1.38	Ok!
Story4	K17	SLB3 25_3	238.2	457.15	343.7	1.44	Ok!
Story4	K18	SLB3 25_4	279.6	526.49	403.63	1.44	Ok!
Story4	K39	SLB3 20_4	188.3	348.53	276.91	1.47	Ok!
Story4	K40	SLB3 10_3	81.1	148.63	116.6	1.44	Ok!
Story4	K61	SLB3 10_4	93	166.26	135.59	1.46	Ok!
Story4	K62	SLB3 10_4	93	166.26	135.5	1.46	Ok!
Story4	K99	SLB3 20_4	188.3	348.53	271.87	1.44	Ok!
Story4	K100	SLB3 20_4	188.3	348.53	271.76	1.44	Ok!
Story4	K101	SLB3 15_3	126.1	240.45	186.51	1.48	Ok!
Story4	K102	SLB3 15_4	149.7	276.57	210.61	1.41	Ok!
Story4	K147	SLB3 20_4	188.3	348.53	280.23	1.49	Ok!
Story4	K148	SLB3 20_4	188.3	348.53	279.27	1.48	Ok!
Story4	K149	SLB3 10_3	81.1	148.63	117.2	1.45	Ok!
Story4	K150	SLB3 10_3	81.1	148.63	117.67	1.45	Ok!
Story3	K19	SLB3 25_3	238.2	457.15	340.95	1.43	Ok!
Story3	K20	SLB3 25_4	279.6	526.49	400.67	1.43	Ok!
Story3	K41	SLB3 10_5	112.2	182.26	158.04	1.41	Ok!
Story3	K42	SLB3 10_5	112.2	182.26	156.98	1.4	Ok!
Story3	K63	SLB3 6_5	47.4	96.67	71.21	1.5	Ok!
Story3	K64	SLB3 6_5	47.4	96.67	71.17	1.5	Ok!
Story3	K103	SLB3 20_4	188.3	348.53	284.89	1.51	Ok!
Story3	K104	SLB3 20_4	188.3	348.53	284.76	1.51	Ok!
Story3	K105	SLB3 15_4	149.7	276.57	234.47	1.57	Ok!
Story3	K106	SLB3 8_4	66.3	120.87	92.53	1.4	Ok!
Story3	K113	SLB3 20_5	218.4	395.71	305.18	1.4	Ok!

Story	Link	Dissipator ETABS	Fy (kN) ETABS	Fy max (kN) ETABS	V2 (kN) It.	D/C It.	Dissipator It.
Story3	K114	SLB3 20_5	218.4	395.71	304.09	1.39	Ok!
Story3	K115	SLB3 10_3	81.1	148.63	116.04	1.43	Ok!
Story3	K116	SLB3 10_3	81.1	148.63	115.64	1.43	Ok!
Story2	K21	SLB3 20_4	188.3	348.53	277.45	1.47	Ok!
Story2	K22	SLB3 25_3	238.2	457.15	351.42	1.48	Ok!
Story2	K44	SLB3 10_4	93	166.26	143.36	1.54	Ok!
Story2	K65	SLB3 6_5	47.4	96.67	67.65	1.43	Ok!
Story2	K66	SLB3 6_5	47.4	96.67	67.61	1.43	Ok!
Story2	K107	SLB3 20_4	188.3	348.53	284.18	1.51	Ok!
Story2	K108	SLB3 20_4	188.3	348.53	284.11	1.51	Ok!
Story2	K109	SLB3 15_4	149.7	276.57	214.67	1.43	Ok!
Story2	K110	SLB3 15_4	149.7	276.57	212.43	1.42	Ok!
Story2	K151	SLB3 20_5	218.4	395.71	302.32	1.38	Ok!
Story2	K152	SLB3 20_5	218.4	395.71	300.82	1.38	Ok!
Story2	K153	SLB3 10_3	81.1	148.63	110.81	1.37	Ok!
Story2	K154	SLB3 10_3	81.1	148.63	110.21	1.36	Ok!
Story1	K1	SLB3 25_3	238.2	457.15	335.23	1.41	Ok!
Story1	K2	SLB3 25_3	238.2	457.15	335.12	1.41	Ok!
Story1	K23	SLB3 6_2	35.6	69.01	48.56	1.36	Ok!
Story1	K24	SLB3 6_2	35.6	69.01	48.57	1.36	Ok!
Story1	K45	SLB3 6_2	35.6	69.01	46.17	1.3	Ok!
Story1	K46	SLB3 6_2	35.6	69.01	46.18	1.3	Ok!
Story1	K67	SLB3 15_4	149.7	276.57	220.74	1.47	Ok!
Story1	K68	SLB3 15_4	149.7	276.57	220.75	1.47	Ok!
Story1	K69	SLB3 25_3	238.2	457.15	329.17	1.38	Ok!
Story1	K70	SLB3 25_3	238.2	457.15	329.23	1.38	Ok!
Story1	K117	SLB3 15_4	149.7	276.57	240.78	1.61	Ok!
Story1	K118	SLB3 15_4	149.7	276.57	240.8	1.61	Ok!
Story1	K111	SLB3 6_2	35.6	69.01	47.3	1.33	Ok!
Story1	K112	SLB3 6_2	35.6	69.01	47.31	1.33	Ok!

Fuente: Propia

Anexo 10: Derivas máximas de la EMCD en eje X

Nivel	THNL 1951 EW	THNL 1966 EW	THNL 1970 EW	THNL 1974-Ene EW	THNL 1974-Oct EW	THNL 1974-Nov EW	THNL 2021 EW	Deriva Promedio	1.25*Deriva Permisible	Estado
Story11	0.0055	0.0048	0.0051	0.0045	0.0041	0.0052	0.0055	0.0050	0.0088	Ok!
Story10	0.0065	0.0060	0.0057	0.0053	0.0051	0.0062	0.0067	0.0059	0.0088	Ok!
Story9	0.0070	0.0068	0.0066	0.0058	0.0058	0.0068	0.0074	0.0066	0.0088	Ok!
Story8	0.0071	0.0071	0.0076	0.0065	0.0064	0.0075	0.0075	0.0071	0.0088	Ok!
Story7	0.0070	0.0070	0.0082	0.0064	0.0069	0.0081	0.0081	0.0074	0.0088	Ok!
Story6	0.0068	0.0066	0.0085	0.0057	0.0072	0.0088	0.0079	0.0073	0.0088	Ok!
Story5	0.0073	0.0061	0.0083	0.0054	0.0073	0.0091	0.0081	0.0074	0.0088	Ok!
Story4	0.0075	0.0059	0.0079	0.0056	0.0073	0.0089	0.0078	0.0073	0.0088	Ok!
Story3	0.0074	0.0063	0.0073	0.0057	0.0069	0.0084	0.0073	0.0070	0.0088	Ok!
Story2	0.0064	0.0057	0.0062	0.0050	0.0059	0.0071	0.0066	0.0061	0.0088	Ok!
Story1	0.0037	0.0035	0.0037	0.0028	0.0034	0.0040	0.0042	0.0036	0.0088	Ok!

Fuente: Propia

Anexo 11: Derivas máximas de la EMCD en el eje Y

Nivel	THNL 1951 NS	THNL 1966 NS	THNL 1970 NS	THNL 1974-ENE NS	THNL 1974-OCT NS	THNL 1974-NOV NS	THNL 2021 NS	Deriva Promedio	1.25*Deriva Permisible	Estado
Story11	0.0031	0.0032	0.0027	0.0034	0.0026	0.0030	0.0028	0.0030	0.0088	Ok!
Story10	0.0035	0.0039	0.0031	0.0037	0.0029	0.0033	0.0032	0.0034	0.0088	Ok!
Story9	0.0038	0.0047	0.0036	0.0039	0.0033	0.0037	0.0038	0.0038	0.0088	Ok!
Story8	0.0040	0.0052	0.0040	0.0044	0.0036	0.0040	0.0044	0.0042	0.0088	Ok!
Story7	0.0041	0.0054	0.0042	0.0048	0.0039	0.0041	0.0048	0.0045	0.0088	Ok!
Story6	0.0042	0.0053	0.0043	0.0049	0.0041	0.0046	0.0054	0.0047	0.0088	Ok!
Story5	0.0044	0.0051	0.0045	0.0051	0.0042	0.0051	0.0059	0.0049	0.0088	Ok!
Story4	0.0044	0.0046	0.0047	0.0049	0.0042	0.0054	0.0061	0.0049	0.0088	Ok!
Story3	0.0047	0.0047	0.0048	0.0045	0.0040	0.0055	0.0059	0.0049	0.0088	Ok!
Story2	0.0048	0.0047	0.0045	0.0043	0.0035	0.0052	0.0053	0.0046	0.0088	Ok!
Story1	0.0032	0.0032	0.0029	0.0028	0.0023	0.0033	0.0033	0.0030	0.0088	Ok!

Fuente: Propia

Anexo 12: Cuadro para selección de disipadores SLB

Parámetros de diseño para los disipadores SHEAR LINK BOZZO										
Dispositivo	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	K <sub>1</sub> (KN/cm)	K <sub>2</sub> (KN/cm)	D <sub>y</sub> (mm)	F <sub>y</sub> (KN)	F <sub>máx</sub> (KN)	E <sub>d</sub> (KN.cm)
SLB2 6 2	19	13	-	2	363.33	9.75	0.980	35.60	69.01	87.08
SLB2 6 3	19	13	-	3	397.80	10.75	1.031	41.00	79.21	99.25
SLB2 6 4	19	13	-	4	421.73	11.65	1.065	44.90	88.58	108.31
SLB2 6 5	19	13	-	5	439.60	12.78	1.078	47.40	96.67	115.18
SLB2 8 2	19	15	-	2	592.87	13.86	0.811	48.30	92.76	119.78
SLB2 8 3	19	15	-	3	676.27	15.38	0.858	58.00	107.57	141.77
SLB2 8 4	19	15	-	4	737.00	16.28	0.900	66.30	120.87	153.39
SLB2 8 5	19	15	-	5	784.27	17.43	0.927	72.70	133.29	173.71
SLB2 10 2	19	20	-	2	893.40	19.15	0.761	68.00	128.71	168.89
SLB2 10 3	19	20	-	3	1039.13	21.57	0.780	81.10	148.63	198.84
SLB2 10 4	19	20	-	4	1149.53	22.96	0.809	93.00	166.26	224.54
SLB2 10 5	19	20	-	5	1237.80	14.93	0.906	112.20	182.26	246.55
SLB2 15 2	19	20	-	2	1571.47	31.17	0.648	101.80	199.61	258.66
SLB2 15 3	19	20	-	3	1961.47	37.36	0.643	126.10	240.45	318.16
SLB2 15 4	19	20	-	4	2290.27	42.03	0.654	149.70	276.57	373.16
SLB2 15 5	19	20	-	5	2575.60	45.69	0.670	172.50	310.13	424.52
SLB2 20 2	19	25	5	2	2073.33	37.83	0.601	124.60	243.14	316.64
SLB2 20 3	19	25	5	3	2630.13	46.27	0.597	156.90	298.30	396.26
SLB2 20 4	19	25	5	4	3105.53	53.03	0.606	188.30	348.53	470.63
SLB2 20 5	19	25	5	5	3520.20	58.63	0.620	218.40	395.71	540.18
SLB3 25 2	25	30	5	2	3214.07	58.98	0.606	194.80	383.50	494.69
SLB3 25 3	25	30	5	3	4046.67	70.69	0.589	238.20	457.15	602.54
SLB3 25 4	25	30	5	4	4783.20	81.04	0.585	279.60	526.49	703.70
SLB3 25 5	25	30	5	5	5447.47	90.85	0.586	319.00	592.39	799.88
SLB3 25 6	25	30	5	6	6064.13	99.65	0.589	357.10	655.63	891.48
SLB3 25 7	25	30	5	7	6644.13	107.41	0.594	394.50	716.83	979.51
SLB3 25 8	25	30	5	8	7191.47	114.57	0.599	430.70	776.40	1064.12
SLB3 25 9	25	30	5	9	7711.07	120.73	0.605	466.40	834.90	1145.71
SLB3 30 2	25	30	5	2	3666.73	64.22	0.578	212.10	415.33	539.19
SLB3 30 3	25	30	5	3	4717.00	78.76	0.563	265.70	507.23	672.79
SLB3 30 4	25	30	5	4	5661.33	92.21	0.560	316.90	594.62	799.16
SLB3 30 5	25	30	5	5	6525.67	104.99	0.561	366.10	678.62	920.34
SLB3 30 6	25	30	5	6	7336.60	116.45	0.565	414.20	759.77	1036.63
SLB3 30 7	25	30	5	7	8106.07	126.92	0.569	461.30	838.79	1149.06
SLB3 30 8	25	30	5	8	8840.00	135.98	0.575	508.00	915.50	1257.99
SLB3 30 9	25	30	5	9	9542.20	145.74	0.579	552.50	992.12	1363.85
SLB3 40 2	25	30	5	2	4571.07	76.44	0.543	248.30	482.60	634.54
SLB3 40 3	25	30	5	3	6043.67	97.23	0.531	321.00	609.64	817.79
SLB3 40 4	25	30	5	4	7393.67	116.17	0.530	391.60	732.20	993.03
SLB3 40 5	25	30	5	5	8650.00	133.79	0.533	460.80	851.48	1162.82
SLB3 40 6	25	30	5	6	9843.00	149.92	0.537	528.70	967.95	1327.13
SLB3 40 7	25	30	5	7	10988.00	165.19	0.542	595.40	1082.30	1487.36
SLB3 40 8	25	30	5	8	12091.27	179.81	0.547	660.90	1195.00	1643.93
SLB3 40 9	25	30	5	9	13156.07	194.00	0.551	725.10	1306.30	1797.11
SLB3 50 2	25	30	5	2	5479.60	88.67	0.520	284.90	551.27	730.67
SLB3 50 3	25	30	5	3	7367.13	114.64	0.512	377.50	713.65	963.00
SLB3 50 4	25	30	5	4	9116.00	138.30	0.513	468.10	871.40	1186.77
SLB3 50 5	25	30	5	5	10759.13	160.81	0.518	557.00	1025.70	1404.77
SLB3 50 6	25	30	5	6	12328.87	181.80	0.523	644.40	1177.30	1616.83
SLB3 50 7	25	30	5	7	13844.20	202.03	0.528	730.30	1326.80	1824.36
SLB3 50 8	25	30	5	8	15312.67	221.80	0.532	814.70	1474.50	2028.05
SLB3 50 9	25	30	5	9	16737.00	241.37	0.536	897.70	1621.20	2228.51

Estos dispositivos plastifican primero por flexión antes que por cortante.

Donde:

K1: Rigidez inicial

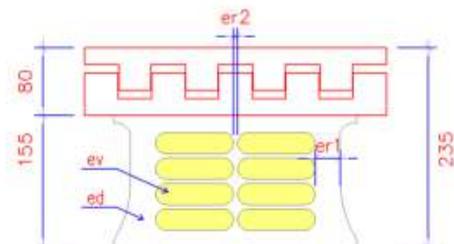
F<sub>y</sub>=Fuerza de plastificación

K2: Rigidez post-plastificación

F<sub>máx</sub>: Fuerza máxima

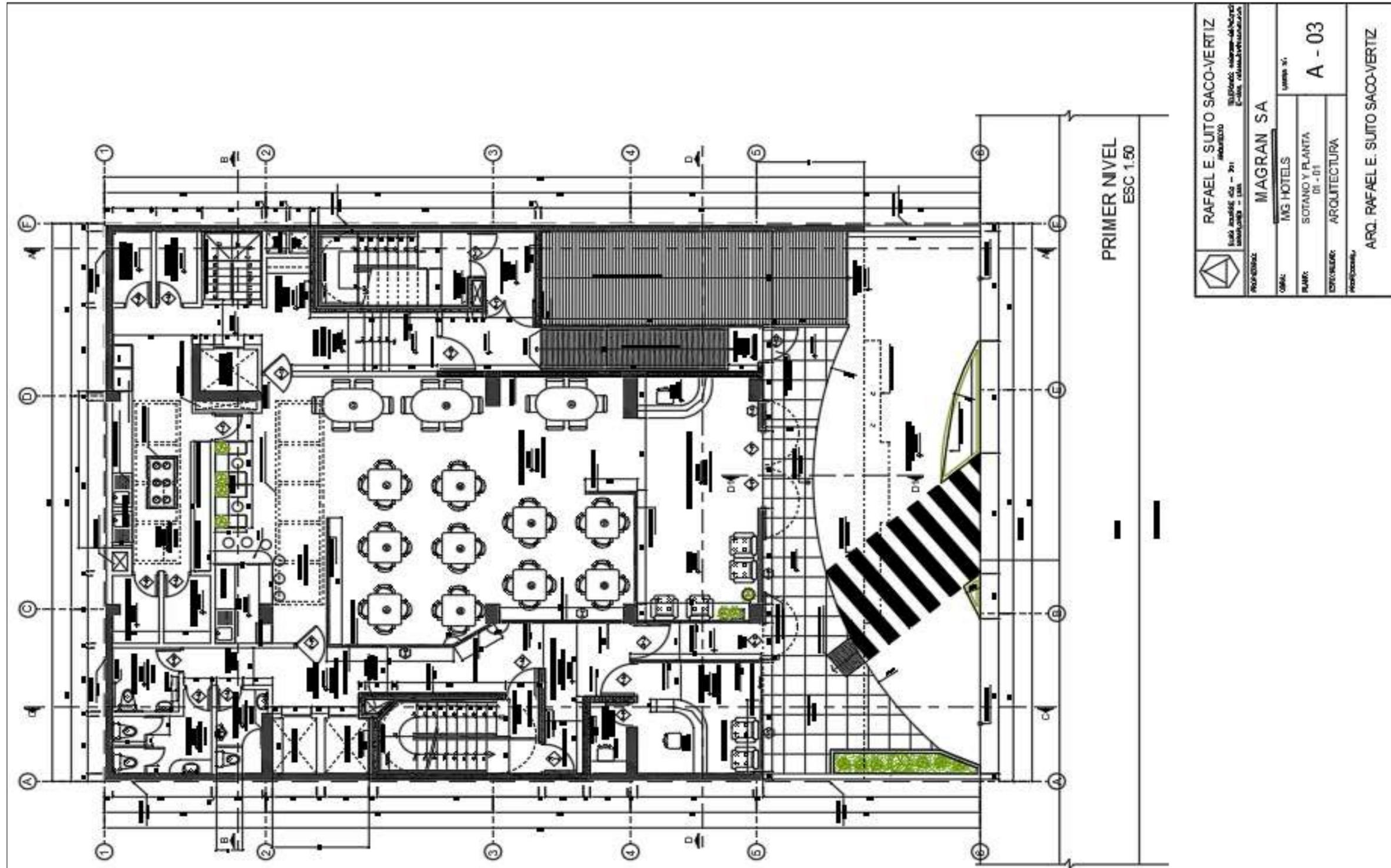
D<sub>y</sub>: Desplazamiento de plastificación

E<sub>d</sub>: Energía disipada.



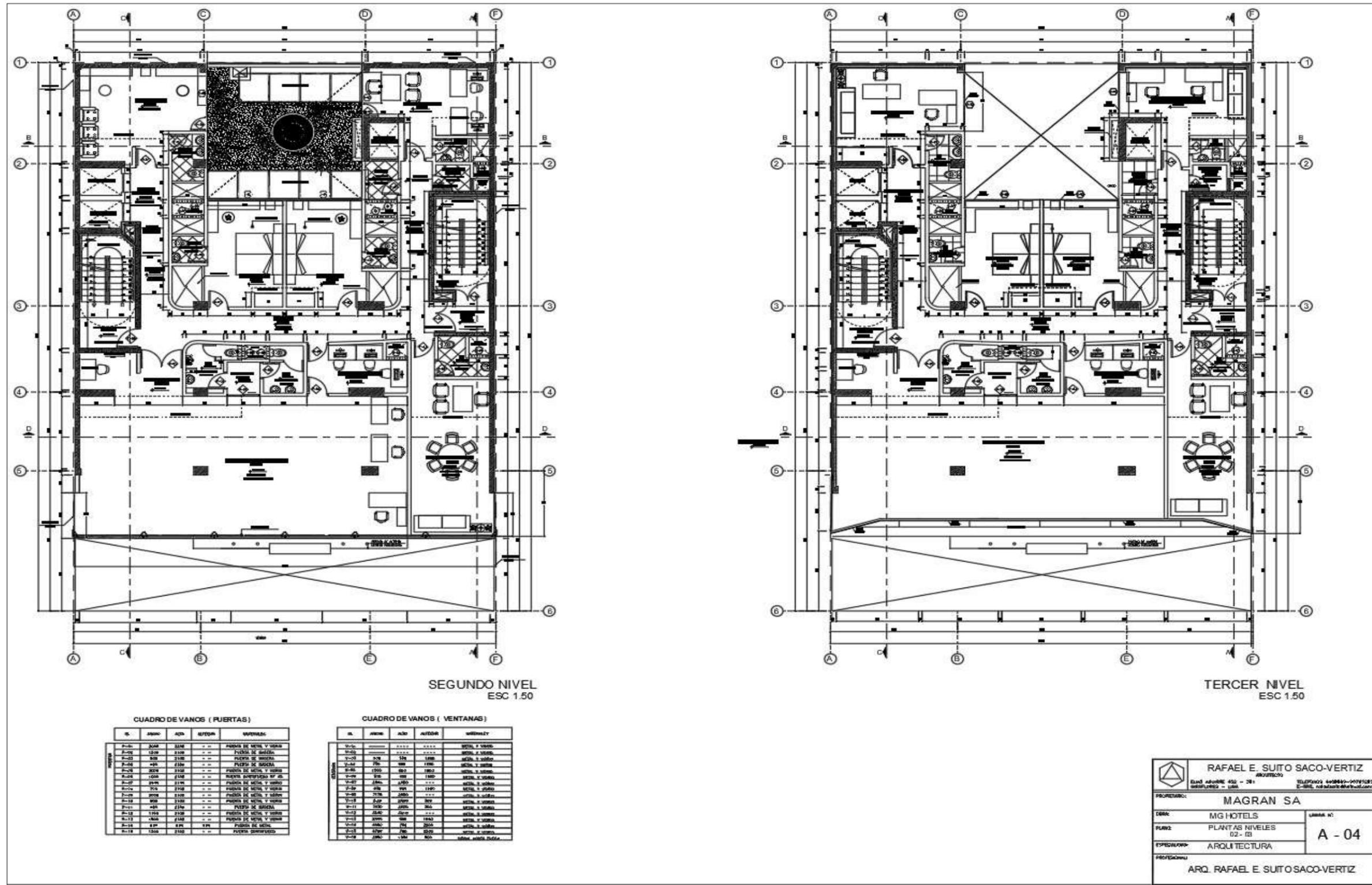
Fuente: Postensa SAC

Anexo 13: Plano arquitectura Piso 1.



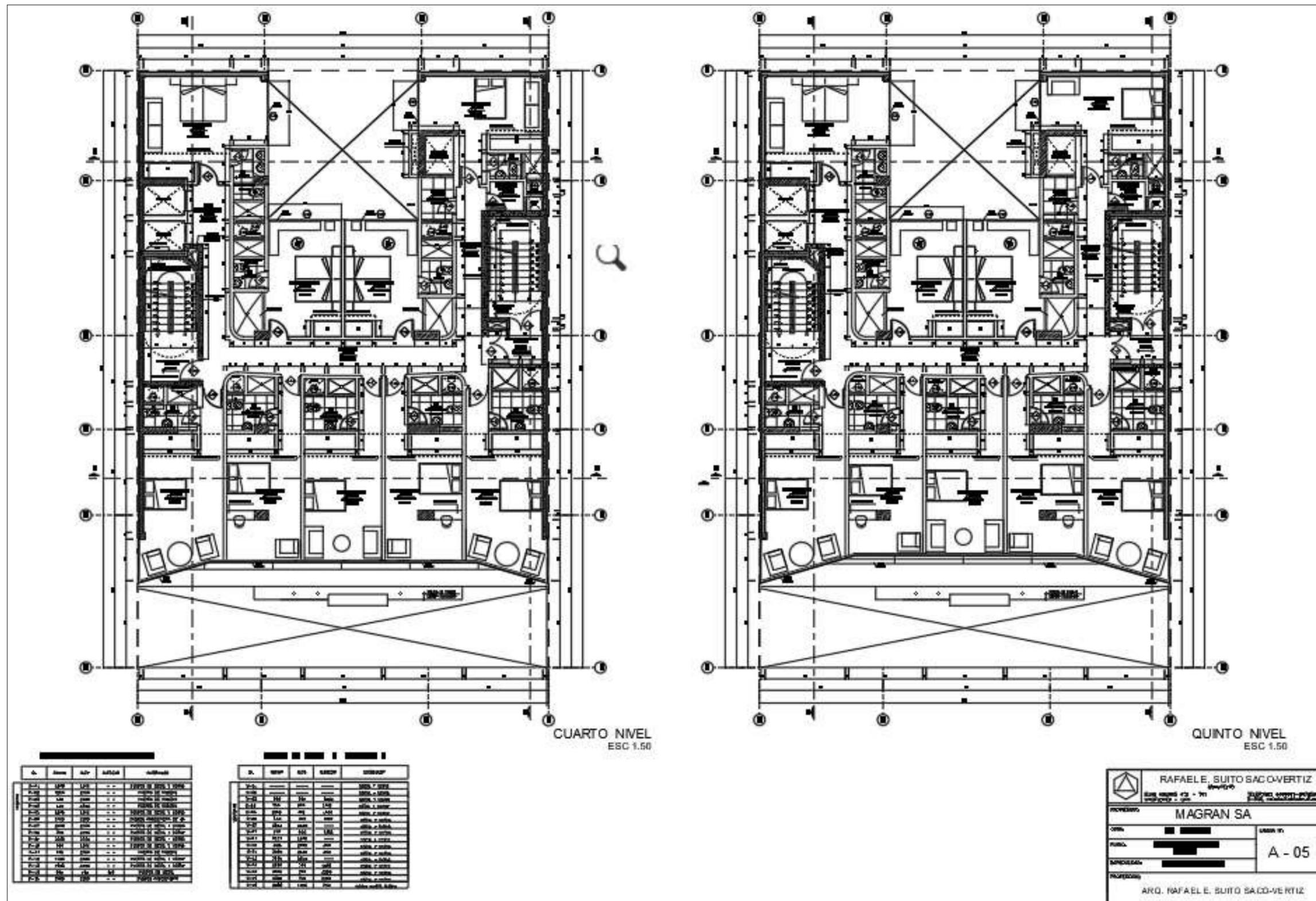
Nota: Plano arquitectura - Piso 1. Fuente: Constructora

Anexo 14: Plano arquitectura Piso 2 y 3



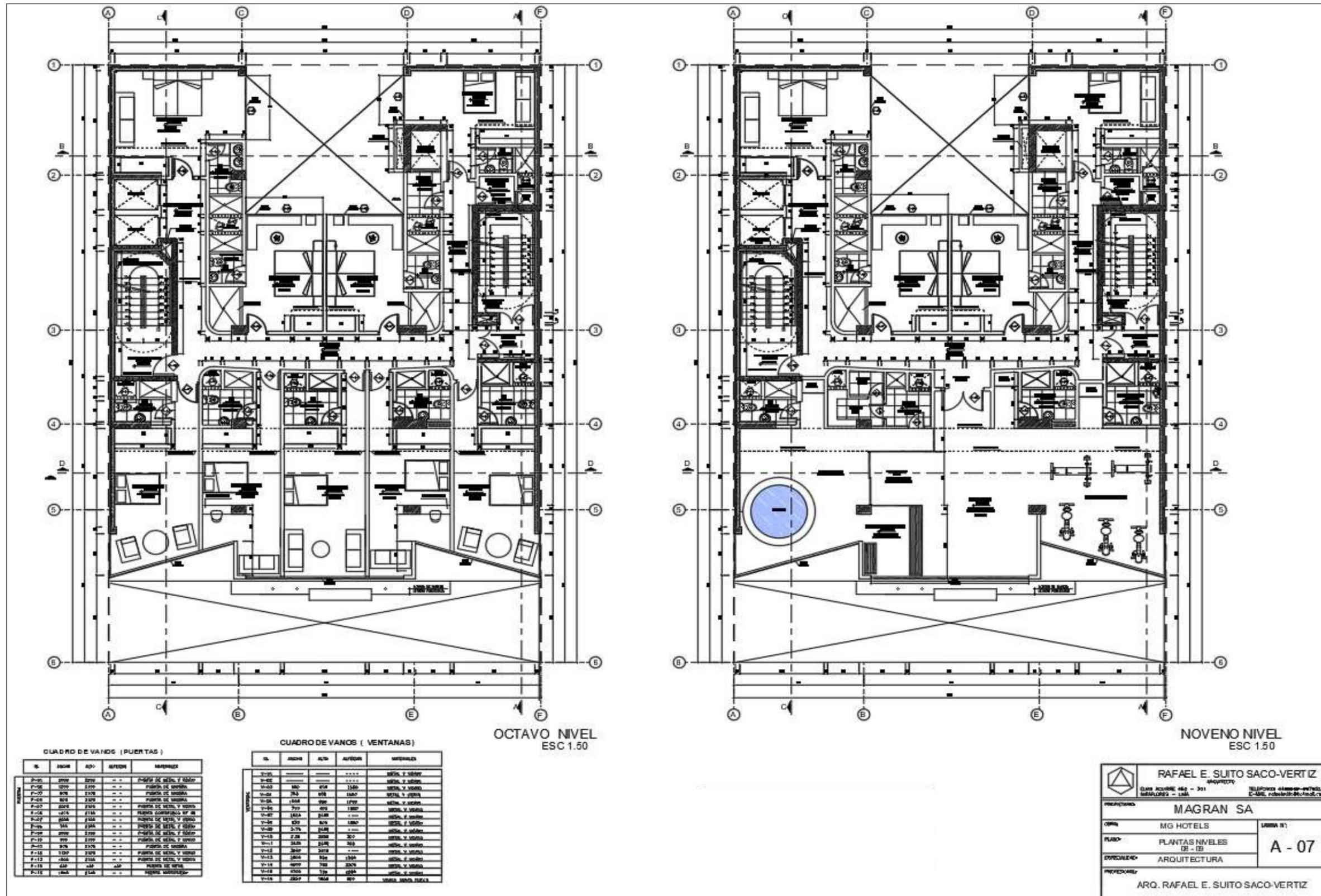
Nota: Plano arquitectura - Piso 2 y 3. Fuente: Constructora

Anexo 15: Plano arquitectura Piso 4 y 5



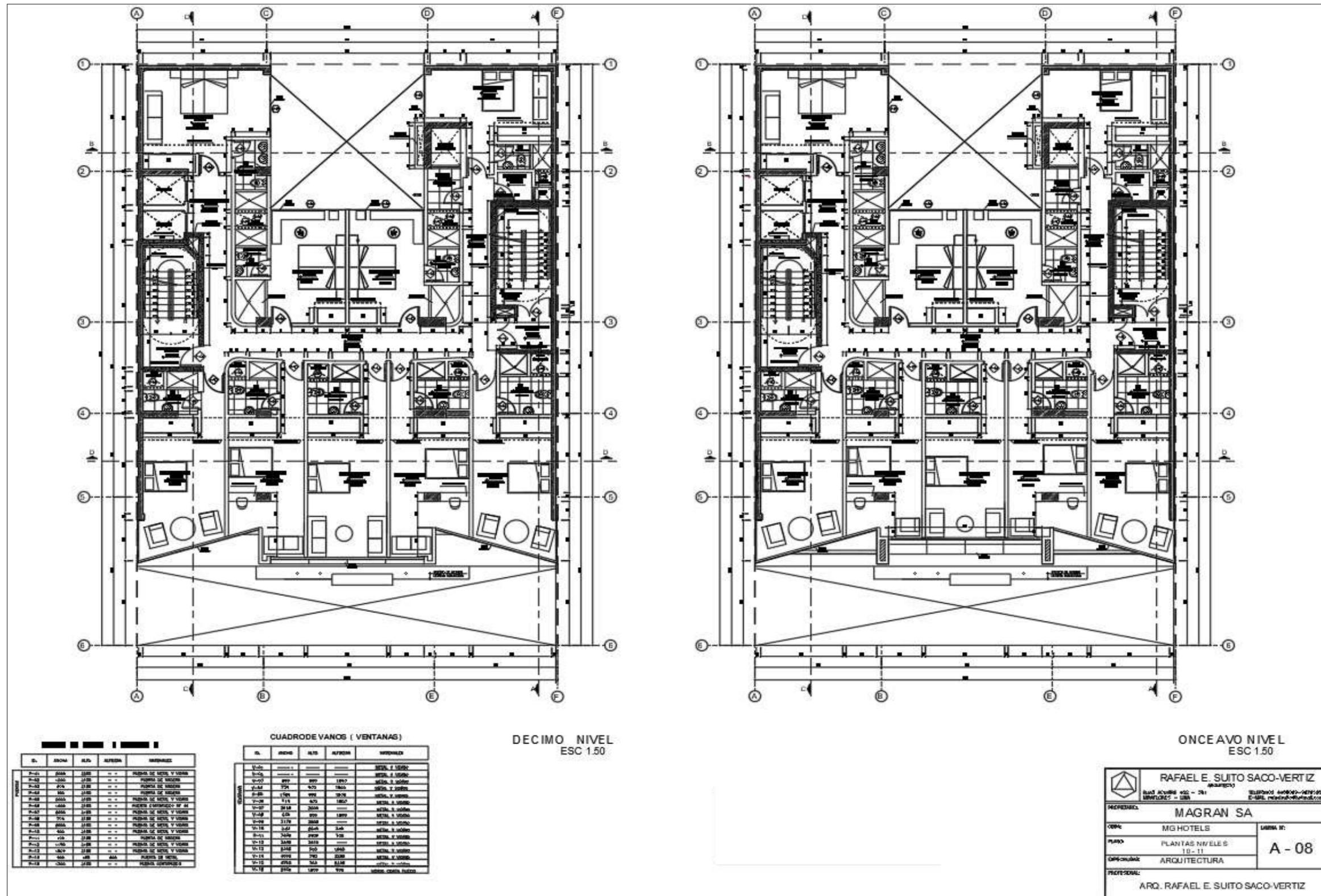
Nota: Plano arquitectura - Piso 4 y 5. Fuente: Constructora





Nota: Plano arquitectura - Piso 8 y 9. Fuente: Constructora

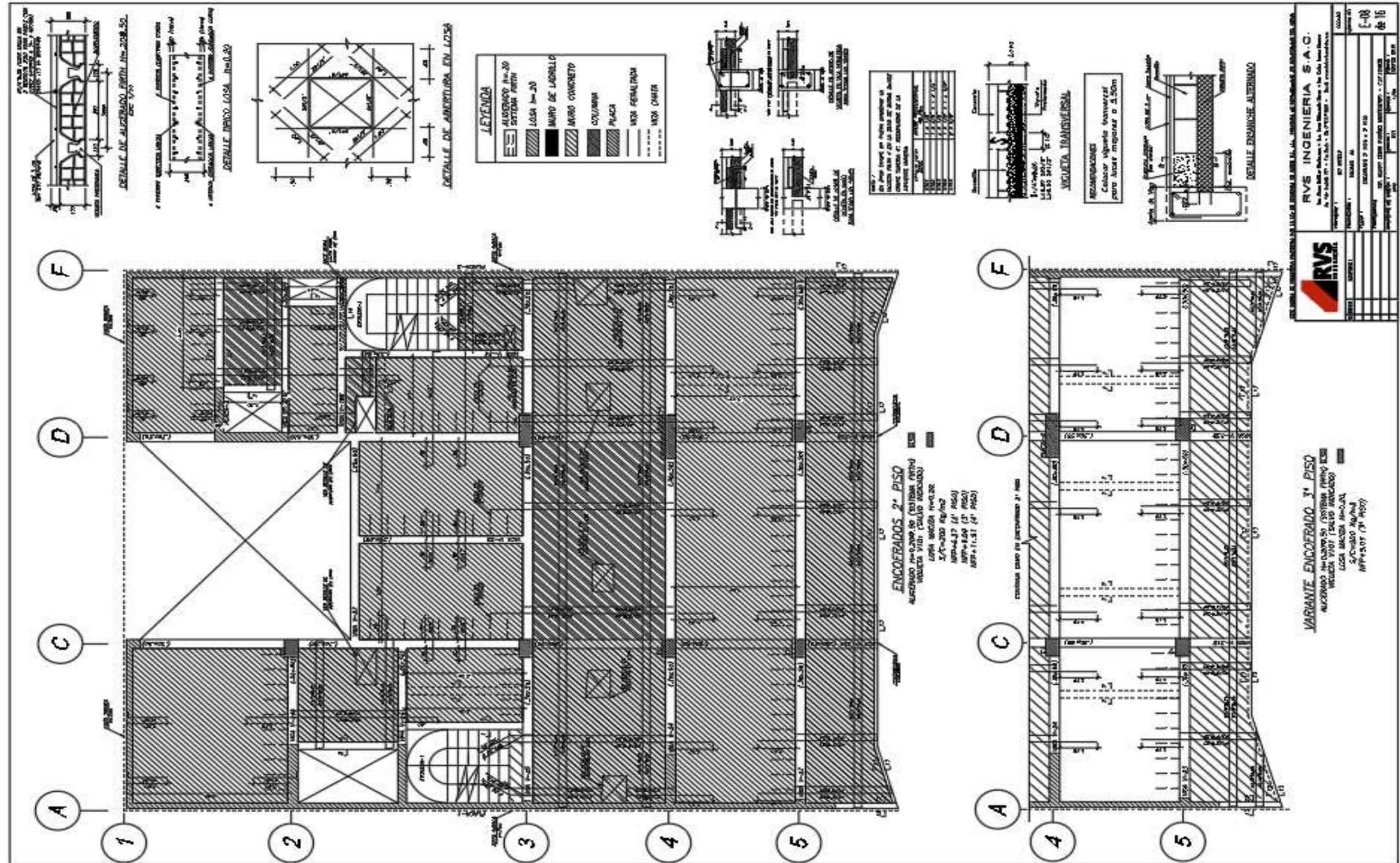
Anexo 18: Plano arquitectura Piso 10 y 11



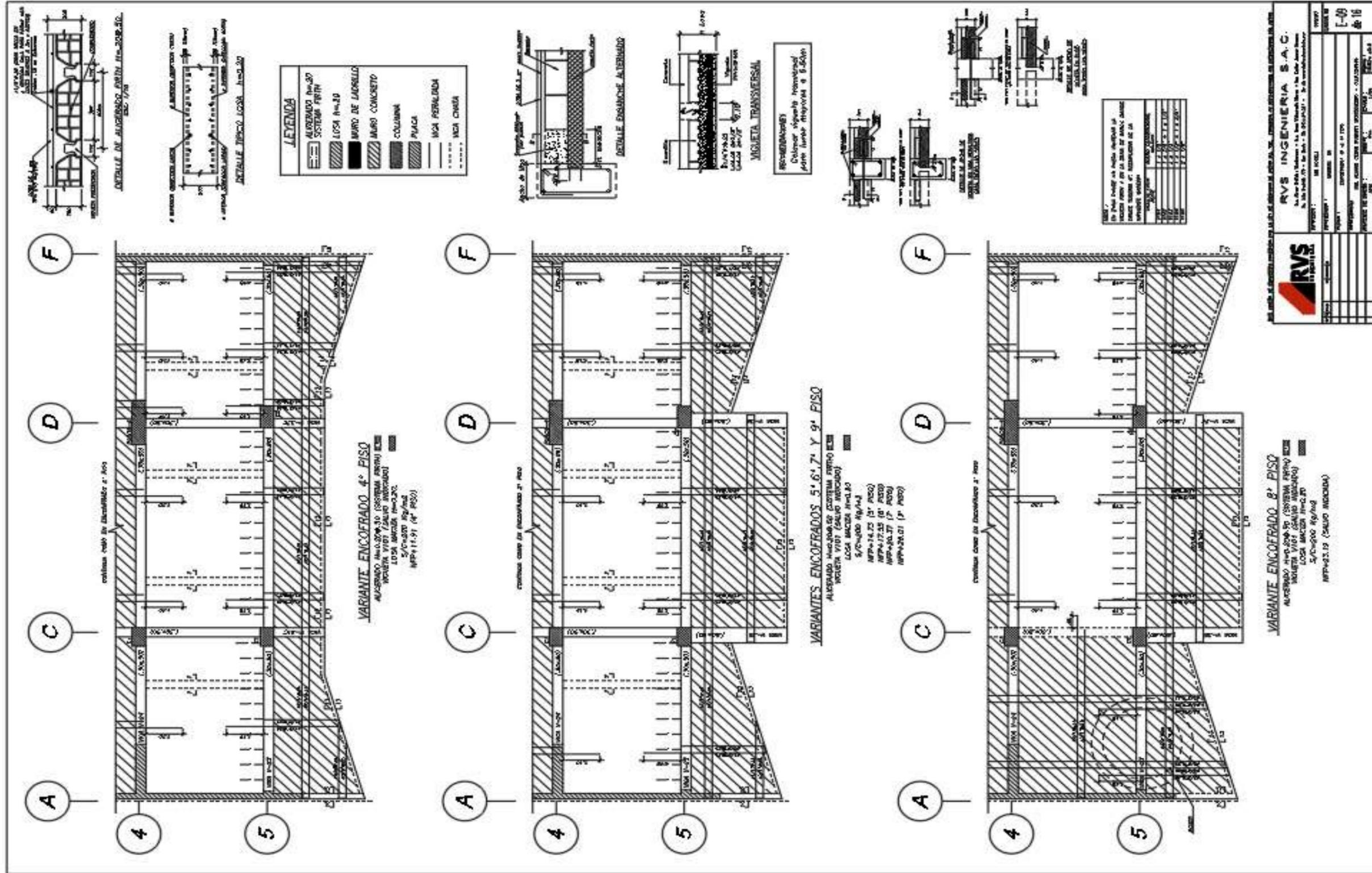
Nota: Plano arquitectura - Piso 10 y 11. Fuente: Constructora







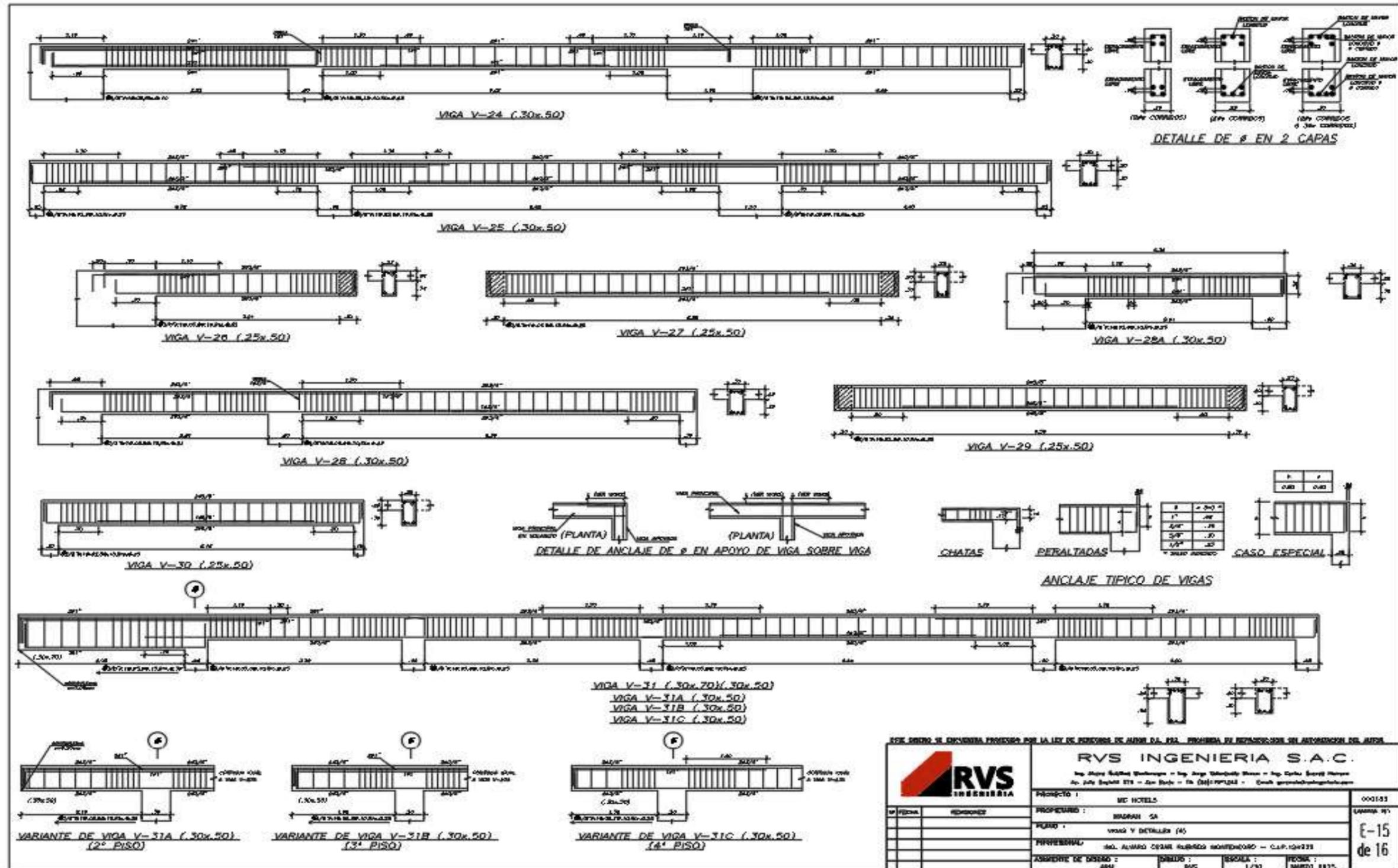
Nota: Plano estructuras - encofrado de piso 2 y piso 3. Fuente: Constructora.



Nota: Plano estructuras - variante de encofrado del Piso 4 al 9. Fuente: Constructora.

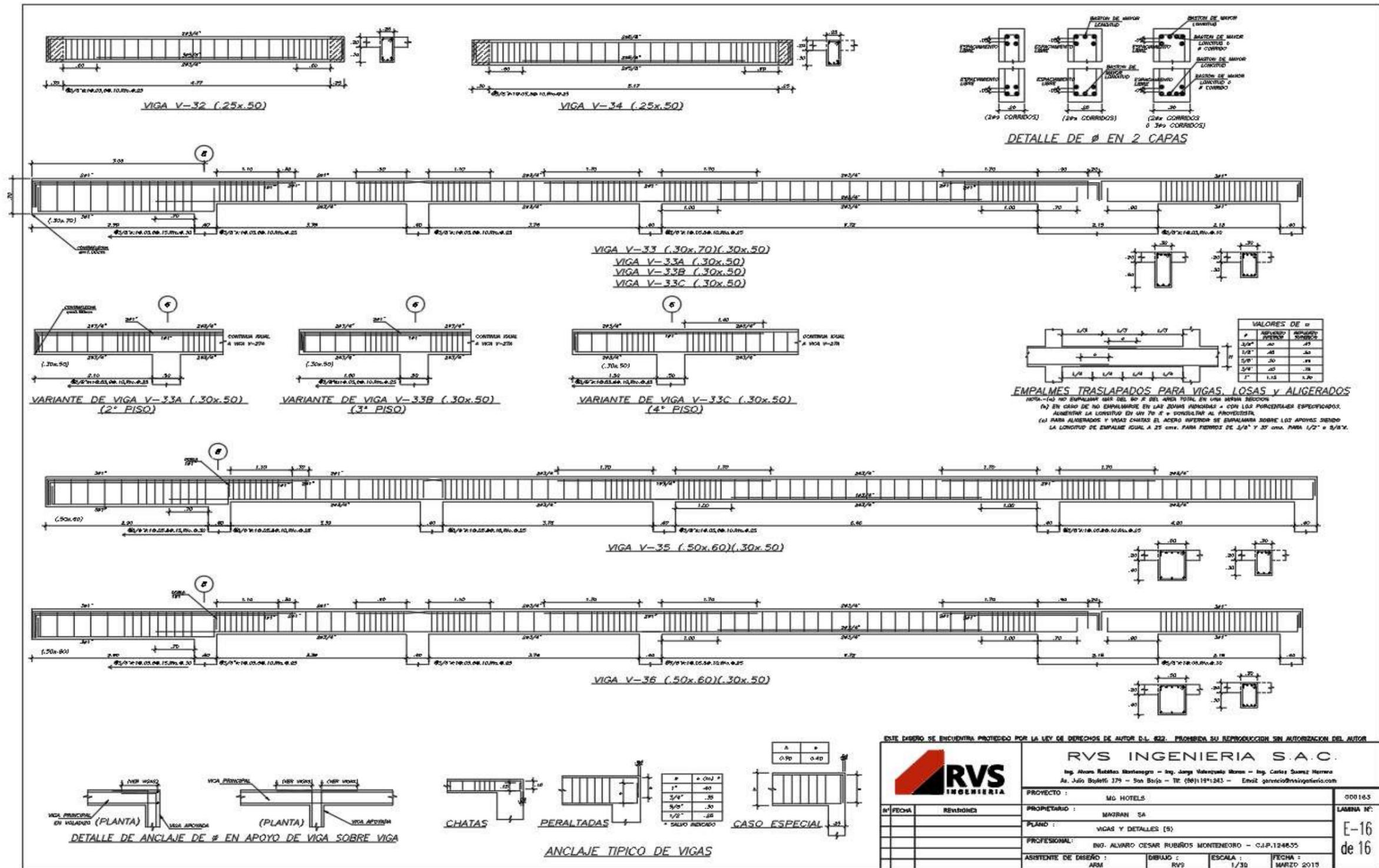


Anexo 24: Plano de detalle de vigas



Nota: Plano estructuras – detalle de vigas. Fuente: Constructora.

Anexo 25: Plano de detalle de vigas



Nota: Plano estructuras – detalle de vigas. Fuente: Constructora.

ESTE DISEÑO SE ENCUENTRA PROTEGIDO POR LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR D.L. 832. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DEL AUTOR

**RVS INGENIERIA S.A.C.**  
 Ing. Álvaro Rubén Montenegro - Ing. Jorge Valenzuela Rosen - Ing. Carlos Saenz Herrera  
 Av. Julio Buján 379 - San Basilio - TR. (501) 181243 - Email: gineciv@rvsingenieria.com

PROYECTO: MG HOTELS

PROPIETARIO: MAGRAM SA

PLANO: VIGAS Y DETALLES (S)

PROFESIONAL: ING. ALVARO CESAR RUBEN MONTENEGRO - C.I.P. 124435

ASISTENTE DE DISEÑO: ARM

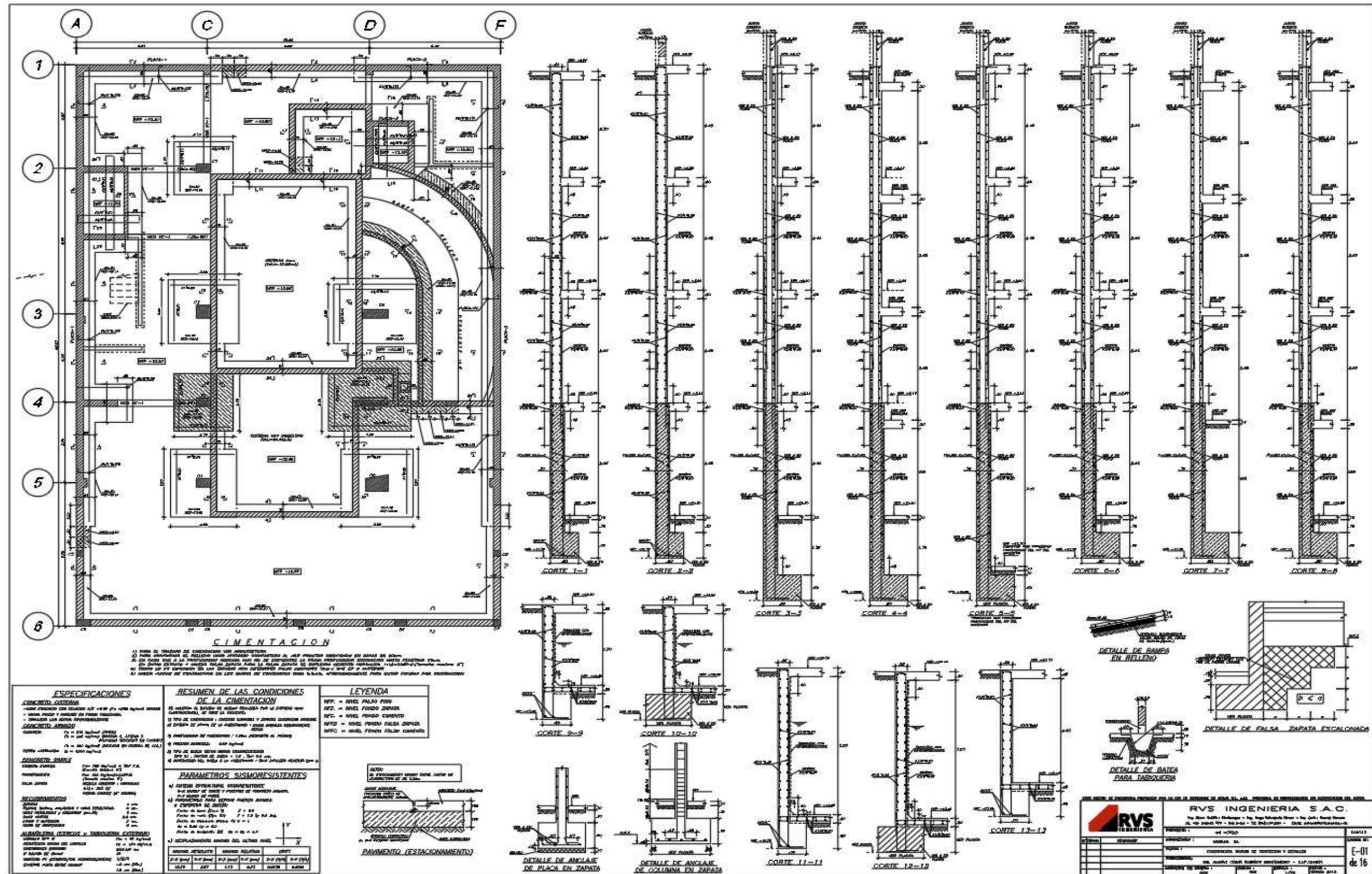
DIBUJO: RVS

ESCALA: 1/30

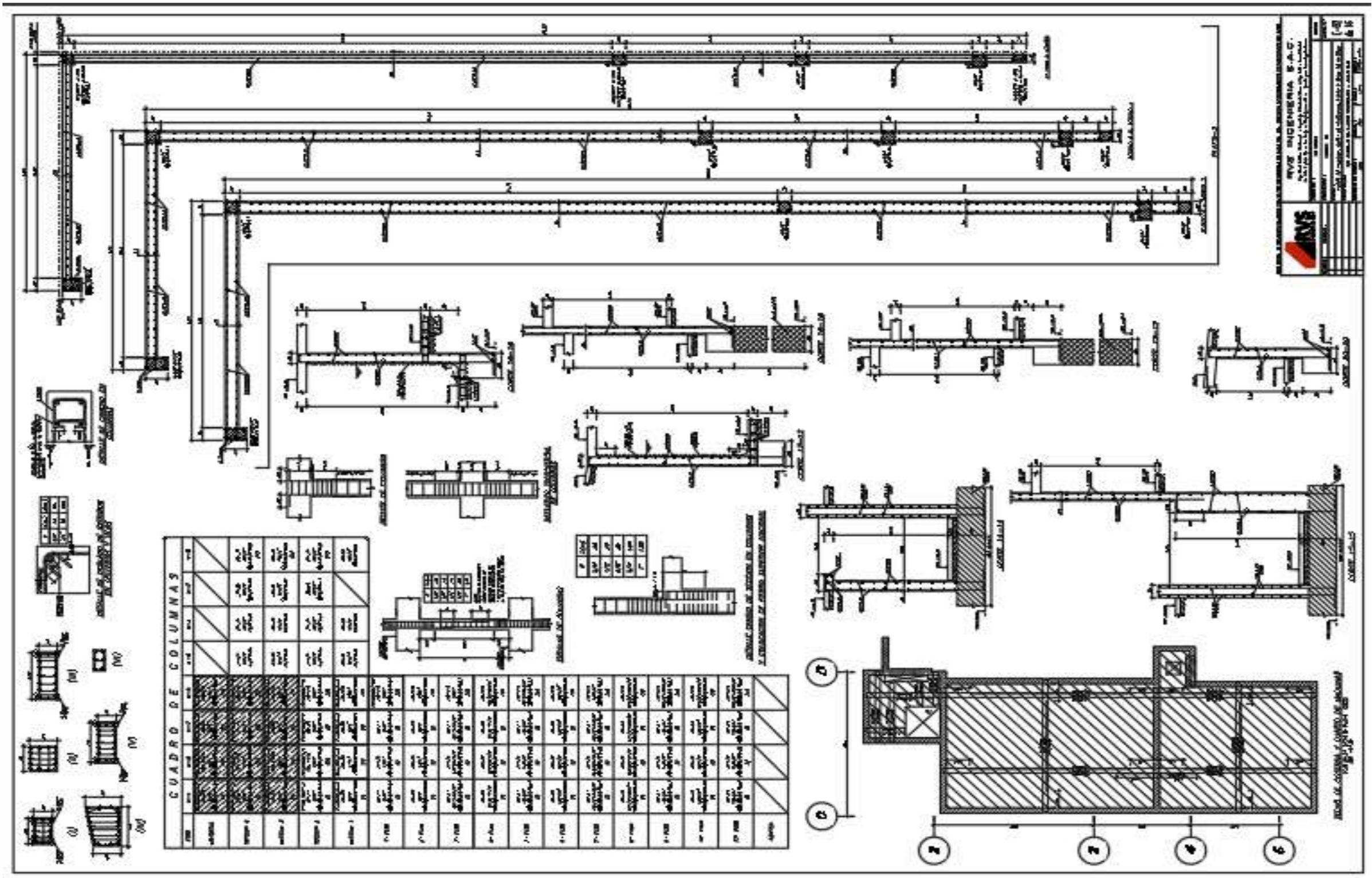
FECHA: MARZO 2015

000163

LAMINA N°: E-16 de 16



Nota: Plano estructuras – Especificaciones y Parámetros sísmicos. Fuente: Constructora



Nota: Plano estructuras – detalle de columnas y placas. Fuente: Constructora



## Anexo 29: Permiso de empresa

---

### SOLICITUD DE PERMISO INVESTIGACIÓN - URP

---

**DANY SAMIR MACEN CASTRO** <dany.macen@urp.edu.pe>  
Para: CARLA JENNIFER DUENAS ANAZCO <carla.duenasa@urp.edu.pe>

6 de noviembre de 2021, 19:04

----- Forwarded message -----

De: **Gerencia RVS Ingeniería** <gerencia@rvsingenieria.com>  
Date: mar, 19 oct 2021 a las 11:29  
Subject: RE: SOLICITUD DE PERMISO INVESTIGACIÓN - URP  
To: DANY SAMIR MACEN CASTRO <dany.macen@urp.edu.pe>

Estimado, disculpa la demora en la respuesta.

Queda autorizado.

Ademas que me gustaria participar de su sustentacion como espectador.  
Exitos en la tesis.

**Ing. Jorge Valenzuela Moran | Gerente General**

E. [gerencia@rvsingenieria.com](mailto:gerencia@rvsingenieria.com)  
 947384083  
Av. Baylelli 379 - San Borja, Lima  
[www.rvsingenieria.com](http://www.rvsingenieria.com)

---

**De:** DANY SAMIR MACEN CASTRO <dany.macen@urp.edu.pe>  
**Enviado:** martes, 21 de setiembre de 2021 19:11  
**Para:** Gerencia RVS Ingeniería <gerencia@rvsingenieria.com>  
**Asunto:** SOLICITUD DE PERMISO INVESTIGACIÓN - URP

Buenas noches Ing. Jorge Valenzuela

Mucho gusto en saludarle y aprovecho en solicitarle permiso para utilizar los planos de uno de sus proyectos Hotel MG el cual tuve la oportunidad de asistir como practicante en el año 2018 en la construcción del edificio(Se encuentra en ubicado en Santiago de Surco, frente a la Embajada de Estados Unidos) para emplearlos en mi tesis de investigación de pregrado.

Adjunto planos empleados en su construcción.

Quedo atento a su respuesta

Muchas Gracias

Saludos,  
Dany Macen

---

### SOLICITUD DE PERMISO HOTEL MAGRAN

---

**Jorge Luis Vargas Castillo** <jorgevargas\_con@hotmail.com>  
Para: "carladuenasa@gmail.com" <carladuenasa@gmail.com>

8 de noviembre de 2021, 14:56

**Queda autorizado.**

Enviado desde mi Samsung Mobile de Claro  
Get [Outlook para Android](#)

---

 **Solicitud de Permiso\_.pdf**  
16K



Lima, 08 de noviembre de 2021

Por la presente, autorizamos al Sr. Dany Samir Macen Castro, a fin de que pueda utilizar los datos, planos arquitectónicos y estructurales de la obra Edificio Hotel MG, ubicado en la Av. La Encalada N° 1715 - 1721, Manzana B, lote 1 , Urbanización Hogares de Monterrico Chico, distrito de Santiago de Surco para la elaboración de su tesis de investigación.

Sin otro particular, me despido y queda autorizado para el uso de todos los planos del proyecto.

Atentamente,

Jorge Luis Vargas Castillo  
GRUPO VALE INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC  
GERENTE GENERAL

Cel: 992769443