

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía - UNS, implementando disipadores Shear Link Bozzo, 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autores:

- Bach. Catillo Li, Gabriel Omar
- Bach. Chero Nieto, Ricardo Enrique

Asesor:

- Mag. Ing. León Malo, Iván Eliseo
DNI: 41293198
Código ORCID: 0000-0003-4609-405X

Nuevo Chimbote – Perú

2023-08-15

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía - UNS, implementando disipadores Shear Link Bozzo, 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several stylized, overlapping strokes.

Mag. León Malo, Iván Eliseo

Asesor

DNI: 41293198

Código ORCID: 0000-0003-4609-405X

Nuevo Chimbote

2023-08-15

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía - UNS, implementando disipadores Shear Link Bozzo, 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

Ms. Villavicencio González, Felipe Eleuterio
Presidente

DNI: 26673663

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-3500-2378

Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica
Secretaria

DNI: 32964440

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4195-982X

Mag. León Malo, Iván Eliseo
Integrante

DNI: 41293198

Código ORCID: 0000-0003-4609-405X

Nuevo Chimbote

2023-08-15



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 15 días del mes de agosto del año dos mil veintitrés, siendo las 11: 00 horas, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución Nº 430-2023-UNS-CFI, con fecha 10.07.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria), Mag. Iván Eliseo León Malo (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario) en base a la Resolución Decanal Nº 537-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022", presentado por los Bachilleres: GABRIEL OMAR CASTILLO LI con cód. Nº 0201513004, y RICARDO ENRIQUE CHERO NIETO con cód. Nº 0201513035, quienes fueron asesorados por el docente Mag. Iván Eliseo León Malo, según lo establece la T. Resolución Decanal Nº 039-2022-UNS-FI, de fecha 03.02.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
RICARDO ENRIQUE CHERO NIETO	18	Bueno

Siendo la 12.00 del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 15 agosto de 2023.


Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Presidente


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretaria


Mag. Iván Eliseo León Malo
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 15 días del mes de agosto del año dos mil veintitrés, siendo las 11: 00 horas, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 430-2023-UNS-CFI, con fecha 10.07.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria), Mag. Iván Eliseo León Malo (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 537-2023-UNS-FI se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022", presentado por los Bachilleres: GABRIEL OMAR CASTILLO LI con cód. N° 0201513004, y RICARDO ENRIQUE CHERO NIETO con cód. N° 0201513035, quienes fueron asesorados por el docente Mag. Iván Eliseo León Malo, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 039-2022-UNS-FI, de fecha 03.02.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
GABRIEL OMAR CASTILLO LI	18	BUGRO

Siendo la 12.00 del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 15 agosto de 2023.


Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Presidente


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretaria


Mag. Iván Eliseo León Malo
Integrante

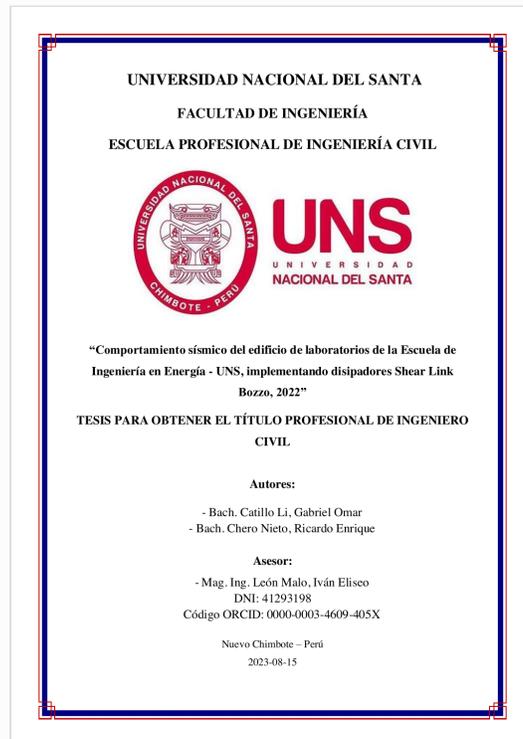


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Castillo Li Y Chero
Título del ejercicio: Tesis
Título de la entrega: Informe Final de Tesis
Nombre del archivo: Informe_de_tesis_final__Castllo_y_Chero.pdf
Tamaño del archivo: 15.09M
Total páginas: 263
Total de palabras: 53,900
Total de caracteres: 265,432
Fecha de entrega: 28-ago.-2023 09:56a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2152798232



Informe Final de Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%



DEDICATORIA

A Dios, por ser luz en momentos difíciles y por proveer lo necesario para culminar mis estudios universitarios.

A mis padres, por su esfuerzo de brindarme educación, sus consejos y ayudarme en momentos difíciles.

Castillo Li Gabriel Omar

A Dios, por guiar el camino e iluminar los días para salir adelante en esta maravillosa carrera.

A la mujer de mi vida, por su apoyo incondicional cada día y en cada paso logrado, mi madre Katty.

A mi hermano menor, que espero próximamente siga el mismo sendero de superación diaria apoyado de su entorno, mi hermano Jeanpool.

A los miembros de mi familia Nieto Gallo, encabezados por Ronald y Vicky, que siempre estuvieron en cada etapa y proceso de mi vida.

Chero Nieto Ricardo Enrique



AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la Universidad Nacional del
Santa por compartir sus conocimientos
académicos y experiencias propias de cada uno.

Al ingeniero Iván León Malo por su tiempo y
conocimientos otorgados durante su etapa de
asesoramiento.

Los autores



INDICE

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN	19
1.1. Antecedentes del Problema	19
1.2. Formulación del Problema	21
1.2.1. Problema General.....	21
1.2.2. Problemas Específicos	21
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo General	21
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4. Justificación.....	22
1.5. Limitaciones del Trabajo.....	22
1.6. Hipótesis de la Investigación.....	23
1.6.1. Hipótesis General	23
1.6.2. Hipótesis Específicas	23
II. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Antecedentes de la Investigación	25
2.2. Base Teórica.....	27
2.2.1. Reforzamiento Estructural	27
2.2.2. Disipadores Sísmicos	29
2.2.3. Aspectos Básicos de la Energía Disipada	31
2.2.4. Sistemas de Protección Sísmica.....	34
2.2.5. Disipadores Histeréticos	38
2.2.6. Disipadores Shear Link Bozzo (SLB)	40
2.2.7. Propiedades de los Materiales en Estructuras.....	50
2.3. Definición de Términos.....	51
2.3.1. Resistencia.	51
2.3.2. Ductilidad.....	51
2.3.3. Rigidez.	52



2.3.4.	Amortiguamiento.....	52
2.4.	Marco Normativo.....	53
III.	MÉTODOS Y MATERIALES.....	55
3.1.	Tipo de Investigación.....	55
3.2.	Nivel de Investigación.....	55
3.3.	Población Muestral.....	55
3.4.	Variables Y OPERACIONALIZACIÓN.....	55
3.4.1.	Variables.....	55
3.4.2.	Operacionalización.....	56
3.5.	Procedimiento.....	56
3.6.	Técnica de recolección de datos.....	57
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	59
4.1.	Resultados.....	59
4.1.1.	Descripción General de la Estructura.....	59
4.1.2.	Propiedades de los Materiales.....	61
4.1.3.	Descripción General de la Edificación.....	61
4.1.4.	Selección de Cargas Según N.T.P. E.020.....	71
4.1.5.	Parámetros Sísmicos de la Zona de Estudio.....	74
4.1.6.	Categoría, Sistema Estructural y Seguridad de la Edificación.....	78
4.1.7.	Análisis Modal Espectral.....	81
4.1.8.	Análisis sísmico del Sistema Existente con Disipadores SLB.....	96
4.1.9.	Análisis Tiempo Historia No Lineal.....	123
4.1.10.	Análisis e Interpretación de Resultados.....	146
4.2.	Discusiones.....	168
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	170
5.1.	Conclusiones.....	170
5.2.	Recomendaciones.....	173
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES.....	175
VII.	ANEXOS.....	182
	Anexo 01.....	182
	Anexo 02.....	183
	Anexo 03.....	184
	Anexo 04.....	197



Anexo 05.....	204
Anexo 06.....	206
Anexo 07.....	232
Anexo 08.....	237
Anexo 09.....	238
Anexo 10.....	240
Anexo 11.....	248
Anexo 12.....	251

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Normas empleadas.....	53
Tabla 2 Propiedad de los materiales.....	61
Tabla 3 Secciones de columnas.....	62
Tabla 4 Secciones de vigas.....	63
Tabla 5 Secciones de placas de concreto armado.....	66
Tabla 6 Pesos volumétricos.....	71
Tabla 7 Cargas para centros de educación.....	71
Tabla 8 Peso de los módulos I, II y III.....	72
Tabla 9 Factores de zona.....	75
Tabla 10 Perfiles de suelo.....	76
Tabla 11 Factores de suelo.....	77
Tabla 12 Periodos TP y TL.....	77
Tabla 13 Sistemas estructurales.....	78
Tabla 14 Irregularidades en el módulo I, módulo II y módulo III.....	79
Tabla 15 Resumen de factores de reducción sísmica $R_x - R_y$	80
Tabla 16 Verificación de los sistemas estructurales de los módulos.....	81
Tabla 17 Modos, periodos y masa participativa del Módulo I.....	81
Tabla 18 Modos, periodos y masa participativa del Módulo II.....	82
Tabla 19 Modos, periodos y masa participativa del Módulo III.....	83
Tabla 20 Cálculo del Espectro de Pseudo Aceleraciones (g).....	84
Tabla 21 Derivas de entrepiso del Módulo I dirección X.....	87
Tabla 22 Derivas de entrepiso del Módulo I dirección Y.....	88
Tabla 23 Derivas de entrepiso del Módulo II dirección X.....	88
Tabla 24 Derivas de entrepiso del Módulo II dirección Y.....	89
Tabla 25 Derivas de entrepiso del Módulo III dirección X.....	90
Tabla 26 Derivas de entrepiso del Módulo III dirección Y.....	90
Tabla 27 Desplazamientos del Módulo I dirección X.....	91
Tabla 28 Desplazamientos del Módulo I dirección Y.....	92
Tabla 29 Desplazamientos del Módulo II dirección X.....	93
Tabla 30 Desplazamientos del Módulo II dirección Y.....	93



Tabla 31	Desplazamientos del Módulo III dirección X.....	94
Tabla 32	Desplazamientos del Módulo III dirección Y.....	95
Tabla 33	Fuerza cortante mínima en Módulo I.....	95
Tabla 34	Fuerza cortante mínima en Módulo II.....	96
Tabla 35	Fuerza cortante mínima en Módulo III.....	96
Tabla 36	Propiedad de las diagonales metálicas.....	97
Tabla 37	Análisis preliminar de selección de disipadores.....	100
Tabla 38	Análisis de la primera iteración del método directo para el Módulo I.....	101
Tabla 39	Análisis de la segunda iteración del método directo para el Módulo I.....	102
Tabla 40	Análisis de la tercera iteración del método directo para el Módulo I.....	102
Tabla 41	Análisis preliminar de selección de disipadores.....	103
Tabla 42	Análisis de la primera iteración del método directo para el Módulo II.....	104
Tabla 43	Análisis de la segunda iteración del método directo para el Módulo II.....	104
Tabla 44	Análisis de la tercera iteración del método directo para el Módulo II.....	104
Tabla 45	Análisis preliminar de selección de disipadores.....	105
Tabla 46	Análisis de la primera iteración del método directo para el Módulo III.....	106
Tabla 47	Análisis de la segunda iteración del método directo para el Módulo III.....	106
Tabla 48	Análisis de la tercera iteración del método directo para el Módulo III.....	107
Tabla 49	Modos, periodos y masa participativa del Módulo I.....	108
Tabla 50	Modos, periodos y masa participativa del Módulo II.....	109
Tabla 51	Modos, periodos y masa participativa del Módulo III.....	110
Tabla 52	Derivas de entrepiso del Módulo I con disipadores SLB en dirección X.....	111
Tabla 53	Derivas de entrepiso del Módulo I con disipadores SLB en dirección Y.....	112
Tabla 54	Derivas de entrepiso del Módulo II con disipadores SLB en dirección X.....	113
Tabla 55	Derivas de entrepiso del Módulo II con disipadores SLB en dirección Y.....	113
Tabla 56	Derivas de entrepiso del Módulo III con disipadores SLB en dirección X.....	114
Tabla 57	Derivas de entrepiso del Módulo III con disipadores SLB en dirección Y.....	115
Tabla 58	Desplazamientos del Módulo I con disipadores SLB en dirección X.....	115
Tabla 59	Desplazamientos del Módulo I con disipadores SLB en dirección Y.....	116
Tabla 60	Desplazamientos del Módulo II con disipadores SLB en dirección X.....	117
Tabla 61	Desplazamientos del Módulo II con disipadores SLB en dirección Y.....	117
Tabla 62	Desplazamientos del Módulo III con disipadores SLB en dirección X.....	118
Tabla 63	Desplazamientos del Módulo III con disipadores SLB en dirección Y.....	119
Tabla 64	Valores para verificación torsional Modulo I con disipadores eje X.....	119
Tabla 65	Valores para verificación torsional Modulo I con disipadores eje Y.....	120
Tabla 66	Valores para verificación torsional Modulo II con disipadores eje X.....	120
Tabla 67	Valores para verificación Modulo II con disipadores eje Y.....	120
Tabla 68	Valores para verificación Modulo III con disipadores eje X.....	120
Tabla 69	Valores para verificación Modulo III con disipadores eje Y.....	121
Tabla 70	Carga Axial Última de Tracción – Compresión en diagonales del Módulo I.....	121
Tabla 71	Carga Axial Última de Tracción – Compresión en diagonales del Módulo II.....	122
Tabla 72	Carga Axial Última de Tracción – Compresión en diagonales del Módulo III.....	122



Tabla 73	Registros sísmicos empleados en el análisis THNL.	123
Tabla 74	Módulo I, deformaciones máximas de disipadores SLB.	136
Tabla 75	Módulo II, deformaciones máximas de disipadores SLB.	136
Tabla 76	Módulo III, deformaciones máximas de disipadores SLB.	137
Tabla 77	Comparación de derivas eje XX – Modulo I.	146
Tabla 78	Comparación de derivas eje YY – Modulo I.	147
Tabla 79	Comparación de derivas eje XX – Modulo II.	148
Tabla 80	Comparación de derivas eje YY – Modulo II.	148
Tabla 81	Comparación de derivas eje XX – Modulo III.	149
Tabla 82	Comparación de derivas eje YY – Modulo III.	150
Tabla 83	Comparación de desplazamientos eje XX – Modulo I.	151
Tabla 84	Comparación de desplazamientos eje YY – Modulo I.	152
Tabla 85	Comparación de desplazamientos eje XX – Modulo II.	152
Tabla 86	Comparación de desplazamientos eje YY – Modulo II.	153
Tabla 87	Comparación de desplazamientos eje XX – Modulo III.	154
Tabla 88	Comparación de desplazamientos eje YY – Modulo III.	154
Tabla 89	Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo I.	156
Tabla 90	Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo I.	156
Tabla 91	Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo II.	157
Tabla 92	Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo II.	158
Tabla 93	Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo III.	158
Tabla 94	Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo III.	159
Tabla 95	Comparación de periodos fundamentales – Modulo I.	160
Tabla 96	Comparación de periodos fundamentales – Modulo II.	161
Tabla 97	Comparación de periodos fundamentales – Modulo III.	161
Tabla 98	Energía disipada por los disipadores-Módulo I.	163
Tabla 99	Energía disipada por los disipadores - Módulo II.	164
Tabla 100	Energía disipada por los disipadores-Modulo III.	165
Tabla 101	Promedio de desplazamiento y cortante en disipadores Mod I.	166
Tabla 102	Promedio de desplazamiento y cortante en disipadores Mod II.	166
Tabla 103	Promedio de desplazamiento y cortante en disipadores Mod III.	167

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Respuesta sísmica de estructura con disipadores.	30
Figura 2	Análisis de 1 grado de libertad para un sistema.	31
Figura 3	Ciclo histerético y energía por deformación elástica e inelástica.	33
Figura 4	Esquematación estructural con un sistema activo.	35
Figura 5	Sistema híbrido – aislador de base con control activo de desplazamiento.	36
Figura 6	Sistema de control semi-activo.	36
Figura 7	Clasificación de disipadores de energía.	38
Figura 8	Refuerzo en X para disipación por fricción.	38

Figura 9 Disipadores metálicos tipo ADAS y TADAS.....	39
Figura 10 Detalle de disipadores metálicos tipo ADAS y TADAS.....	40
Figura 11 Disipadores SLB.....	41
Figura 12 Marcos y ventanas de un disipador SLB	42
Figura 13 Disipador SLB de cuatro ventanas	43
Figura 14 Geometría del disipador SLB	44
Figura 15 Cálculo de rigidez en un disipador SLB de 4 ventanas.....	45
Figura 16 Modelo bilineal del disipador SLB	46
Figura 17 Formas de colocación del disipador SLB.....	47
Figura 18 Geometría y características comerciales del disipador SLB	48
Figura 19 Disposición tipo Chevron.....	49
Figura 20 Modelo analítico del sistema compuesto: Diagonal + Disipador SLB	50
Figura 21 Modelo clásico del enfoque estructural (1), Modelo estructural con alta ductilidad (2) y Modelo estructural con alta resistencia (3)	51
Figura 22 Modelado 3D del módulo I.	59
Figura 23 Modelado 3D del módulo II.	60
Figura 24 Modelado 3D del módulo III.....	60
Figura 25 Detalle de losa aligerada de h=0.20m.	66
Figura 26 Plano de aligerado del Módulo I.	68
Figura 27 Plano de aligerado del Módulo II.	69
Figura 28 Plano de aligerado del Módulo III.....	70
Figura 29 Definición de masa sísmica del edificio.....	72
Figura 30 Asignación de cargas de la tabiquería fija sobre vigas (carga muerta) del Módulo I.	73
Figura 31 Asignación de cargas de la tabiquería fija sobre vigas (carga muerta) del Módulo II.	73
Figura 32 Asignación de cargas de la tabiquería fija sobre vigas (carga muerta) del Módulo III.....	74
Figura 33 Zonas sísmicas del Perú.	75
Figura 34 Espectro de aceleraciones – Modulo I.....	85
Figura 35 Espectro de aceleraciones – Modulo II.	86
Figura 36 Espectro de aceleraciones – Modulo III.	86
Figura 37 Derivas en dirección X – Modulo I.	87
Figura 38 Deriva en dirección Y – Modulo I.....	88
Figura 39 Deriva en dirección X – Modulo II.	89
Figura 40 Deriva en dirección Y– Modulo II.	89
Figura 41 Deriva en dirección X – Modulo III.....	90
Figura 42 Deriva en dirección Y – Modulo III.....	91
Figura 43 Desplazamiento en dirección X – Modulo I.....	92
Figura 44 Desplazamiento en dirección Y – Modulo I.....	92
Figura 45 Desplazamiento en dirección X – Modulo II.	93
Figura 46 Desplazamiento en la dirección Y – Modulo II.	94

Figura 47	Desplazamiento en la dirección X – Modulo III.	94
Figura 48	Desplazamiento en el eje Y – Modulo III.	95
Figura 49	Ubicación de disipadores SLB – Modulo I.	98
Figura 50	Ubicación de disipadores SLB – Módulo II.	98
Figura 51	Ubicación de disipadores SLB – Módulo III.	99
Figura 52	Asignación inicial de propiedades del disipador SLB3 10_2.	100
Figura 53	Modulo I – Asignación final de disipadores SLB.	103
Figura 54	Modulo II – Asignación final de disipadores SLB.	105
Figura 55	Modulo III – Asignación final de disipadores SLB.	107
Figura 56	Deriva en dirección X – Módulo I con disipadores SLB.	112
Figura 57	Deriva en dirección Y– Módulo I con disipadores SLB.	112
Figura 58	Deriva en dirección X– Módulo II con disipadores SLB.	113
Figura 59	Deriva en dirección Y– Módulo II con disipadores SLB.	114
Figura 60	Deriva en dirección X – Módulo III con disipadores SLB.	114
Figura 61	Deriva en dirección Y – Módulo III con disipadores SLB.	115
Figura 62	Desplazamiento en dirección X– Módulo I con disipadores SLB.	116
Figura 63	Desplazamiento en dirección Y – Módulo I con disipadores SLB.	116
Figura 64	Desplazamiento en dirección X – Módulo II con disipadores SLB.	117
Figura 65	Desplazamiento en dirección Y – Módulo II con disipadores SLB.	118
Figura 66	Desplazamiento en dirección X – Módulo III con disipadores SLB.	118
Figura 67	Desplazamiento en dirección Y – Módulo III con disipadores SLB.	119
Figura 68	Registro sísmico de 1966 componente E -W.	124
Figura 69	Registro sísmico de 1966 componente N-S.	124
Figura 70	Registro sísmico de 1970 componente E-W.	124
Figura 71	Registro sísmico de 1970 componente N-S.	125
Figura 72	Registro sísmico de 1971 componente E-W.	125
Figura 73	Registro sísmico de 1971 componente N-S.	125
Figura 74	Registro sísmico de 1974.1 componente E-W.	126
Figura 75	Registro sísmico de 1974.1 componente N-S.	126
Figura 76	Registro sísmico de 1974.2 componente E-W.	126
Figura 77	Registro sísmico de 1974.2 componente N-S.	127
Figura 78	Registro sísmico de 2001 componente E -W.	127
Figura 79	Registro sísmico de 2001 componente N-S.	127
Figura 80	Registro sísmico de 2007 componente E -W.	128
Figura 81	Registro sísmico de 2007 componente N-S.	128
Figura 82	Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD I / E-O.	129
Figura 83	Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD I / N-S.	129
Figura 84	Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD II / N-S.	130
Figura 85	Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD III / E-O.	130
Figura 86	Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD III / N-S.	131
Figura 87	Modulo I, deriva dirección E-W.	132
Figura 88	Modulo I, derivas dirección N-S.	132



Figura 89 Modulo II, derivas dirección N-S.....	132
Figura 90 Modulo III, derivas dirección E-W.	133
Figura 91 Modulo III, derivas dirección N-S.	133
Figura 92 Modulo I, desplazamiento dirección E-W.....	134
Figura 93 Modulo I, desplazamiento dirección N-S.....	134
Figura 94 Modulo II, desplazamiento dirección N-S.	134
Figura 95 Modulo III, desplazamiento dirección E-W.	135
Figura 96 Modulo III, desplazamiento dirección N-S.	135
Figura 97 Curvas histeréticas del disipador K12 en dirección E-W/Mod. I.....	138
Figura 98 Curvas histeréticas del disipador K7 en dirección N-S/Mod. I.....	139
Figura 99 Curvas histeréticas del disipador K4 en dirección N-S/Mod. II.....	140
Figura 100 Curvas histeréticas del disipador K4 en dirección E-W/Mod. III.....	141
Figura 101 Curvas histeréticas del disipador K10 en dirección N-S/Mod. III.....	142
Figura 102 Módulo I, respuesta energética del sistema - sismo TH70/E-O.	143
Figura 103 Módulo I, respuesta energética del sistema - sismo TH70/N-S.....	143
Figura 104 Módulo II, respuesta energética del sistema - sismo TH70/N-S.....	144
Figura 105 Módulo III, respuesta energética del sistema - sismo TH70/E-W.	144
Figura 106 Módulo III, respuesta energética del sistema - sismo TH70/N-S.....	145
Figura 107 Comparación de derivas eje XX – Modulo I.....	147
Figura 108 Comparación de derivas eje YY – Modulo I.....	147
Figura 109 Comparación de derivas eje XX – Modulo II.	148
Figura 110 Comparación de derivas eje YY – Modulo II.	149
Figura 111 Comparación de derivas eje XX – Modulo III.....	149
Figura 112 Comparación de derivas eje YY – Modulo III.....	150
Figura 113 Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo I.....	151
Figura 114 Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo I.....	152
Figura 115 Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo II.....	153
Figura 116 Comparación de desplazamientos eje YY– Modulo II.	153
Figura 117 Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo III.....	154
Figura 118 Comparación de desplazamientos eje YY– Modulo III.....	155
Figura 119 Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo I.....	156
Figura 120 Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo I.....	157
Figura 121 Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo II.....	157
Figura 122 Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo II.....	158
Figura 123 Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo III.....	159
Figura 124 Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo III.....	159
Figura 125 Comparación de periodos fundamentales – Módulo I.....	160
Figura 126 Comparación de periodos fundamentales – Modulo II.....	161
Figura 127 Comparación de periodos fundamentales – Modulo III.....	162
Figura 128 Energía disipada por la estructura y los disipadores – Módulo I.....	163
Figura 129 Energía disipada por la estructura y los disipadores – Módulo II.....	164
Figura 130 Energía disipada por la estructura y los disipadores – Módulo III.....	165



RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se tuvo por objetivo analizar el comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa; en su estado actual e implementando disipadores Shear Link Bozzo en los 03 módulos que la conforman. Se verificó lo establecido en la Norma Técnica Peruana E.030 para el Análisis Dinámico - Modal Espectral y los disipadores Shear Link Bozzo implementados fueron evaluados mediante un análisis Tiempo - Historia, direccionando la no linealidad a estos dispositivos, esta verificación se realizó teniendo en cuenta Sismos Máximos Considerados (MCE).

Con el análisis comparativo basado en la NTP E.030 entre la estructura existente y reforzada, se obtuvieron reducciones en las derivas hasta del 85 % y los periodos fundamentales se redujeron hasta un 68%; por otro lado, del análisis Tiempo – Historia, los disipadores Shear Link Bozzo llegaron a absorber 67.16% de la energía de entrada (sismo), valor el cual se generó en el Módulo III, estos resultados permiten verificar que los disipadores SLB son adecuados para realizar reforzamientos en estructuras nuevas o existentes que requieran un alto grado de rigidez.

***Palabras Clave:** Disipadores SLB, comportamiento sísmico, reforzamiento estructural, Análisis Modal Espectral, Análisis Tiempo - Historia*



ABSTRACT

In the present research work, the objective was to analyze the seismic behavior of the laboratory building of the School of Energy Engineering of the National University of Santa; in its current state and implementing Shear Link Bozzo heatsinks in the 03 modules that make it up. The provisions of the Peruvian Technical Standard E.030 for the Dynamic Analysis - Spectral Modal were verified and the implemented Shear Link Bozzo heatsinks were evaluated by means of a Time - History analysis, addressing the non-linearity to these devices, this verification was carried out taking into account Maximum Considered Earthquakes (MCE).

With the comparative analysis based on NTP E.030 between the existing and reinforced structure, drift reductions of up to 85% were obtained and fundamental periods were reduced by up to 68%; on the other hand, from the Time - History analysis, the Shear Link Bozzo heatsinks managed to absorb 67.16% of the input energy (seism), a value that was generated in Module III, these results allow us to verify that the SLB heatsinks are suitable for carry out reinforcements in new or existing structures that require a high degree of rigidity.

Keywords: *SLB dissipators, seismic behavior, structural reinforcement, Spectral Modal Analysis, Time-History Analysis*



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Como se sabe, uno de los fenómenos naturales al que se le atribuye una variedad de catástrofes de gran importancia son los terremotos, producidos por una violenta liberación de energía acumulada que viaja hasta la superficie en forma de ondas elásticas, dicha liberación de energía posee su punto de origen (hipocentro), principalmente en los bordes de las placas geológicas y dan fin a un ciclo llamado ciclo sísmico (Oterino, 2013).

Según Aguiar (2003), refiere que a lo largo de los años América Latina ha sido afectada por sismos de distintas características producidos por ejemplo en: Cariaco, Venezuela el 9 de Julio de 1997 con $M_s=6.8$; Punitaqui, Chile el 14 de octubre de 1997 con $M_w=7.1$; Armenia, Colombia el 25 de enero de 1999 con $M_L=6.2$. Todos estos hechos producidos con magnitud intermedia, pero dejando daños estructurales y humanos. Otro claro ejemplo de este fenómeno es el sismo producido en Ecuador el 16 de abril del 2016, resultando pérdidas significativas; un sin número de edificaciones públicas y privadas resultaron dañadas producto de estos eventos sísmicos (Pulamarin, 2017).

El Perú, país perteneciente al Cinturón de Fuego del Pacífico, está localizado dentro de una región altamente sísmica debido a que reposa sobre las placas tectónicas: Oceánica (Nazca) y Continental (Sudamericana). Estas placas convergen en una zona de subducción hundiéndose una bajo la otra, 9 cm por año, produciendo liberación de energía dando como consecuencia los sismos en la superficie, esto acompañado de la vulnerabilidad urbana produce riesgo sísmico; el cual se pueden aminorar interviniendo en la vulnerabilidad, especialmente en la costa peruana donde está concentrada más del 50% de la población peruana (Morales, 2001).

Según Tavera, Bernal y Salas (2007) afirman que uno de los sismos más significativos de los últimos años, el cual marcó la historia sísmica en Perú; es el sismo ocurrido en Pisco en el 2007 ($M_w=7.9$) que se propagó en dirección SE. Este sismo dejó como saldo la vida de casi 600 personas, casi 3000 personas heridas y un aproximado de 76 000 viviendas destruidas en su totalidad, estos daños producidos alcanzaron a afectar a un total de 431 000 personas.

Los edificios se clasifican en distintas categorías según la importancia; además, existe el deseo de obtener un mayor rango de seguridad de las instalaciones donde pueden existir mayores daños (Valcárcel, 2013). Según el Reglamento Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MCVS, 2018) indica que, las edificaciones como locales municipales, instituciones educativas, estación de bomberos, universidades y otras construcciones son definidas como esenciales; su comportamiento estructural debe ofrecer garantías adecuadas posterior a un evento sísmico de gran magnitud, dado que, este tipo de edificaciones tienen la

finalidad de mantenerse operativas y resguardar a la población vulnerable luego de dicho evento.

La norma NTP E 030 nos indica los principios y filosofía a tener en cuenta en el diseño, estos son: las edificaciones deben garantizar que no se pierda ninguna vida humana asegurar que los servicios básicos no se perjudiquen y los daños que se puedan producir deben ser mínimos una vez ocurrido un evento sísmico. Se espera que la estructura no colapse y permanezca en operación ante un evento sísmico, para ello se deben tener en cuenta ciertos criterios y más aún para las edificaciones esenciales que indica la norma (MVCS, 2018).

En los últimos años la investigación y tecnología en estructuras de concreto armado ha evolucionado de manera significativa, en este sentido, apareció un nuevo sistema de protección sísmica como son los disipadores “Shear Link Bozzo” (SLB) creados por el Dr. Luis Bozzo, reconocido ingeniero peruano aportante de significativos estudios estructurales; este sistema toma como base la propiedad que tiene el acero estructural de disipar energía por fuerza de corte. Al realizar una comparativa entre un sistema aporticado y otro con disipadores SLB, este último demuestra tener un mejor rendimiento ante los eventos sísmicos (Bozzo, 2019).

De acuerdo a la zonificación de peligro sísmico, Nuevo Chimbote se ubica en la zona 4 (MVCS, 2018). En nuestra localidad, existen edificaciones esenciales que han sido construidas décadas atrás; dentro de estas, encontramos al edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía ubicada dentro de la Universidad Nacional del Santa la cual fue diseñada teniendo en cuenta los criterios sismo resistente de su época, dando paso a que los alumnos, docentes y personal administrativo pueden resultar afectados ante un posible sismo de grandes magnitudes o a que no cumpla con parámetros actuales normativos; en ese aspecto, esta edificación debe cumplir con los parámetros mínimos establecidos en la NTP E.030 2018, por lo que, se pretende analizarla también con implementación de los disipadores SLB indicados anteriormente.

En este contexto, nos planteamos la siguiente interrogante: **¿Cómo mejorará el comportamiento sísmico implementando disipadores Shear Link Bozzo en el edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS?**

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. *Problema General*

¿Cómo mejorará el comportamiento sísmico implementando disipadores Shear Link Bozzo en el edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS?

1.2.2. *Problemas Específicos*

- ¿Cuál será el comportamiento sísmico del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía, considerando la resistencia a la compresión real de los elementos de concreto armado?
- ¿En qué porcentaje varían las derivas, desplazamientos, periodos, fuerzas cortantes del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía al implementarle disipadores Shear Link Bozzo?
- ¿Cuál es el porcentaje de absorción de energía de los disipadores SLB respecto a la energía total de disipación de la estructura en la verificación Tiempo Historia?
- ¿El edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía con y sin disipadores Shear Link Bozzo cumple con los límites normativos establecidos en la NTP E.030 2018?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. *Objetivo General*

Analizar el comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS implementando disipadores Shear Link Bozzo.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Evaluar el comportamiento sísmico del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía, considerando la resistencia a la compresión real de los elementos de concreto armado.
- Determinar el porcentaje de variación de las derivas, desplazamientos, periodos, fuerzas cortantes del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía al implementarle disipadores Shear Link Bozzo.
- Determinar el porcentaje de absorción de energía de los disipadores Shear Link Bozzo respecto a la energía total de disipación de la estructura en la verificación Tiempo Historia.

- Verificar el cumplimiento de límites normativos establecidos en la NTP E030 2018 en el edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía y al implementarle disipadores Shear Link Bozzo.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa es una edificación calificada como esencial según la Norma Técnica Peruana E.030, la cual alberga en sus aulas un gran número de estudiantes, estructura de la cual se tiene conocimiento que fue construida y diseñada en el año 1987, con el reglamento de edificaciones vigente a esa fecha. El análisis de este edificio será de gran importancia para conocer el comportamiento sísmico que presenta al ser evaluado mediante los límites establecidos por la actual NTP E.030 2018, la cual presenta valores más conservadores. Sumado a ello se pretende implementar los disipadores SLB como una alternativa para controlar mejor su comportamiento sísmico, permitiendo de esta manera obtener una mejor respuesta de la estructura. Finalmente, este estudio puede dar inicio a una comparación con distintos tipos de dispositivos de protección sísmica y/o tipos de reforzamiento estructural, además que, puede despertar mayor interés por el diseño de nuevas edificaciones considerando estos dispositivos, así como también seguir verificando diversas edificaciones antiguas esenciales y considerar los dispositivos SLB como una nueva alternativa de reforzamiento en nuestra ciudad.

1.5. LIMITACIONES DEL TRABAJO

Para el desarrollo del trabajo de investigación no se presentaron limitaciones económicas puesto que, la realización de los ensayos y gastos necesarios para trabajo de campo, fueron asumidos por los tesisistas.

Sin embargo, existieron limitaciones respecto a la información disponible en diferentes fuentes acerca de los disipadores Shear Link Bozzo, puesto que, la implementación de estos dispositivos es relativamente nueva en nuestra región.

Por otro lado, una limitación del trabajo de investigación es que se realizó el estudio en la superestructura, sin considerar la cimentación de los módulos (sub estructura).

Finalmente, cabe recalcar que no existieron limitaciones para la realización de los ensayos necesarios para el estudio, teniendo la aprobación por parte de la Dirección de Escuela de Ingeniería en Energía.



1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Hipótesis General

El comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS, mejorará significativamente al implementarle disipadores Shear Link Bozzo.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- El comportamiento sísmico del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía será óptimo considerando la resistencia a la compresión real de los elementos de concreto armado.
- La variación de derivas, desplazamientos, periodos, fuerzas cortantes al implementar disipadores SLB en el edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía mejorará significativamente.
- El porcentaje de absorción de energía de los disipadores SLB estarán entre el 20% y 50% respecto a la energía total de disipación de la estructura.
- El edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía con disipadores cumple con los parámetros establecidos en la NTP E030 2018.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Matango y Torres (2017) en su Proyecto de Investigación titulado: *“Evaluación y Comparación del reforzamiento de la PUCE Sede Bahía, mediante la utilización de disipadores de energía tipo Shear-Link respecto a un reforzamiento con muros de corte”* se enfocaron en reducir la vulnerabilidad sísmica del edificio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Bahía, con la implementación de elementos que realicen la disipación de fuentes de energía de clase Shear-Link o con muros de corte. Por lo que, concluyeron que, al analizar la estructura con disipadores, el nivel que presenta mayores problemas de derivas es el segundo nivel, lo que se debería a que en la planta baja existe un muro de contención que rigidiza este nivel y contribuye a evitar desplazamientos significativos. Un dato importante que nos ofrece esta investigación es que los perfiles de las diagonales no solo sirven como soporte para el disipador de energía Shear Link, sino también para rigidizar la estructura aportando de gran manera a reducir los desplazamientos y deriva inelásticas. Con la alternativa de reforzamiento con los disipadores de energía, al estar incorporados las diagonales tipo Chevron, éstas van a estar trabajando en algunos casos máximos al 63% de su capacidad y mínimo al 30% de su capacidad, esto es muy ventajoso ya que nos asegura que las diagonales van a trabajar en el rango elástico ante el sismo de diseño planteado y los dispositivos que realizan el proceso de disipación serán los responsables de la energía que libera el sismo ya que entrarán en el rango no lineal. Finalmente, plantean el dato económico donde el costo con reforzamiento con disipadores SLB asciende a 127,415.86 dólares siendo un 38% más que al reforzamiento con columnas de corte.

López y Plasencia (2017) en su Tesis titulada: *“Diseño Estructural del edificio multifamiliar las flores del Golf de 9 niveles empleando disipadores de Energía “Shear Link Bozzo”*, consideraron la implementación de disipadores SLB en la dirección corta de los muros estructurales con la finalidad de cumplir las distorsiones máximas. Se llegó a reducir en un valor porcentual de hasta un 34% las derivas, por otro lado, en zonas críticas de la estructura se alcanzó el 30% de reducción de las derivas.

Morales y Sinchiguano (2018) en su Proyecto de Investigación titulado: *“Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho, doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica”* se centran en la comparación del comportamiento de dicha estructura entre una construcción que tiene como finalidad ser vivienda de las edificaciones mencionada en el título con elementos de aislamiento sísmico y elementos de disipación de energía, ubicadas en Quito. En su trabajo

de investigación concluyeron que, con respecto a los periodos de vibración, las viviendas con disipadores de energía metálicos ADAS, en el modelo de 8 pisos disminuyó un 16%, para el modelo de 12 pisos disminuyó un 14% y para el modelo de 16 pisos disminuyó un 13%. En lo que respecta a derivas máximas de piso, las edificaciones que realizan la disipación de fuente de energía modelos con elementos que realizan la disipación de fuentes de energía metálicos ADAS, en el modelo de 8 pisos en el sentido X disminuyó un 56% y en el sentido Y un 56%, para el modelo de 12 pisos en el sentido X disminuyó un 48% y en el sentido Y disminuyó un 51%, y para el modelo de 16 pisos en el sentido X disminuyó un 43% y en el sentido Y un 47%.

Mena (2019) en su Tesis titulada: *“Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica, utilizando Disipadores sísmicos SLB”* tiene el objetivo de conocer el comportamiento de la estructura de cinco plantas al incorporar disipadores sísmicos SLB aplicando normas técnicas como NEC15, AISC-360-10 y ASCE 7-10. En su trabajo de investigación, sostuvo que tales disipadores logran que la resistencia incremente la resistencia de los elementos estructurales, puesto que mejoran la ductilidad de estos, considera también que colaboran a reducir el peso propio de la estructura puesto que se elimina muros de corte y disminuye sección de elementos como como columnas y vigas. Asimismo, con la puesta en marcha de los elementos para disipar se contribuyó a la reducción de desplazamientos en comparación con el modelo tradicional sin disipadores y el modelo con disipadores, siendo en el primer caso 1.94% y para el segundo caso 0.77 %, tomando como referencia la deriva máxima inelástica considerada en la norma NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico. Respecto al periodo del eje rotacional, este se reduce a casi la mitad al incorporar los disipadores tipo SLB, variando de 0.455 seg a 0.226 seg.

Asimismo, sostienen que a medida que incrementaron los niveles en los modelos, la efectividad para disminuir el periodo de vibración de los disipadores de energía no varió en gran medida, por lo tanto, su uso es adecuado en los tres modelos. Sin embargo, en el aspecto arquitectónico los disipadores de energía utilizados afectan en ese aspecto.

Quispe y García (2019) en su Tesis denominada: *“Reforzamiento Sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos Tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima”* plantearon un mejoramiento en el comportamiento estructural de la edificación con este tipo de disipadores SLB. Los autores indican que se realizó una reducción de derivas de entrepiso en direcciones X e Y en el 7mo nivel cumpliendo eficientemente con los códigos u estándares establecidos dentro de la Norma Técnica Peruana E.030 (2018). Además, durante el análisis no es lineal se ha corroborado que el valor porcentual de fuentes de energía anti

vibratorios por los elementos que realizan la disipación y el cual fue del 40%, generando la reducción del sistema global de 100% a 59.70% para el registro de ICA. Considerando que la construcción tiene 14 pisos y un periodo idóneo de $0.1 \times 14 = 1.40$ seg para el modo 1, al incluir los disipadores se obtiene un periodo de 1.542 seg.

Narváez (2019) en su Tesis Titulada: "*Análisis comparativo técnico-económico de una edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histeréticos*" buscaron generar un aporte al conocimiento sobre la implementación de disipadores sísmicos en estructuras aperticadas. La implementación de los disipadores histeréticos da como resultado que los elementos estructurales y no estructurales reciban un mayor daño a comparación de la implementación de disipadores de fluido viscoso. Además, consideran que una estructura con mucha rigidez, se comporta similar a una edificación a la cual se le implemento disipadores de tipo histerético (en cuestión de desplazamientos y ductilidad demandada), la diferencia radica entre ambas en la cantidad de energía que ingresa a la estructura; en la segunda el daño se reparte por la presencia de los disipadores.

Enciso (2019) en su Proyecto de Titulación denominado: "*Análisis comparativo del diseño sísmico de una estructura con muros continuos y con muros desacoplados incorporando disipadores SLB en la ciudad de Huancayo*" buscó realizar una comparación de cómo varía el diseño sísmico del edificio de 11 pisos con muros continuos y con muros desacoplados incluidos disipadores SLB. Enciso llego a la conclusión que la estructura con muros desacoplados presenta menor rigidez lateral que la estructura con muros continuos, por lo que unas estructuras de muros continuos permiten menores derivas, desplazamientos y periodos, así como mayores fuerzas cortantes producto del mayor aporte de rigidez y generando un mayor control en la torsión; sin embargo, lo importante es el buen desempeño que tienen los muros desacoplados en el rango no lineal ante un sismo severo.

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. Reforzamiento Estructural

(Landeta, 2013) Todas las edificaciones son diseñadas y construidas con la finalidad de cumplir con la vida útil para la que estas fueron inicialmente calculadas, todo esto dentro de las condiciones de funcionalidad, resistencia, durabilidad y seguridad. Pero estas condiciones ya mencionadas se incumplen cuando durante su ejecución, la edificación presenta fisuras, empiezan los problemas de pandeo o el cambio de uso, por otro lado, tenemos edificaciones autoconstruidas o a las cuales se realizó un mal cálculo estructural. Todos estos problemas mencionados generan que la edificación se debilite y sea afectada su capacidad de resistencia.

Según (Malpartida, 2006) La finalidad con la que se realiza un reforzamiento estructural tiene diferentes objetivos uno de ellos es dar garantía de que la edificación siga siendo funcional al verse afectadas por cargas de gravedad y de sismo. Logramos un reforzamiento estructural adecuado mediante el refuerzo de elementos estructurales como las vigas, columnas, losas, zapatas, etc. o la implementación de elementos estructurales, como son los disipadores o aisladores, para mejorar el comportamiento sísmico de la estructura.

2.2.1.1. Necesidad de Refuerzo Estructural

(Nayra, 2017) Las estructuras pueden ser afectadas por diversos factores que conllevan un cambio en el comportamiento de la estructura y esto a su vez nos lleva a implementar un sistema de refuerzos. (Landeta, 2013) nos presenta los más comunes:

Cambio de uso en la edificación. El cambio de uso de edificación en muchas ocasiones implica que la edificación soportara mayores cargas para las que fue inicialmente calculada. Por ejemplo, si un ingeniero diseña inicialmente una edificación destinada a vivienda y posteriormente se desea hacer un cambio de uso a hotel, este implicara una mayor consideración de cargas según la norma de cargas E.020.

Asentamientos diferenciales. En muchas ocasiones no se realiza el estudio de mecánica de suelos apropiado para que las edificaciones, entonces esto conlleva a fallas en las cimentaciones.

Errores en la fase del proyecto. Esto comprende errores realizados en el modelado de la estructura, en el cálculo de las derivas y el implemento de las normas técnicas peruana.

Errores que se producen durante la fase de ejecución o construcción. Como ya se ha mencionado la autoconstrucción y la falta de un personal calificado que dirija la obra provoca este tipo de error.

Problemas debidos a la degradación y deterioro de materiales de construcción. Implica el mal almacenamiento o la mala elección de materiales de construcción ya sea el acero, agregados o agua.

Modificación y eliminación parcial o total de elementos estructurales. la implementación de un nuevo ducto de basura o escalera.

Modificación de criterios ante la respuesta sísmica.

Los factores mencionados nos llevan a una evaluación de la edificación o estructura y posteriormente llegar a la conclusión de cual los métodos o técnicas de reforzamiento es el más adecuado.

2.2.1.2. Técnicas de Reforzamiento Estructural

(Carranza y Calderón, 2015) Es la intervención que se realiza a una edificación con la finalidad de que esta pueda tener una respuesta sísmica aceptable frente a un sismo. Este reforzamiento estructural dependerá del resultado de la evaluación estructural.

(Tello, 2006) nos presenta las siguientes técnicas de reforzamiento:

Introducción de nuevos elementos.

- Inclusión de muros de corte
- Pórticos de concreto armado
- Pórticos metálicos o adición de arrostamientos
- Adicción de contrafuertes
- Sistemas de disipación de energía

Refuerzo a elementos estructurales existentes.

- Encamisado a secciones de concreto armado
- Refuerzo con Polímeros reforzados con fibras (FRP)
- Adición de chapas o perfiles metálicos.

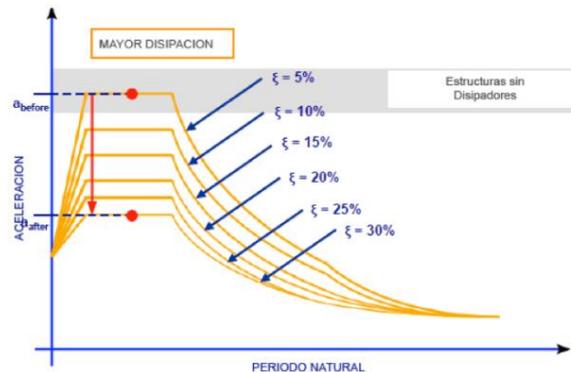
En el caso de la presente investigación se ha propuesto la inclusión de un sistema de disipación de energía del tipo Shear Link Bozzo, técnica propuesta por el Ing. Luiz Bozzo.

2.2.2. Disipadores Sísmicos

Según Agudelo (2014) Un disipador sísmico o también denominado disipador de energía sísmica, es el sistema encargado de absorber la acumulación de energía en cierta edificación producto de las sollicitaciones sísmicas producidas por algún evento, generando de este modo que, los elementos estructurales no se vean comprometidos a excesivos sobreesfuerzos que podrían generarle daños. En otras palabras, este sistema proporciona una mayor amortiguación al sistema estructural, mejorando las propiedades del sistema global.

Figura 1

Respuesta sísmica de estructura con disipadores.



Nota. Estructurando, 2014. Para disipadores del tipo fluido viscoso.

Se tiene que, por ejemplo, la estructura original presenta una aceleración inicial original propia de su sistema global, la que sufre variación al incorporarle los disipadores sísmicos generando una disminución de la aceleración propia y, por ende, una disminución del periodo de retorno.

Por otro lado, según (Escobar y Martinez, 2021) Consideran a los disipadores de energía como un apoyo para amortiguar las consecuencias o daños en la estructura ante los movimientos sísmicos que se puedan producir, generando la desaparición de un cúmulo de energía producto de esas solicitaciones. Asimismo, ellos consideran ciertas características:

- De acuerdo al nivel de vibración y deformaciones producidas por las solicitaciones, ofrecen un nivel de amortiguación.
- Comportamiento histerético de forma rectangular, generando por cada bucle disipación de energía más alta.
- Bajo mantenimiento.
- La instalación paralela en los elementos controla de mejor manera al sistema.
- La disipación de energía de manera significativa se produce al controlar cargas para el desplazamiento más significativo.
- No disipan solicitaciones o esfuerzos por servicio, sino por deslizamiento o desplazamiento.

2.2.3. Aspectos Básicos de la Energía Disipada

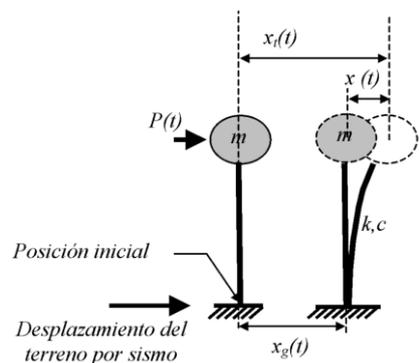
2.2.3.1. Disipación de Energía en Estructuras:

Analizando el concepto como tal, la acción de disipar debe ser entendida como la absorción, en este caso, de la energía liberada al aplicarse fuerzas inerciales que no pueden ser despreciadas, al afectar directamente a una masa. En el caso de las estructuras, estas fuerzas actuantes sobre la masa (edificación) pueden considerarse como las cargas dinámicas como los son los sismos, vientos y vivas (dinámicas o con impacto).

Según (Oviedo y Duque, 2006) se puede realizar un análisis por medio de un modelo matemático, para entender el análisis dinámico que se puede realizar a una estructura para que resulte la respuesta de la misma.

Figura 2

Análisis de 1 grado de libertad para un sistema.



Nota. Revista EIA, p. 107, 2006

Para entender la referencia, en la Figura 2 se tiene un sistema de 1 grado de libertad, desprendiéndose de la figura los siguientes elementos:

m : masa concentrada

k : rigidez de un elemento

c : coeficiente de amortiguamiento propio

Analizando el gráfico, se tiene al sistema que se somete a una carga de sismo manifestada con el desplazamiento del terreno $x_g(t)$ y con una carga exterior $P(t)$ independientemente si depende o no del tiempo. El análisis de la respuesta del conjunto radica en la determinación de encontrar el desplazamiento de "m" en algún instante en comparación a su posición de inicio $x_t(t)$, entonces, para determinar dicho parámetro se tiene el cálculo respecto del desplazamiento del suelo y el de "m" en relación a su base:

$$x_t(t) = x_g(t) + x(t)$$

Según (Chopra, 2014) En el análisis dinámico de sistemas, se tiene la ecuación de equilibrio como:

$$kx + c\dot{x} + m\ddot{x} = P - m\ddot{x}_g$$

Sabiendo que:

kx : fuerza elástica del conjunto estructural. (f_S)

$c\dot{x}$: amortiguamiento propio del conjunto estructural. (f_D)

$m\ddot{x}$: simboliza la fuerza de inercia del sistema. (f_K)

De acuerdo a (Oviedo y Duque, 2006) Una solución para poder establecer la respuesta ante el sismo y evaluar el comportamiento de un sistema estructural solicitado antes cargas dinámicas es poniendo en práctica el concepto de "energía". Así pues, Chopra nos indica también que al realizar la integración de la ecuación de equilibrio dinámico se pueden definir los términos de energía para un sistema. Finalmente se obtiene:

$$E_S + E_D + E_K = E_I$$

Teniendo definido según (Chopra, 2014) que:

La energía de deformación en el rango elástico del conjunto y la cedencia se define:

$$E_S = \int kx \, dx = \frac{kx^2}{2}$$

La energía de disipación obtenida por amortiguamiento propio del sistema estructural:

$$E_D = \int c\dot{x} \, dx = \int c\dot{x}^2 \, dt$$

La energía cinética realizada por "m" se define:

$$E_K = \int m\ddot{x} \, dx = \frac{m\dot{x}^2}{2}$$

Además, debido a las solicitaciones dinámicas, se produce energía, en este caso por sismo (S) y por viento (W):

$$E_I = E_{I_S} + E_{I_W}$$

Siendo energía producida por sismo:

$$E_{I_S} = - \int m\ddot{x}_g \, dx$$

Y la energía producida por acción del viento:

$$E_{I_W} = \int P_{(t)} \, dx$$

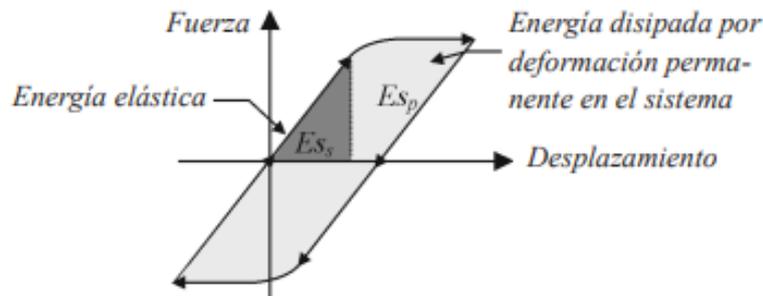
Debemos tener en cuenta que si el sistema estructural incursiona en el rango inelástico entra se enmarca en la cedencia que pueda producir, siendo esta energía producto de la acción del desplazamiento y la rigidez manifestada como E_{S_S} : Disipación de energía debido a

consecuencias histeréticas de deformación plástica y perjuicio en los elementos de la misma estructura y, E_{Sp} : Energía no disipada por deformación elástica.

$$E_S = \int f_S(x)dx = E_{Ss} + E_{Sp}$$

Figura 3

Ciclo histerético y energía por deformación elástica e inelástica



Nota. Revista EIA, p. 108, 2006

Debemos tener en cuenta que, al incorporar un sistema de control de respuesta sísmico, a este le corresponderá una liberación de energía propia del dispositivo, participando en la ecuación de balance de energía considerada como E_p . Obteniendo finalmente la ecuación final de balance de energía como:

$$E_{Ss} + E_{Sp} + E_D + E_K + E_p = E_I \dots (11)$$

2.2.3.2. Aspectos Primordiales de la Disipación de Energía.

Conociendo la definición que corresponde a los disipadores de energía y sabiendo el rol que cumplen al ser incorporados en las estructuras, puestos que absorben la energía liberada por una sollicitación dinámica modificando el comportamiento dinámico de la estructura, esto se debe principalmente a dos aspectos como: el aumento del amortiguamiento y/o de la rigidez, según lo indican (Villarreal y Oviedo, 2009)

Según indica (Enciso, 2019) como primer punto y de acuerdo a lo que se indica en la (NTP E.030, 2018), el amortiguamiento considerado como propio para las estructuras de concreto armado es del 5%; sin embargo, con la incorporación de estos sistemas de protección se puede aumentar este porcentaje llegando a valores entre 20% y 40%, consiguiendo de esta manera la reducción de la aceleración del sistema incluyendo una disminución de la fuerza producida por el sismo.

Por otro lado, (Bozzo, 2018) Indica que los cambios que se realizan por la incorporación de los disipadores de energía en la estructura modifican el periodo obtenido en la fase inicial, así como también, disminuyen daños en los elementos estructurales, generando de esta manera una mejor rigidez en el sistema estructural.

2.2.4. *Sistemas de Protección Sísmica*

De acuerdo a lo indicado por Villarreal y Oviedo (2009) Para cada estructura construida se realiza el análisis por fuerzas gravitacionales y cargas de ocupación, las cuales deben ser soportadas a lo largo de toda la vida útil de las construcciones, para cual se desprecia las modificaciones que pueden sufrir estas a lo largo del tiempo y se toma una idealización para poder realizar un análisis estático para el diseño.

Por otro lado, el mismo análisis se realiza para solicitaciones laterales tales como sismo o viento, lo cual se viene tratando con el mismo enfoque que para las cargas de gravedad. Con el pasar de los años, varias innovaciones vienen incorporándose para tener una mejor respuesta en el análisis del comportamiento de las estructuras, una de estas es debido a la adición de mecanismos externos al sistema estructural, lo cual se denomina como un *control de protección*.

(Acuña, 2015) La energía enviada hacia algún sistema estructural durante un evento sísmico, puede ser controlada de 3 formas distintas:

- **Resistencia:** El control por este medio, se debe tener en cuenta el diseño de los elementos estructurales de tal manera que tengan una capacidad ideal para soportar las solicitaciones sísmicas sin colapsar, conllevando a un sobredimensionamiento en algunos casos con cierto riesgo de presentar fallas frágiles en el sistema.
- **Ductilidad:** Controlar por este medio, implica diseñar los elementos estructurales para que sean sometidos a deformaciones en el rango plástico disipando de esta manera la energía provocada por las solicitaciones externas; en síntesis, se diseña la estructura para presentar daños, sin terminar colapsando. De este modo, se reduce de cierta manera las fallas frágiles que se puedan provocar y las dimensiones de elementos del sistema estructural se reducen en cierto modo.
- **Disipación:** Para considerar esta forma de control, se tiene en cuenta la incorporación de mecanismos externos a los elementos del sistema estructural, los cuales absorberán la energía ante alguna carga externa, sin cumplir una función de resistencia a lo largo del tiempo.

Según (Higashino y Okamoto, 2006) Se tienen los siguientes sistemas de control para las estructuras:

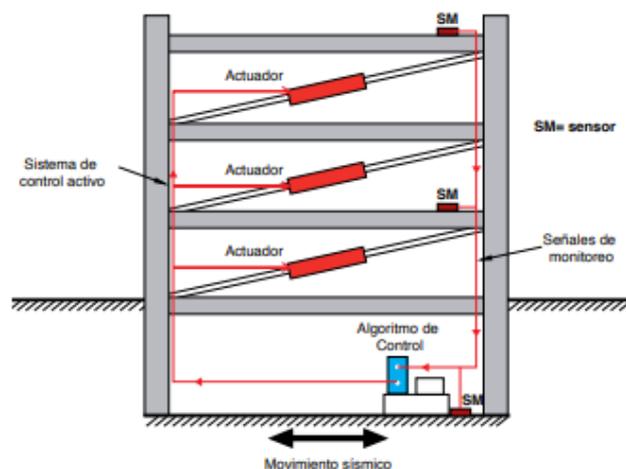
2.2.4.1. Sistema de Protección Activo.

Los sistemas activos transforman la respuesta sísmica dinámica estructural mediante fuerzas de control que se ocasionan durante el movimiento. (González, 2021) Estos sistemas controlan las estructuras basándose en la medición por medio de sensores (acelerómetros) para calcular la fuerza que se opone a la de los eventos sísmicos por medio de los actuadores. (Villareal y Oviedo, 2009)

Los más utilizados son: masa activa (AMD), siendo este el más utilizado en este tipo, y arriostramientos y tendones activos (ABS) encontrándose en su etapa experimental. (González, 2021)

Figura 4

Esquematización estructural con un sistema activo.

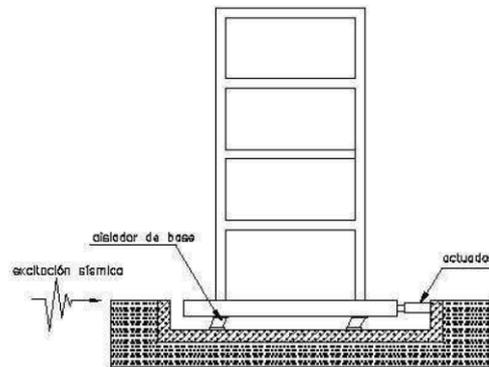


Nota. Cámara Chilena de la Construcción (CCHC), 2011

2.2.4.2. Sistema de Protección Híbrido.

En este tipo de sistemas, se combinan los sistemas activos con elementos del sistema pasivo reduciendo la energía liberada por el movimiento sísmico (González, 2021).

Según Villareal y Oviedo (2009), al estar estos sistemas con la inclusión de un elemento activo y pasivo para su utilización; en el caso exista alguna falla del elemento activo, el elemento pasivo sigue actuando y realizando las labores de control; asimismo, la energía necesaria para contrarrestar los esfuerzos sísmicos es menor. Un claro ejemplo de este sistema son los Hybrid Mass Damper (HMD).

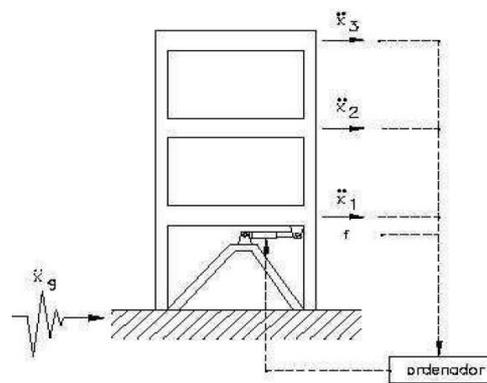
Figura 5*Sistema híbrido – aislador de base con control activo de desplazamiento*

Nota. Villareal y Oviedo, p. 26, 2009

2.2.4.3. Sistema de Protección Semiactivo.

Estos sistemas, de similar manera que los activos, poseen un mecanismo para monitorear la respuesta de la estructura en tiempo real, sin ejercer fuerzas para controlar la estructura de manera directa (Abarca et al., 2011).

Dentro del sistema, se controlan características mecánicas como lo son el amortiguamiento y la rigidez; el primero por medio del sistema de amortiguamiento variable, y el segundo mediante sistemas de rigidez variable; puesto que, estos dispositivos son controlables modificando de esta manera las características dinámicas del sistema estructural (Higashino y Okamoto, 2006).

Figura 6*Sistema de control semi-activo.*

Nota. Villareal y Oviedo, p. 28, 2009

2.2.4.4. Sistema de Protección Pasivo.

Estos sistemas utilizan elementos que se encargan de reducir la respuesta estructural de mediante sistemas mecánicos (González, 2021). Son los dispositivos empleados para

protección sísmica más comunes en los últimos tiempos, diseñados para que mediante el calor se disipe la energía (Abarca et al., 2011).

Estos dispositivos actúan alterando las características dinámicas que el sistema estructural posea, lo que produce la respuesta estructural, presentando una mejor ventaja a nivel económico (Villareal y Oviedo, 2009).

Al ser este sistema de protección de los comunes en el mercado y al estar involucrado el disipador en análisis dentro de este sistema, se ampliará la información necesaria. Entonces, este sistema se clasifica en 3 tipos según (Higashino y Okamoto, 2006):

- Sistema pasivo de Aislamiento sísmico
- Sistema pasivo de disipación de energía.
- Sistema pasivo de efecto de masa adicional

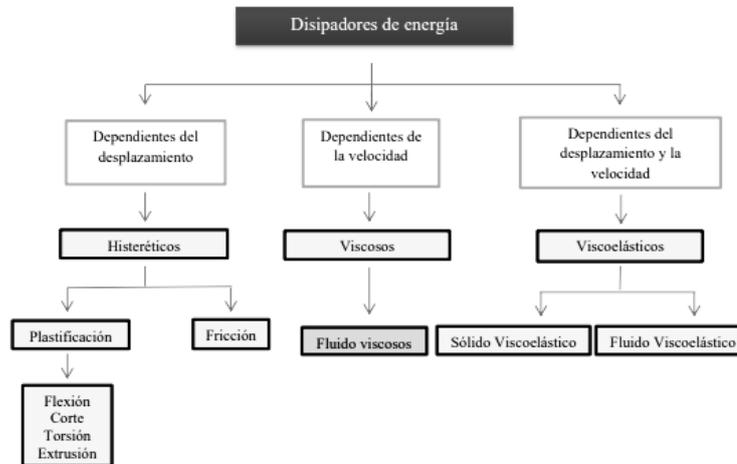
2.2.4.4.1. Sistema Pasivo de Disipación de Energía.

Los dispositivos empleados disipan la energía sísmica liberada durante un evento, fuertes vientos y otros tipos de sollicitaciones dinámicas que puedan afectar a las estructuras, permitiendo a la estructura un mayor nivel de amortiguamiento; es así que estos elementos son ubicados en puntos estratégicos de los sistemas estructurales según sea el caso para poder de esta forma reducir la respuesta de la estructura antes las sollicitaciones manifestadas; estos dispositivos han sido empleados para los nuevos proyectos y reforzamiento de existentes (Abarca et al., 2011).

Según (American Society of Civil Engineers 7-10 [ASCE 7-10], 2010) en su capítulo 18 indica la clasificación de estos dispositivos:

Figura 7

Clasificación de disipadores de energía



Nota. ASCE 7 – 10, 2010

2.2.5. Disipadores Histeréticos

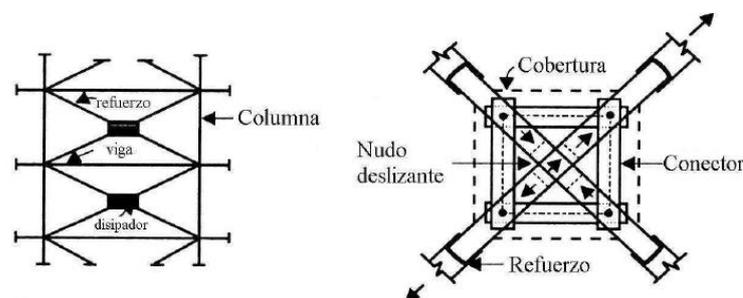
2.2.5.1. Disipadores por Fricción o Friccionales.

Estos elementos realizan esta disipación de energía mediante la fricción producida al entrar en contacto dos o más superficies por deslizamiento de uno respecto a otro; para ello deben alcanzar un porcentaje de carga de tal manera que active este sistema, mientras no se llegue a ese nivel se mantienen inactivos (Abarca et al., 2011).

La consigna de estos elementos es reducir el movimiento estructural “no quebrando sino frenando” (Villareal y Oviedo, 2009).

Figura 8

Refuerzo en X para disipación por fricción



Nota. Villareal y Oviedo, 2009

2.2.5.2. Disipadores por Plastificación de Metales o Metálicos.

La disipación de energía en este tipo de dispositivos se realiza mediante la fluencia de los metales que se encuentran sometido a los esfuerzos de torsión, *cortante*, flexión o alguna superposición de algunas; sin embargo, el comportamiento de estos genera una posición de estabilidad y confiabilidad a largo plazo (Abarca et al., 2011).

Es así que (Villareal y Oviedo, 2009) mencionan que una de las maneras más efectivas para disipar la energía se realiza por medio de deformación en el rango no elástico de dispositivos metálicos al ser introducidos en la configuración estructural.

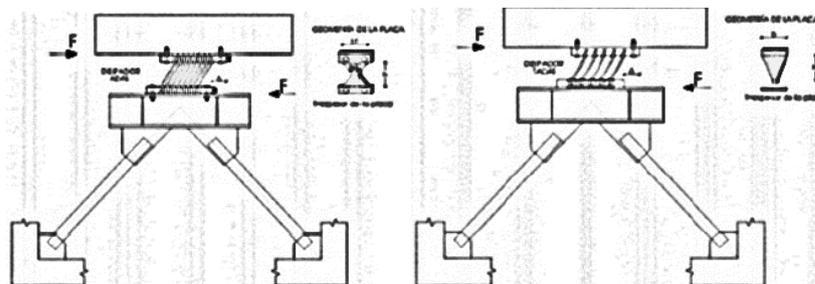
Entre los distintos tipos de sistemas de protección sísmica resaltan los disipadores metálicos por la economía y función que se fundamentan en la deformación en el rango inelástico (Oviedo y Duque, 2006).

Entonces, para tener una disminución en la respuesta sísmica generada por la estructura, de preferencia se debe inducir a la disipación de energía basándose en rangos bajos de fuerza y desplazamiento; ante esto se tienen dispositivos con aceros que presentan un bajo límite en el rango elástico pero con gran capacidad de deformación comparados con otros aceros empleados en la construcción; básicamente, estos dispositivos se basan en presentar una elevada rigidez y una característica uniforme ante la deformación en el rango plástico, todo esto generado a partir de ser disipadores basados en la plastificación por esfuerzo cortante (Villareal y Oviedo, 2009).

Podemos citar dos elementos representativos para estos disipadores metálicos a flexión como lo son del tipo ADAS y TADAS, en su composición se encuentran placas de acero de manera paralela, con espesor determinar sin variación, formando una sección transversal en forma de "X", para el primer caso y en forma de triángulo, para el segundo caso (Enciso Navarro, 2019).

Figura 9

Disipadores metálicos tipo ADAS y TADAS.



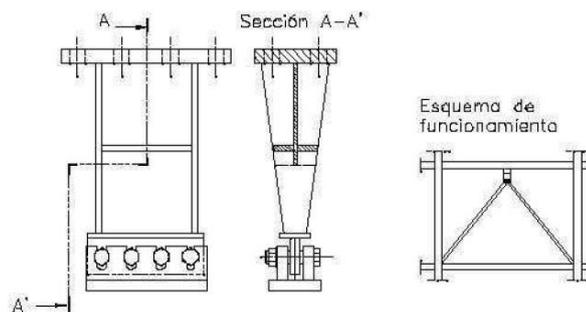
Nota. Enciso Navarro, p. 37, 2019

Por otro lado, podemos encontrar dispositivos sometidos a cortante donde gran mayoría presenta una doble T en su sección presentando un alma muy rígida, presentando ciclos histeréticos con gran estabilidad y una amplia capacidad de disipación antes eventos dinámicos. Asimismo, se tienen a los paneles de cortante que están estructuradas de acero con cierto grado de rigidez en forma de placas distanciadas según diseño, considerando un espesor que se vea contrarrestado con daños por abolladura (Villareal y Oviedo, 2009).

Se presenta un modelo desarrollado en 1998, donde se aprecia la conexión pórtico y arriostramiento, con la unión de brazos metálicos para arriostre por medio de bulones; lo que solo admite el accionamiento por carga horizontal, mas no por carga vertical o momento generando el desacople del sistema rígido y el flexible para disminuir características que generan daño a la configuración estructural (Villareal y Oviedo, 2009).

Figura 10

Detalle de disipadores metálicos tipo ADAS y TADAS.



Nota. Enciso Navarro, p. 37, 2019

2.2.6. Disipadores Shear Link Bozzo (SLB)

Según Quispe y Garcia. (2019) Estos disipadores de energía sísmica se basan en el aumento de la ductilidad de la estructura. Los disipadores SLB no transmiten carga axial gracias a que el pórtico al que se encuentran unidos es un mecanismo que no lo permite. Estos disipadores son un sistema único ya que la forma de disipación de energía es un doble modo (por flexión y corte), esto nos brinda seguridad y capacidad adicional. Bozzo y Barbat. (2004)

Figura 11
Disipadores SLB



Nota. Aguiar et al, 2016

Aguiar et. al (2016) nos dice que la finalidad con la que son instalados estos disipadores en los pórticos, es para que cuando la estructura sea víctima de un gran sismo y por ende la estructura presente deformaciones sean los disipadores los que se vean afectados. La estructura no sufrirá daños importantes que puedan ponerla fuera de servicio, ya que los disipadores aportan rigidez y ductilidad, en caso de un sismo severo estos disipadores entraran en el rango no lineal y se deformaran.

Nos da una explicación más detallada Gaxiola et. al (2016) ya que nos indica, que los disipadores presentan una conexión que nos permite representarla en el modelado, como un rotula plástica que puede ser ubicada por el ingeniero estructural según su criterio y conocimientos. Según Hurtado y Bozzo. (2008) el fallo dúctil que tienen estos disipadores no manifiesta un peligro para la estructura en conjunto, por ello durante un evento sísmico la energía que llega a la estructura, será desviada a los disipadores los cuales son diseñados para deformarse evitando que sea la estructura la que reciba los daños.

Cualidades como: una mayor capacidad de disipación, simplicidad para ser removidos si presentan algún daño, el precio, la durabilidad, la sencillez y fiabilidad de sus componentes y el casi nulo mantenimiento que requiere, hacen que los disipadores SLB sean muy eficientes. Aguiar et. al (2016).

El acero del que son elaborados estos disipadores es el A-36, el cual presenta dentro de sus propiedades una gran ductilidad y a su vez presenta capacidad de resistencia al cortante Bozzo. (2014)

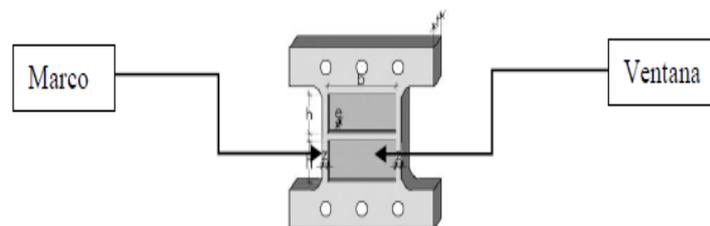
2.2.6.1. Configuración Geométrica y Partes del Disipador SLB

La configuración geométrica fue orientada a la disipación de energía ya que estos presentan una estructura de paneles y marcos rígidos. La conformación de paneles y marcos le permite que absorba una mayor fuerza de sismo frente el resto de elementos estructurales protegiendo así la estructura, como se observa en la Figura 12. (Hurtado y Bozzo, 2008) La parte conformada por los paneles (ventanas) son diseñadas como zonas débiles en las cuales se presentará deformación plástica durante el evento sísmico.

Nuzzo et. al (2015) nos detalla cómo se desarrolla el comportamiento de los paneles frente a un sismo, explica que, dado a sus cortas dimensiones transversales, presenta una superioridad al momento de disipar energía para valores de fuerza constante bajos, los cuales se disipan de manera uniforme (permite que se generen deformaciones muy pequeñas), esto nos permite reducir derivas de entrepiso y a su vez proteger a los elementos no estructurales. Para evitar una disminución importante en la capacidad de disipar de los dispositivos, estos serán diseñados para llegar a la fluencia antes que se empiecen a pandear las ventanas. Nuzzo et. al (2015)

Figura 12

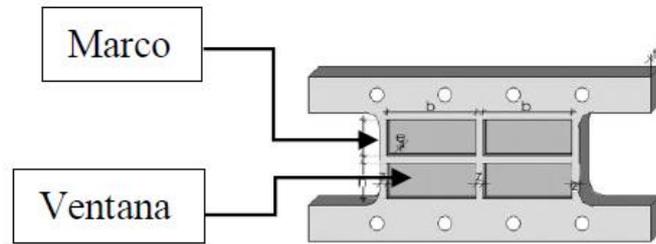
Marcos y ventanas de un disipador SLB



Nota. Aguiar et al. 2016

Una vez seleccionado el punto donde se colocará los disipadores de energía, hallaremos su fuerza cortante de plastificación de diseño de este punto. Para que en función de esta fuerza poder modificar elementos del disipador, tanto en dimensiones como espesor de manera simple. (Bozzo y Barbat, 2004). El doctor Bozzo ha logrado desarrollar distintas configuraciones para los disipadores Shear Link Bozzo como precisa (Hurtado y Bozzo, 2005)

La idea para el cual fue diseñado el disipador SLB es facilitar el uso de una rotula plástica que sea apta para fuerzas y desplazamientos de plastificación de todo tipo, por ello es que se le ofrece la oportunidad al ingeniero estructural de escoger entre una variedad de disipadores, los cuales presentan sistemas o geometrías diferentes.

Figura 13*Disipador SLB de cuatro ventanas**Nota.* Aguiar et al. 2016

El proceso de plastificación de la zona débil empieza cuando se detecta el más mínimo desplazamiento de la estructura (fracción de milímetro), a diferencia de otros dispositivos que empiezan a actuar cuando detectan velocidades, los disipadores SLB fueron concebidos con la idea de que al momento que se realice un desplazamiento en la estructura, estos entren en funcionamiento. (Bozzo, 2014) De modo complementario, Aguiar et. al (2016) menciona que los paneles (ventanas) son diseñados para trabajar a flexión y que los marcos a esfuerzo de corte.

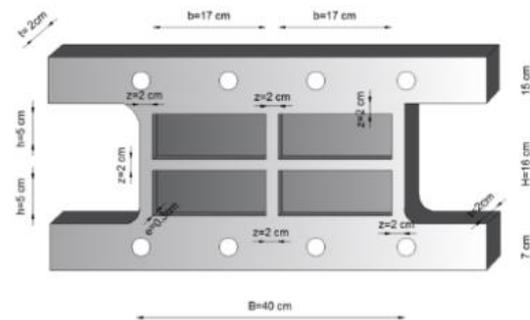
El diseño de un disipador SLB consiste en la definición del tipo de acero (generalmente A-36), también dimensión de los refuerzos, grosor, altura, ancho, posición y parámetros mecánicos. Nuzzo et. al (2015).

2.2.6.2. Modelo Analítico del Disipador SLB

El parámetro que se desea calcular apoyándonos en el modelo analítico del disipador SLB es su rigidez. El dispositivo que tomaremos como base para demostrar la representación matemática será uno con cuatro ventanas de 2mm de espesor y el marco cuadrado tendrá 2 cm de sección transversal como se muestra en la figura 14.

Figura 14

Geometría del disipador SLB



Nota. Aguiar et al. 2016

Señala Aguiar et. al (2016) que la representación matemática del marco es el mismo de una columna empotrada en sus extremos (k_r) y las ventanas son elementos que trabajaran a flexión (k_w).

Rigidez al corte de ventana (k_w):

$$k_w = \frac{n GA_w}{h}$$

$$A_w = be$$

Dónde: “n”: número de ventanas, “G”: módulo de corte del acero “ A_w ”: Área de la sección transversal que trabaja a corte, “h”: altura de una ventana, “b”: base de la ventana. Para figura 15 n=4

$$k_w = \frac{4 GA_w}{h}$$

Rigidez a corte del marco (k_r):

$$k_r = np \frac{12 EI}{h^3}$$

$$I = \frac{t z^3}{12}$$

Dónde: “np”: número de elementos verticales que contienen ventanas, “I”: momento de inercia a flexión “E”: módulo de elasticidad del acero del disipador SLB,

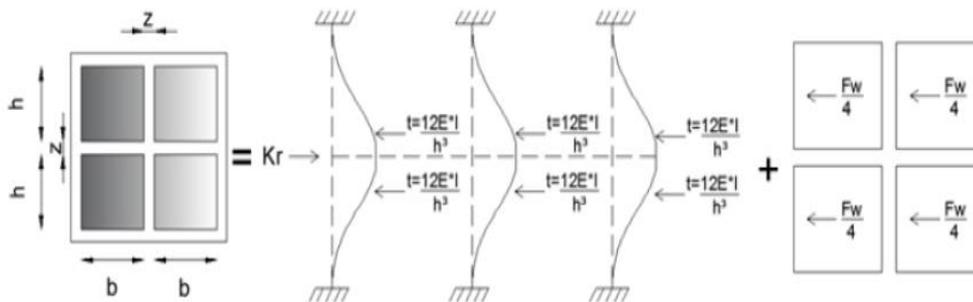
“z”: ancho del marco “t”: espesor del marco, “h”: altura de la ventana. Para figura 15
 $n_p = 6$

$$k_r = \frac{72 EI}{h^3}$$

Rigidez equivalente de marco y venta ($k_r + k_w$):

Figura 15

Cálculo de rigidez en un disipador SLB de 4 ventanas



Nota. Aguiar et al. 2016

El desplazamiento lateral originado por alguna fuerza (sismo) será iguales para el marco y la ventana de los disipadores, y es así como se llega a la conclusión de que trabajarán como resortes en paralelo (Aguiar et. al 2016). A causa de lo explicado anteriormente se tiene que:

$$k_{dist1} = k_r + k_w$$

Entonces para un disipador de “n” ventanas:

$$k_{dist1} = n_p \frac{12 EI}{h^3} + \frac{n GA_w}{h}$$

Y para un disipador de 4 ventanas:

$$k_{dist1} = \frac{72 EI}{h^3} + \frac{4 GA_w}{h}$$

2.2.6.3. Características Mecánicas y Modelo Bilineal de los Disipadores SLB

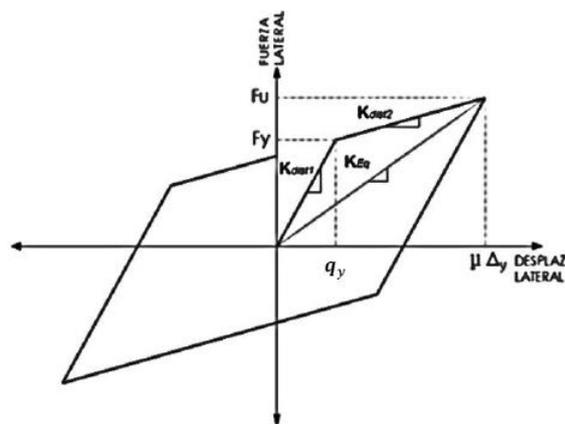
Como ya se ha mencionado anteriormente los disipadores SLB (tipo histérico) basan su funcionalidad en la fluencia del acero, es así que un modelo matemático histérico los representa ya que no depende de la velocidad si no de las fuerzas. Sus

desplazamientos (máx. y mín.) se dan cuando tenemos cortantes (máx. y mín.) El modelo bilineal es el que mejor representa el comportamiento de estos disipadores, ya que durante el rango elástico trabajan en conjunto marco y ventana, y en el rango plástico solo tenemos al marco.

Parámetros del modelo bilineal

Figura 16

Modelo bilineal del disipador SLB



Nota. Tomada de Aguiar et al. 2016

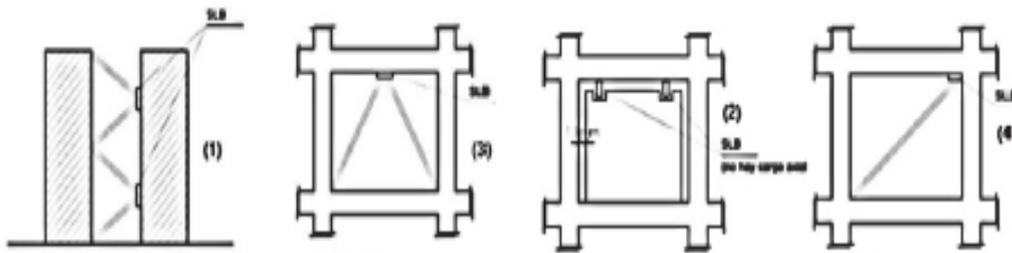
La recta K_{dist1} (0,0) a (F_y, q_y) denota el comportamiento que presenta un disipador frente a cargas pequeñas y como se puede apreciar en la figura 16 la respuesta es lineal. La recta K_{dist2} (F_y, q_y) a $(F_u, u\Delta y)$, representa el comportamiento del material posterior a la fluencia, en este tramo se puede apreciar que el acero tendrá grandes deformaciones para pequeños aumentos en la carga (fuerza cortante). Después de llegar al punto $(F_u, u\Delta y)$ al cual se le denomina punto máximo del diagrama de histéresis, se aplica una fuerza en sentido opuesto el cual da pie al inicio de descarga del disipador.

2.2.6.4. Formas de Colocación de los Disipadores SLB

Los disipadores SLB tienen 4 formas de ser colocados en la estructura según la Figura 17, de acuerdo a lo indicado por Bozzo y Gaxiola (2015):

Figura 17

Formas de colocación del disipador SLB.



Nota. Bozo y Gaxiola, 2015

La figura 17.1 muestra muros acoplados mediante diagonales tipo Chevron con disipadores SLB.

La figura 17.2 muestra la colocación de disipadores SLB con diagonales tipo Chevron colocados en pórticos los cuales liberan fuerza axial de los disipadores

La figura 17.3 muestra muros desacoplados

La figura 17.4 muestra marcos rigidizados

2.2.6.5. Beneficio y Características de la Implementación de un Disipador SLB

- Los disipadores son capaces de proteger a la estructura de un terremoto (grado 8) ya que absorben energía de los puntos en los que fueron colocados. (Bozzo, 2018)
- Una propiedad importante del material (acero A-36) del que están elaborados estos disipadores es la plastificación la cual permite la reducción de la fuerza que llega a la estructura. (Bozzo, 2014)
- Logran la modificación del periodo de la edificación al ser implementados. (Bozzo, 2014)
- Aportan ductilidad y rigidez a la estructura que son diseñadas con estos disipadores o son reforzadas. (Gaxiola et. al, 2016)
- Los disipadores pueden ser incorporados edificaciones aporticadas como edificaciones de albañilería, en algunos casos siguen estando operativos luego de un sismo severo. (Bozzo, 2018)
- Con un desplazamiento menor a 1.5mm los disipadores empiezan a brindar la protección estructural (Bozzo, 2014)

2.2.6.6. Tabla de Diseño Shear Link Bozzo

Gaxiola et. al (2016) nos dice que los disipadores presentan la siguiente nomenclatura para ser identificados en base al número de ventanas, marcos, etc.:

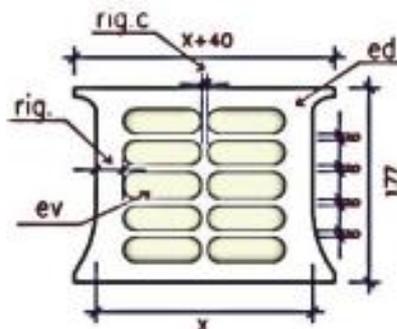
SLB (ed) X_Y

Donde: "X": ancho del disipador (varía entre 5cm a 50cm), "Y": espesor de la ventana o panel (varía entre 2mm a 5mm), "ed": espesor del disipador (ed= 2, placas de 20mm; ed=3, placas de 30mm.; ed=4, placas de 38mm)

Para conocer los valores que tipos, dimensiones y propiedades de los disipadores SLB revisar el Anexo 05.

Figura 18

Geometría y características comerciales del disipador SLB



Nota. Hurtado y Bozzo, 2008

2.2.6.7. Criterios de Ubicación y Disposición de Elementos.

Para obtener sistema de protección efectivo debemos tener en cuenta la ubicación, disposición y número de dispositivos a utilizar; es por esa razón que se debe tener en cuenta ciertos criterios tales como el uso de la edificación y la configuración arquitectónica del mismo, lo cual debe ser motivo de un debate exhaustivo entre los profesionales inmersos en el ámbito de la construcción y diseño para tener un acuerdo idóneo que sea de beneficio para el proyecto (Cano y Zumaeta, 2012).

Se necesita de un brazo metálico para conectar el disipador a la estructura, es donde aparece la disposición Chevron (Guevara y Torres, 2012). La concentración de la deformación del entrepiso se envía al disipador al utilizar estos elementos conectados Disposición-Disipador, por lo que, las diagonales deben ser lo suficientemente resistentes y poseer una elevada rigidez para dar esa garantía de efectividad. (Gerbaudo, 2006).

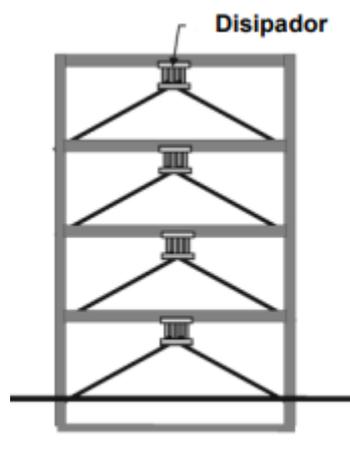
2.2.6.8. Disposición Chevron.

Una de las facilidades que nos da las diagonales tipo Chevron o también conocidas como de V invertida es que, el disipador estará ubicado de manera paralela al plano de las losas, lo cual le permite absorber directamente fuerzas que llegan de manera horizontal (Guevara y Torres, 2012).

Esta disposición resulta más conveniente en términos arquitectónicos puesto que, permite el libre tránsito por el interior del marco a considerar la composición de elementos (Boza y Galán, 2013).

Figura 19

Disposición tipo Chevron



Nota. Boza y Galán, 2013

2.2.6.9. Rigidez de la Disposición de Elementos.

Por consiguiente, este sistema de disipación de energía se conforma por la disposición tipo Chevron o Diagonal y los disipadores Shear Link Bozzo, lo que se puede entender en un modelo de análisis considerando dos elementos en serie (Quispe y García, 2019).

Según Quispe y García (2019), Se puede definir la rigidez de la diagonal considera en cualquier tipo de disposición como:

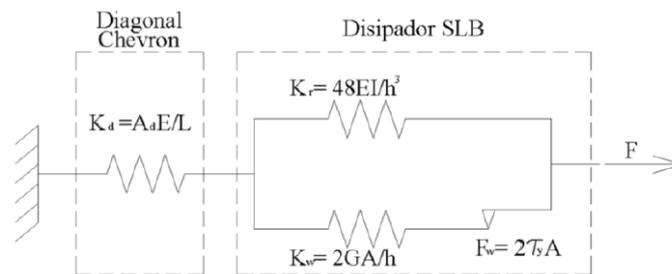
$$K_d = \frac{A_d * E}{L}$$

Donde se encuentra: sección de material (A_d), Módulo de Young (E) y Longitud de diagonal (L)

Lo cual según lo mencionado líneas arriba, se toma como un elemento compuesto por 2 dispositivos en serie; por ejemplo, con una disposición chevron y un disipador con 2 ventanas como se observa en figura 20.

Figura 20

Modelo analítico del sistema compuesto: Diagonal + Disipador SLB



Nota. Quispe Huamán y García Urrutia, p. 39, 2019

Finalmente, la rigidez equivalente (K_{eq}), de la diagonal (K_d) y del disipador (K_{dis}) tal como se aprecia anteriormente se encuentran en serie, siendo:

$$\frac{1}{K_{eq}} = \frac{1}{K_d} + \frac{1}{K_{dis}}$$

Siendo en términos finales:

$$K_{eq} = \frac{K_d * K_{dis}}{K_d + K_{dis}}$$

2.2.7. *Propiedades de los Materiales en Estructuras.*

En primer lugar, debemos dejar en claro la conceptualización de lo que implica una estructura, para finalmente poder hablar sobre las propiedades mecánicas que pueda tener.

La concepción de lo que implica una estructura se debe entender como la combinación ordenada de componentes que está destinada a cumplir una función establecida para un fin determinado, tal función se debe llevar a cabo con determinado grado de seguridad adecuada, de manera que su comportamiento se desarrolle de manera idónea en circunstancias comunes de servicio; además de salvaguardar el tema económico sin salirse de los límites y satisfaciendo ciertas exigencias estéticas (Gonzales, 2014)

Si bien es cierto que la estructura se comporta como un todo, ésta contempla ciertas características que son suma importancia para el momento de poder realizar el análisis correspondiente.

Además, se debe tener en cuenta que la participación del diseño convencional en la actualidad consiste en la combinación de propiedades como rigidez, resistencia y capacidad para disipar energía en rango inelástico, partiendo del concepto de ductilidad; sin embargo, estas técnicas generan elevada inversión y poco interés arquitectónico, ante esta situación se ha buscado el diseño por nuevos métodos que superen estos inconvenientes pero que sean útiles para garantía del proyecto y salvaguardar vidas (Boza y Galán, 2013).

Figura 21

Modelo clásico del enfoque estructural (1), Modelo estructural con alta ductilidad (2) y Modelo estructural con alta resistencia (3)



Nota. Boza Farfán y Galán Tirapo, p.3, 2013

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

2.3.1. Resistencia.

Se debe entender a la resistencia como la capacidad de una configuración estructural para soportar cargas o esfuerzos (axial, cortante y momento) que van a depender del uso de la misma, es decir, es la cuantificación de la capacidad de una estructura, como por ejemplo para enfrentar una sollicitación sísmica que produce una carga denominada cortante basal, la estructura debe tener una adecuada capacidad de respuesta para contrarrestarla (Marte, 2014).

En las estructuras de concreto armado, la propiedad de resistencia a compresión se le otorga al concreto y la resistencia a tracción al acero; en conjunto estos materiales proporcionan de capacidad estructural de acuerdo al diseño establecido (Bonett, 2003)

2.3.2. Ductilidad.

Para un sistema estructural es la habilidad que presenta en su configuración para poder entrar en un rango de deformación posterior a pasar el límite elástico presentado una notable disminución de rigidez y resistencia; en otros términos es la capacidad de deformación que presenta una estructura para incursionar en el rango inelástico, donde las estructuras frágiles

fallar al sobrepasar su límite elástico, y por el contrario, las estructuras dúctiles presentan mayor cantidad de deformación en el rango inelástico posterior a superar el límite elástico llevando una rigidez y resistencia admisible (Marte, 2014).

2.3.3. Rigidez.

Se presenta como la capacidad a resistir desplazamientos de un elemento o grupo de ellos, al estar sometidos a acciones laterales. Para entender la rigidez, visto desde un solo elemento, podemos analizar su dependencia de las condiciones de contorno, dimensiones de la sección y la longitud; mientras que, al analizar la rigidez de una estructura o un sistema estructural, va a depender mucho de los mecanismos de resistencia laterales requeridos para la estructuración. El comportamiento de la estructura ante solicitaciones dinámicas se satisface otorgándole una adecuada rigidez al sistema (Marte, 2014).

El aporte de rigidez lateral a cada uno de los elementos que presente una estructura, generará que el sistema estructural pueda soportar de mejor manera las fuerzas laterales (Cabrera, 2003)

2.3.4. Amortiguamiento.

Proceso en las estructuras basado en la disminución de la amplitud propia de las vibraciones de una forma constante, lo que genera una disipación de la energía cinética y la energía de deformación por medio de diferentes mecanismos, por ello es importante la inclusión de sistemas de amortiguamiento en las configuraciones estructurales para contribuir en su respuesta dinámica (Chopra, 2014).

2.4. MARCO NORMATIVO

A continuación, se presentan las normas usadas en la presente tesis:

Tabla 1

Normas empleadas.

<i>Norma</i>	<i>Código</i>
Diseño Sismorresistente	E.030
Concreto armado	E.060
Cargas	E.020
Extracción y falla de núcleos de concreto	ASTM C42/C39
American Concrete Institute	ACI 318-14
American Institute of Steel Construction	AISC

Nota. Elaboración Propia



CAPÍTULO III

MATERIALES Y

MÉTODOS

III. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. *Por su propósito:*

Investigación APLICADA, ya que se empleó conocimientos teóricos adquiridos según documentos, normativas e investigaciones realizadas por el ingeniero Luis Bozzo, para mejorar el comportamiento sísmico mediante el uso de disipadores Shear Link Bozzo frente al sistema aporticado que presenta el edificio de laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Investigación CUANTITATIVA, ya que se estableció una relación numérica entre la rigidez y desplazamientos obtenidos de la edificación aporticada y de la edificación reforzada estructuralmente con disipadores Shear Link Bozzo; tales valores fueron analizados y comparados con los parámetros mínimos establecidos por la norma técnica peruana E.030.

3.3. POBLACIÓN MUESTRAL

Edificio laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa.

3.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

3.4.1. *Variables*

3.4.1.1. **Variable independiente**

Edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS.

- **Definición Conceptual:** Construcción estable, hecha con materiales resistentes, para ser habitada o para otros usos (Real Academia Española, s.f.).

3.4.1.2. **Variable dependiente**

Comportamiento sísmico implementando disipadores Shear Link Bozzo.

- **Definición Conceptual:** Es la evaluación que se le realiza a un edificio con respecto a su conducta, durante un evento sísmico el cual podría causar daños en la estructura. Además, los disipadores agrupan los esfuerzos provenientes de ductilidad en conexiones con características mecánicas establecidas. La conexión SLB es una rótula plástica ubicada de acuerdo a criterios propios de cada diseñador. (Bozzo, 2019)

3.4.2. Operacionalización

3.4.2.1. Variable independiente

Edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS.

- **Definición Operacional:** Determinar propiedades de los materiales (resistencia del concreto), mediante ensayo ASTM C42/C39, para posteriormente definir las características sísmicas del edificio y poder obtener su respuesta sísmica mediante el modelado en el programa computacional de estructuras; con ello analizar los valores de periodos, derivas, desplazamientos y fuerzas.

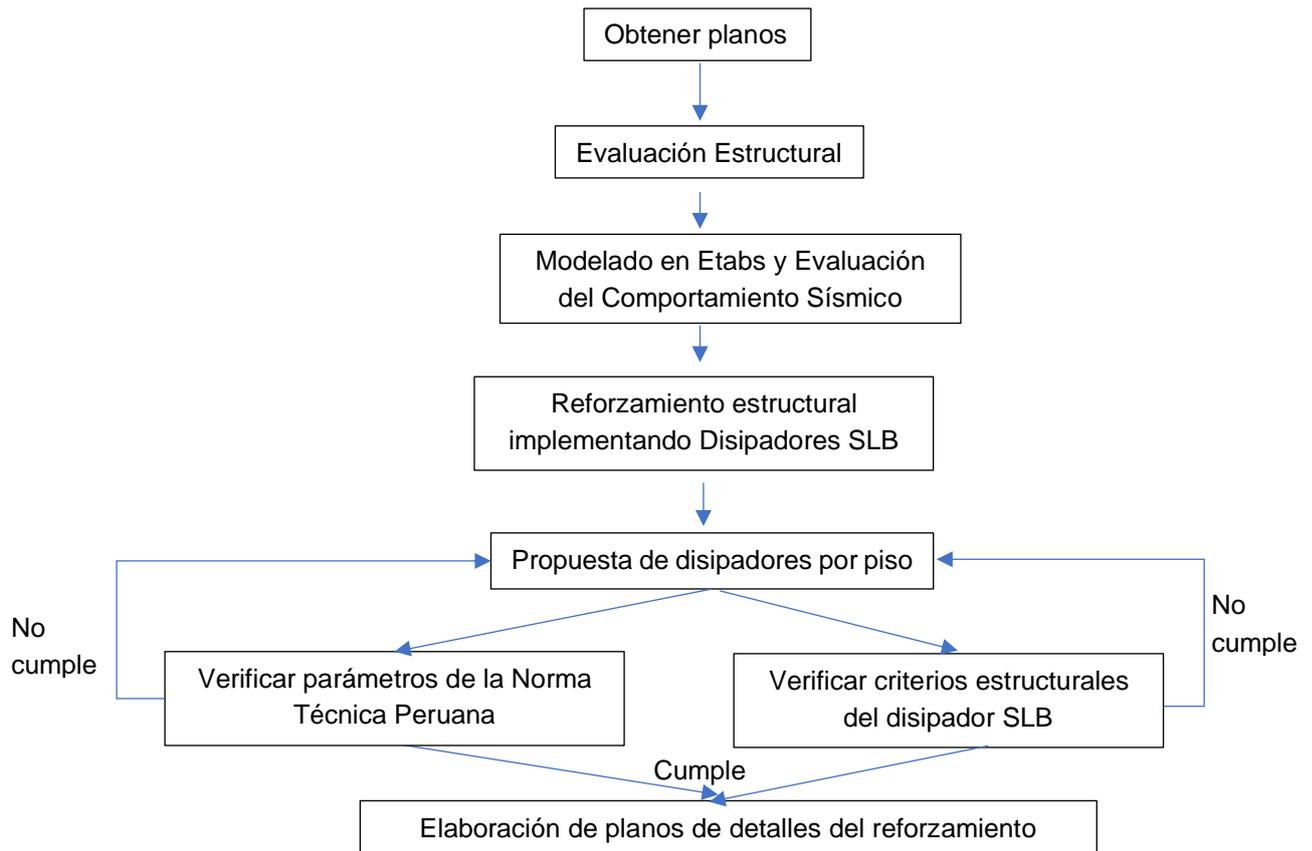
3.4.2.2. Variable dependiente

Comportamiento sísmico implementando disipadores Shear Link Bozzo.

- **Definición Operacional:** Implementar los disipadores en el modelado del edificio para obtener la respuesta sísmica mediante un análisis Modal Espectral y el Análisis Tiempo Historia con la finalidad de obtener derivas de entrepiso, respuesta energética y analizar las curvas histeréticas de los disipadores.

3.5. PROCEDIMIENTO

Primero se solicitó los planos del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS para poder verificar la existencia de los elementos indicados en los planos y poder realizar la evaluación de los elementos estructurales del edificio (f'_c real) basándonos en las normas ASTM C39 y ASTM C42; luego se modeló el edificio en el programa computacional de estructuras para analizar el comportamiento sísmico de la edificación existente mediante el análisis Modal Espectral; con ello se verificó si cumple o no con los parámetros mínimos de la Norma Técnica Peruana. Posteriormente, se consideró la implementación de los disipadores Shear Link Bozzo en el edificio, los cuales fueron ubicados en cada piso de la manera más idónea para que se evalúe el comportamiento sísmico mediante el análisis Modal Espectral y el análisis Tiempo Historia-No lineal de la estructura reforzada, y con ello se verificó su cumplimiento de los parámetros mínimos de la Norma Técnica Peruana y de los criterios establecidos por el Ing. Bozzo. Finalmente, obtenidos estos resultados se realizó un análisis comparativo entre derivas, desplazamientos, fuerzas cortantes, periodos, además se obtuvo la energía disipada por los dispositivos y sus desplazamientos.



3.6. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Las técnicas de recolección de datos usados en la presente tesis fueron, técnicas para la recolección de información y técnicas de observación directa.

Las técnicas de recolección de información, permitió el análisis de información la cual estuvo presente en libros, informes, revistas científicas, páginas de internet y normas, nos permitió recolectar información necesaria para la elaboración de este informe:

- Información sobre los disipadores SLB, como las tablas las cuales nos otorgan propiedades lineales y no lineales de los dispositivos.
- Límites y/o parámetros establecidos en la NTP E.030 (Diseño sismorresistente).
- Normas que establecen procedimientos para la extracción de diamantina ASTM C39 y la rotura de las muestras ASTM C42.

En la presente tesis se empleó como técnica de observación directa, el seguimiento al proceso de evaluación estructural en campo, plasmándose en el Informe Estructural.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIONES

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

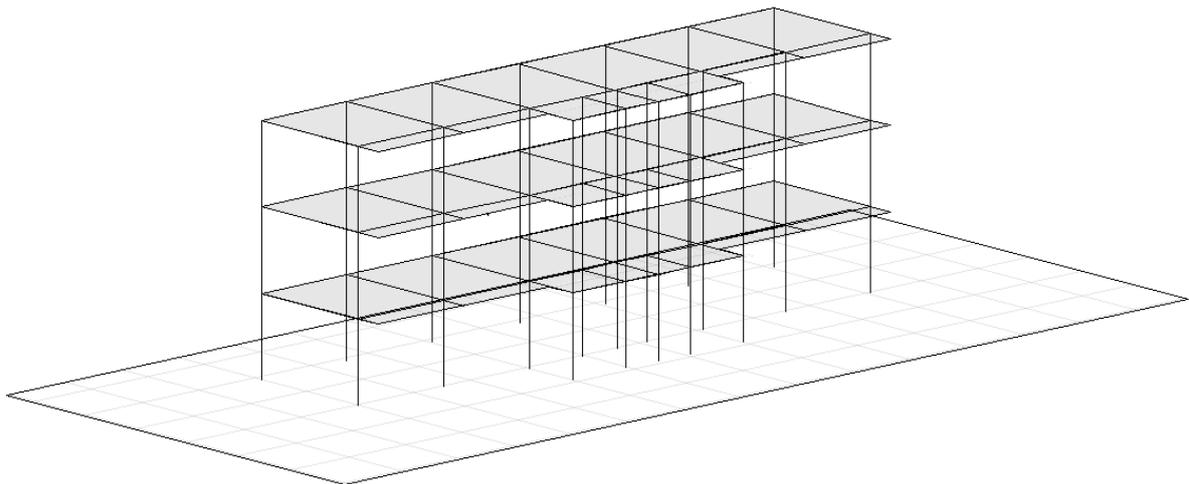
4.1. RESULTADOS

4.1.1. Descripción General de la Estructura

Dentro de este capítulo se da a conocer los resultados obtenidos del comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS el cual presenta originalmente un sistema aporticado (convencional / sin disipadores), este edificio es de 3 niveles típicos, las aulas están destinadas actualmente en el primer piso como laboratorios de eléctricas; además, para el segundo y tercer piso está destinado a aulas de clases. De acuerdo con los planos originales de diseño, se tiene como especificación técnica que se realizó con el Reglamento Nacional de Construcciones y el Reglamento ACI 318-14; sin embargo, se sabe que el Diseño se realizó en el año 1987 por los datos proporcionados en el membrete del plano, lo que se debe asumir como un diseño realizado con normativas vigentes a la época mencionada. Si bien es cierto, la estructura en planta de la edificación es de forma irregular, esta se encuentra subdividida en 3 módulos, por lo que, para obtener el modelo matemático se tiene que considerar estos módulos por separado al estar separados por juntas sísmicas.

Figura 22

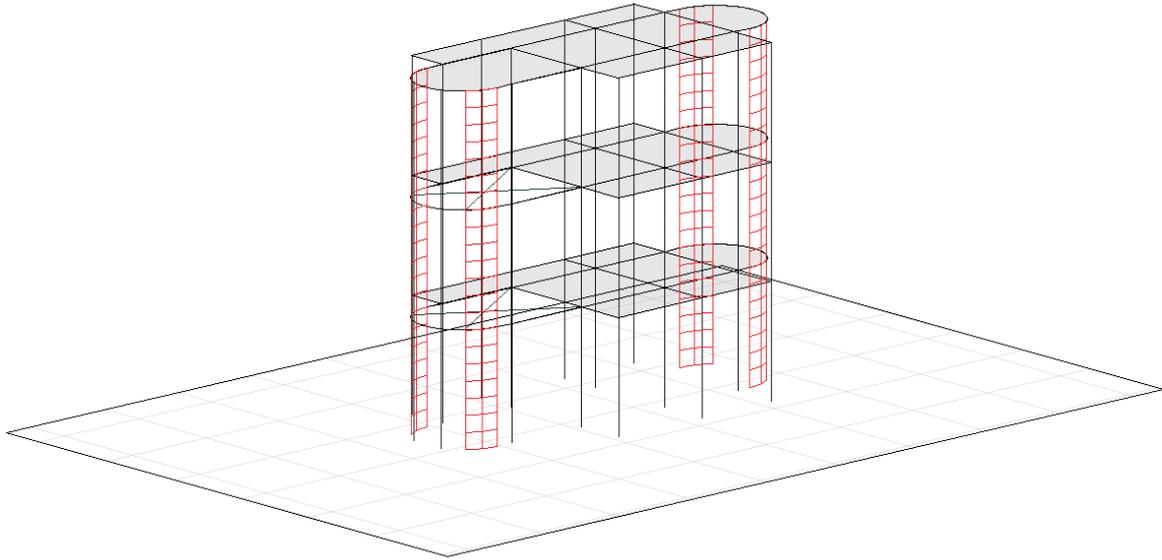
Modelado 3D del módulo I.



Nota. Elaboración propia.

Figura 23

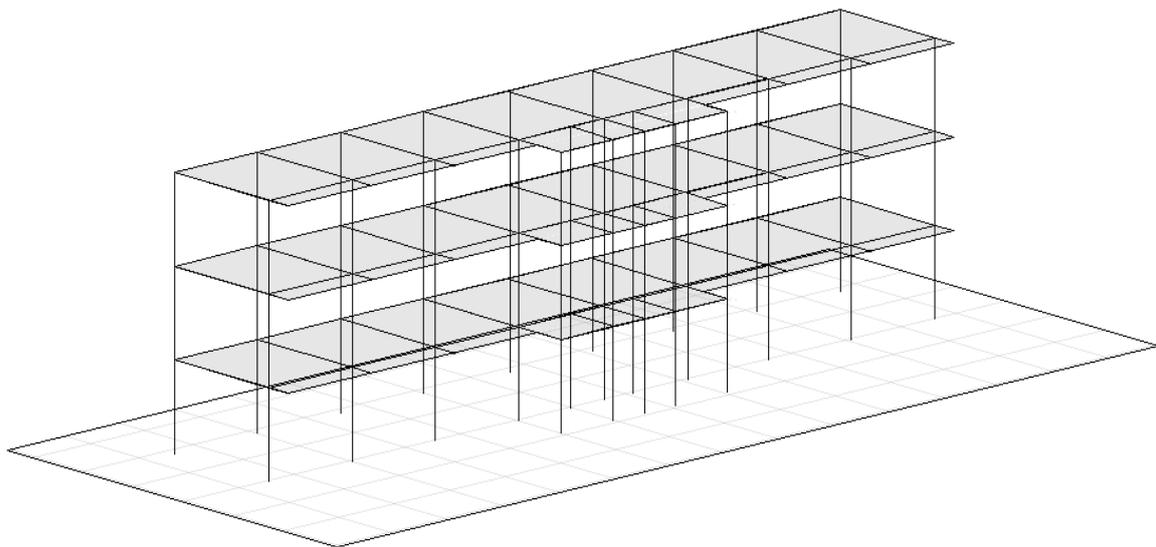
Modelado 3D del módulo II.



Nota. Elaboración propia.

Figura 24

Modelado 3D del módulo III.



Nota. Elaboración propia.

4.1.2. *Propiedades de los Materiales*

A continuación, se presenta los datos ingresados al programa computacional de estructuras, para definir las propiedades de los materiales en los distintos elementos estructurales con sus respectivas resistencias de concreto obtenidas del ensayo de extracción de núcleos de concreto diamantinos - NTP 229.059 (Ver Anexo 06).

Tabla 2

Propiedad de los materiales.

Elemento	Material	Densidad (kgf/m ³)	F ['] c (kgf/cm ²)	Módulo de elasticidad (kgf/m ²)	Coefficiente Poisson	Módulo de corte (kgf/m ²)
Columnas	Concreto	2400	238	2329514541.70	0.2	970631059.04
Placas	Concreto	2400	184	2048263655.00	0.2	853443189.54
Vigas	Concreto	2400	157	1892024577.01	0.2	788343573.75
Losa	Concreto	2400	157	1892024577.01	0.2	788343573.75

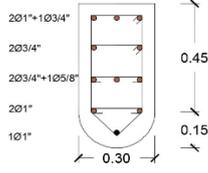
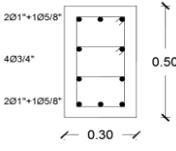
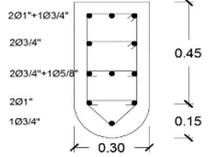
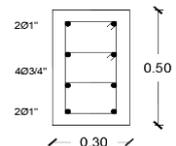
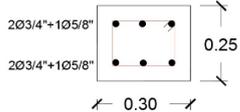
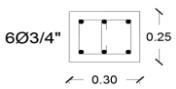
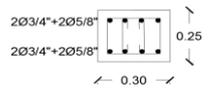
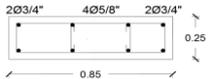
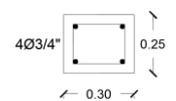
Nota. Elaboración propia.

4.1.3. *Descripción General de la Edificación*

El edificio tiene una altura típica por piso de 3.50m alcanzando una altura total de 10.50m medida desde el nivel de piso terminado de vereda. El edificio presenta un sistema estructural definido por pórticos de concreto armado en el módulo I y III en ambos ejes para cada módulo; asimismo, para el módulo II presenta un sistema estructural dual de pórticos y muros de concreto armado en el eje Y, y un sistema de pórticos de concreto armado en dirección al eje X, considerando columnas de sección compuesta y rectangulares (Ver Tabla 3), vigas de sección rectangulares (Ver Tabla 4) y placas de concreto armado (Ver Tabla 5).

Tabla 3

Secciones de columnas.

Columnas	
<i>Código</i>	<i>Imagen</i>
C-1	
C-2	
C-3	
C-4	
C-5	
C-6	
C-7	
C-8	
C-9	

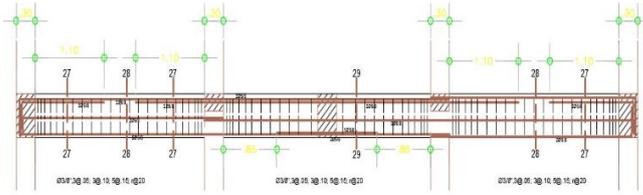
Nota. Elaboración propia.

Tabla 4

Secciones de vigas.

Vigas	
<i>Código</i>	<i>Imagen</i>
V-301	<p style="text-align: center;">V-301 (30x50)</p>
V-302	<p style="text-align: center;">V-302 (30x50)</p>
V-303	<p style="text-align: center;">V-303 (30x50)</p>
V-304	<p style="text-align: center;">V-304 (30x50)</p>

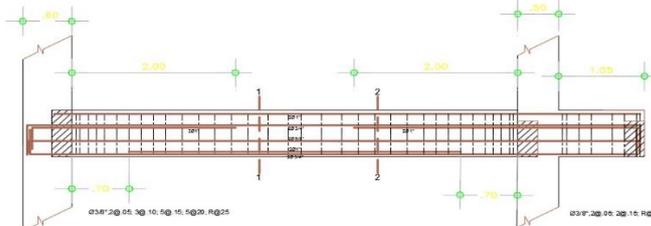
V-305



V-305 (30x50)

V-101

V-201

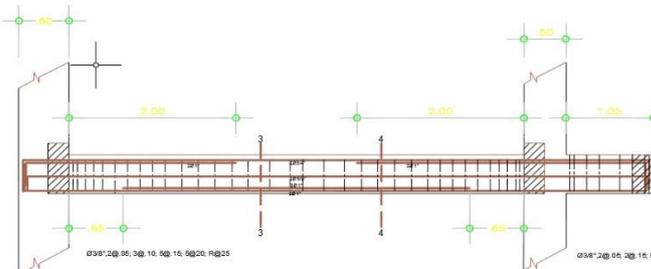


V-101 (30x65)

V-201 (30x65)

V-102

V-202

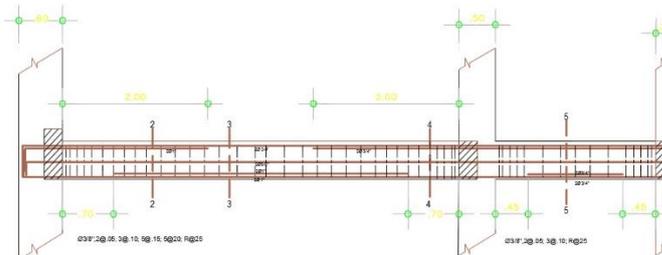


V-102 (30x50)

V-202 (30x50)

V-103

V-203

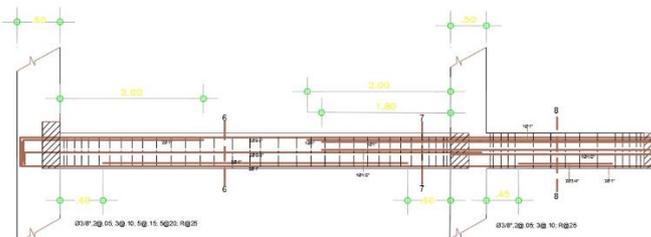


V-103 (30x50)

V-203 (30x50)

V-104

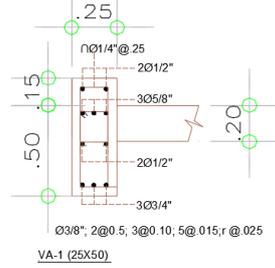
V-204



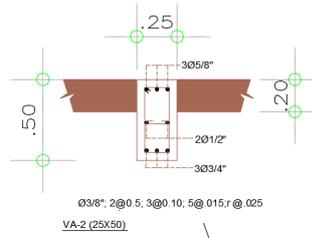
V-104 (30x50)

V-204 (30x50)

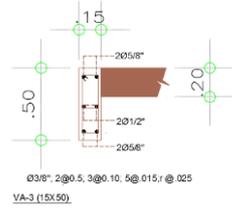
VA-1



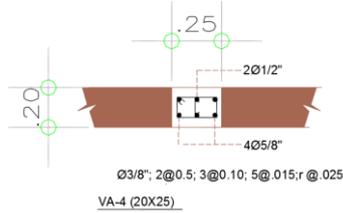
VA-2



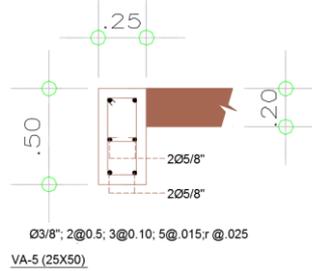
VA-3



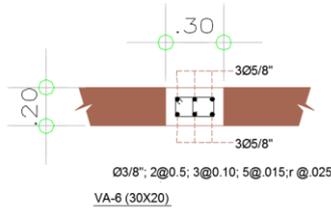
VA-4



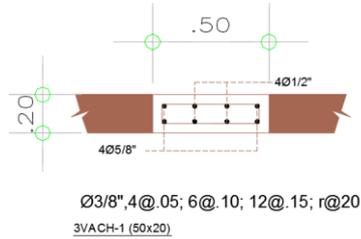
VA-5



VA-6



3VACH-1

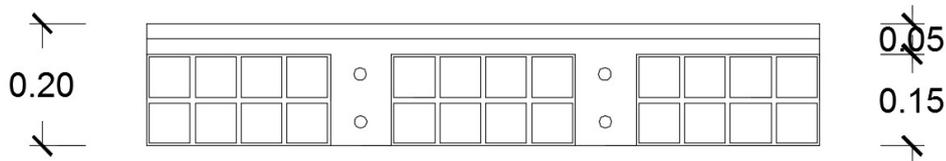


Nota. Elaboración propia.

Las losas de los 3 pisos son aligeradas las cuales tienen un espesor de 0.20m, las viguetas son de 0.10m x 0.20m intercaladas con bloques de ladrillo de Techo de 0.30m x 0.30m x 0.15m (ver Figura 25).

Figura 25

Detalle de losa aligerada de h=0.20m.



Nota. Elaboración propia.

Además, se consideró también, las placas mostradas en el Módulo II, donde se ubican las escaleras según el plano del Edificio.

Tabla 5

Secciones de placas de concreto armado.

Placas de Concreto Armado	
Código	Imagen
M-1	<p>M-1 Ø3/8", 3@.05; M-2 3@.10; R@25</p>
M-2	

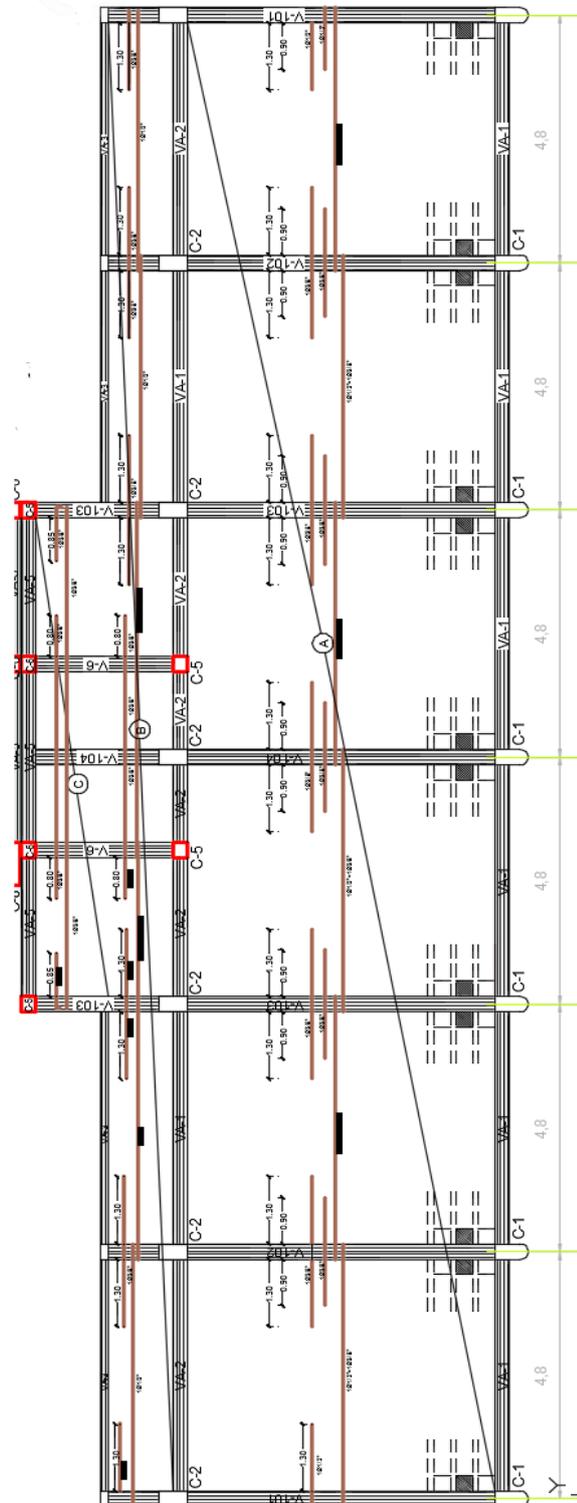
Nota. Elaboración propia.



Finalmente, para terminar con una vista global del Edificio analizado, se muestra las vistas en planta de los 3 módulos, considerando los planos de Aligerados del área Estructural del Proyecto, considerados en la etapa de Diseño. En base a esta información se realizó el modelamiento estructural en el programa computacional, teniendo en cuenta los criterios mencionados y que se mencionarán posteriormente.

Figura 26

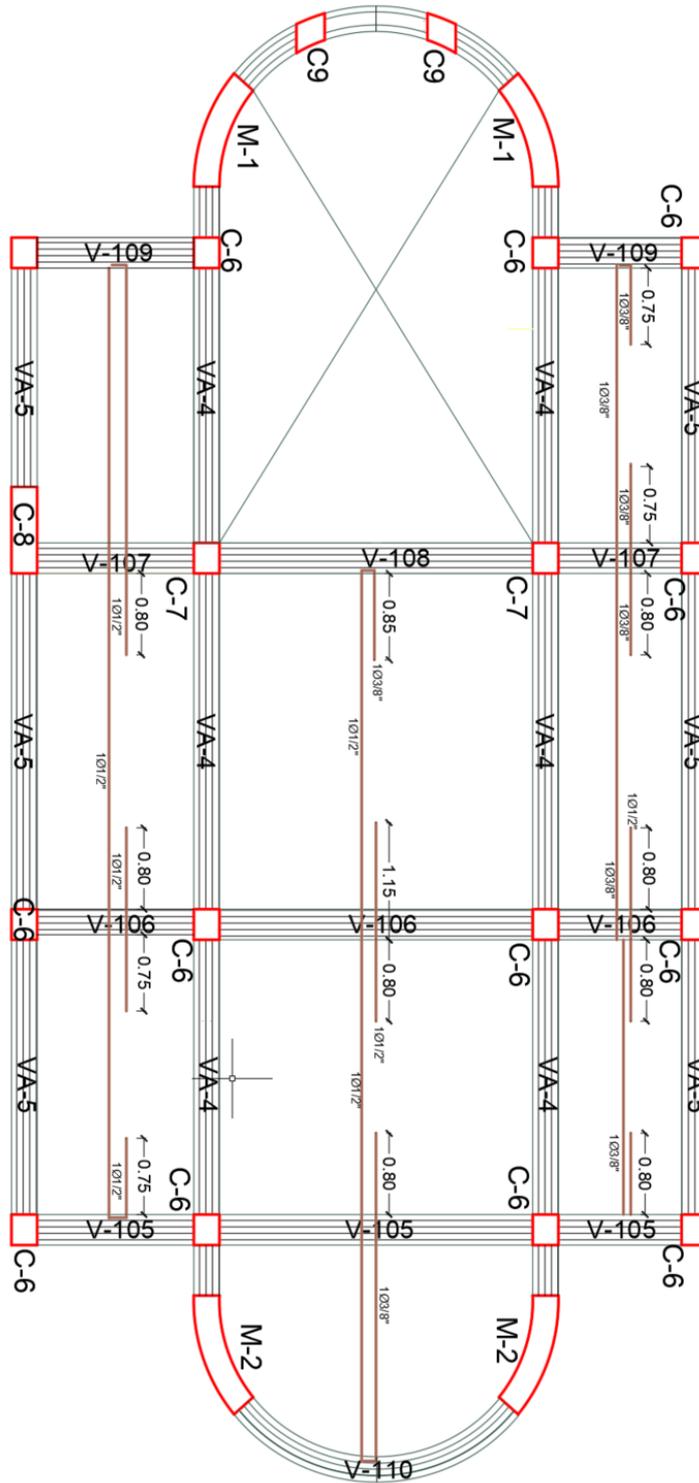
Plano de aligerado del Módulo I.



Nota. Elaboración propia.

Figura 27

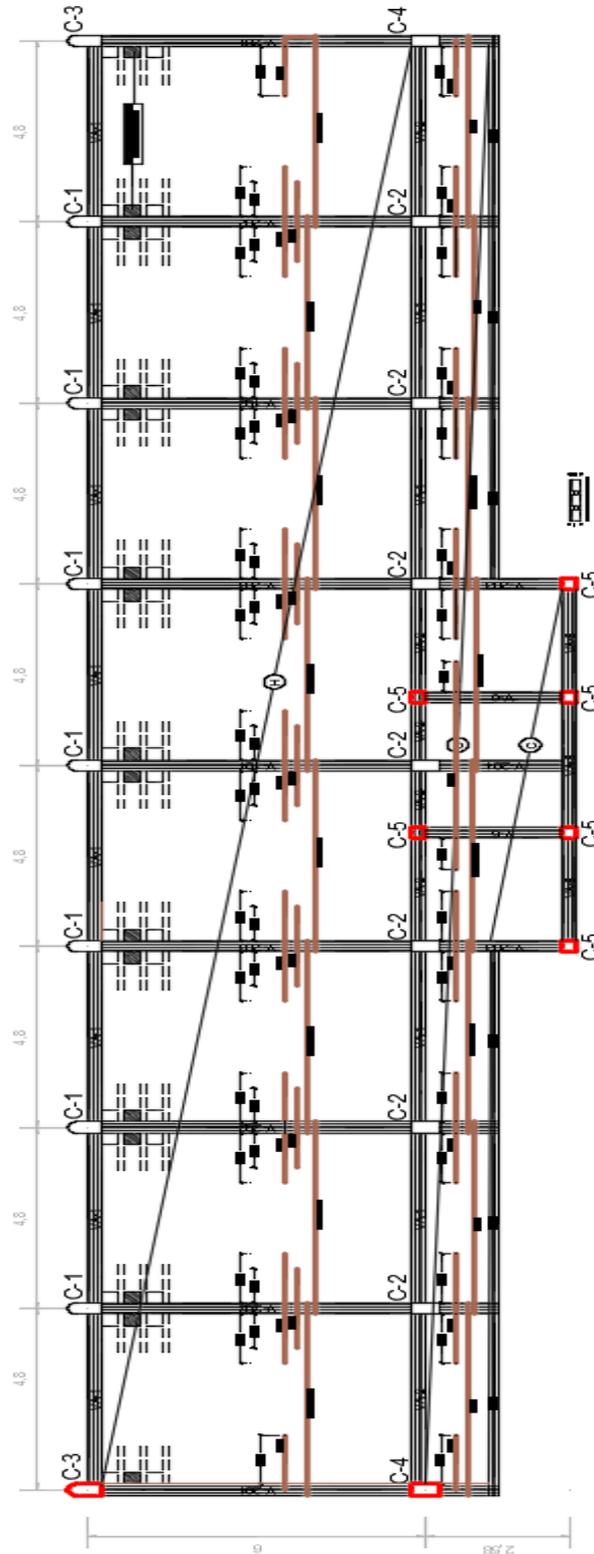
Plano de aligerado del Módulo II.



Nota. Elaboración propia.

Figura 28

Plano de aligerado del Módulo III.



Nota Elaboración propia.

4.1.4. Selección de Cargas Según N.T.P. E.020

Se presenta los pesos volumétricos correspondientes a los materiales y cargas utilizadas en el análisis del edificio. Para la selección de las cargas vivas empleadas se tomaron las referidas a centro de educación, según lo indicado en la NTP E.020.

Tabla 6

Pesos volumétricos.

Pesos volumétricos		
<i>Material</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
Concreto armado	2400	Kg/m ³
Albañilería (unidades huecas)	1350	Kg/m ³

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7

Cargas para centros de educación.

Cargas para centros de educación		
<i>Cargas</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
Tabiquería fija (CM)	0.135	Tn/m ²
Acabados (CM)	0.10	Tn/m ²
Peso bloques de techo (CM)	0.72	Tn/m ²
Corredores (CV)	0.40	Tn/m ²
Aulas (CV)	0.25	Tn/m ²
Techos - Azotea (CVtecho)	0.10	Tn/m ²
Tabiquería móvil (CV)	0.10	Tn/m ²

Nota. Carga Viva (CV), Carga Viva en azotea (CVtecho) y Carga Muerta (CM).
Elaboración propia.

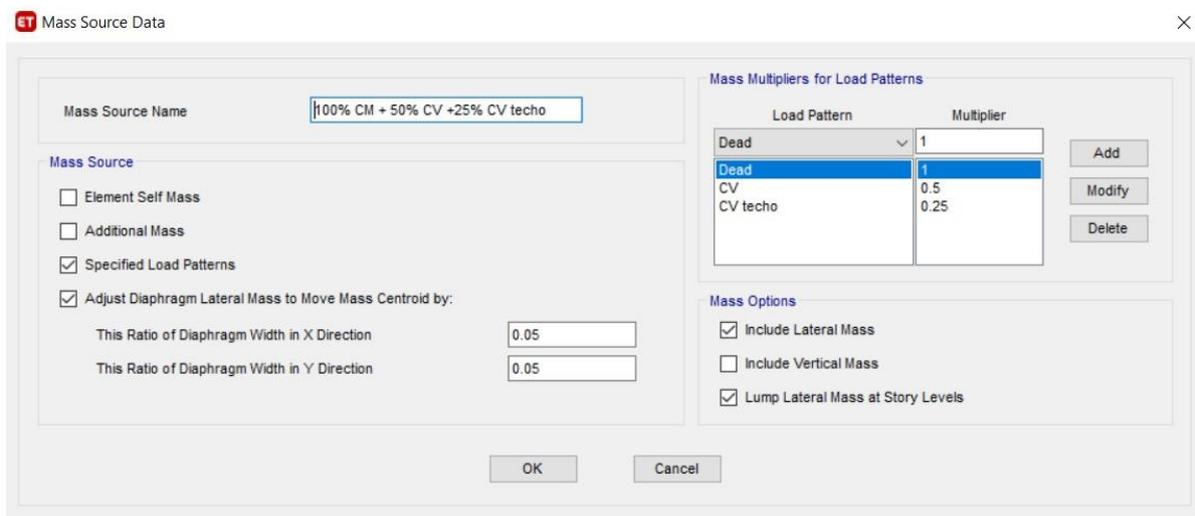
Según lo indicado en la NTP E. 030 para centros de educación - universidades (Edificación Esencial) se debe considerar el 50% de la Carga Viva (CV) y el 100% de la Carga Muerta (CM), además de un 25% de la Carga Viva en azotea (CV techo)

$$P = 100\% \text{ CM} + 50\% \text{ CV} + 25\% \text{ CV techo}$$

El peso propio de la estructura convencional fue calculado por un programa computacional de estructuras, para ello, se ingresó dimensiones de los elementos y propiedades de los materiales mencionados anteriormente.

Figura 29

Definición de masa sísmica del edificio.



Nota. Programa computacional de estructuras.

Tabla 8

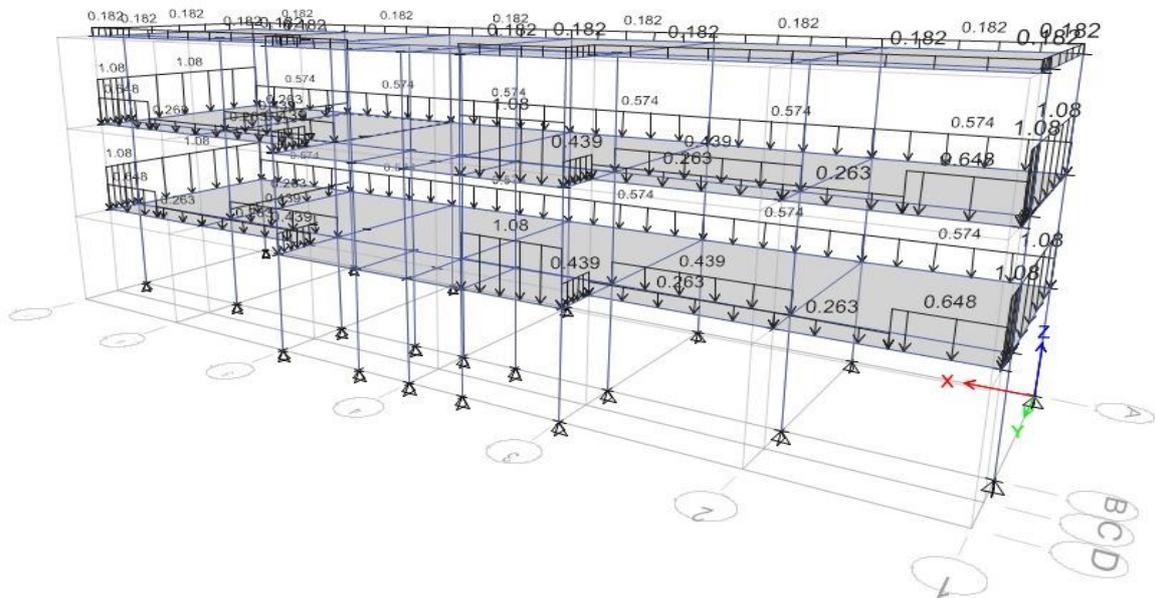
Peso de los módulos I, II y III.

Peso de módulos	
Módulo I	633.16 Tn
Módulo II	328.66 Tn
Módulo III	833.65 Tn

Nota. Elaboración propia.

Figura 30

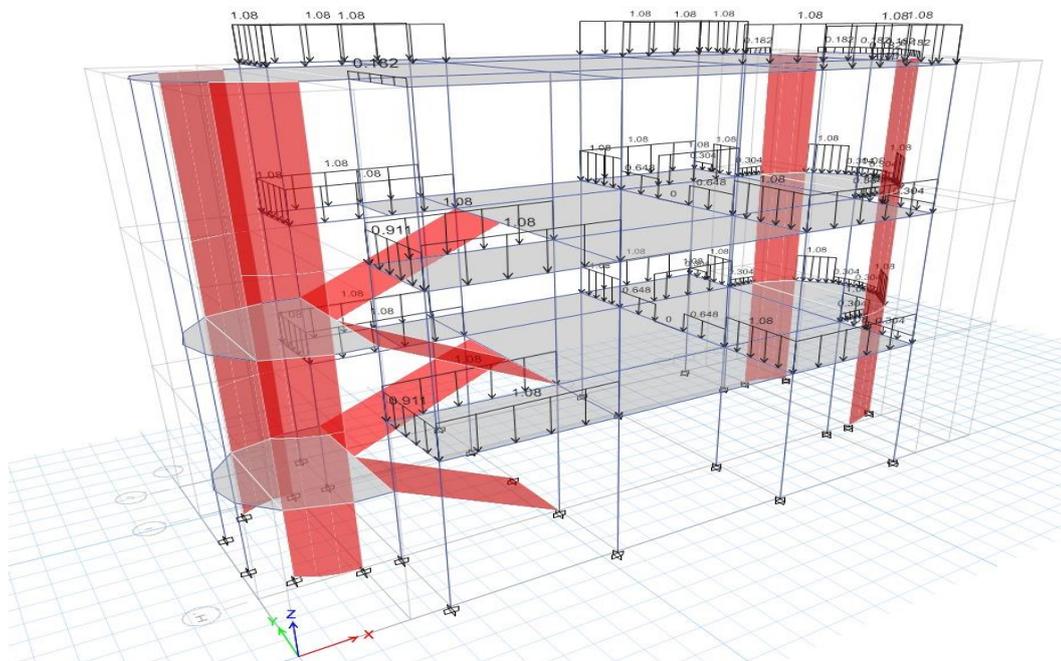
Asignación de cargas de la tabiquería fija sobre vigas (carga muerta) del Módulo I.



Nota. Programa computacional de estructuras. Elaboración propia.

Figura 31

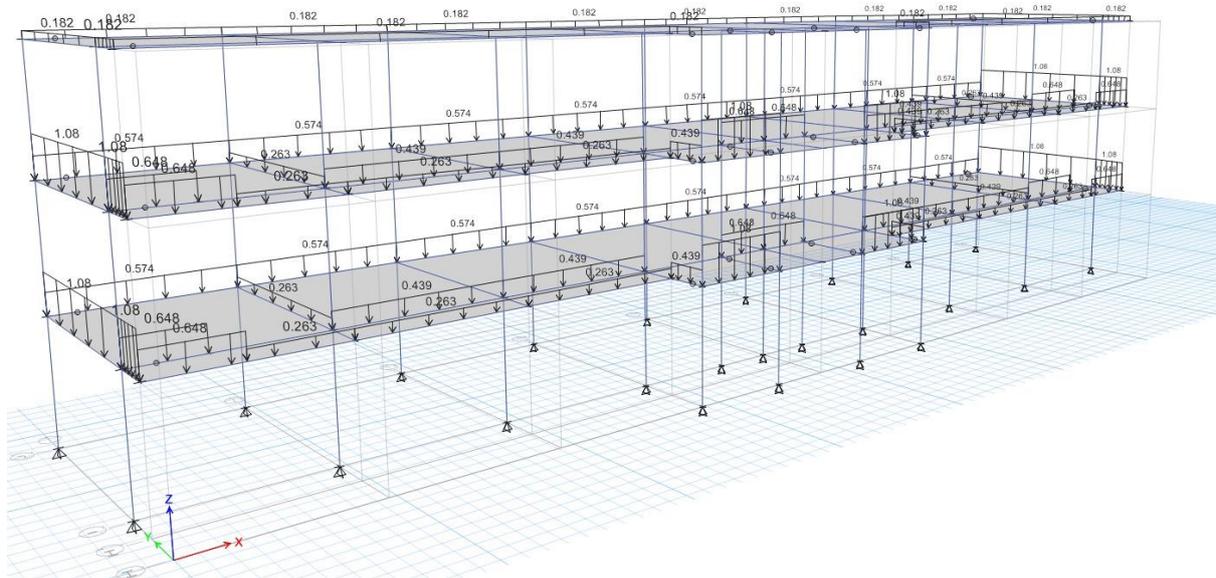
Asignación de cargas de la tabiquería fija sobre vigas (carga muerta) del Módulo II.



Nota. Programa computacional de estructuras. Elaboración propia.

Figura 32

Asignación de cargas de la tabiquería fija sobre vigas (carga muerta) del Módulo III.



Nota. Programa computacional de estructuras. Elaboración propia.

4.1.5. Parámetros Sísmicos de la Zona de Estudio

4.1.5.1. Zonificación (Z).

Este factor (Z) es interpretado como la fracción de la gravedad que se le asigna a la aceleración máxima del terreno, el cual representa la probabilidad de 10% de que sea excedida en 50 años.

Como se menciona en los títulos anteriores, el edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía está ubicada en la Ciudad de Nuevo Chimbote, departamento de Ancash (Costa del Perú). La NTP E.030 presenta valores asignados a este factor según la ubicación en el país (Ver Figura 33 y Tabla 11).

Figura 33

Zonas sísmicas del Perú.



Nota: Tomada de MVCS, RNE E.030, 2018

Tabla 9

Factores de zona.

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota: Tomada de MVCS, NTP E.030, 2018

Finalmente, por la ubicación del edificio analizado, se asignó al factor:

$$Z = 0.45$$

4.1.5.2. Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio.

Según MCVS, RNE E.030 – 2018, clasifica 5 tipos de perfiles de suelos tales como, S0: Roca dura, S1: Roca o suelos muy rígidos, S2: Suelos intermedios, S3: Suelos blandos y S4: Condiciones excepcionales (Ver Tabla 10).

Para seleccionar el tipo de perfil de suelo para el presente trabajo de investigación, se tomó como referencia estudios de mecánica de suelos realizados en sectores cercanos al edificio en análisis, dichos EMS fueron elaborados con fines de cimentación y/o elaboración de tesis.

Tabla 10

Perfiles de suelo.

CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	V _s	N ₆₀	S _U
S ₀	>1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100kPa
S ₃	<180 m/s	<15	25kPa a 50kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Nota: Tomada de MVCS, NTP E.030, 2018

4.1.5.3. Parámetros de Sitio (S, T_p, T_l)

La NTP E.030, nos presenta las siguientes tablas de doble entrada que nos permiten determinar los valores para el factor de suelo (S) y para los periodos (T_p y T_l).

Tabla 11
Factores de suelo.

FACTORES DE SUELO					
Zona	Suelo	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z₄		0.80	1.00	1.05	1.10
Z₃		0.80	1.00	1.15	1.20
Z₂		0.80	1.00	1.20	1.40
Z₁		0.80	1.00	1.60	2.00

Nota: Tomada de MVCS, NTP E.030, 2018

Tabla 12
Periodos T_P y T_L.

PERIODOS T_P Y T_L				
Perfil de suelo				
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P	0.30	0.40	0.60	1.00
T_L	3.00	2.50	2.0	1.60

Nota: Tomada de MVCS, NTP E.030, 2018

4.1.5.4. Factores de Amplificación Sísmica (C)

Este factor es determinado al hallar el cociente de la aceleración máxima alcanzada por la estructura y valor máximo que se puede alcanzar por la aceleración en la base de dicha estructura.

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

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

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right)$$

4.1.6. Categoría, Sistema Estructural y Seguridad de la Edificación

4.1.6.1. Factor de Uso (U)

La NTP E.030, clasifica las edificaciones en 4 categorías (A: Esenciales, B: Importantes, C: Comunes y D: Temporales).

Este edificio por ser parte de una universidad se encuentra dentro de la categoría de EDIFICACIONES ESENCIALES a la cual le corresponde un factor:

$$U=1.5$$

4.1.6.2. Factor Básico de Reducción (Ro) y Sistema Estructural

La NTP E.030, clasifica los distintos sistemas estructurales que pueden presentar las edificaciones según los materiales empleados para su construcción y el sistema de estructuración propuesta por el especialista. Se evaluó el sistema estructural en ambas direcciones (X, Y) asumiendo inicialmente un R referencial, pudiendo ser en algún caso diferente cada dirección.

Tabla 13

Sistemas estructurales.

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R
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
Concreto armado:	
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o confinada	3
Madera	7

Nota: Tomada de MVCS, NTP E.030, 2018

4.1.6.3. Factor de Reducción de Fuerza Sísmica (R)

Según la NTP E.030, el factor R está definido por la siguiente formula:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

El valor de R_0 fue hallado en el ítem anterior, pero para el caso de las irregularidades en altura y en planta (I_a , I_p) serán determinados con las tablas N°8 y tabla N°9 de la NTP E.030.

Se realizó un análisis modal espectral considerando un factor R inicial en cada módulo, el cual nos permitirá obtener resultados de deriva, rigidez y resistencia a fin de determinar irregularidades pendientes, estos datos iniciales son:

$$\text{Módulo I} \rightarrow R(x,y)_{\text{inicial}} = 8 \cdot 1 \cdot 0.9 = 7.2$$

$$\text{Módulo II} \rightarrow R(x,y)_{\text{inicial}} = 8 \cdot 1 \cdot 0.9 = 7.2$$

$$\text{Módulo III} \rightarrow R(x,y)_{\text{inicial}} = 8 \cdot 1 \cdot 0.9 = 7.2$$

La Tabla 16 presenta un resumen de todas las irregularidades encontradas en los 3 módulos con su respectivo factor, el cual se multiplicó por R_0 (ver Anexo 03).

Tabla 14

Irregularidades en el módulo I, módulo II y módulo III.

	Módulo I		Módulo II		Módulo III	
	Verif.	Factor	Verif.	Factor	Verif.	Factor
I. Rigidez – Piso Blando	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
I. Resistencia – Piso Débil	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
I. Extrema de Rigidez	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
I. ESTR. EN ALTURA I. Extrema de Resistencia	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
I. de Masa o Peso	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
I. Geométrica Vertical	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
Disc. en los Sist. Resistentes	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
Disc. extrema de los Sist. Resistentes	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00



I. ESTR. EN PLANTA	I. Torsional	NO	1.00	SI	0.75	NO	1.00
	I.Torsional Extrema	NO	1.00	SI	0.60	NO	1.00
	Esquinas Entrantes	SI	0.90	SI	0.90	SI	0.90
	Disc. del Diafragma	NO	1.00	NO	1.00	NO	1.00
	Sist. no Paralelos	NO	1.00	SI	0.90	NO	1.00

Nota: Elaboración propia.

Según NTP E.030, en caso de existir más de una I_a o I_p en la dirección de análisis se toma el menor valor de cada irregularidad.

Se realizó la siguiente tabla resumen, donde se encuentran los valores de R_x y R_y en los Módulos I, II y III

Tabla 15

Resumen de factores de reducción sísmica $R_x - R_y$.

		R_o	I_a	I_p	$R_o * I_a * I_p$
Módulo I	Rx	8	1	0.9	7.2
	Ry	8	1	0.9	7.2
Módulo II	Rx	7	1	0.9	6.3
	Ry	8	1	0.6	4.8
Módulo II	Rx	8	1	0.9	7.2
	Ry	8	1	0.9	7.2

Nota: Elaboración propia.

4.1.6.4. Verificación del Sistema Estructural

Tabla 16

Verificación de los sistemas estructurales de los módulos.

	Módulo I		Módulo II		Módulo III	
	Rx	Ry	Rx	Ry	Rx	Ry
Sistema estructural (R_o)	8	8	7	8	8	8

Nota: Elaboración propia.

Para determinar los sistemas estructurales, en el caso del Módulo II se analizó la fuerza cortante que absorben los muros de concreto armado respecto de la fuerza cortante de la estructura para cada dirección.

4.1.7. Análisis Modal Espectral

4.1.7.1. Análisis Modal Espectral

Se realizó el Análisis Modal Espectral con el programa computacional de estructuras, el cual nos dio como resultado los periodos fundamentales indicados en las siguientes tablas. Además, se tuvo en cuenta que la masa participativa acumulada sea mayor al 90% teniendo en consideración al menos 3 modos iniciales en el análisis realizado por cada dirección según lo indicado en la NTP E.030.

La consideración mencionada anteriormente, se tomó en cuenta para cada uno de los módulos que presenta la edificación.

Tabla 17

Modos, periodos y masa participativa del Módulo I.

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA											
Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ
Modal	TX=	0.647	0.8772	0.0006	0	0.8772	0.0006	0	1.00E-04	0.0136	0.0065
Modal	TY=	0.568	0.0055	0.5056	0.0001	0.8826	0.5061	0.0001	0.0567	1.99E-05	0.3274
Modal	TZ=	0.524	0.0028	0.3305	0.0001	0.8854	0.8366	0.0003	0.0395	0.0001	0.5016
Modal	4	0.219	0.093	2.64E-06	0	0.9784	0.8366	0.0003	7.32E-06	0.0771	0.0002



Modal	5	0.175	2.54E-05	0.086	0.0005	0.9784	0.9226	0.0007	0.238	0.0001	0.037
Modal	6	0.161	4.05E-05	0.0369	0.0003	0.9785	0.9595	0.0011	0.1022	0.0005	0.0856
Modal	7	0.14	0.0215	2.39E-06	0	0.9999	0.9595	0.0011	5.79E-06	0.0042	1.00E-04
Modal	8	0.139	2.11E-06	0	0	0.9999	0.9595	0.0011	6.01E-07	0.0019	4.47E-06
Modal	9	0.139	0	0	0	0.9999	0.9595	0.0011	0	0.0118	4.45E-06

Nota: Elaboración propia.

Tabla 18

Modos, periodos y masa participativa del Módulo II.

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA

Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ
Modal	TY=	0.5080	0.0002	0.5203	0.000	0.0002	0.5203	0.0000	0.2471	0.0006	0.2847
Modal	TX=	0.2720	0.6429	0.0142	0.000	0.6431	0.5345	0.0000	0.0134	0.3415	0.0241
Modal	TZ=	0.2360	0.0584	0.1064	0.000	0.7016	0.6409	0.0000	0.1706	0.0219	0.4228
Modal	4	0.1720	0.0038	0.2447	0.000	0.7054	0.8856	0.0000	0.2649	0.0000	0.0019
Modal	5	0.1110	0.0462	0.0321	0.000	0.7516	0.9177	0.0000	0.0056	0.0276	0.1617
Modal	6	0.0950	0.1385	0.0014	0.000	0.8901	0.9191	0.0000	0.0123	0.2847	0.0184
Modal	7	0.0860	0.0206	0.0473	0.000	0.9107	0.9664	0.0000	0.1468	0.0537	0.0001
Modal	8	0.0690	0.0015	0.0075	0.000	0.9122	0.9739	0.0000	0.0310	0.0026	0.0236
Modal	9	0.0610	0.0004	0.0009	0.000	0.9127	0.9748	0.0000	0.0000	0.0021	0.0006

Nota: Elaboración propia.



Tabla 19

Modos, periodos y masa participativa del Módulo III.

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA											
Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ
Modal	TX=	0.675	0.881	0.0004	0		0.0004	0	4.14E-05	0.008	0.0033
Modal	TY=	0.604	0.0024	0.6153	0.0002	0.8834	0.6157	0.0002	0.0708	4.57E-05	0.217
Modal	TZ=	0.553	0.0018	0.2175	0.0001	0.8852	0.8333	0.0003	0.0272	0.0002	0.6122
Modal	4	0.229	0.0932	1.04E-06	0	0.9784	0.8333	0.0003	3.57E-06	0.0456	0.0001
Modal	5	0.182	1.01E-05	0.0893	0.0006	0.9784	0.9225	0.0009	0.2467	0.0003	0.0359
Modal	6	0.167	1.59E-05	0.0359	0.0003	0.9785	0.9584	0.0012	0.0993	0.0008	0.0888
Modal	7	0.148	0.0215	5.52E-07	0	1	0.9584	0.0012	1.49E-06	0.0027	1.51E-05
Modal	8	0.138	0	0	0	1	0.9584	0.0012	0	0.0009	0
Modal	9	0.138	0	0	0	1	0.9584	0.0012	0	0.0056	0

Nota: Elaboración propia.

4.1.7.2. Espectro de Pseudo Aceleraciones

El espectro utilizado en ambas direcciones (X y Y), se encuentra definido por la fórmula presentada en el artículo 26 de la NTP E.030.

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

Tabla 20
Cálculo del Espectro de Pseudo Aceleraciones (g).

T	Módulo I			Módulo II			Módulo III		
	C	Sax (g)	Say (g)	C	Sax (g)	Say (g)	C	Sax (g)	Say (g)
0	2.50	2.41	2.41	2.50	2.76	3.62	2.50	2.41	2.41
0.1	2.50	2.41	2.41	2.50	2.76	3.62	2.50	2.41	2.41
0.2	2.50	2.41	2.41	2.50	2.76	3.62	2.50	2.41	2.41
0.3	2.50	2.41	2.41	2.50	2.76	3.62	2.50	2.41	2.41
0.4	2.50	2.41	2.41	2.50	2.76	3.62	2.50	2.41	2.41
0.5	2.50	2.41	2.41	2.50	2.76	3.62	2.50	2.41	2.41
0.6	2.50	2.41	2.41	2.50	2.76	3.62	2.50	2.41	2.41
0.7	2.14	2.07	2.07	2.14	2.36	3.10	2.14	2.07	2.07
0.8	1.88	1.81	1.81	1.88	2.07	2.72	1.88	1.81	1.81
0.9	1.67	1.61	1.61	1.67	1.84	2.41	1.67	1.61	1.61
1.0	1.50	1.45	1.45	1.50	1.66	2.17	1.50	1.45	1.45
1.1	1.36	1.32	1.32	1.36	1.50	1.98	1.36	1.32	1.32
1.2	1.25	1.21	1.21	1.25	1.38	1.81	1.25	1.21	1.21
1.3	1.15	1.11	1.11	1.15	1.27	1.67	1.15	1.11	1.11
1.4	1.07	1.03	1.03	1.07	1.18	1.55	1.07	1.03	1.03
1.5	1.00	0.97	0.97	1.00	1.10	1.45	1.00	0.97	0.97
1.6	0.94	0.91	0.91	0.94	1.03	1.36	0.94	0.91	0.91
1.7	0.88	0.85	0.85	0.88	0.97	1.28	0.88	0.85	0.85
1.8	0.83	0.80	0.80	0.83	0.92	1.21	0.83	0.80	0.80
1.9	0.79	0.76	0.76	0.79	0.87	1.14	0.79	0.76	0.76
2.0	0.75	0.72	0.72	0.75	0.83	1.09	0.75	0.72	0.72
2.1	0.68	0.66	0.66	0.68	0.75	0.99	0.68	0.66	0.66
2.2	0.62	0.60	0.60	0.62	0.68	0.90	0.62	0.60	0.60
2.3	0.57	0.55	0.55	0.57	0.63	0.82	0.57	0.55	0.55
2.4	0.52	0.50	0.50	0.52	0.57	0.75	0.52	0.50	0.50
2.5	0.48	0.46	0.46	0.48	0.53	0.70	0.48	0.46	0.46
2.6	0.44	0.43	0.43	0.44	0.49	0.64	0.44	0.43	0.43
2.7	0.41	0.40	0.40	0.41	0.45	0.60	0.41	0.40	0.40
2.8	0.38	0.37	0.37	0.38	0.42	0.55	0.38	0.37	0.37
2.9	0.36	0.34	0.34	0.36	0.39	0.52	0.36	0.34	0.34
3.0	0.33	0.32	0.32	0.33	0.37	0.48	0.33	0.32	0.32
3.1	0.31	0.30	0.30	0.31	0.34	0.45	0.31	0.30	0.30
3.2	0.29	0.28	0.28	0.29	0.32	0.42	0.29	0.28	0.28
3.3	0.28	0.27	0.27	0.28	0.30	0.40	0.28	0.27	0.27
3.4	0.26	0.25	0.25	0.26	0.29	0.38	0.26	0.25	0.25
3.5	0.24	0.24	0.24	0.24	0.27	0.35	0.24	0.24	0.24
3.6	0.23	0.22	0.22	0.23	0.26	0.34	0.23	0.22	0.22
3.7	0.22	0.21	0.21	0.22	0.24	0.32	0.22	0.21	0.21
3.8	0.21	0.20	0.20	0.21	0.23	0.30	0.21	0.20	0.20

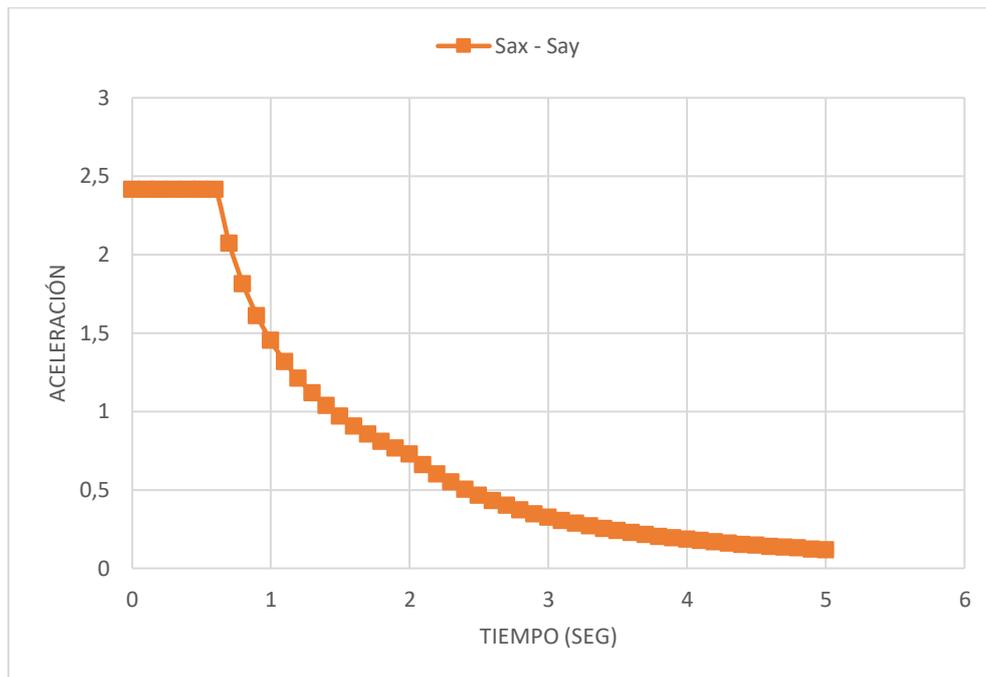
3.9	0.20	0.19	0.19	0.20	0.22	0.29	0.20	0.19	0.19
4.0	0.19	0.18	0.18	0.19	0.21	0.27	0.19	0.18	0.18
4.1	0.18	0.17	0.17	0.18	0.20	0.26	0.18	0.17	0.17
4.2	0.17	0.16	0.16	0.17	0.19	0.25	0.17	0.16	0.16
4.3	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.24	0.16	0.16	0.16
4.4	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17	0.22	0.15	0.15	0.15
4.5	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.15	0.14	0.14
4.6	0.14	0.14	0.14	0.14	0.16	0.21	0.14	0.14	0.14
4.7	0.14	0.13	0.13	0.14	0.15	0.20	0.14	0.13	0.13
4.8	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.19	0.13	0.13	0.13
4.9	0.12	0.12	0.12	0.12	0.14	0.18	0.12	0.12	0.12
5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.17	0.12	0.12	0.12

Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las gráficas de los espectros para cada módulo:

Figura 34

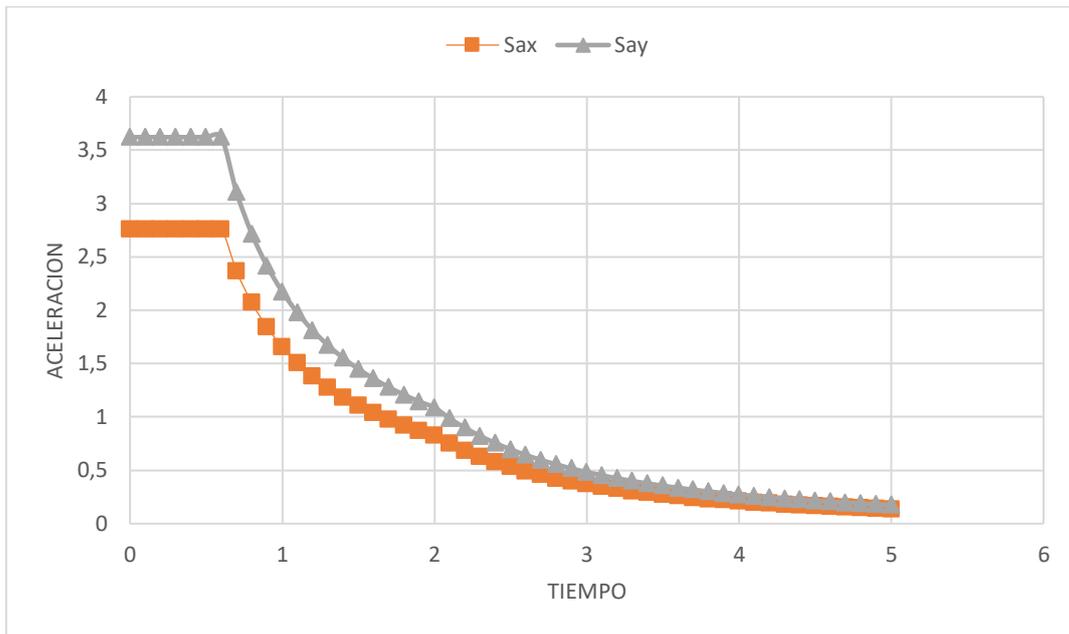
Espectro de aceleraciones – Modulo I.



Nota: Elaboración propia.

Figura 35

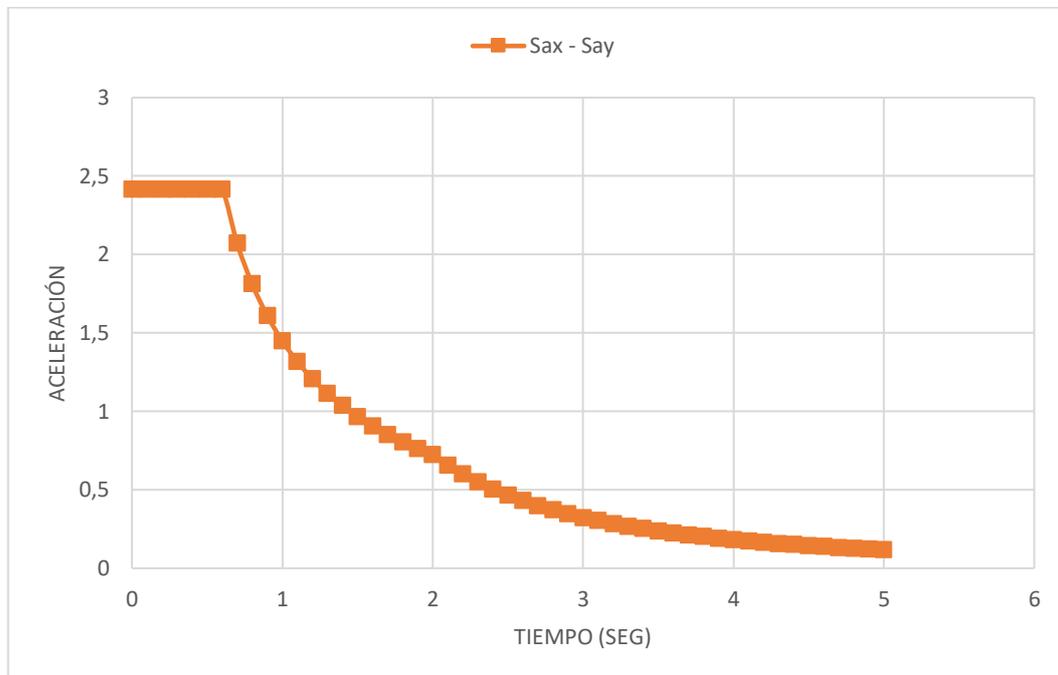
Espectro de aceleraciones – Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

Figura 36

Espectro de aceleraciones – Modulo III.



Nota: Elaboración propia.

4.1.7.3. Verificación de Derivas de Entre Piso.

De acuerdo a lo indicado en la NTP E.030, no se deberá exceder los límites permisibles de derivas para cada tipo de material principal utilizado en la construcción.

Para nuestro análisis, se consideró el límite permisible de 7/1000; puesto que, los 3 módulos de la edificación analizada son de concreto armado, para ello se comparó las derivas obtenidas del modelamiento estructural con lo indicado en la norma.

Asimismo, las derivas obtenidas del análisis dinámico modal espectral multiplicó por el factor 0.85xR, debido a que la estructura analizada es irregular; con este factor, se analiza las derivas de la estructura que se generarían en el rango inelástico ante la ocurrencia de un sismo severo.

Es así que, en el programa se asignaron las combinaciones de carga (DERIVA SDXX y DERIVA SDYY) tal que, se puedan obtener las derivas finales para el análisis requerido de acuerdo a lo indicado anteriormente.

MÓDULO I

Tabla 21

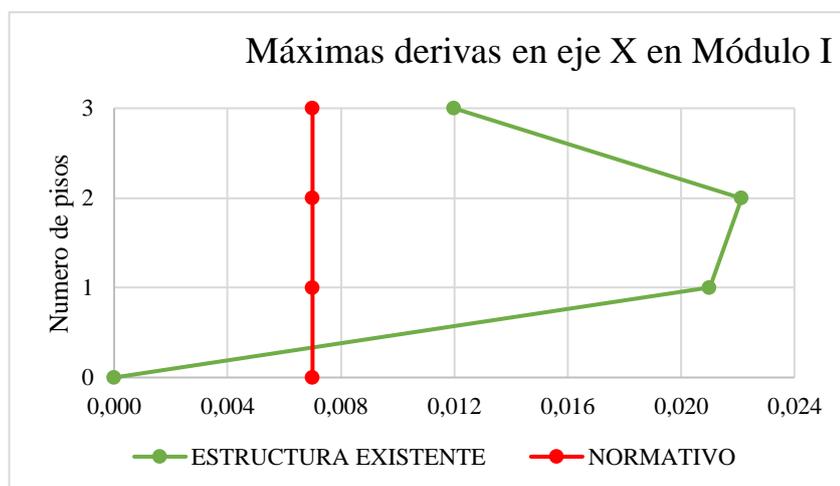
Derivas de entrepiso del Módulo I dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	0.0120	10.5	No cumple
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	0.0221	7.0	No cumple
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	0.0210	3.5	No cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 37

Derivas en dirección X – Modulo I.

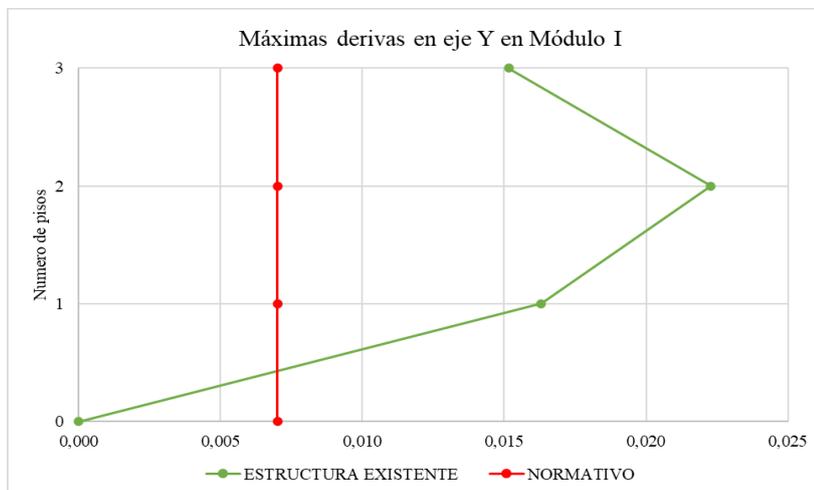


Nota: Elaboración propia.

Tabla 22
Derivas de entrepiso del Módulo I dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	0.0152	10.5	No cumple
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	0.0223	7.0	No cumple
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	0.0163	3.5	No cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 38
Deriva en dirección Y – Módulo I.

Nota: Elaboración propia.

MÓDULO II

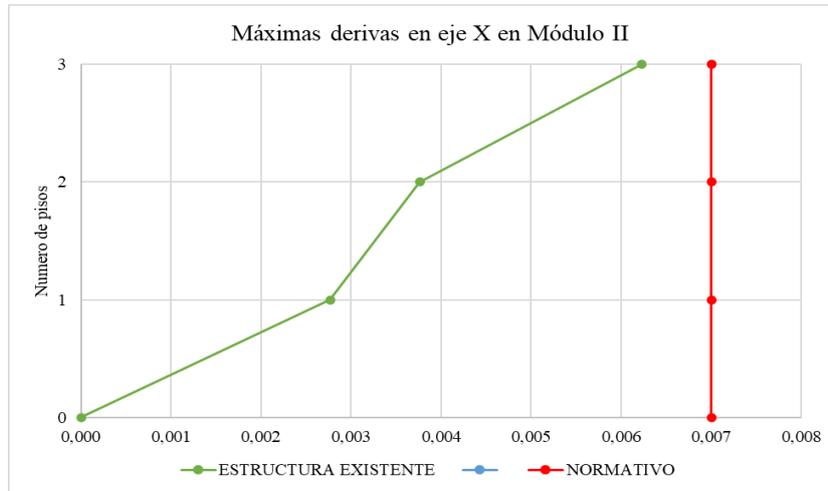
Tabla 23
Derivas de entrepiso del Módulo II dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	0.0062	10.5	Cumple
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	0.0038	7.0	Cumple
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	0.0028	3.5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 39

Deriva en dirección X – Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 24

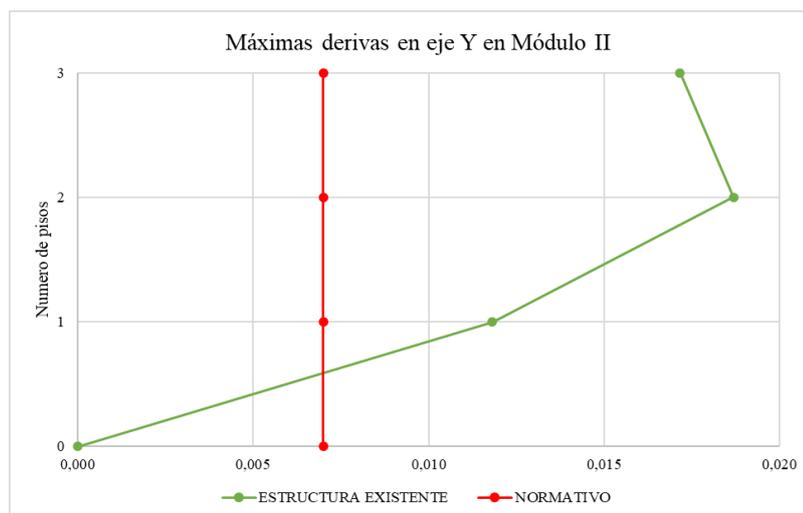
Derivas de entrepiso del Módulo II dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	0.0172	10.5	No cumple
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	0.0187	7.0	No cumple
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	0.0118	3.5	No cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 40

Deriva en dirección Y – Modulo II.



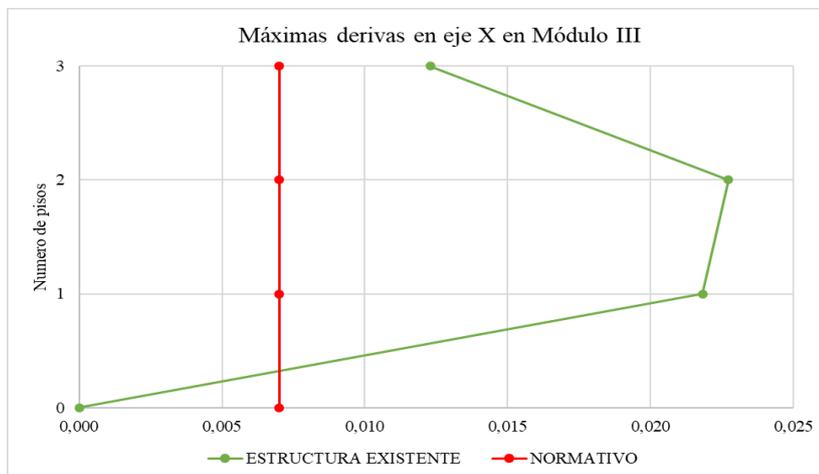
Nota: Elaboración propia.

MÓDULO III

Tabla 25
Derivas de entrepiso del Módulo III dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	0.0123	10.5	No cumple
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	0.0227	7.0	No cumple
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	0.0218	3.5	No cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 41
Deriva en dirección X – Modulo III.


Nota: Elaboración propia.

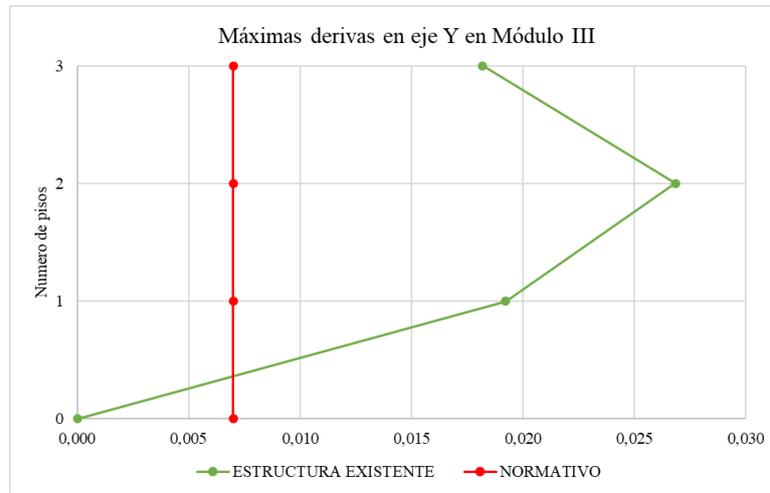
Tabla 26
Derivas de entrepiso del Módulo III dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	0.0182	10.5	No cumple
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	0.0269	7.0	No cumple
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	0.0192	3.5	No cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 42

Deriva en dirección Y – Módulo III.



Nota: Elaboración propia.

4.1.7.4. Desplazamientos.

MÓDULO I

Tabla 27

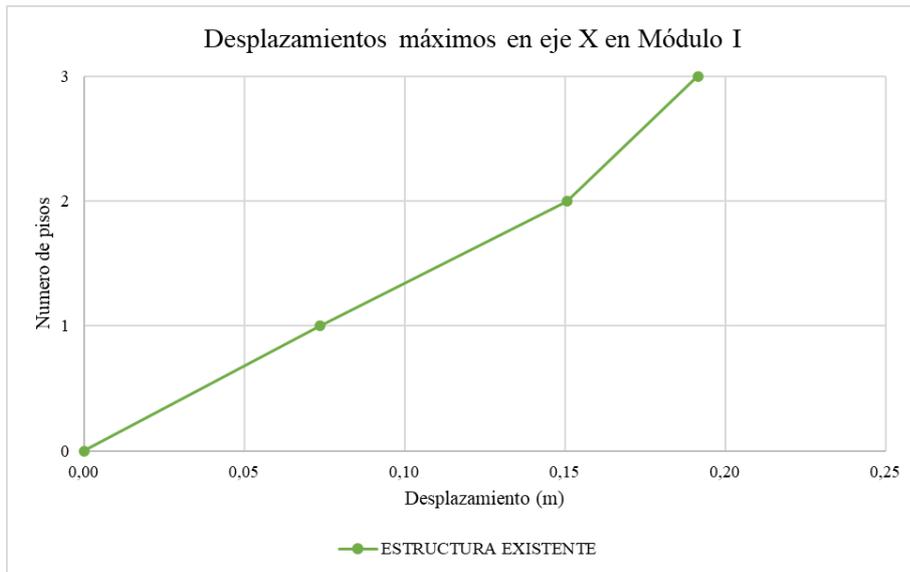
Desplazamientos del Módulo I dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	10.5	0.191518
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	7	0.150642
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	3.5	0.073547

Nota: Elaboración propia.

Figura 43

Desplazamiento en dirección X – Modulo I.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 28

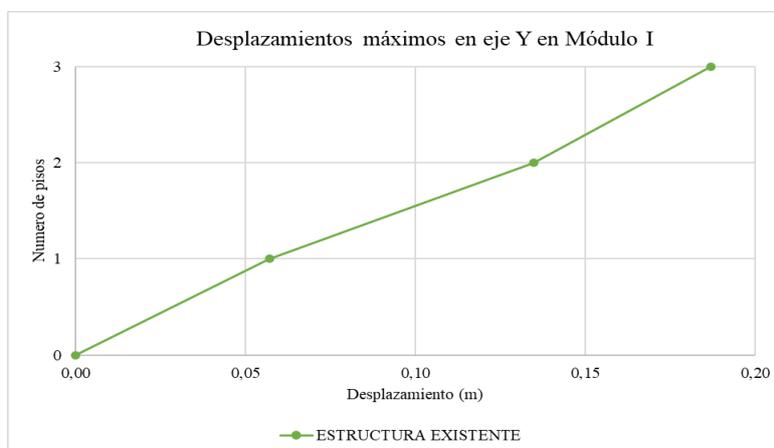
Desplazamientos del Módulo I dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	10.5	0.187083
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	7	0.134838
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	3.5	0.057073

Nota: Elaboración propia.

Figura 44

Desplazamiento en dirección Y – Modulo I.



Nota: Elaboración propia.

MÓDULO II

Tabla 29

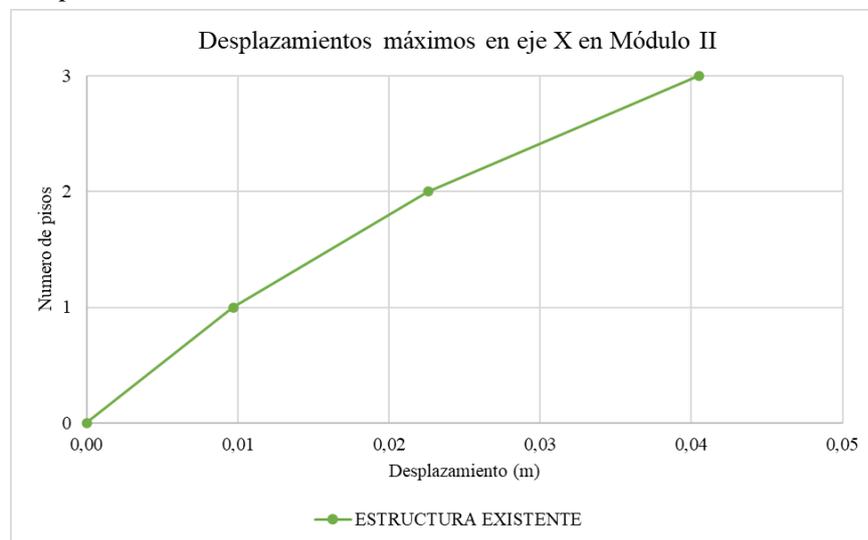
Desplazamientos del Módulo II dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	10.5	0.04054
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	7	0.022584
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	3.5	0.009689

Nota: Elaboración propia.

Figura 45

Desplazamiento en dirección X – Módulo II.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 30

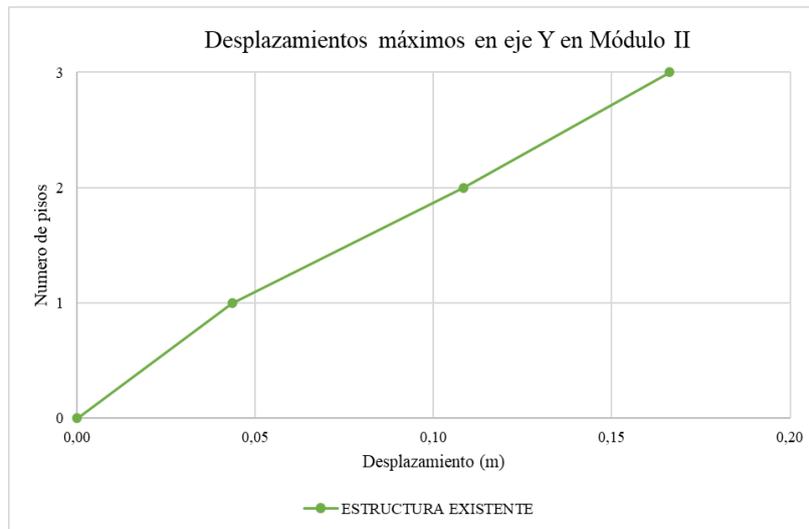
Desplazamientos del Módulo II dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	10.5	0.166267
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	7	0.108406
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	3.5	0.043561

Nota: Elaboración propia.

Figura 46

Desplazamiento en la dirección Y – Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

MÓDULO III

Tabla 31

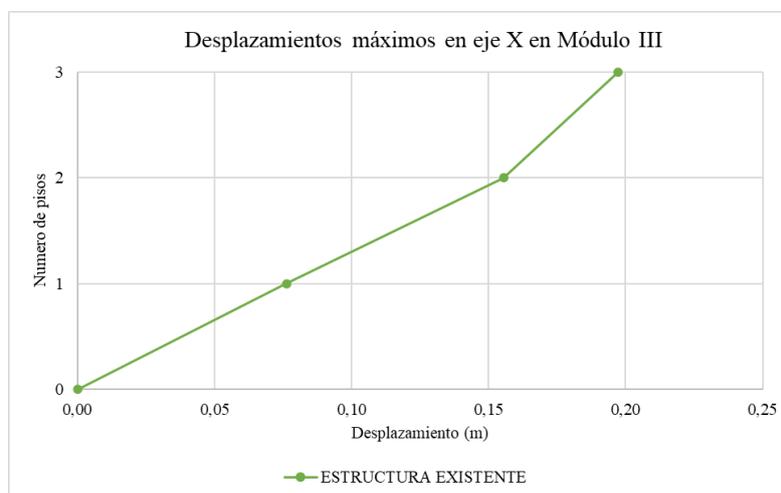
Desplazamientos del Módulo III dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	10.5	0.197166
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	7	0.155428
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	3.5	0.07635

Nota: Elaboración propia.

Figura 47

Desplazamiento en la dirección X – Modulo III.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 32

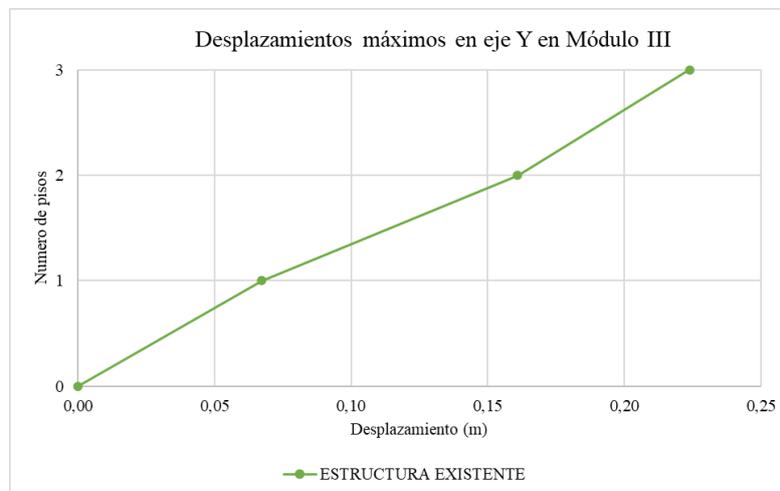
Desplazamientos del Módulo III dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	10.5	0.223855
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	7	0.161035
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	3.5	0.067304

Nota: Elaboración propia.

Figura 48

Desplazamiento en el eje Y – Modulo III.



Nota: Elaboración propia.

4.1.7.5. Fuerza Cortante Mínima.

De acuerdo a lo indicado en la NTP E.030, para la fuerza cortante mínima se debe tener en cuenta que la relación entre Cortante dinámica y la estática no sea inferior al 90%, cuando se traten de estructuras irregulares, tal como es el caso del presente trabajo de investigación. Al no cumplir con ese porcentaje mínimo, se realizó un escalamiento en ambas direcciones de análisis para poder obtener la Cortante de diseño que nos sirvió para el diseño de los disipadores y de sus arriostres metálicos. Asimismo, dicha cortante de diseño nos servirá en la verificación de los elementos de concreto armado del edificio.

Tabla 33

Fuerza cortante mínima en Módulo I.

Dirección	Vest (Tonf)	Vdin (Tonf)	Vdin / Vest	Verificación	Factor	Vdiseño (Tonf)
Dirección X	144.5	126.51	87.55%	Menor al 90%	1.028	130.05
Dirección Y	155.82	116.71	74.90%	Menor al 90%	1.202	140.29

Nota: Elaboración propia.

Tabla 34*Fuerza cortante mínima en Módulo II.*

Dirección	Vest (Tonf)	Vdin (Tonf)	Vdin / Vest	Verificación	Factor	Vdiseño (Tonf)
Dirección X	92.44	61.55	66.58%	Menor al 90%	1.352	83.22
Dirección Y	121.32	69.85	57.58%	Menor al 90%	1.563	109.18

Nota: Elaboración propia.**Tabla 35***Fuerza cortante mínima en Módulo III.*

Dirección	Vest (Tonf)	Vdin (Tonf)	Vdin / Vest	Verificación	Factor	Vdiseño (Tonf)
Dirección X	182.36	160.08	87.78%	Menor al 90%	1.025	164.08
Dirección Y	203.8	154.41	75.77%	Menor al 90%	1.188	183.44

Nota: Elaboración propia.

4.1.8. Análisis sísmico del Sistema Existente con Disipadores SLB

Realizado el Análisis Modal Espectral, establecido en la Norma Técnica Peruana E.030, se obtuvieron valores de derivas mayores a 0.007 (valor máximo para concreto armado). Es por ello que, se procedió a seleccionar la mejor ubicación en planta para colocar los disipadores Shear Link Bozzo (SLB) y así contrarrestar derivas y reducir en lo posible la torsión generada en la estructura.

4.1.8.1. Definición de Materiales y Secciones

Se realizó la definición de las propiedades complementarias a las ya consideradas en el análisis del edificio convencional.

Disipadores

Para la definición de los disipadores SLB utilizados en el análisis del edificio, se tomaron en cuenta las características tanto lineales como no lineales de los disipadores de la tercera y cuarta generación de las tablas de propiedades de disipadores SLB establecidas por el PhD. Luis Bozzo (Ver Anexo 05) apoyados del programa computacional Plug-in nombrado como “*DissipaSLB 4Gen V21.1.1*”; gracias a este programa se ingresan las propiedades de cada disipador a tener en cuenta para el análisis.

Estos disipadores son ingresados como elementos Tipo Nlink de propiedad Wen y sus propiedades inherentes a cada tipo, son importados con apoyo del programa mencionado anteriormente.

Posterior a ello, se revisó que se consideraron las propiedades no lineales en el eje local 2 de cada elemento, verificando que se encuentren ingresados los valores establecidos en la tabla de disipadores SLB (Ver Anexo 05).

HSS diagonales

Se ingresaron las propiedades del acero A500 empleado en el diseño de las diagonales utilizadas como elemento de soporte a los disipadores SLB. En la Tabla 38 se aprecia lo mencionado anteriormente, estos datos fueron empleados para el análisis y diseño de los mismos elementos.

Tabla 36

Propiedad de las diagonales metálicas.

Elemento	Material	Densidad (kgf/m ³)	Módulo de elasticidad (kgf/cm ²)	Coefficiente Poisson	Módulo de corte (kgf/cm ²)
Diagonal metálica	A500	0.00785	2100000	0,3	807692.31

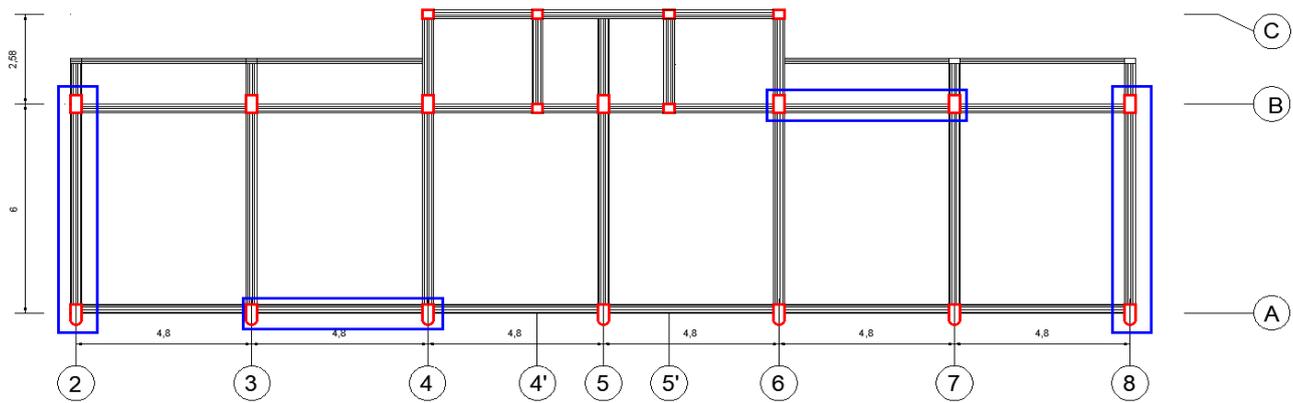
Nota. Elaboración propia.

Asimismo, se consideró como predimensionamiento, la sección de la diagonal utilizada en el modelo como un elemento HSS 8"x8"x9mm; posteriormente al análisis, se realizó la verificación del elemento (Ver Anexo 04).

4.1.8.2. Ubicación de Disipadores SLB en Planta

El Módulo I, presenta derivas que sobrepasan al 0.007 tanto en dirección "X" como en dirección "Y", por lo que se seleccionó los siguientes ejes para colocar los disipadores SLB en los 3 niveles del módulo:

- Eje 2 entre ejes A - B
- Eje 8 entre ejes A - B
- Eje B entre ejes 6 - 7
- Eje A entre ejes 3 - 4

Figura 49*Ubicación de disipadores SLB – Módulo I.*

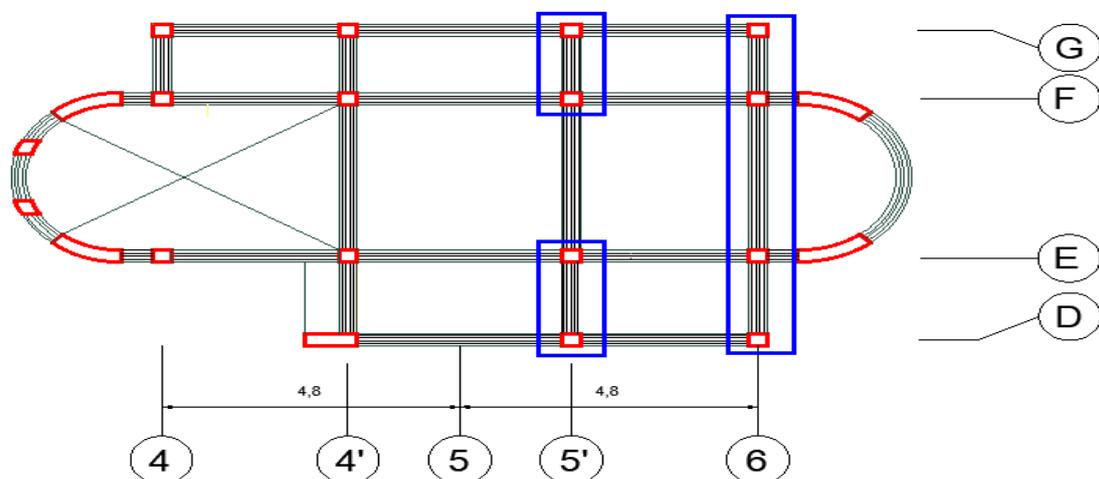
Nota: Elaboración propia.

El Módulo II, presenta derivas que sobrepasan al 0.007 en dirección “Y”, por lo que se seleccionó los siguientes ejes para reforzar en el primer nivel:

- Eje 6 entre ejes D – E
- Eje 6 entre ejes F - G

De similar manera, se seleccionó la ubicación de los disipadores para el segundo y tercer nivel:

- Eje 5' entre ejes D – E
- Eje 5' entre ejes F – G
- Eje 6 entre ejes E – F

Figura 50*Ubicación de disipadores SLB – Módulo II.*

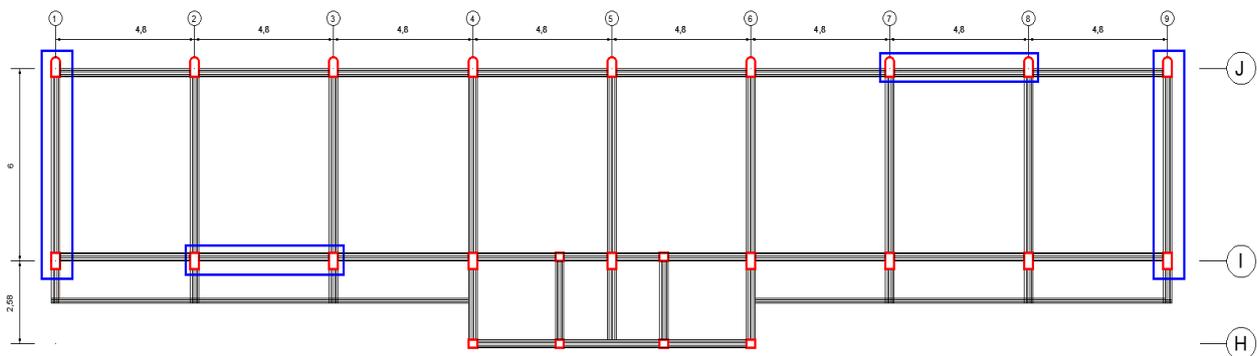
Nota: Elaboración propia.

El Módulo III, presenta derivas que sobrepasan al 0.007 tanto en dirección “X” como en dirección “Y”, por lo que se seleccionó los siguientes ejes para colocar los disipadores en los 3 niveles del módulo:

- Eje 1 entre I – J
- Eje 9 entre I – J
- Eje J entre 7 – 8
- Eje I entre 2 – 3

Figura 51

Ubicación de disipadores SLB – Módulo III.



Nota: Elaboración propia.

4.1.8.3. Elección del Método a Utilizar para Elección de Disipadores

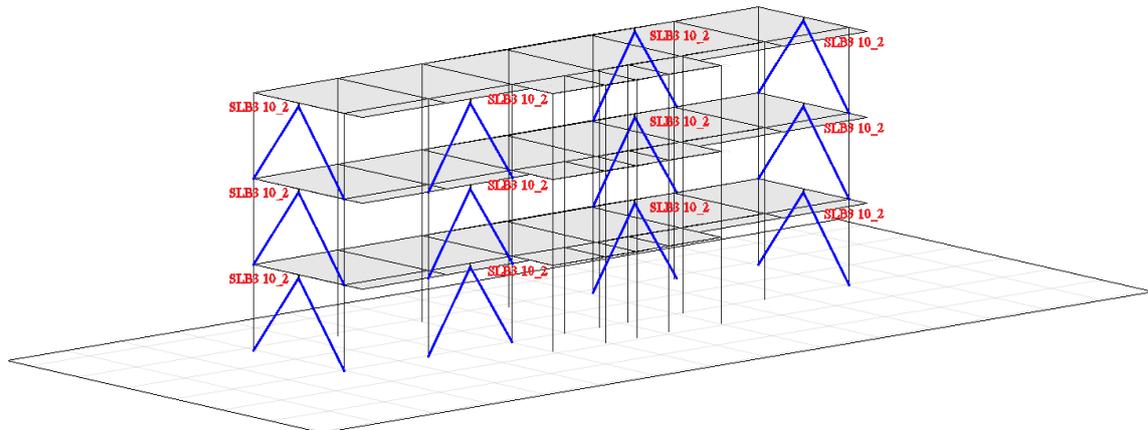
Para la selección de dispositivos existen dos métodos iterativos el directo y el inverso, para la presente tesis se empleó el método iterativo directo.

Se comenzó el análisis con el método directo, para ello se siguió un procedimiento específico el cual fue realizado para los 3 módulos; con fines de explicación de la metodología se tomó como ejemplo el Módulo I, y para el Módulo II y III se muestran solo resultados:

MÓDULO I

1er paso: Luego de seleccionar la ubicación para la colocación de los disipadores SLB, se dibujaron las diagonales y los dispositivos SLB en la ubicación seleccionada.

2do paso: Para este método, las propiedades asignadas a los disipadores SLB modelados son las menores posibles, en este caso, optamos por seleccionar las propiedades de los disipadores SLB3 10_2 (Ver Figura 52).

Figura 52
Asignación inicial de propiedades del disipador SLB3 10_2


Nota: Elaboración propia.

3er paso: Se considera una tabla de resumen de información, con los disipadores asignados al módulo I con sus respectivas etiquetas y fuerzas cortantes que toma cada disipador producidas por la Combinación de Carga Envolvente obtenidas del análisis del modelamiento en el programa computacional de estructuras. Para tener un mejor orden, se separan los disipadores por piso.

En la tabla 39, se dividió la fuerza cortante inicial de la envolvente (V2) entre el factor de 1.5 y con este nuevo valor se propone un nuevo disipador para realizar la primera iteración.

Tabla 37
Análisis preliminar de selección de disipadores.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Próximo Disipador	Fy nuevo (kN)	Fy máx nuevo (kN)	Disipador programa computacional	Fy (kN)	Fy max (kN)
TECHO3	K3	150.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_2	68	128.71
	K5	197.35	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 10_2	68	128.71
	K9	243.25	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 10_2	68	128.71
	K10	160.19	SLB3 10_5	112.2	182.26	SLB3 10_2	68	128.71
TECHO2	K2	319.5	SLB3 20_5	218.4	395.71	SLB3 10_2	68	128.71
	K4	329.07	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 10_2	68	128.71
	K8	425.83	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 10_2	68	128.71
	K11	331.97	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 10_2	68	128.71
TECHO1	K1	366.78	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 10_2	68	128.71
	K6	294.01	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 10_2	68	128.71
	K7	395.29	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 10_2	68	128.71
	K12	378.73	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 10_2	68	128.71

Nota: Elaboración propia.

4to paso: De la tabla anterior (Ver Tabla 37) se debe verificar que la fuerza actuante sobre el disipador, obtenida de la combinación de carga Envolvente ($D=$ Demanda) sea menor que 1.5 veces el valor de la Fuerza de Fluencia (F_y) del disipador modelado en el programa computacional de estructuras ($C=$ Capacidad); en resumen, se debe tener la relación $D/C < 1.5$ en cada disipador, es por ello que se realiza la primera iteración considerando los disipadores propuestos diferentes a los inicialmente considerados en el programa, obteniendo nuevas fuerzas cortantes (V_2 nuevas).

Tabla 38

Análisis de la primera iteración del método directo para el Módulo I.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	F_y 1era iterac. (kN)	F_y max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	F_y (kN)	F_y max (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K3	150.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_4	93	166.26	157.51	1.69	SLB3 10_5
	K5	197.35	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_3	126.1	240.45	230.16	1.83	SLB3 15_4
	K9	243.25	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 15_4	149.7	276.57	262.49	1.75	SLB3 20_4
	K10	160.19	SLB3 10_5	112.2	182.26	SLB3 10_5	112.2	182.26	170.55	1.52	SLB3 15_3
TECHO 2	K2	319.5	SLB3 20_5	218.4	395.71	SLB3 20_5	218.4	395.71	390.29	1.79	SLB3 25_4
	K4	329.07	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_3	238.2	457.15	478.67	2.01	SLB3 25_5
	K8	425.83	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_4	279.6	526.49	545.88	1.95	SLB3 25_7
	K11	331.97	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_3	238.2	457.15	422.89	1.78	SLB3 25_4
TECHO 1	K1	366.78	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_3	238.2	457.15	464.7	1.95	SLB3 25_5
	K6	294.01	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 20_4	188.3	348.53	452.48	2.4	SLB3 25_5
	K7	395.29	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_4	279.6	526.49	553.5	1.98	SLB3 25_7
	K12	378.73	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_4	279.6	526.49	512.36	1.83	SLB3 25_6

Nota: Elaboración propia.

5to paso: Una vez terminada la primera iteración con los disipadores nuevos considerados, se observó que no se obtuvieron valores favorables para el criterio de validación D/C , siendo todos los resultados mayores a 1.5; por lo que se procede a realizar la misma operación, con la nueva cortante obtenida del análisis con los disipadores anteriores, hasta que se obtengan valores favorables de análisis, es decir, hasta cumplir con $D/C < 1.5$ en todos los disipadores.

6to paso: Con los nuevos disipadores propuestos, se realizó la segunda iteración, para obtener nuevos factores de D/C .

Tabla 39
Análisis de la segunda iteración del método directo para el Módulo I.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iteración (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy nueva (kN)	Fy max nueva (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K3	150.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_5	112.2	182.26	150.53	1.34	Ok!
	K5	197.35	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_4	149.7	276.57	232.21	1.55	SLB3 15_4
	K9	243.25	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_4	188.3	348.53	271	1.44	Ok!
	K10	160.19	SLB3 10_5	112.2	182.26	SLB3 15_3	126.1	240.45	195.77	1.55	SLB3 15_4
TECHO 2	K2	319.5	SLB3 20_5	218.4	395.71	SLB3 25_4	279.6	526.49	407.04	1.46	Ok!
	K4	329.07	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_5	319	592.39	478.92	1.5	Ok!
	K8	425.83	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_7	394.5	716.83	559.71	1.42	Ok!
	K11	331.97	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_4	279.6	526.49	418.46	1.5	Ok!
TECHO 1	K1	366.78	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_5	319	592.39	481.18	1.51	SLB3 25_6
	K6	294.01	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 25_5	319	592.39	480.05	1.5	Ok!
	K7	395.29	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_7	394.5	716.83	580.95	1.47	Ok!
	K12	378.73	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_6	357.1	655.63	517.12	1.45	Ok!

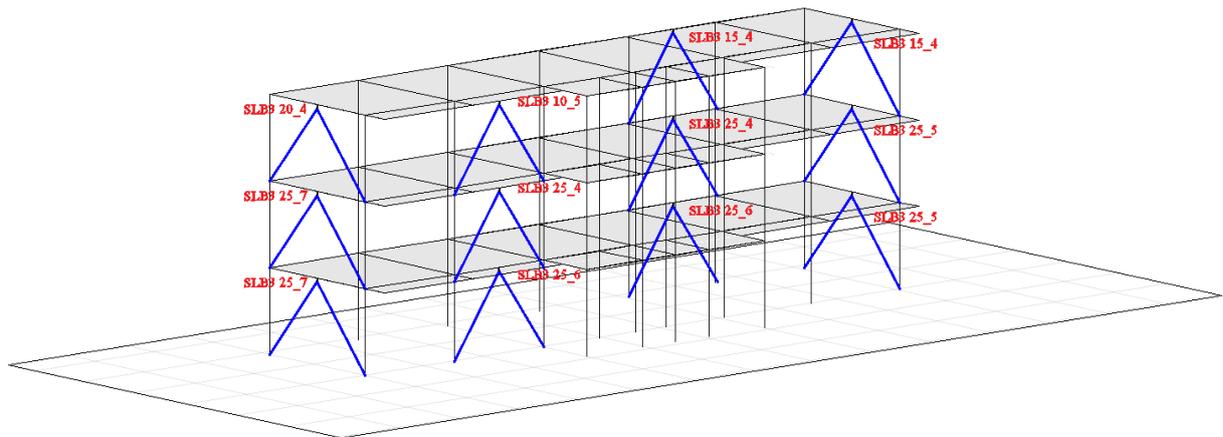
Nota: Elaboración propia.

Tabla 40
Análisis de la tercera iteración del método directo para el Módulo I.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iteración (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy nueva (kN)	Fy max nueva (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K3	150.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_5	112.2	182.26	147.35	1.31	Ok!
	K5	197.35	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_4	149.7	276.57	232.29	1.55	SLB3 15_4
	K9	243.25	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_4	188.3	348.53	270.94	1.44	Ok!
	K10	160.19	SLB3 10_5	112.2	182.26	SLB3 15_4	149.7	276.57	203.85	1.36	Ok!
TECHO 2	K2	319.5	SLB3 20_5	218.4	395.71	SLB3 25_4	279.6	526.49	407.1	1.46	Ok!
	K4	329.07	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_5	319	592.39	478.93	1.50	Ok!
	K8	425.83	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_7	394.5	716.83	559.7	1.42	Ok!
	K11	331.97	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_4	279.6	526.49	417.29	1.49	Ok!
TECHO 1	K1	366.78	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_6	357.1	655.63	489.82	1.37	Ok!
	K6	294.01	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 25_5	319	592.39	480.07	1.50	Ok!
	K7	395.29	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_7	394.5	716.83	580.93	1.47	Ok!
	K12	378.73	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_6	357.1	655.63	512.35	1.43	Ok!

Nota: Elaboración propia.

7mo paso: Se realizó el análisis hasta la tercera iteración, sin embargo se puede apreciar que se obtiene un valor ligeramente mayor a 1.50 en la validación; sin embargo, tenemos 2 opciones, la primera sería seguir con las iteraciones aumentando un nuevo disipador con el riesgo de bajar la relación D/C de los demás disipadores y tener algunos valores más bajo de los obtenidos, y la segunda sería optar por considerarlo como válido, puesto que la diferencia entre el valor ideal y la relación obtenida en el análisis de D/C no es demasiado alto. Se optó por tomar el segundo camino, quedando al criterio de cada analista.

Figura 53
Modulo I – Asignación final de disipadores SLB.


Nota: Elaboración propia.

MÓDULO II

Tabla 41
Análisis preliminar de selección de disipadores.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Próximo Disipador	Fy nuevo (kN)	Fy máx nuevo (kN)	Disipador programa computacional	Fy (kN)	Fy max (kN)
TECHO3	K11	81.27	SLB3 8_3	58	107.57	SLB3 10_2	68	128.71
	K5	231.9	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 10_2	68	128.71
	K3	104.13	SLB3 8_5	72.7	133.29	SLB3 10_2	68	128.71
TECHO2	K9	126.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_2	68	128.71
	K12	95.45	SLB3 8_4	66.3	120.87	SLB3 10_2	68	128.71
	K4	353.4	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 10_2	68	128.71
TECHO1	K1	240.53	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 10_2	68	128.71
	K2	191.53	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 10_2	68	128.71

Nota: Elaboración propia.



Tabla 42

Análisis de la primera iteración del método directo para el Módulo II.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iterac. (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy (kN)	Fy max (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K11	81.27	SLB3 8_3	58	107.57	SLB3 8_3	58	107.57	71.51	1.23	Ok!
	K5	231.9	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 15_4	149.7	276.57	266.91	1.78	SLB3 20_4
	K3	104.13	SLB3 8_5	72.7	133.29	SLB3 8_5	72.7	133.29	91.62	1.26	Ok!
TECHO 2	K9	126.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_4	93	166.26	108.28	1.16	Ok!
	K12	95.45	SLB3 8_4	66.3	120.87	SLB3 8_4	66.3	120.87	73.94	1.12	Ok!
	K4	353.4	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_3	238.2	457.15	474.81	1.99	SLB3 25_5
TECHO 1	K1	240.53	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 15_4	149.7	276.57	279.86	1.87	SLB3 20_4
	K2	191.53	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_3	126.1	240.45	205.32	1.63	SLB3 15_4

Nota: Elaboración propia.

Tabla 43

Análisis de la segunda iteración del método directo para el Módulo II.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iteración (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy nueva (kN)	Fy max nueva (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K11	81.27	SLB3 8_3	58	107.57	SLB3 8_3	58	107.57	69.94	1.21	Ok!
	K5	231.9	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_4	188.3	348.53	274.7	1.46	Ok!
	K3	104.13	SLB3 8_5	72.7	133.29	SLB3 8_5	72.7	133.29	89.6	1.23	Ok!
TECHO 2	K9	126.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_4	93	166.26	105.74	1.14	Ok!
	K12	95.45	SLB3 8_4	66.3	120.87	SLB3 8_4	66.3	120.87	72.25	1.09	Ok!
	K4	353.4	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_5	319	592.39	485.69	1.52	SLB3 25_6
TECHO 1	K1	240.53	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_4	188.3	348.53	289.16	1.54	SLB3 20_5
	K2	191.53	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_4	149.7	276.57	206.4	1.38	Ok!

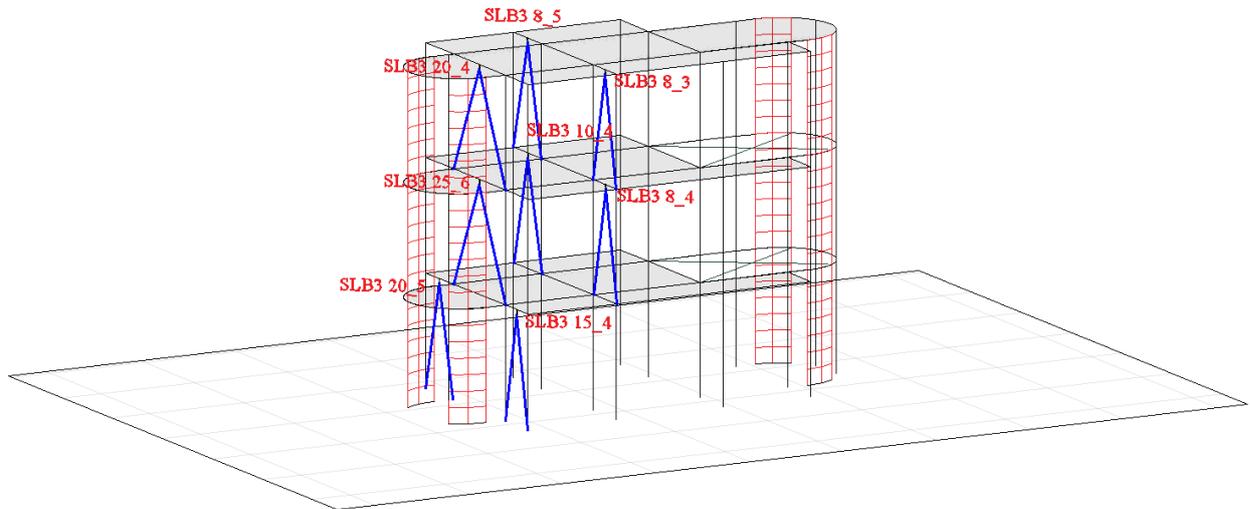
Nota: Elaboración propia.

Tabla 44

Análisis de la tercera iteración del método directo para el Módulo II.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iteración (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy nueva (kN)	Fy max nueva (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K11	81.27	SLB3 8_3	58	107.57	SLB3 8_3	58	107.57	70.1	1.21	Ok!
	K5	231.9	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_4	188.3	348.53	274.29	1.46	Ok!
	K3	104.13	SLB3 8_5	72.7	133.29	SLB3 8_5	72.7	133.29	89.84	1.24	Ok!
TECHO 2	K9	126.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_4	93	166.26	104.83	1.13	Ok!
	K12	95.45	SLB3 8_4	66.3	120.87	SLB3 8_4	66.3	120.87	71.64	1.08	Ok!
	K4	353.4	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_6	357.1	655.63	489.56	1.37	Ok!
TECHO 1	K1	240.53	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_5	218.4	395.71	292.65	1.34	Ok!
	K2	191.53	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_4	149.7	276.57	205.3	1.37	Ok!

Nota: Elaboración propia.

Figura 54
Modulo II – Asignación final de disipadores SLB.


Nota: Elaboración propia.

MÓDULO III

Tabla 45
Análisis preliminar de selección de disipadores.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Próximo Disipador	Fy nuevo (kN)	Fy máx nuevo (kN)	Disipador programa computacional	Fy (kN)	Fy max (kN)
TECHO3	K3	150.86	SLB3 10_4	93	166.26	SLB3 10_2	68	128.71
	K6	197.35	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 10_2	68	128.71
	K9	243.25	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 10_2	68	128.71
	K13	160.19	SLB3 10_5	112.2	182.26	SLB3 10_2	68	128.71
TECHO2	K2	319.5	SLB3 20_5	218.4	395.71	SLB3 10_2	68	128.71
	K5	329.07	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 10_2	68	128.71
	K8	425.83	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 10_2	68	128.71
	K11	331.97	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 10_2	68	128.71
TECHO1	K1	366.78	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 10_2	68	128.71
	K4	294.01	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 10_2	68	128.71
	K7	395.29	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 10_2	68	128.71
	K10	378.73	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 10_2	68	128.71

Nota: Elaboración propia.



Tabla 46

Análisis de la primera iteración del método directo para el Módulo III.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iterac. (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy (kN)	Fy max (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K3	203.38	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 15_4	149.7	276.57	257.85	1.72	SLB3 20_4
	K6	201.48	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_3	126.1	240.45	230.6	1.83	SLB3 15_4
	K9	265.82	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 20_4	188.3	348.53	336.65	1.79	SLB3 25_3
	K13	329.51	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_3	238.2	457.15	381.44	1.6	SLB3 25_4
TECHO 2	K2	436.17	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 25_5	319	592.39	579.63	1.82	SLB3 25_7
	K5	438.9	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 25_5	319	592.39	586.42	1.84	SLB3 25_8
	K8	454.76	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 25_5	319	592.39	707.58	2.22	SLB3 30_8
	K11	584.39	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 25_8	430.7	776.4	802.61	1.86	SLB3 40_6
TECHO 1	K1	502.27	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 25_6	357.1	655.63	706.22	1.98	SLB3 30_8
	K4	509.6	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 25_6	357.1	655.63	734.26	2.06	SLB3 30_8
	K7	398.79	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 25_4	279.6	526.49	719.52	2.57	SLB3 30_8
	K10	530.75	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 25_6	357.1	655.63	832.11	2.33	SLB3 40_7

Nota: Elaboración propia.

Tabla 47

Análisis de la segunda iteración del método directo para el Módulo III.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iteración (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy nueva (kN)	Fy max nueva (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K3	203.38	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_4	188.3	348.53	277.01	1.47	Ok!
	K6	201.48	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_4	149.7	276.57	230.28	1.54	SLB3 15_4
	K9	265.82	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 25_3	238.2	457.15	339.22	1.42	Ok!
	K13	329.51	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_4	279.6	526.49	393.52	1.41	Ok!
TECHO 2	K2	436.17	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 25_7	394.5	716.83	574.97	1.46	Ok!
	K5	438.9	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 25_8	430.7	776.4	599.81	1.39	Ok!
	K8	454.76	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 30_8	508	915.5	704.96	1.39	Ok!
	K11	584.39	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_6	528.7	967.95	814.06	1.54	SLB3 40_7
TECHO 1	K1	502.27	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 30_8	508	915.5	718.91	1.42	Ok!
	K4	509.6	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 30_8	508	915.5	750	1.48	Ok!
	K7	398.79	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 30_8	508	915.5	758.25	1.49	Ok!
	K10	530.75	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 40_7	595.4	1082.3	892.71	1.5	Ok!

Nota: Elaboración propia.

Tabla 48

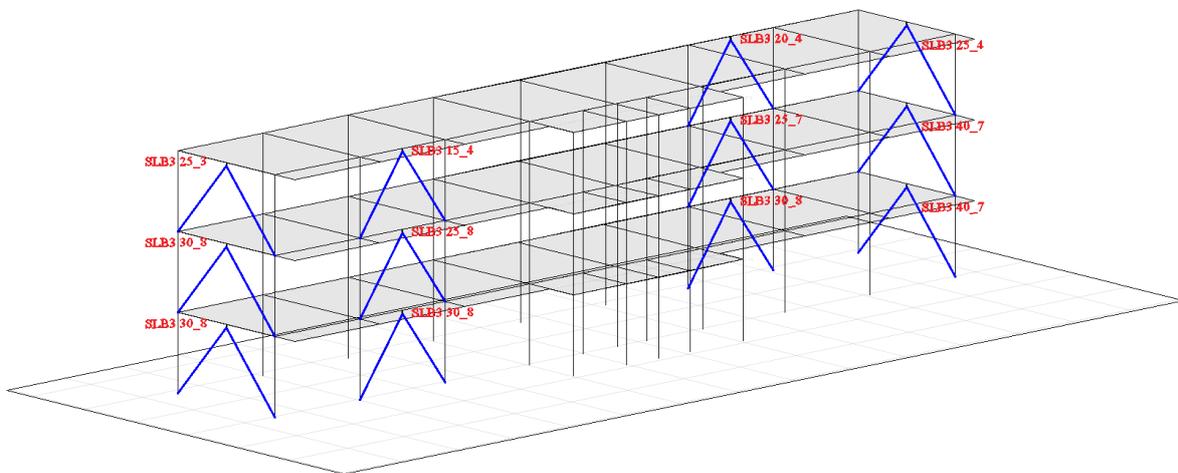
Análisis de la tercera iteración del método directo para el Módulo III.

Piso	Etiqueta	V2 inicial (kN)	Disipador 1era iteración	Fy 1era iteración (kN)	Fy max 1era iteración (kN)	Disipador programa computacional	Fy nueva (kN)	Fy max nueva (kN)	V2 nueva (kN)	Factor D/C	Próximo Disipador
TECHO 3	K3	203.38	SLB3 15_4	149.7	276.57	SLB3 20_4	188.3	348.53	277	1.47	Ok!
	K6	201.48	SLB3 15_3	126.1	240.45	SLB3 15_4	149.7	276.57	230.28	1.54	SLB3 15_4
	K9	265.82	SLB3 20_4	188.3	348.53	SLB3 25_3	238.2	457.15	340.09	1.43	Ok!
	K13	329.51	SLB3 25_3	238.2	457.15	SLB3 25_4	279.6	526.49	391.08	1.4	Ok!
TECHO 2	K2	436.17	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 25_7	394.5	716.83	575.15	1.46	Ok!
	K5	438.9	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 25_8	430.7	776.4	599.86	1.39	Ok!
	K8	454.76	SLB3 25_5	319	592.39	SLB3 30_8	508	915.5	709.5	1.4	Ok!
	K11	584.39	SLB3 25_8	430.7	776.4	SLB3 40_7	595.4	1082.3	817.27	1.37	Ok!
TECHO 1	K1	502.27	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 30_8	508	915.5	718.93	1.42	Ok!
	K4	509.6	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 30_8	508	915.5	750.02	1.48	Ok!
	K7	398.79	SLB3 25_4	279.6	526.49	SLB3 30_8	508	915.5	761.21	1.5	Ok!
	K10	530.75	SLB3 25_6	357.1	655.63	SLB3 40_7	595.4	1082.3	888.46	1.49	Ok!

Nota: Elaboración propia.

Figura 55

Modulo III – Asignación final de disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

4.1.8.4. Masa Participativa y Periodos Fundamentales de la Estructura Reforzada

En el análisis de la estructura con los disipadores SLB considerados luego de las iteraciones realizadas, se obtuvieron los modos de vibración y los periodos fundamentales de cada módulo.



De igual forma que en el análisis de la estructura existente, para este caso de la estructura reforzada se tomaron en cuenta los periodos que superen el 90% de la masa participativa según lo indicado en la NTP E.030.

Tabla 49

Modos, periodos y masa participativa del Módulo I.

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA											
Caso	Modo	Periodo (sec)	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ
Modal	TX	0.331	0.8652	2.62E-05	2.37E-06	0.8652	2.62E-05	2.37E-06	1.45E-05	0.0173	0.0018
Modal	TY	0.297	2.64E-05	0.8527	0.0004	0.8652	0.8527	0.0004	0.0937	1.43E-06	0.0015
Modal	TZ	0.204	0.0014	0.0012	9.44E-06	0.8666	0.8539	0.0004	0.0005	0.0014	0.8562
Modal	4	0.139	8.65E-06	0	0	0.8666	0.8539	0.0004	0	0.0017	0
Modal	5	0.139	0.0001	0	0	0.8666	0.8539	0.0004	0	0.0114	2.18E-06
Modal	6	0.133	3.63E-05	5.78E-07	0.002	0.8666	0.8539	0.0024	0.0001	2.77E-05	2.31E-06
Modal	7	0.132		7.27E-07	0.0138	0.8667	0.8539	0.0162	0.001	0.0001	7.43E-06
Modal	8	0.129	0.103	3.90E-05	7.32E-06	0.9698	0.8539	0.0163	0.0001	0.1078	8.93E-06
Modal	9	0.127	0.0004	0	0	0.9702	0.8539	0.0163	0	0.0058	4.14E-06
Modal	10	0.124	5.31E-06	9.27E-06	0.0069	0.9702	0.8539	0.0231	0.0003	0.0001	1.03E-05
Modal	11	0.124	0.0013	0	0.0003	0.9715	0.8539	0.0234	3.06E-05	5.08E-07	6.47E-07
Modal	12	0.122	0.003	3.83E-06	0	0.9744	0.8539	0.0234	1.93E-05	0.0106	1.49E-05
Modal	13	0.121	1.91E-05	0	0	0.9744	0.8539	0.0234	0	2.63E-06	3.17E-06
Modal	14	0.121	0.0005	3.39E-06	0	0.9749	0.8539	0.0234	1.28E-05	0.0019	3.43E-06
Modal	15	0.115	3.97E-05	5.58E-07	3.51E-05	0.975	0.8539	0.0234	0.0006	0.0001	0
Modal	16	0.115	1.05E-05	0.0008	0.0001	0.975	0.8547	0.0236	0.0059	3.54E-05	0



Modal	17	0.114	0.0006	2.88E-06	0	0.9756	0.8547	0.0236	3.85E-06	0.0105	2.52E-05
Modal	18	0.112	0	0.0052	2.13E-05	0.9756	0.8599	0.0236	0.0172	8.33E-07	7.93E-06
Modal	19	0.11	9.83E-07	0.0055	0.0004	0.9756	0.8654	0.024	0.0176	0.0001	2.65E-05
Modal	20	0.11	1.79E-05	0.0852	0.0073	0.9756	0.9507	0.0313	0.2736	1.64E-06	4.81E-06

Nota: Elaboración propia.

Tabla 50

Modos, periodos y masa participativa del Módulo II.

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA

Caso	Modo	Periodo (sec)	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ
Modal	TY	0.292	0.0099	0.5458	0	0.0099	0.5458	0	0.1665	0.0069	0.3218
Modal	TX	0.27	0.6573	0.0331	0	0.6672	0.5789	0	0.0173	0.3447	0.0035
Modal	TZ	0.226	0.0404	0.2073	0	0.7076	0.7862	0	0.0872	0.0121	0.4159
Modal	4	0.114	0.0131	0.1553	0	0.7206	0.9415	0	0.3608	0.0051	0.045
Modal	5	0.102	0.0757	0.0088	0	0.7963	0.9503	0	0.1433	0.0949	0.0813
Modal	6	0.092	0.1137	4.05E-06	0	0.91	0.9503	0	0.0124	0.2639	0.044
Modal	7	0.069	0.0005	0.0137	0	0.9105	0.964	0	0.058	0.0007	0.0194
Modal	8	0.061	0.0002	0.0004	0	0.9107	0.9644	0	0.0106	0.0001	0.0031
Modal	9	0.059	0.0073	0.0123	0	0.918	0.9767	0	0.0411	0.0206	0.0016

Nota: Elaboración propia.



Tabla 51

Modos, periodos y masa participativa del Módulo III.

FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA											
Caso	Modo	Periodo (sec)	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ
Modal	TX	0.3	0.8318	0.0001	0	0.8318	0.0001	0	1.34E-05	0.013	0.0003
Modal	TY	0.27	0.0001	0.8319	0.0006	0.8318	0.832	0.0006	0.1147	3.70E-06	0.0007
Modal	TZ	0.179	0.0002	0.0006	5.51E-06	0.8321	0.8326	0.0006	0.0003	0.0018	0.826
Modal	4	0.138	8.00E-06	0	0	0.8321	0.8326	0.0006	1.59E-06	0.001	7.35E-07
Modal	5	0.138	0	0	0	0.8321	0.8326	0.0006	8.24E-07	0.005	0
Modal	6	0.134	8.75E-07	2.35E-06	0.0011	0.8321	0.8326	0.0017	2.72E-05	5.15E-07	1.47E-06
Modal	7	0.134	5.65E-07	9.00E-07	0.0058	0.8321	0.8326	0.0076	0.0003	1.13E-06	8.50E-07
Modal	8	0.129	0.0009	0	0	0.833	0.8326	0.0076	8.76E-07	0.005	9.19E-06
Modal	9	0.128	0.0032	0	0	0.8361	0.8326	0.0076	0	0.0278	1.93E-05
Modal	10	0.126	0.0001	0	0	0.8363	0.8326	0.0076	0	0.0064	1.49E-06
Modal	11	0.125	3.11E-06	7.44E-06	0.0043	0.8363	0.8326	0.0119	0.0001	4.43E-06	5.79E-06
Modal	12	0.121	0.0001	1.21E-06	2.00E-06	0.8364	0.8326	0.0119	6.25E-06	1.89E-05	2.68E-05
Modal	13	0.121	0.0003	0	3.58E-06	0.8366	0.8326	0.0119	0	0.0001	0.0001
Modal	14	0.12	0.0969	2.49E-05	8.80E-07	0.9335	0.8326	0.0119	0.0001	0.0424	5.88E-06
Modal	15	0.118	0.0001	3.48E-05	0.0013	0.9336	0.8326	0.0132	3.07E-06	7.14E-07	3.14E-06
Modal	16	0.118	0.0294	0.0001	1.54E-05	0.963	0.8327	0.0132	0.0003	0.0008	3.37E-05
Modal	17	0.117	0.0018	0.0001	0.0042	0.9648	0.8328	0.0174	0.0001	0.0001	4.36E-06
Modal	18	0.117	0.0024	0.0001	8.71E-07	0.9673	0.8329	0.0174	0.0004	0.0002	2.19E-06
Modal	19	0.117	0.0012	1.22E-05	0.0096	0.9684	0.8329	0.0271	0.0015	0.0001	3.54E-05



Modal	20	0.111	3.83E-05	7.19E-06	1.09E-06	0.9685	0.8329	0.0271	2.42E-05	0.0001	0.0001
Modal	21	0.111	1.35E-06	1.18E-06	4.33E-06	0.9685	0.8329	0.0271	9.49E-07	0.0001	4.43E-05
Modal	22	0.111	0	0.0002	0.0046	0.9685	0.8331	0.0316	4.63E-05	8.62E-07	3.13E-05
Modal	23	0.111	1.46E-05	4.99E-06	9.67E-07	0.9685	0.8331	0.0316	1.46E-05	2.16E-05	0.0001
Modal	24	0.11	0.0003	0	8.95E-06	0.9688	0.8331	0.0316	0	0.0003	0
Modal	25	0.108	4.91E-05	0.001	1.31E-05	0.9688	0.8341	0.0316	0.0041	0.0047	1.94E-06
Modal	26	0.108	0.0011	3.18E-05	0	0.9699	0.8341	0.0316	0.0002	0.0221	1.14E-05
Modal	27	0.106	7.28E-07	0.0052	0.0009	0.9699	0.8393	0.0326	0.014	3.54E-06	3.16E-06
Modal	28	0.104	0.0002	0.0002	9.70E-06	0.9701	0.8395	0.0326	0.0005	0.0135	4.04E-05
Modal	29	0.103	2.27E-05	0.0805	0.0108	0.9702	0.92	0.0434	0.2199	8.10E-06	0.0001

Nota: Elaboración propia.

4.1.8.5. Derivas de Entrepiso de la Estructura Reforzada

Asimismo, luego de obtener los disipadores empleados para el análisis de la estructura reforzada, se consideró las derivas de entrepiso para cada nivel en los 3 módulos de la estructura.

MÓDULO I

Tabla 52

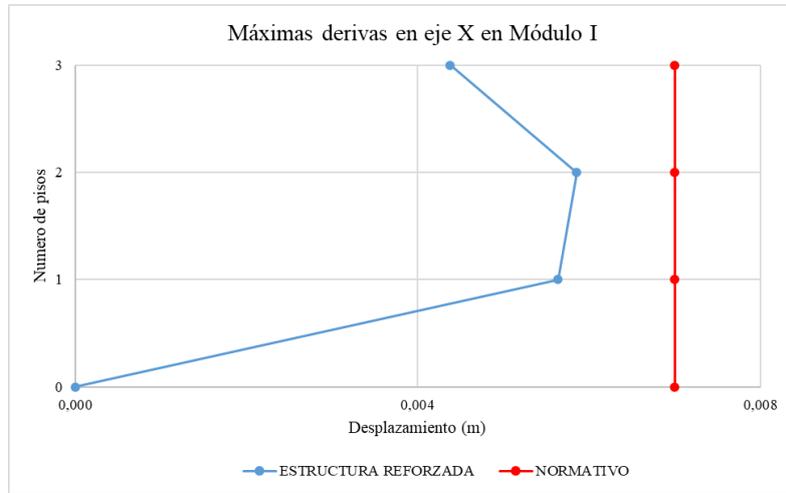
Derivas de entrepiso del Módulo I con disipadores SLB en dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	0.004377	10.5	Cumple
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	0.005852	7.0	Cumple
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	0.005637	3.5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 56

Deriva en dirección X – Módulo I con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 53

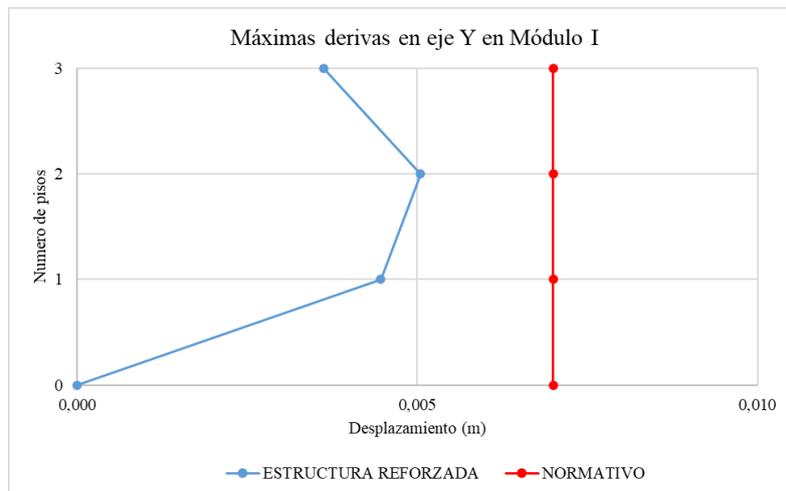
Derivas de entrepiso del Módulo I con disipadores SLB en dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	0.00362	10.5	Cumple
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	0.005046	7.0	Cumple
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	0.004463	3.5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 57

Deriva en dirección Y– Módulo I con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

MÓDULO II

Tabla 54

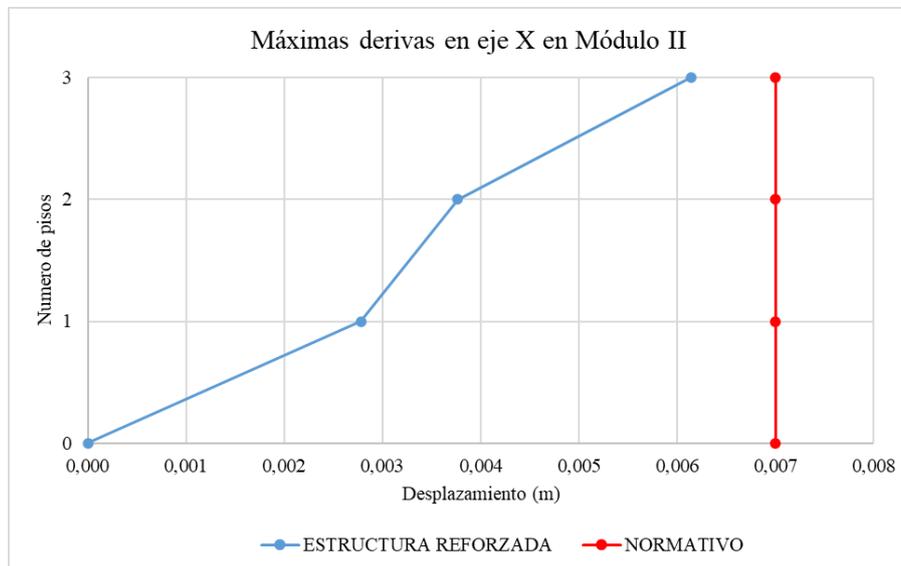
Derivas de entrepiso del Módulo II con disipadores SLB en dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	0.006144	10.5	Cumple
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	0.003766	7.0	Cumple
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	0.002779	3.5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 58

Deriva en dirección X- Módulo II con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 55

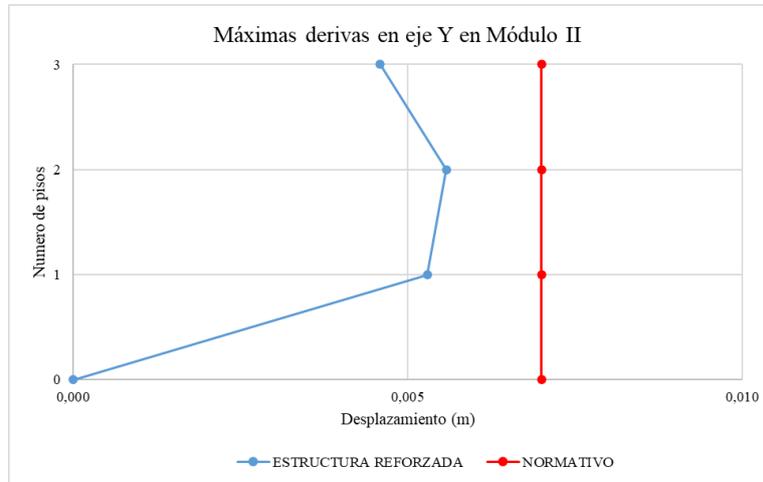
Derivas de entrepiso del Módulo II con disipadores SLB en dirección Y

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	0.004585	10.5	Cumple
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	0.005575	7.0	Cumple
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	0.005292	3.5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 59

Deriva en dirección Y– Módulo II con disipadores SLB



Nota: Elaboración propia.

MÓDULO III

Tabla 56

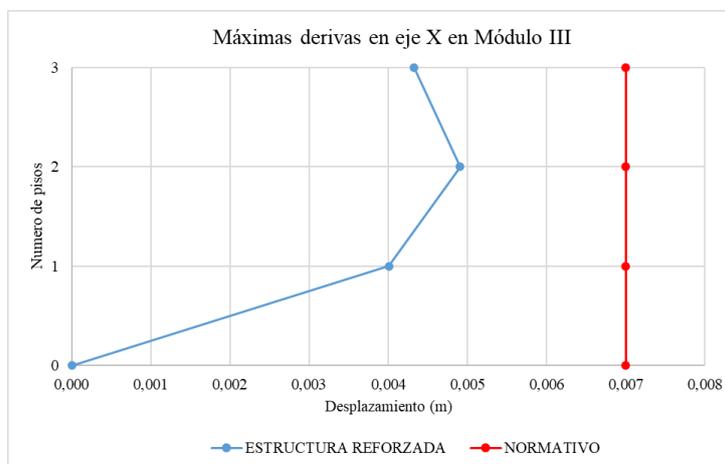
Derivas de entrepiso del Módulo III con disipadores SLB en dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	0.004325	10.5	Cumple
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	0.004908	7.0	Cumple
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	0.004009	3.5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 60

Deriva en dirección X – Módulo III con disipadores SLB.

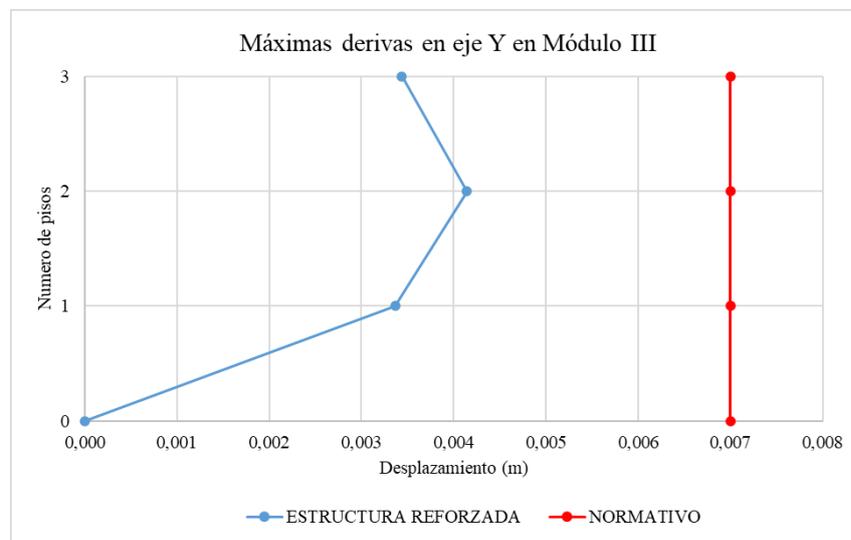


Nota: Elaboración propia.

Tabla 57
Derivas de entrepiso del Módulo III con disipadores SLB en dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Deriva entrepiso 0.85 R	Altura (m)	Condición
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	0.003438	10.5	Cumple
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	0.004143	7.0	Cumple
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	0.003366	3.5	Cumple

Nota: Elaboración propia.

Figura 61
Deriva en dirección Y – Módulo III con disipadores SLB.

Nota: Elaboración propia.

4.1.8.6. Desplazamientos de la Estructura Reforzada

Finalmente, de la misma forma que se obtuvo las derivas de entrepiso, se pudo obtener los desplazamientos acumulados de cada nivel por cada módulo analizado.

MÓDULO I

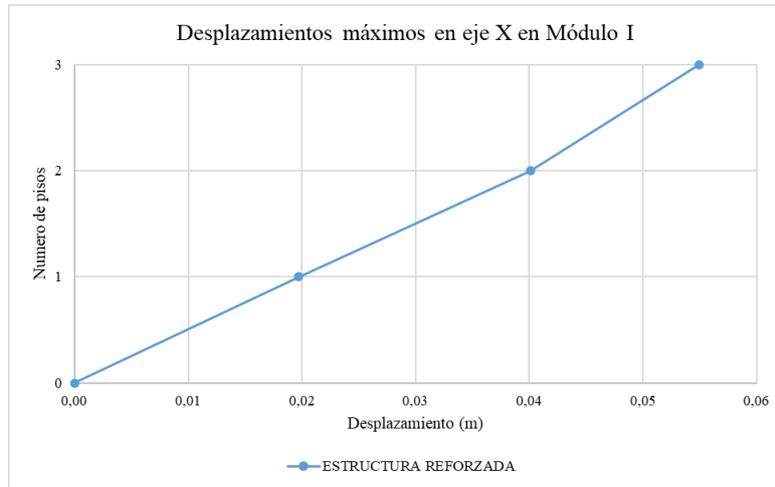
Tabla 58
Desplazamientos del Módulo I con disipadores SLB en dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	10.5	0.054949
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	7	0.040082
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	3.5	0.019728

Nota: Elaboración propia.

Figura 62

Desplazamiento en dirección X– Módulo I con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 59

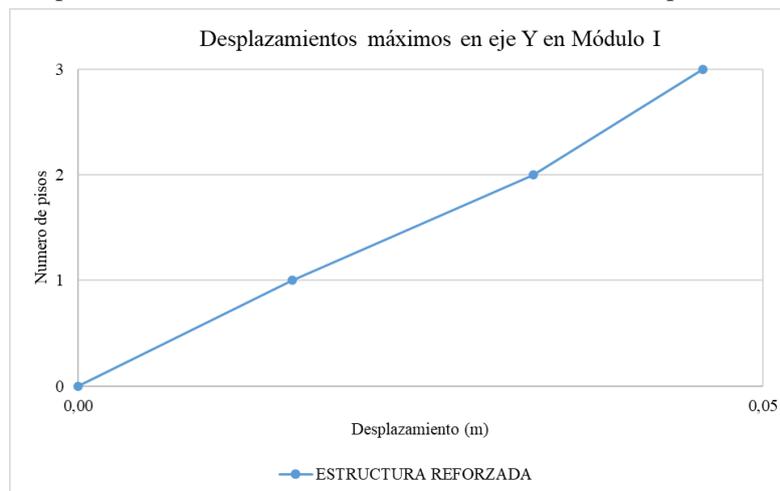
Desplazamientos del Módulo I con disipadores SLB en dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	10.5	0.045646
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	7	0.033216
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	3.5	0.015621

Nota: Elaboración propia.

Figura 63

Desplazamiento en dirección Y – Módulo I con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

MÓDULO II

Tabla 60

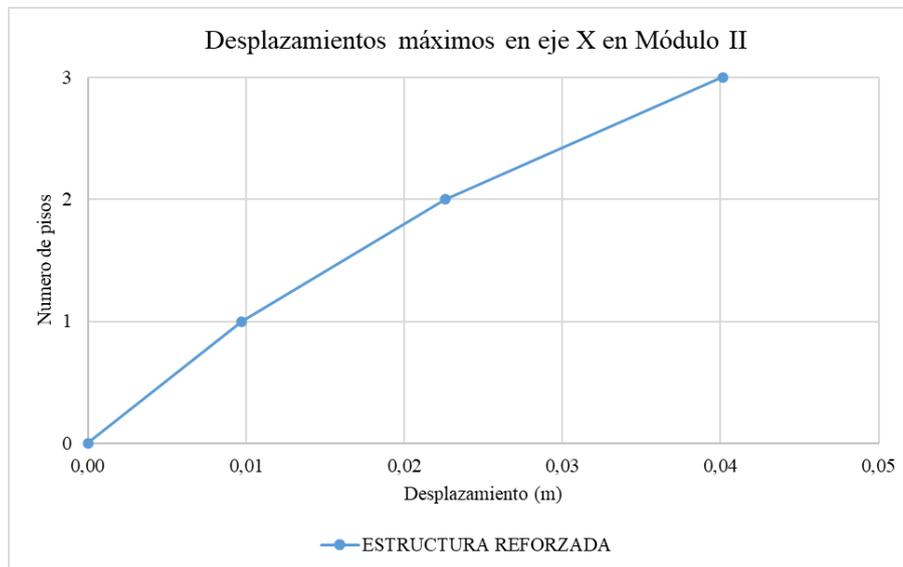
Desplazamientos del Módulo II con disipadores SLB en dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	10.5	0.040132
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	7	0.022582
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	3.5	0.009727

Nota: Elaboración propia.

Figura 64

Desplazamiento en dirección X – Módulo II con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 61

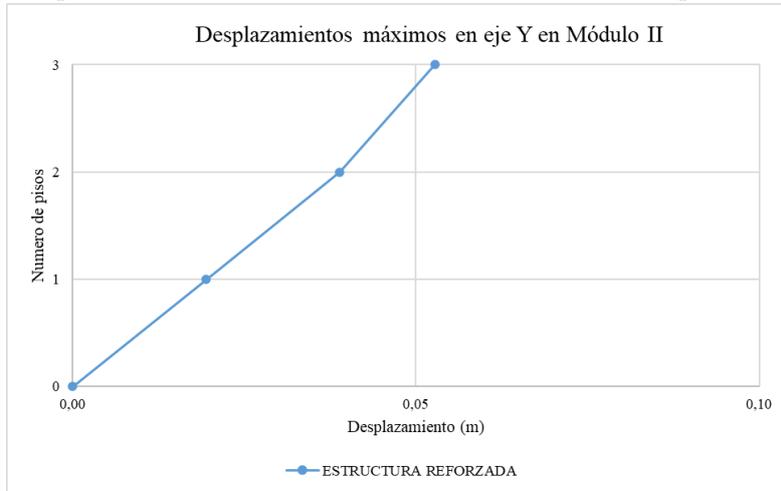
Desplazamientos del Módulo II con disipadores SLB en dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	10.5	0.052772
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	7	0.038879
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	3.5	0.01947

Nota: Elaboración propia.

Figura 65

Desplazamiento en dirección Y – Módulo II con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

MÓDULO III

Tabla 62

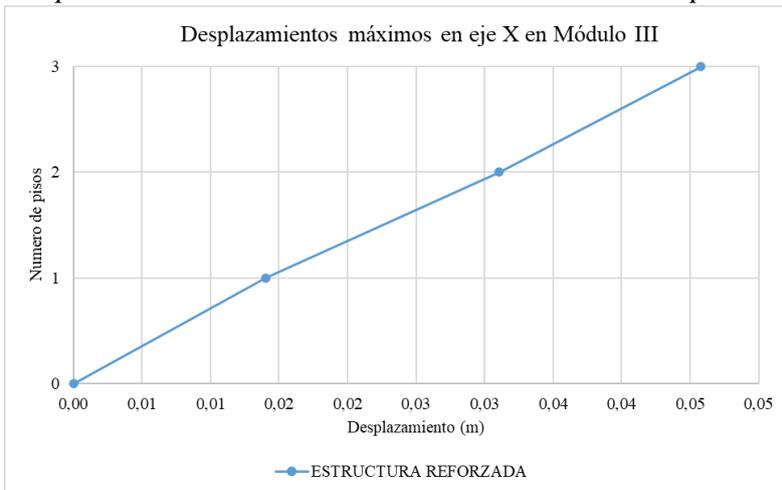
Desplazamientos del Módulo III con disipadores SLB en dirección X.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDXX	X	10.5	0.045772
Nivel 2	DERIVA SDXX	X	7	0.031074
Nivel 1	DERIVA SDXX	X	3.5	0.014032

Nota: Elaboración propia.

Figura 66

Desplazamiento en dirección X – Módulo III con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 63

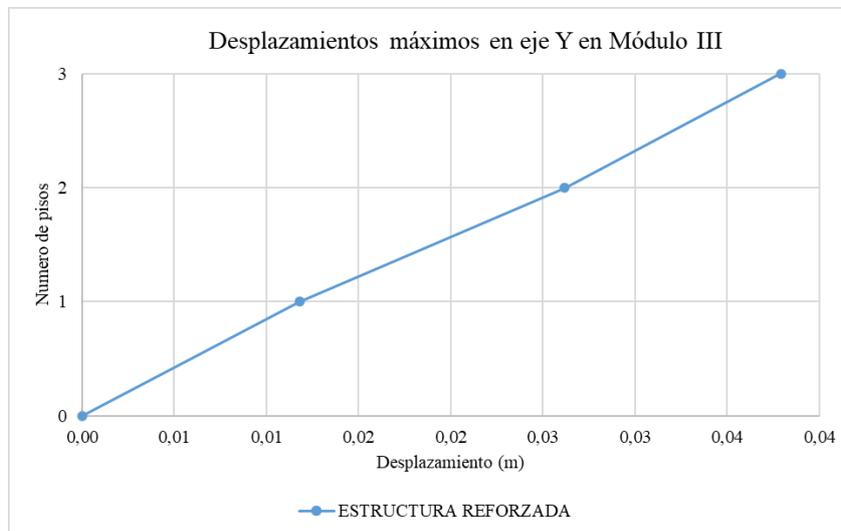
Desplazamientos del Módulo III con disipadores SLB en dirección Y.

Nivel	Carga	Dirección	Altura (m)	Desplazamiento máx. (m)
Nivel 3	DERIVA SDYY	Y	10.5	0.037912
Nivel 2	DERIVA SDYY	Y	7	0.026182
Nivel 1	DERIVA SDYY	Y	3.5	0.011781

Nota: Elaboración propia.

Figura 67

Desplazamiento en dirección Y – Módulo III con disipadores SLB.



Nota: Elaboración propia.

4.1.8.7. Valores para verificación de Torsión en Edificio con Disipadores SLB.

MÓDULO I

Tabla 64

Valores para verificación torsional Modulo I con disipadores eje X.

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 X	0.004377	0.004324
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 X	0.005852	0.005736
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 X	0.005637	0.005516

Nota: Elaboración propia.

Tabla 65*Valores para verificación torsional Modulo I con disipadores eje Y.*

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 Y	0.00362	0.003479
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 Y	0.005046	0.004746
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 Y	0.004463	0.004164

Nota: Elaboración propia.

- **MÓDULO II**

Tabla 66*Valores para verificación torsional Modulo II con disipadores eje X.*

Piso	Caso	Item	Máx. Drift	Prom Drift
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 X	0.006144	0.004866
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 X	0.003681	0.00354
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 X	0.002096	0.001923

Nota: Elaboración propia.**Tabla 67***Valores para verificación Modulo II con disipadores eje Y.*

Piso	Caso	Item	Máx. Drift	Prom Drift
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 Y	0.004585	0.003969
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 Y	0.005575	0.003594
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 Y	0.005292	0.003444

Nota: Elaboración propia.

- **MÓDULO III**

Tabla 68*Valores para verificación Modulo III con disipadores eje X*

Piso	Caso	Item	Máx. Drift	Prom Drift
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 X	0.004325	0.004296
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 X	0.004908	0.004879
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 X	0.004009	0.003981

Nota: Elaboración propia.

Tabla 69
Valores para verificación Modulo III con disipadores eje Y

Piso	Caso	Item	Máx. Drift	Prom Drift
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 Y	0.003438	0.003277
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 Y	0.004143	0.003957
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 Y	0.003366	0.003218

Nota: Elaboración propia.

4.1.8.8. Diseño de los Elementos de Soporte del Disipador SLB

Para poder diseñar los elementos de soporte (Diagonales metálicas) se tomó en cuenta 3 parámetros del modelamiento, tales como son: la fuerza de fluencia máxima del disipador (F_y máx), el ángulo que forma la diagonal con el plano en planta y la longitud de la diagonal considerada. Además de ello, se tomó en cuenta un Factor de Seguridad $F.S.= 1.2$ y el número de disipadores que toma cada par de diagonales, en este caso $n=1$.

Se realizó el resumen (Ver Tabla 70, 71 y 72) de los disipadores por cada módulo considerando los parámetros mencionados, para poder finalmente encontrar la Carga Axial Última de Tracción – Compresión a considerar en el diseño del elemento.

Tabla 70
Carga Axial Última de Tracción – Compresión en diagonales del Módulo I.

Piso	Disipador programa computacional	Dirección	F_y (kN)	F_y max (kN)	F_y max (Tonf)	Ángulo con plano en planta ($^\circ$)	Longitud (m)	Carga Axial última (Tn)
TECHO3	SLB3 10_5	X	112.2	182.26	18.58	54.30	4.12	19.1
	SLB3 15_4	Y	149.7	276.57	28.19	48.00	4.49	25.28
	SLB3 20_4	Y	188.3	348.53	35.53	48.00	4.49	31.86
	SLB3 15_4	X	149.7	276.57	28.19	54.30	4.12	28.99
TECHO2	SLB3 25_4	X	279.6	526.49	53.67	54.30	4.12	55.18
	SLB3 25_5	Y	319	592.39	60.39	48.00	4.49	54.15
	SLB3 25_7	Y	394.5	716.83	73.07	48.00	4.49	65.52
	SLB3 25_4	X	279.6	526.49	53.67	54.30	4.12	55.18
TECHO1	SLB3 25_6	X	357.1	655.63	66.83	54.30	4.12	68.71
	SLB3 25_5	Y	319	592.39	60.39	48.00	4.49	54.15
	SLB3 25_7	Y	394.5	716.83	73.07	48.00	4.49	65.52
	SLB3 25_6	X	357.1	655.63	66.83	54.30	4.12	68.71

Nota: Elaboración propia.

Tabla 71
Carga Axial Última de Tracción – Compresión en diagonales del Módulo II.

Piso	Disipador programa computacional	Dirección	Fy (kN)	Fy max (kN)	Fy max (Tonf)	Ángulo con plano en planta (°)	Longitud (m)	Carga Axial última (Tn)
TECHO3	SLB3 8_3	Y	58	107.57	10.97	75.00	3.46	25.43
	SLB3 20_4	Y	188.3	348.53	35.53	63.75	3.73	48.2
	SLB3 8_5	Y	72.7	133.29	13.59	77.75	3.43	38.43
TECHO2	SLB3 10_4	Y	93	166.26	16.95	77.75	3.43	47.93
	SLB3 8_4	Y	66.3	120.87	12.32	75.00	3.46	28.56
	SLB3 25_6	Y	357.1	655.63	66.83	63.75	3.73	90.66
TECHO1	SLB3 20_5	Y	218.4	395.71	40.34	75.00	3.46	93.52
	SLB3 15_4	Y	149.7	276.57	28.19	77.75	3.43	79.72

Nota: Elaboración propia.

Tabla 72
Carga Axial Última de Tracción – Compresión en diagonales del Módulo III.

Piso	Disipador programa computacional	Dirección	Fy (kN)	Fy max (kN)	Fy max (Tonf)	Ángulo con plano en planta (°)	Longitud (m)	Carga Axial última (Tn)
TECHO3	SLB3 20_4	X	188.3	348.53	35.53	54.30	4.12	36.53
	SLB3 15_4	X	149.7	276.57	28.19	54.30	4.12	28.99
	SLB3 25_3	Y	238.2	457.15	46.6	48.00	4.49	41.79
	SLB3 25_4	Y	279.6	526.49	53.67	48.00	4.49	48.13
TECHO2	SLB3 25_7	X	394.5	716.83	73.07	54.30	4.12	75.13
	SLB3 25_8	X	430.7	776.4	79.14	54.30	4.12	81.37
	SLB3 30_8	Y	508	915.5	93.32	48.00	4.49	83.68
	SLB3 40_7	Y	595.4	1082.3	110.33	48.00	4.49	98.93
TECHO1	SLB3 30_8	X	508	915.5	93.32	54.30	4.12	95.95
	SLB3 30_8	X	508	915.5	93.32	54.30	4.12	95.95
	SLB3 30_8	Y	508	915.5	93.32	48.00	4.49	83.68
	SLB3 40_7	Y	595.4	1082.3	110.33	48.00	4.49	98.93

Nota: Elaboración propia.

Con la Carga Axial Última obtenida se realizó la verificación del elemento considerado en el Análisis, el elemento HSS 200mm x 200mm x 9mm cumple con las cargas que le aportan los disipadores. Para la explicación de la verificación se seleccionó el elemento con mayor carga, el cual fue aportada por el disipador SLB3 40_7 en el Módulo III (Ver Anexo 04).

4.1.9. Análisis Tiempo Historia No Lineal

La NTP E.030, establece en el artículo 30, que como mínimo se pueden seleccionar 3 registros de aceleraciones, cada registro debe tener 2 componentes las cuales deben estar en direcciones ortogonales entre sí, para el análisis del módulo I, módulo II y módulo III se usaron 7 pares de registros en las direcciones E-W y N-S; por lo que, según la norma se debe analizar el promedio de los resultados obtenidos.

A continuación, se presenta la Tabla 75 con información sobre los sismos seleccionados de cada estación acelerográfica, estos registros fueron corregidos por línea base y filtrados.

Tabla 73

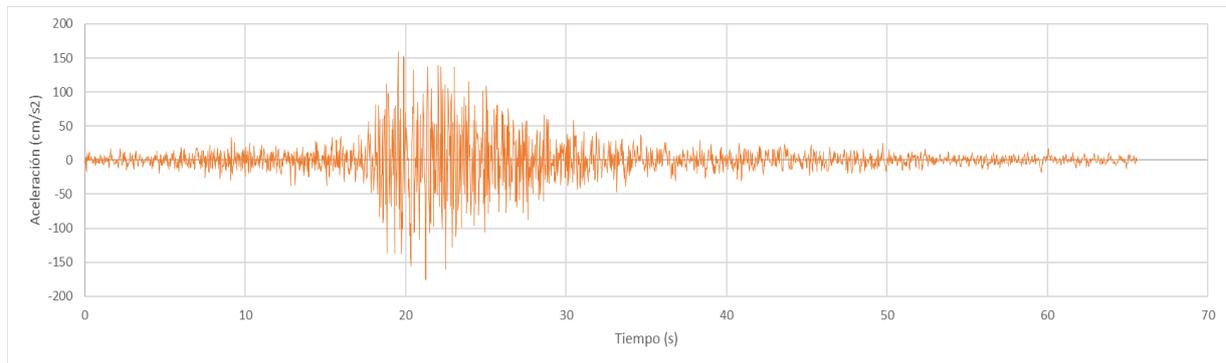
Registros sísmicos empleados en el análisis THNL.

Código	Fecha	Duración (s)	Com.	Acel. Máx. (cm/s²)
TH66	17 de octubre de 1966	65.6	E-W	175.42
			N-S	267.85
TH70	31 de mayo de 1970	45.14	E-W	104.278
			N-S	99.508
TH71	29 de noviembre de 1971	40.12	E-W	53.66
			N-S	86.21
TH741	05 de enero de 1974	32.80	E-W	138.94
			N-S	156.30
TH742	03 de octubre de 1974	97.92	E-W	190.361
			N-S	169.368
TH01	23 de junio de 2001	198.91	E-W	295.152
			N-S	219.99
TH07	15 de agosto del 2007	163.83	E-W	51.053
			N-S	57.233

Nota: Elaboración propia.

Figura 68

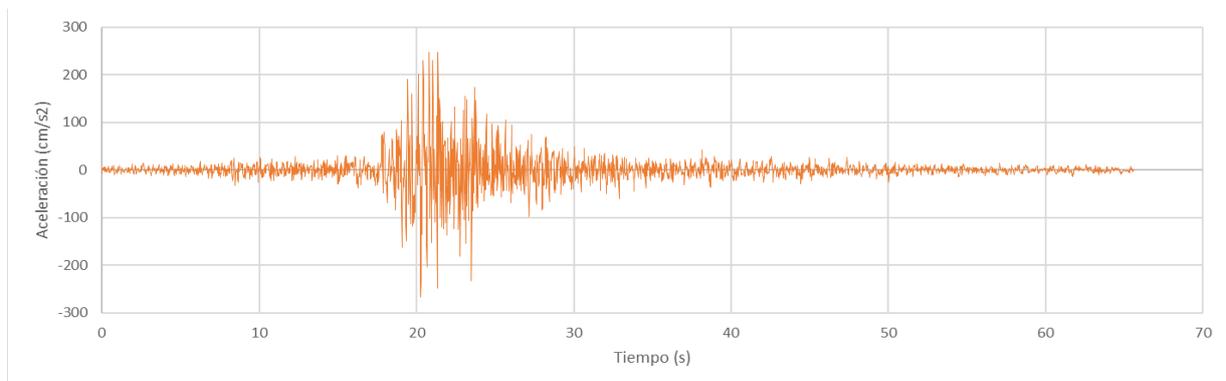
Registro sísmico de 1966 componente E -W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 69

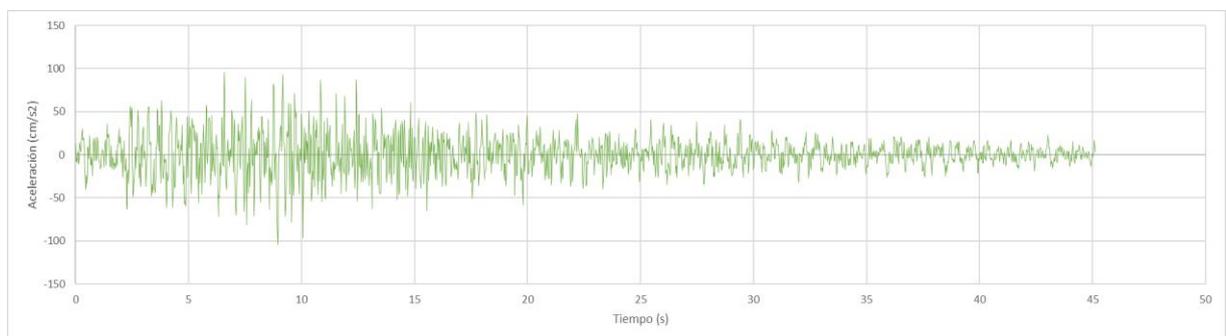
Registro sísmico de 1966 componente N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 70

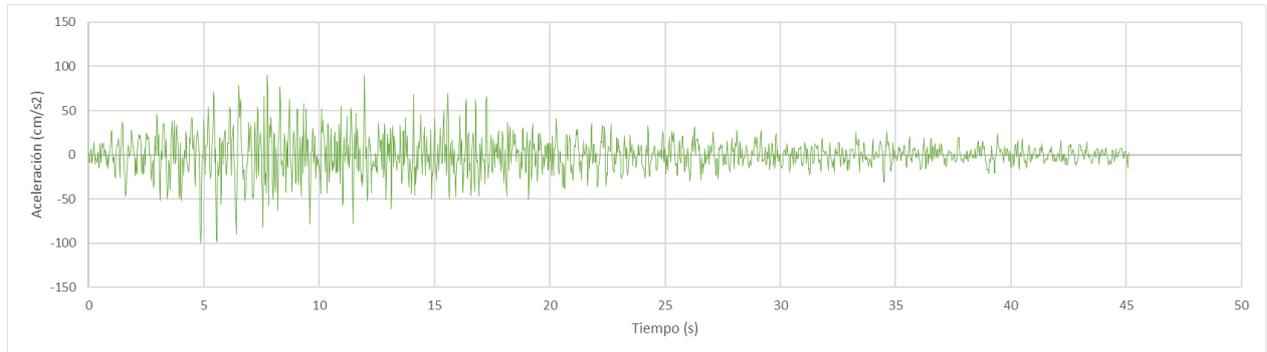
Registro sísmico de 1970 componente E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 71

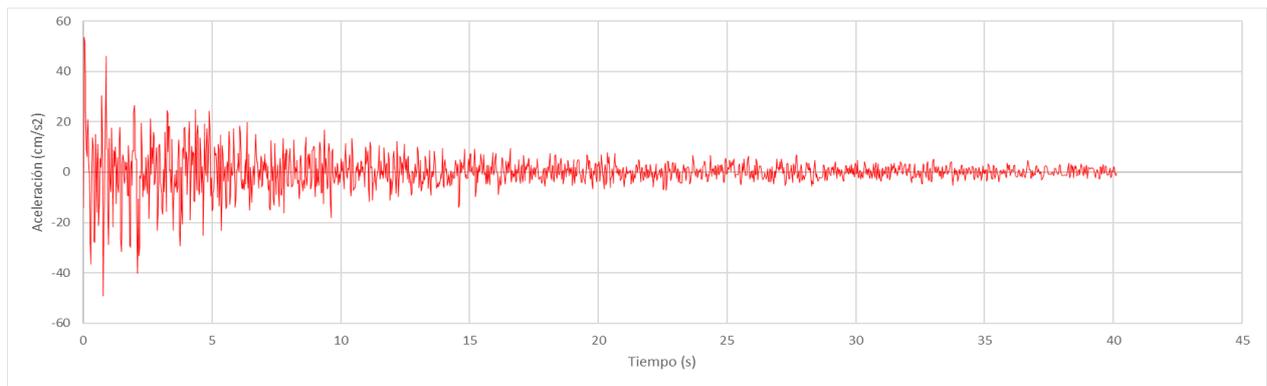
Registro sísmico de 1970 componente N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 72

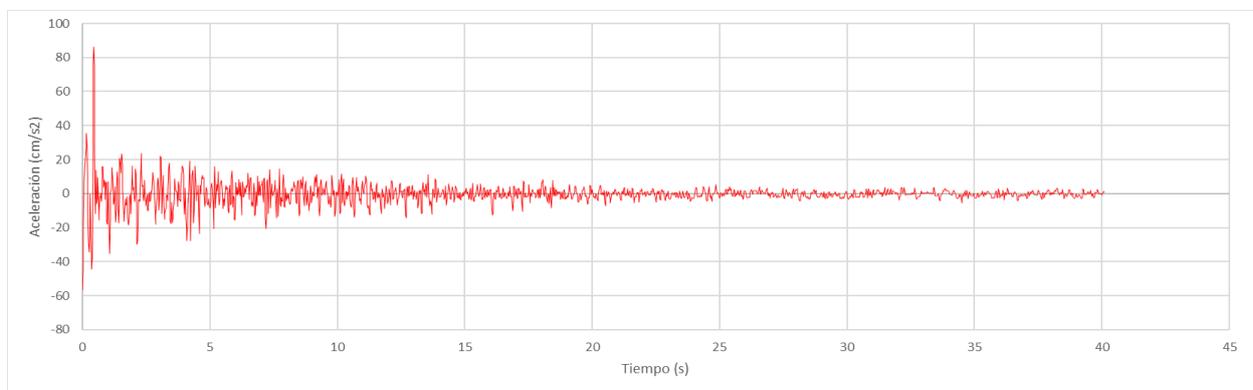
Registro sísmico de 1971 componente E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 73

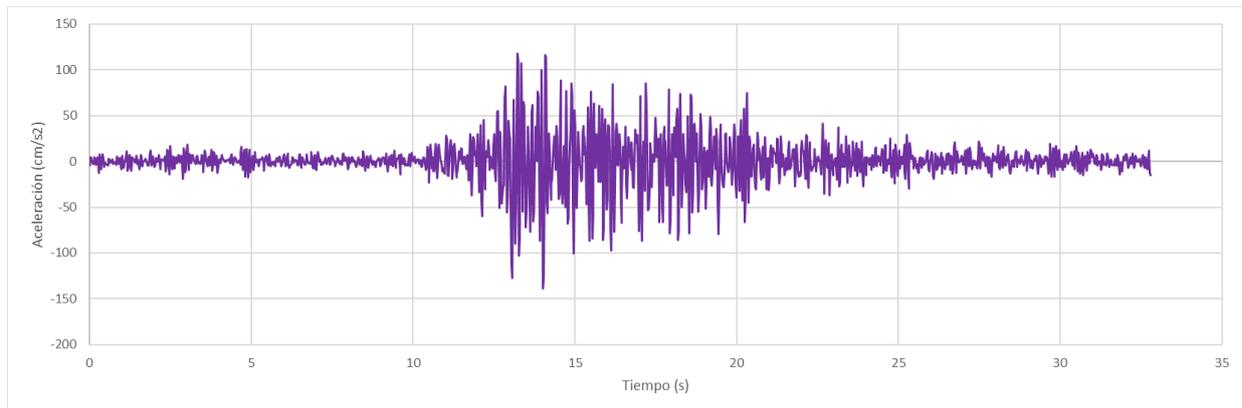
Registro sísmico de 1971 componente N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 74

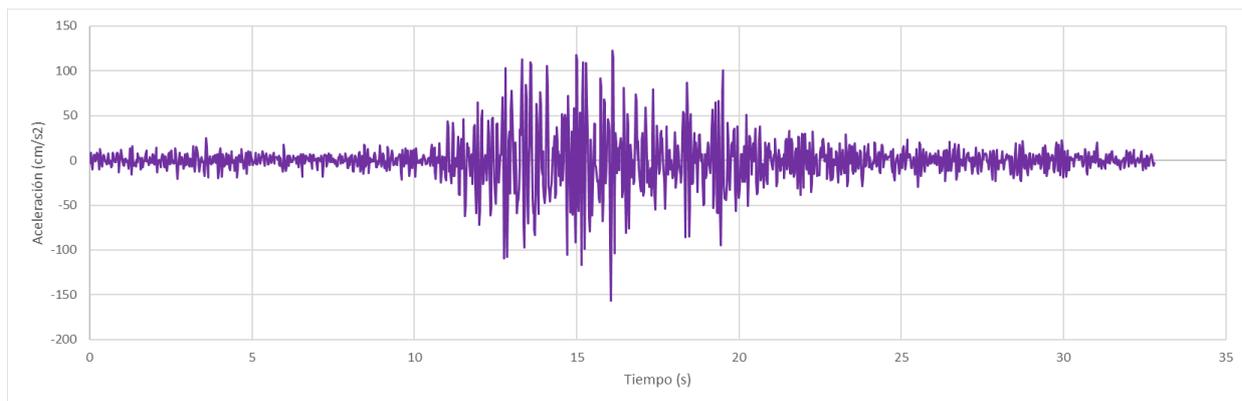
Registro sísmico de 1974.1 componente E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 75

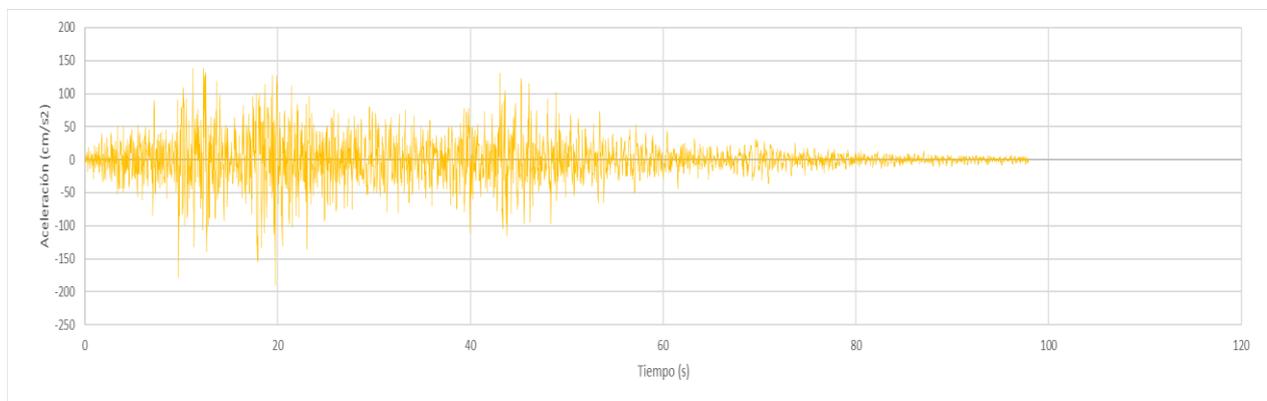
Registro sísmico de 1974.1 componente N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 76

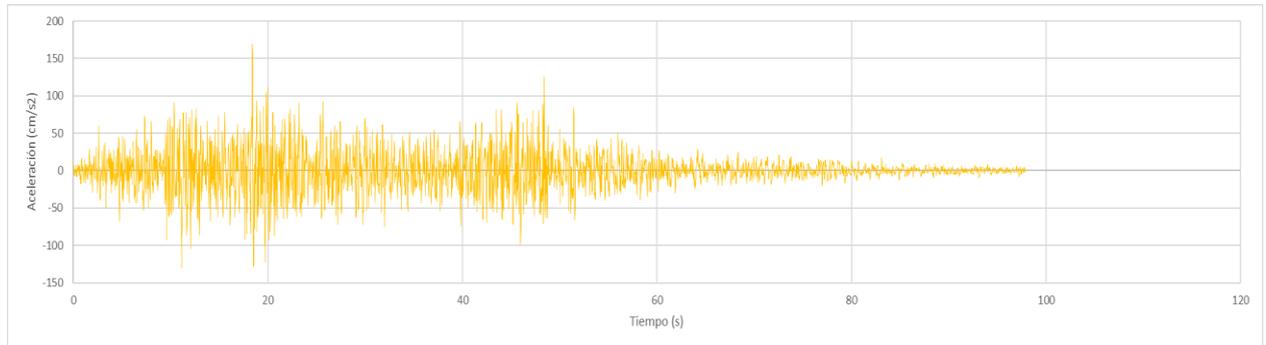
Registro sísmico de 1974.2 componente E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 77

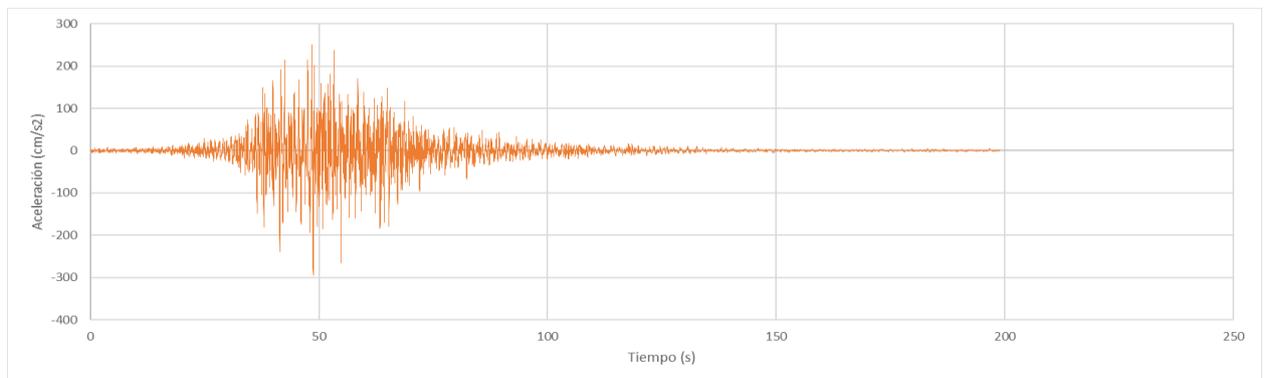
Registro sísmico de 1974.2 componente N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 78

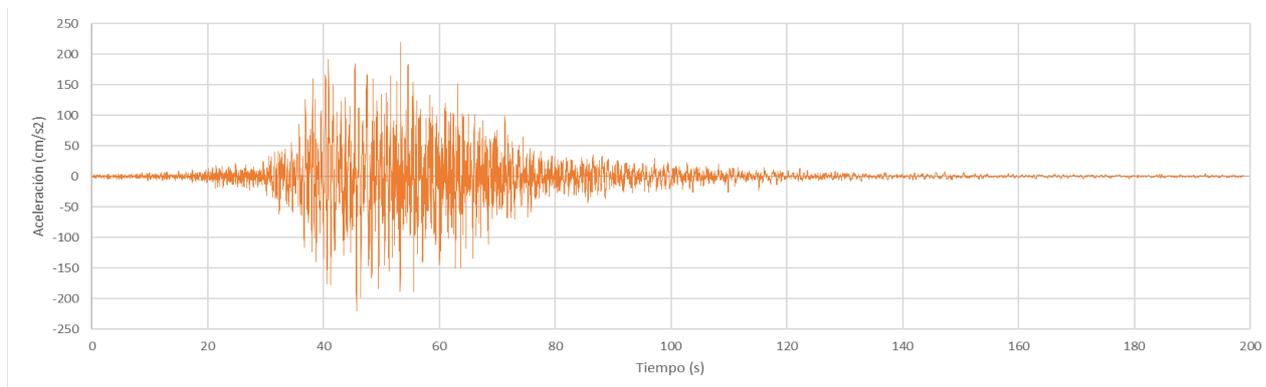
Registro sísmico de 2001 componente E -W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 79

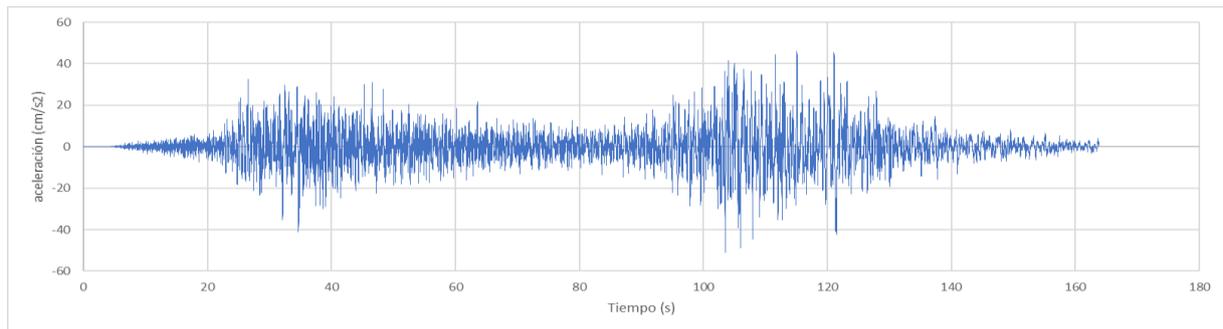
Registro sísmico de 2001 componente N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 80

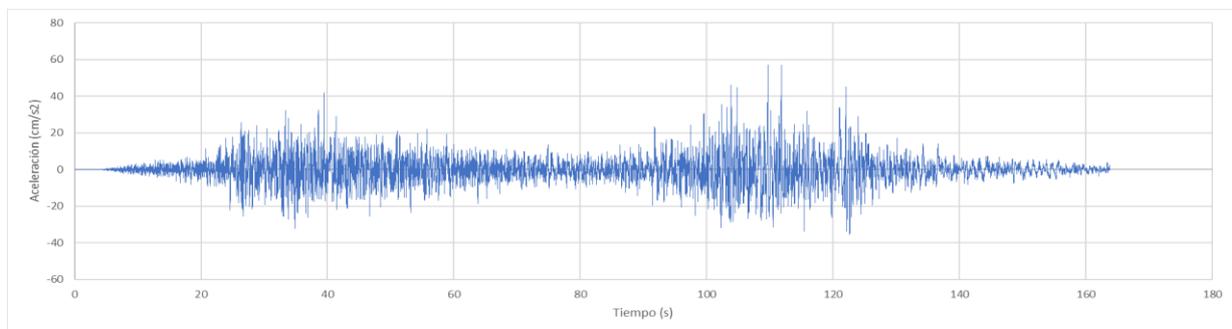
Registro sísmico de 2007 componente E -W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 81

Registro sísmico de 2007 componente N-S.



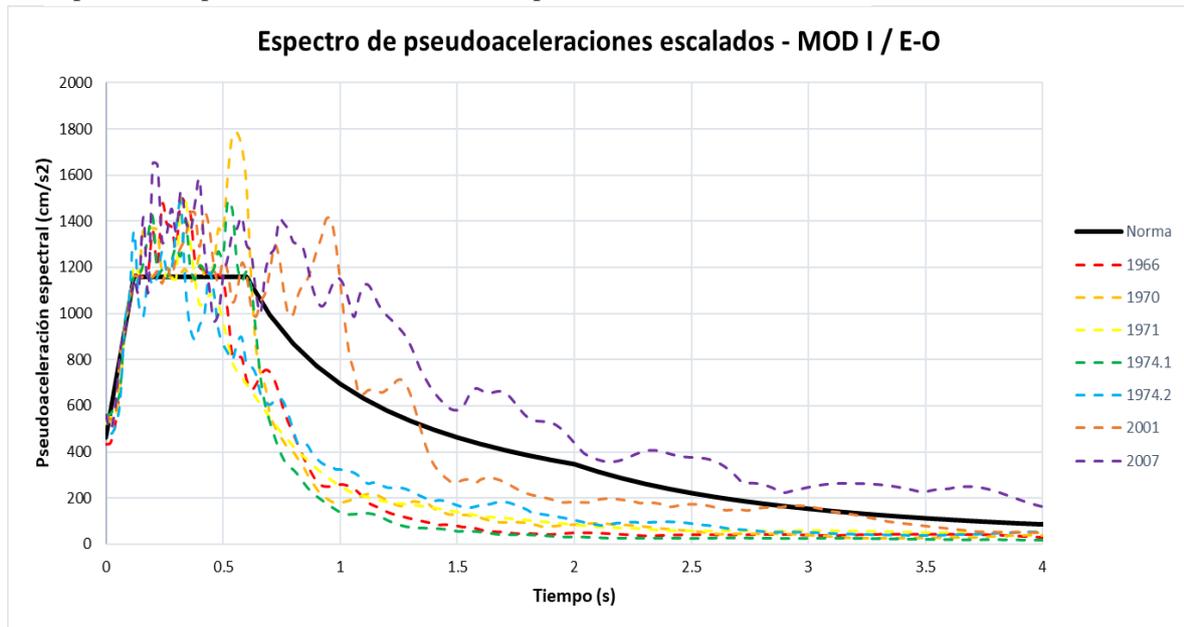
Nota: Elaboración propia.

Por otro lado, se indica en la norma que se debe construir espectros compatibles a partir de cada registro sísmico por cada componente, considerando un tramo de periodos entre $0.2T$ y $1.5T$ con $R=1$. Una vez obtenidos los espectros compatibles de diseño (DBE) se optó por realizar la verificación para Sismos Máximos Considerados (MCE) aplicando un factor de escala de 1.50 para los espectros en cada dirección, dicho factor se consideró en el programa computacional.

A continuación, se presentan los espectros compatibles de diseño (DBE) para los 03 módulos, en dirección E-O y N-S, previo al escalamiento final en el programa computacional.

Figura 82

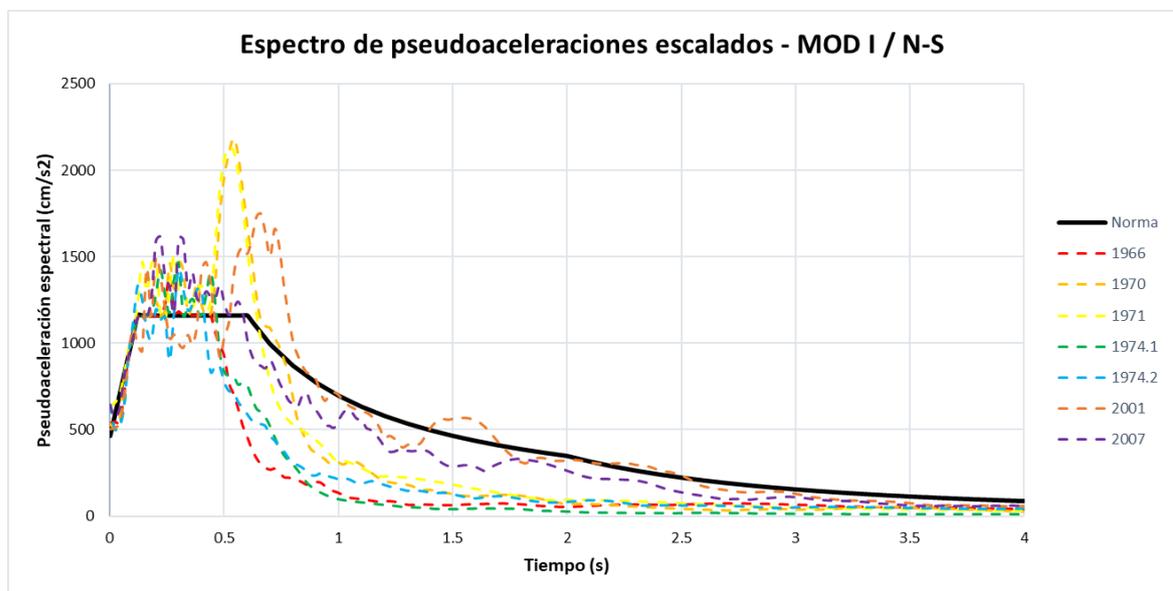
Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD I / E-O.



Nota: Elaboración propia.

Figura 83

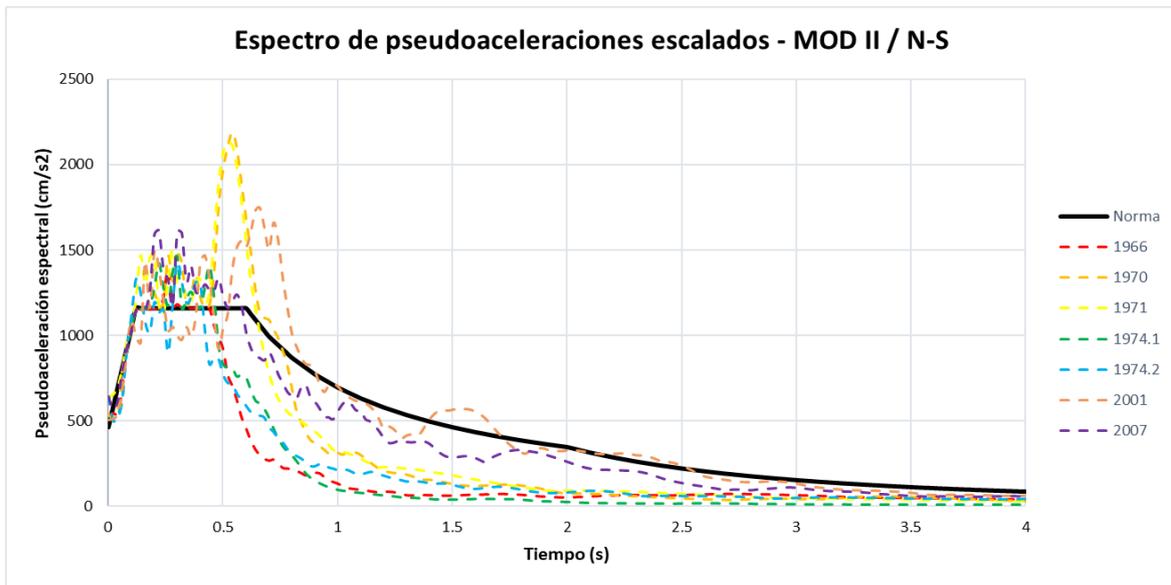
Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD I / N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 84

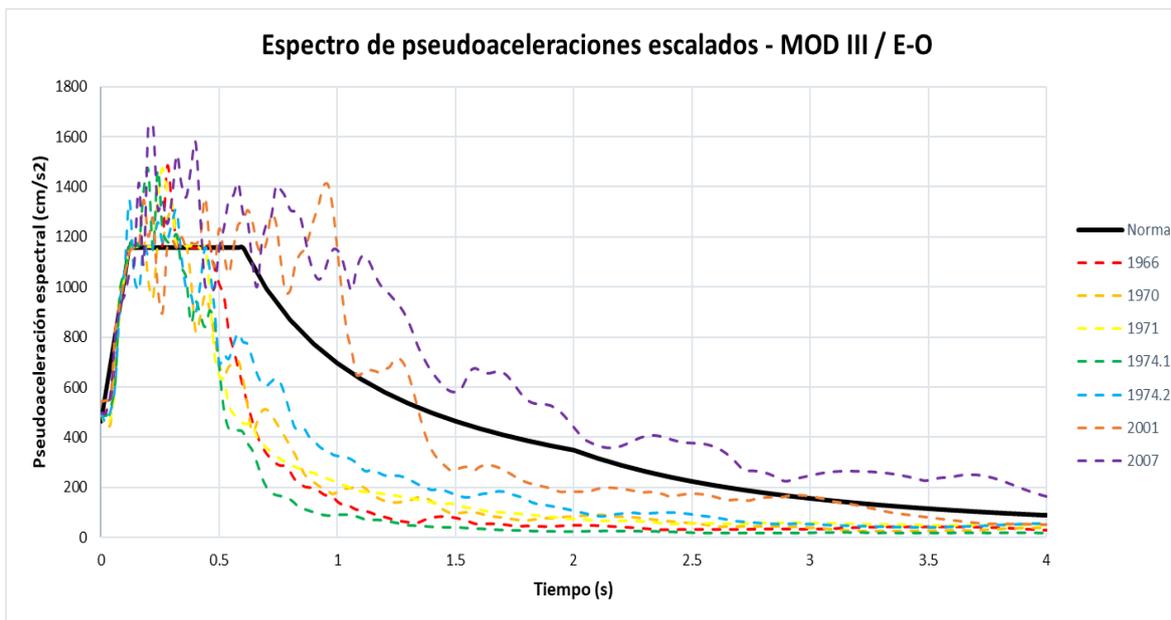
Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD II / N-S.



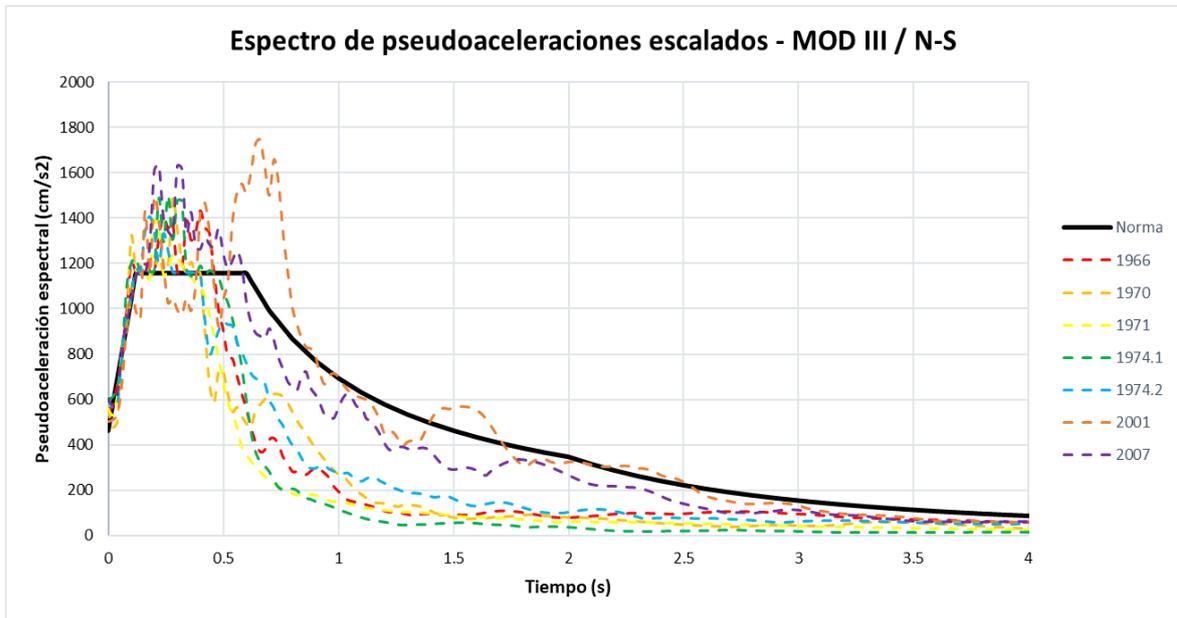
Nota: Elaboración propia

Figura 85

Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD III / E-O.



Nota: Elaboración propia

Figura 86*Espectro de pseudoaceleraciones compatibles - MOD III / N-S.**Nota:* Elaboración propia

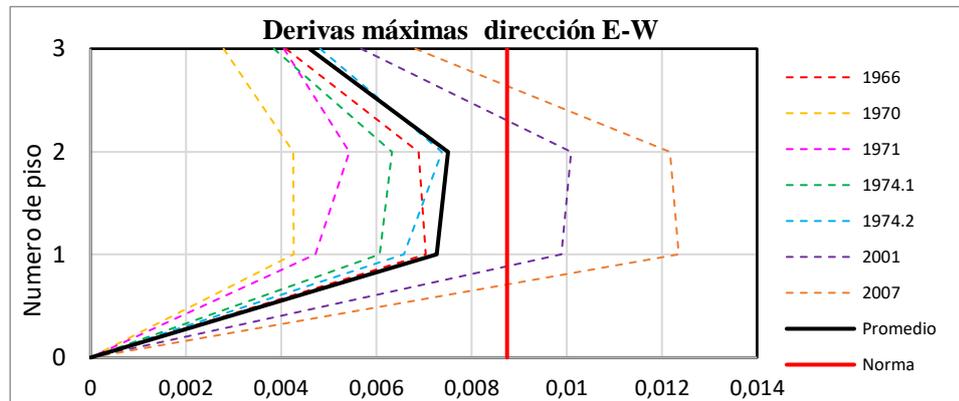
4.1.9.1. Deriva máxima de entrepiso

Se presentan las derivas máximas alcanzadas por el módulo I, modulo II y modulo III luego de un análisis tiempo historia con 7 pares de registros sísmicos, considerando el Sismo Máximo Considerado (MCE) con un periodo de retorno de 2500 años. La norma NTP E.030 establece que al ingresar a la estructura con 7 pares de registros sísmicos en el análisis Tiempo Historia, los resultados a tener en cuenta deben ser el promedio de estos registros empleados en cada dirección.

La NTP E.030, establece que las derivas máximas no deben exceder el 1.25 el valor de la deriva máxima establecida para el análisis modal espectral, lo cual representa un 0.00875, puesto que para el análisis modal el límite permisible era 7/1000.

Figura 87

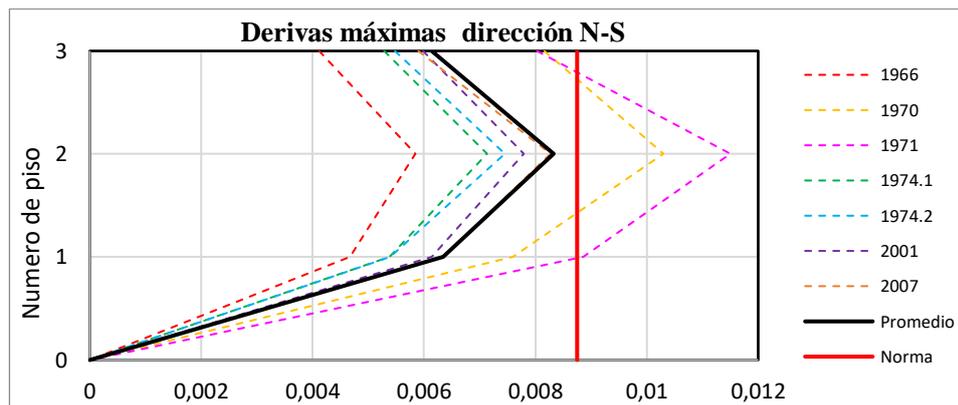
Modulo I, deriva dirección E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 88

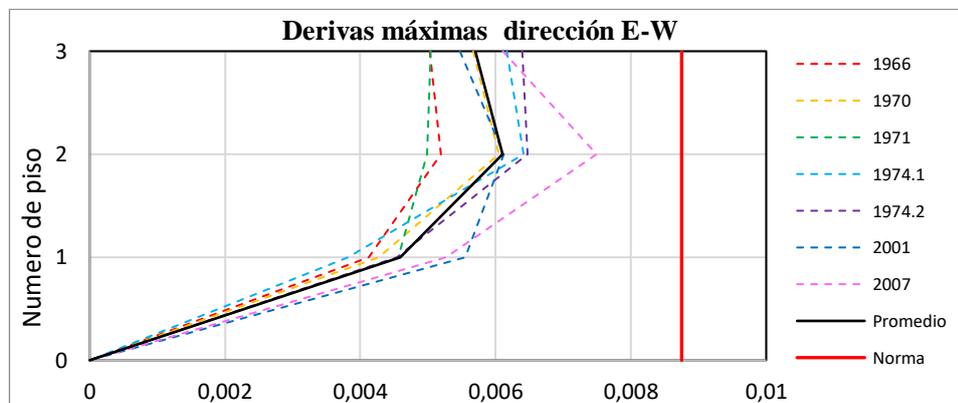
Modulo I, derivas dirección N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 89

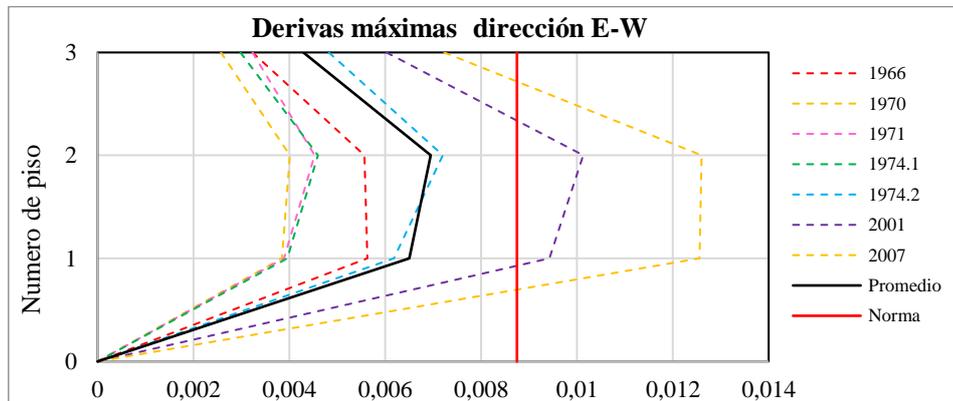
Modulo II, derivas dirección N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 90

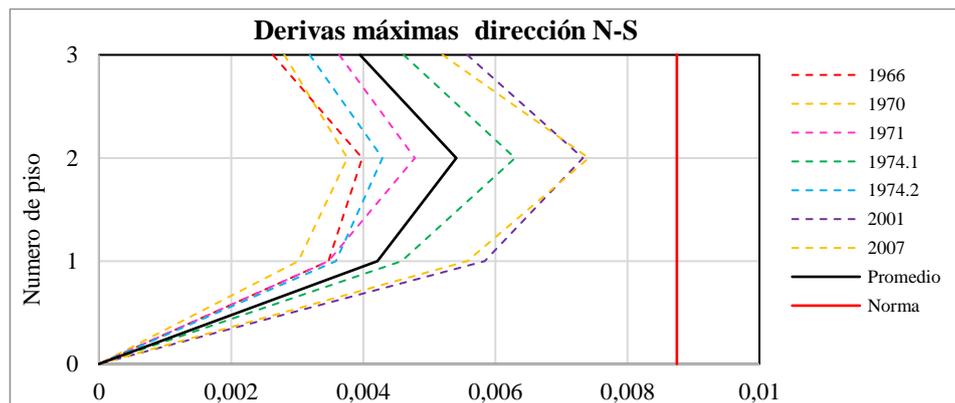
Modulo III, derivas dirección E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 91

Modulo III, derivas dirección N-S.



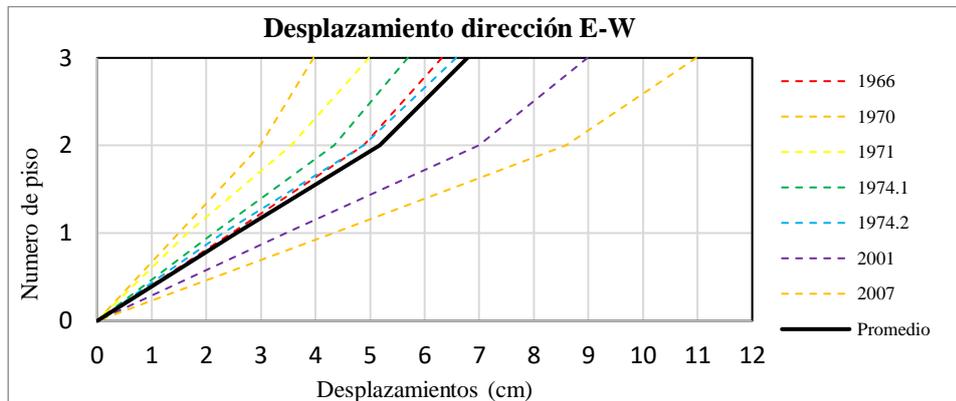
Nota: Elaboración propia.

4.1.9.2. Desplazamiento

En las siguientes figuras se muestran los desplazamientos máximos alcanzados por el módulo I, módulo II y módulo III, los cuales fueron obtenidos luego del ANLTH donde se emplearon los 7 pares de registros sísmicos mencionados anteriormente.

Figura 92

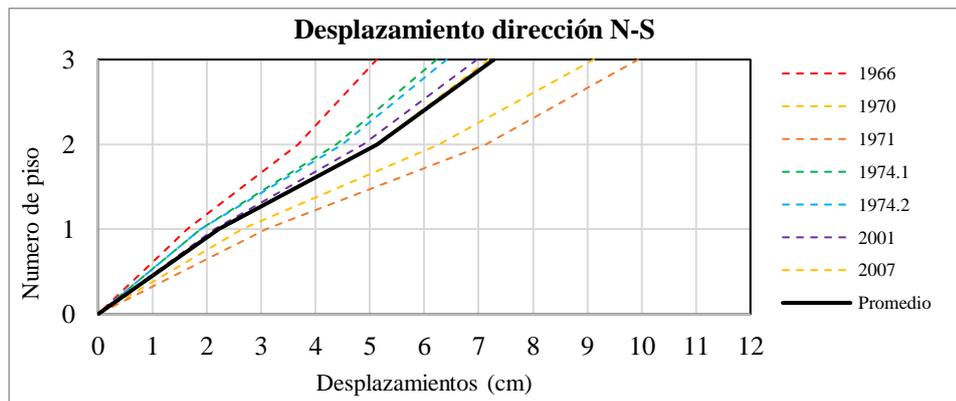
Modulo I, desplazamiento dirección E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 93

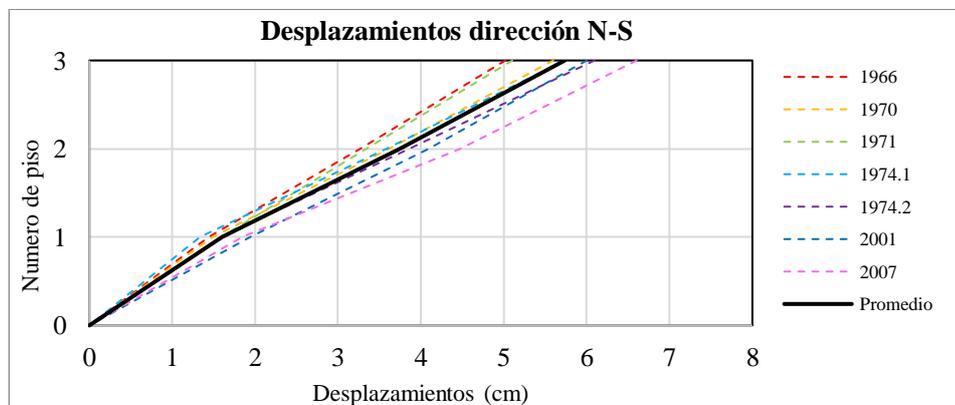
Modulo I, desplazamiento dirección N-S.



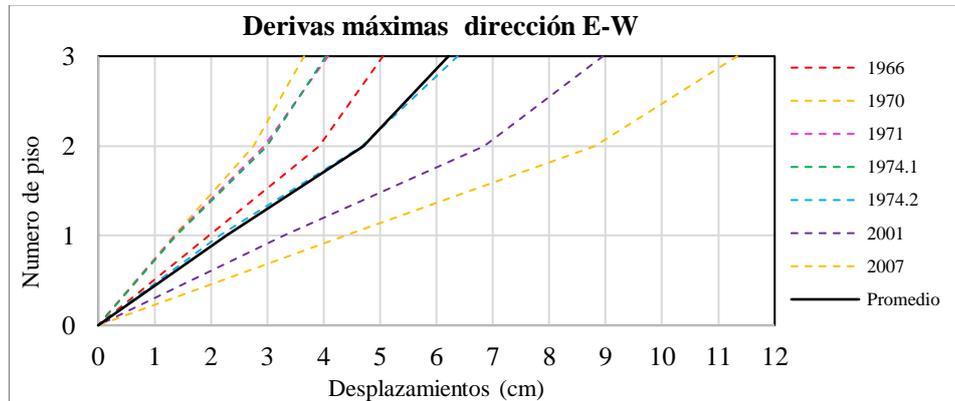
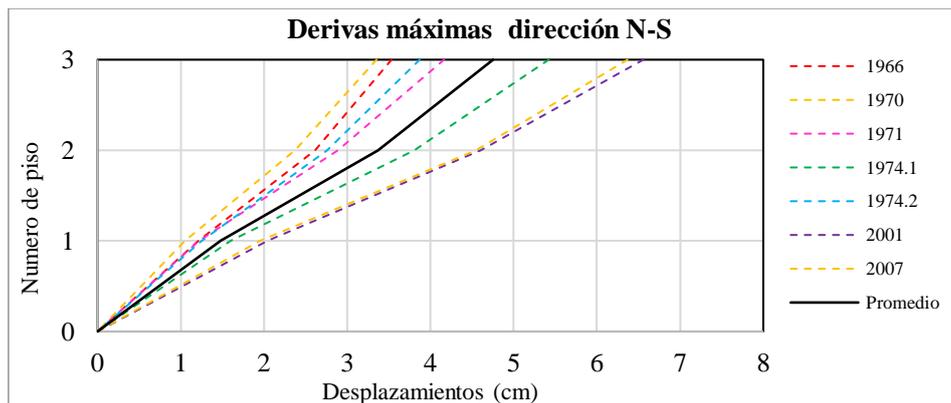
Nota: Elaboración propia.

Figura 94

Modulo II, desplazamiento dirección N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 95*Modulo III, desplazamiento dirección E-W.**Nota: Elaboración propia.***Figura 96***Modulo III, desplazamiento dirección N-S.**Nota: Elaboración propia.*

4.1.9.3. Curvas Histerética

Con el análisis tiempo historia no lineal se extraen las curvas histeréticas, las cuales nos permiten conocer los niveles de desplazamientos máximos solicitados para cada disipador SLB colocados en las estructuras analizadas. Para los disipadores se recomienda que los desplazamientos no sobrepasen los 3cm, límite permitido para los disipadores de tercera generación según lo indicado por el Ing. Bozzo; de sobrepasar este valor se deberá analizar a detalle el elemento y proceder al cambio de ser necesario, siendo esa una de las ventajas de este dispositivo. A continuación, presentamos las deformaciones máximas de los disipadores SLB para cada sismo.



Tabla 74

Módulo I, deformaciones máximas de disipadores SLB.

Piso	Disipador programa computacional	Direc.	Etiqueta	1966		1970		1971		1974.1		1974.2		2001		2007	
				V (tonf)	U (cm)												
Piso 3	SLB3 10_5	X	K3	13.47	1.42	12.84	1.01	13.29	1.30	13.18	1.23	13.66	1.55	14.11	1.84	14.70	2.23
	SLB3 15_4	Y	K5	23.03	1.88	26.12	2.60	25.34	2.42	22.02	1.64	22.38	1.73	22.99	1.87	22.94	1.86
	SLB3 20_4	Y	K9	28.97	1.87	32.64	2.55	32.55	2.53	27.52	1.60	27.87	1.66	28.87	1.85	28.66	1.81
	SLB3 15_4	X	K10	20.97	1.40	19.21	0.99	20.34	1.25	19.99	1.17	21.34	1.48	22.63	1.79	24.28	2.17
Piso 2	SLB3 25_4	X	K2	45.85	2.16	39.98	1.45	42.74	1.78	44.24	1.96	47.21	2.32	54.62	3.22	60.47	3.93
	SLB3 25_5	Y	K4	55.83	2.57	62.10	3.25	64.53	3.51	52.59	2.22	53.47	2.32	54.13	2.39	56.03	2.60
	SLB3 25_7	Y	K8	67.95	2.59	75.25	3.26	79.09	3.61	62.30	2.07	64.27	2.25	65.70	2.39	67.37	2.54
	SLB3 25_4	X	K11	45.74	2.14	40.13	1.46	42.79	1.79	44.09	1.94	47.10	2.31	54.61	3.22	60.48	3.92
Piso 1	SLB3 25_6	X	K1	58.07	2.19	48.75	1.27	52.39	1.63	54.97	1.89	56.59	2.04	67.92	3.16	76.43	4.00
	SLB3 25_5	Y	K6	50.21	1.97	53.38	2.31	57.68	2.77	47.90	1.72	47.83	1.71	49.10	1.85	50.49	2.00
	SLB3 25_7	Y	K7	61.68	2.02	66.45	2.45	71.32	2.90	57.96	1.68	58.23	1.70	60.92	1.95	61.80	2.03
	SLB3 25_6	X	K12	58.12	2.19	48.81	1.28	52.40	1.63	55.03	1.89	56.68	2.05	68.03	3.17	76.54	4.01

Nota: Elaboración propia.

Tabla 75

Módulo II, deformaciones máximas de disipadores SLB.

Piso	Disipador programa computacional	Direc.	Etiqueta	1966		1970		1971		1974.1		1974.2		2001		2007	
				V (tonf)	U (cm)												
Piso 3	SLB3 8_3	Y	K11	7.19	0.9	7.27	0.95	7.11	0.85	7.35	1	7.74	1.25	7.63	1.18	8.46	1.71
	SLB3 20_4	Y	K5	24.6	1.06	25.21	1.17	26.37	1.39	25.75	1.27	26.59	1.43	26.2	1.35	29.91	2.04
	SLB3 8_5	Y	K3	8.81	0.88	8.87	0.91	9.12	1.05	9.06	1.02	9.88	1.48	9.61	1.33	10.71	1.95
Piso 2	SLB3 10_4	Y	K9	10.85	0.66	10.85	0.67	11.31	0.86	11.17	0.8	11.43	0.91	11.25	0.83	12.07	1.19
	SLB3 8_4	Y	K12	7.64	0.62	7.75	0.69	7.8	0.72	7.82	0.73	7.92	0.79	8.03	0.86	8.36	1.05
	SLB3 25_6	Y	K4	45.15	0.92	46.71	1.07	48.55	1.25	47.37	1.14	47.42	1.14	47.86	1.19	50.85	1.48
Piso 1	SLB3 20_5	Y	K1	27.3	0.9	26.55	0.78	27.77	0.98	27.83	0.99	27.8	0.99	29	1.19	29.66	1.3
	SLB3 15_4	Y	K2	18.92	0.92	18.37	0.79	19.24	0.99	19.3	1.01	19.29	1	20.14	1.2	20.62	1.31

Nota: Elaboración propia.



Tabla 76

Módulo III, deformaciones máximas de disipadores SLB.

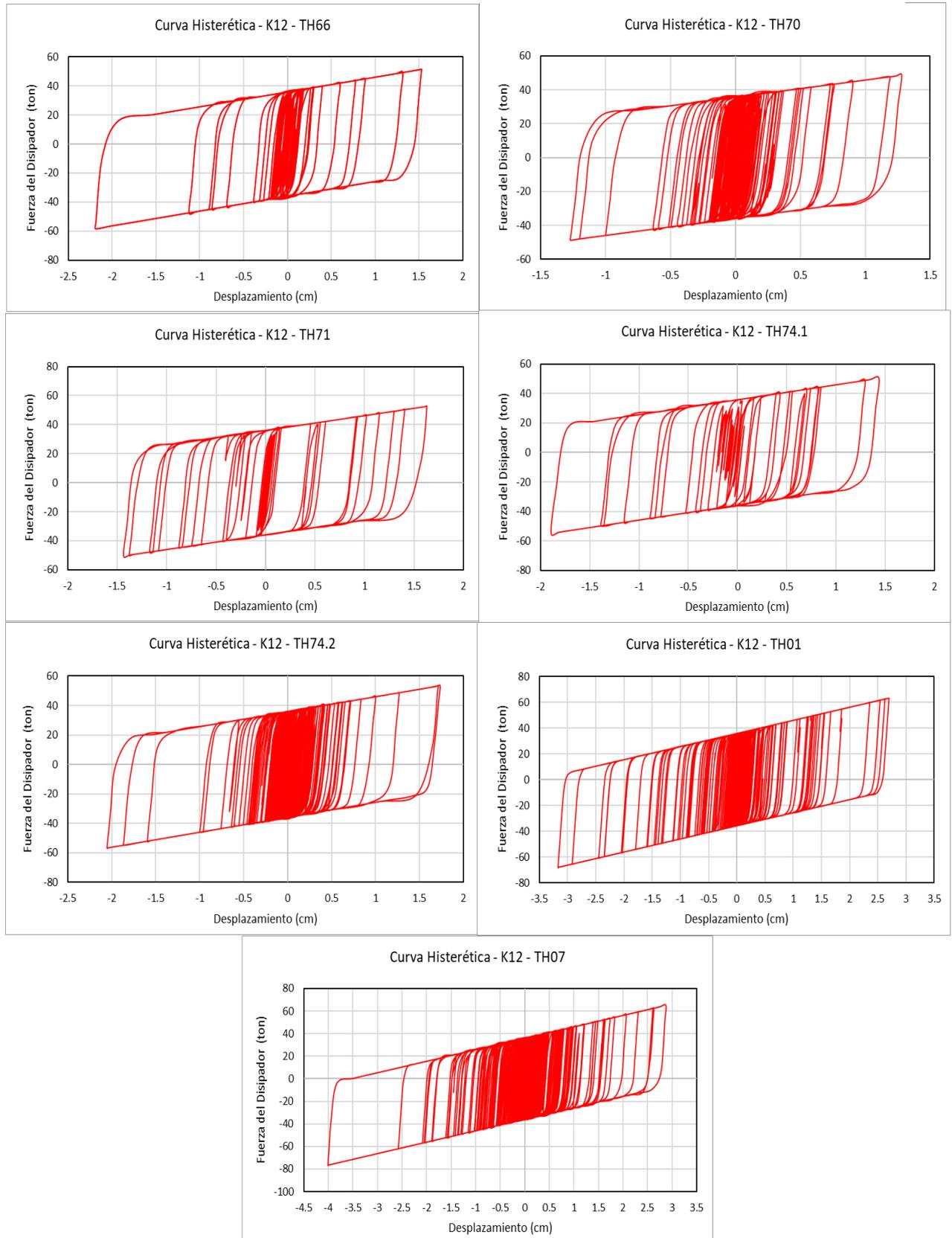
Piso	Disipador programa computacional	Direc.	Etiqueta	1966		1970		1971		1974.1		1974.2		2001		2007	
				V (tonf)	U (cm)												
Piso 3	SLB3 20_4	X	K3	24.96	1.13	23.73	0.9	24.8	1.1	23.77	0.91	27.12	1.53	29.24	1.92	31.35	2.31
	SLB3 15_4	X	K6	19.79	1.12	18.84	0.9	19.69	1.1	18.95	0.92	21.59	1.54	23.27	1.93	24.95	2.32
	SLB3 25_3	Y	K9	32.5	1.2	31.06	1	32.52	1.2	34.2	1.43	32.46	1.19	36.52	1.76	35.82	1.66
	SLB3 25_4	Y	K13	37.46	1.14	36.33	1	37.29	1.12	39.84	1.43	37.46	1.14	42.92	1.8	41.72	1.66
Piso 2	SLB3 25_7	X	K2	58.83	1.76	54.54	1.37	59.03	1.78	55.51	1.46	64.89	2.31	75.78	3.3	84.92	4.14
	SLB3 25_8	X	K5	63.69	1.75	58.98	1.35	64.7	1.75	59.97	1.43	70.06	2.3	81.68	3.29	91.4	4.12
	SLB3 30_8	Y	K8	72.06	1.52	69.76	1.35	73.06	1.59	78.69	2	70.9	1.43	84.6	2.42	83.3	2.33
	SLB3 40_7	Y	K11	84	1.44	82.05	1.32	85.75	1.54	91.32	1.87	83.52	1.41	101.06	2.45	99.13	2.33
Piso 1	SLB3 30_8	X	K1	76.47	1.84	67.88	1.22	75.65	1.78	69.99	1.37	79.09	2.03	94.5	3.14	109.46	4.22
	SLB3 30_8	X	K4	76.54	1.84	67.94	1.22	75.74	1.78	70.09	1.38	79.14	2.03	94.61	3.14	109.55	4.22
	SLB3 30_8	Y	K7	68.59	1.27	66.28	1.1	70.58	1.41	71.59	1.48	68.01	1.23	76.45	1.83	76.04	1.81
	SLB3 40_7	Y	K10	80.99	1.26	79.04	1.14	83.97	1.43	84.77	1.48	81.16	1.27	92.17	1.92	91.14	1.86

Nota: Elaboración propia.

Las figuras presentadas a continuación, representan las curvas histeréticas generadas por los disipadores de mayor tamaño en el módulo I, modulo II, modulo III en sus 2 direcciones E-W y N-S.

Figura 97

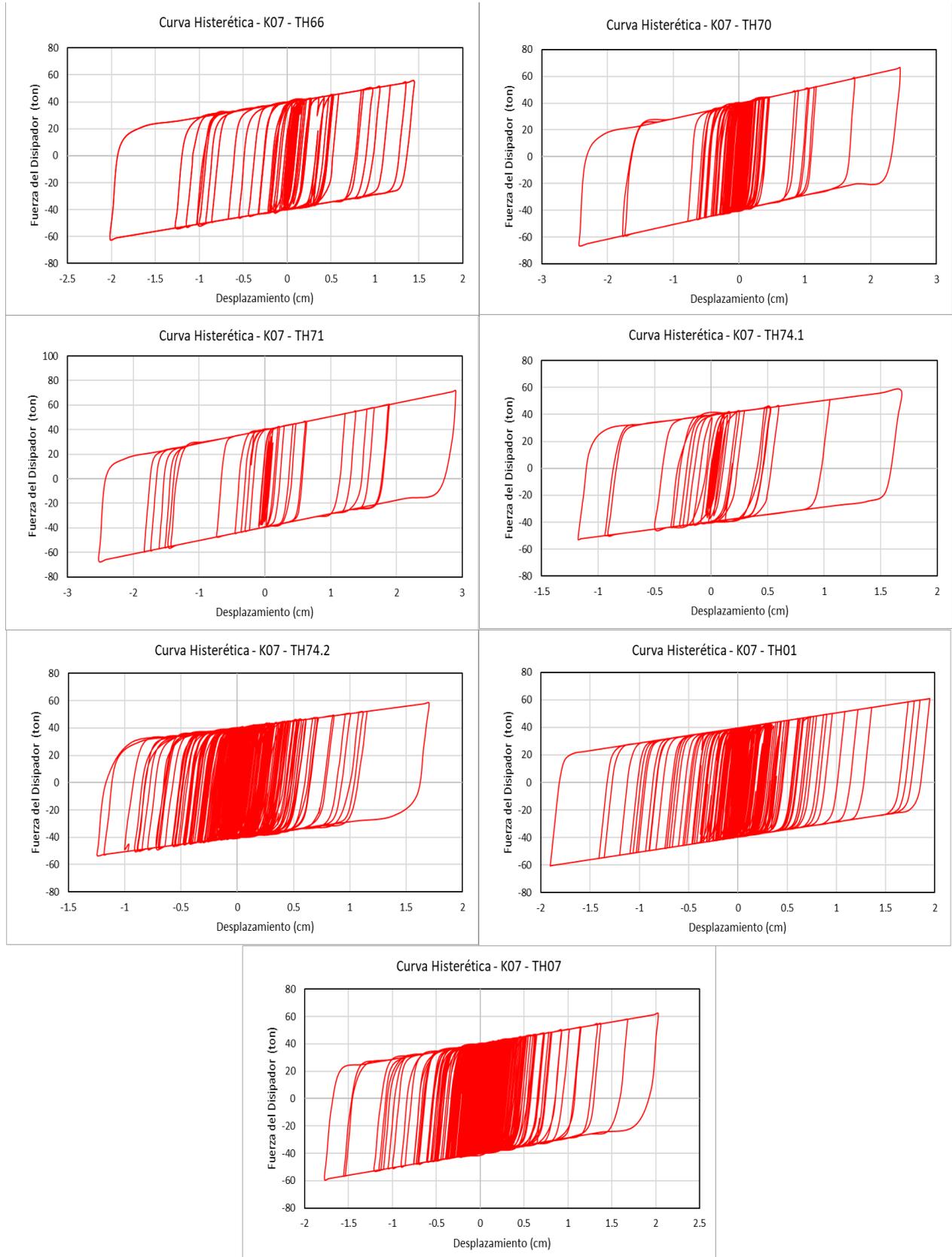
Curvas histeréticas del disipador K12 en dirección E-W/Mod. I



Nota: Elaboración propia.

Figura 98

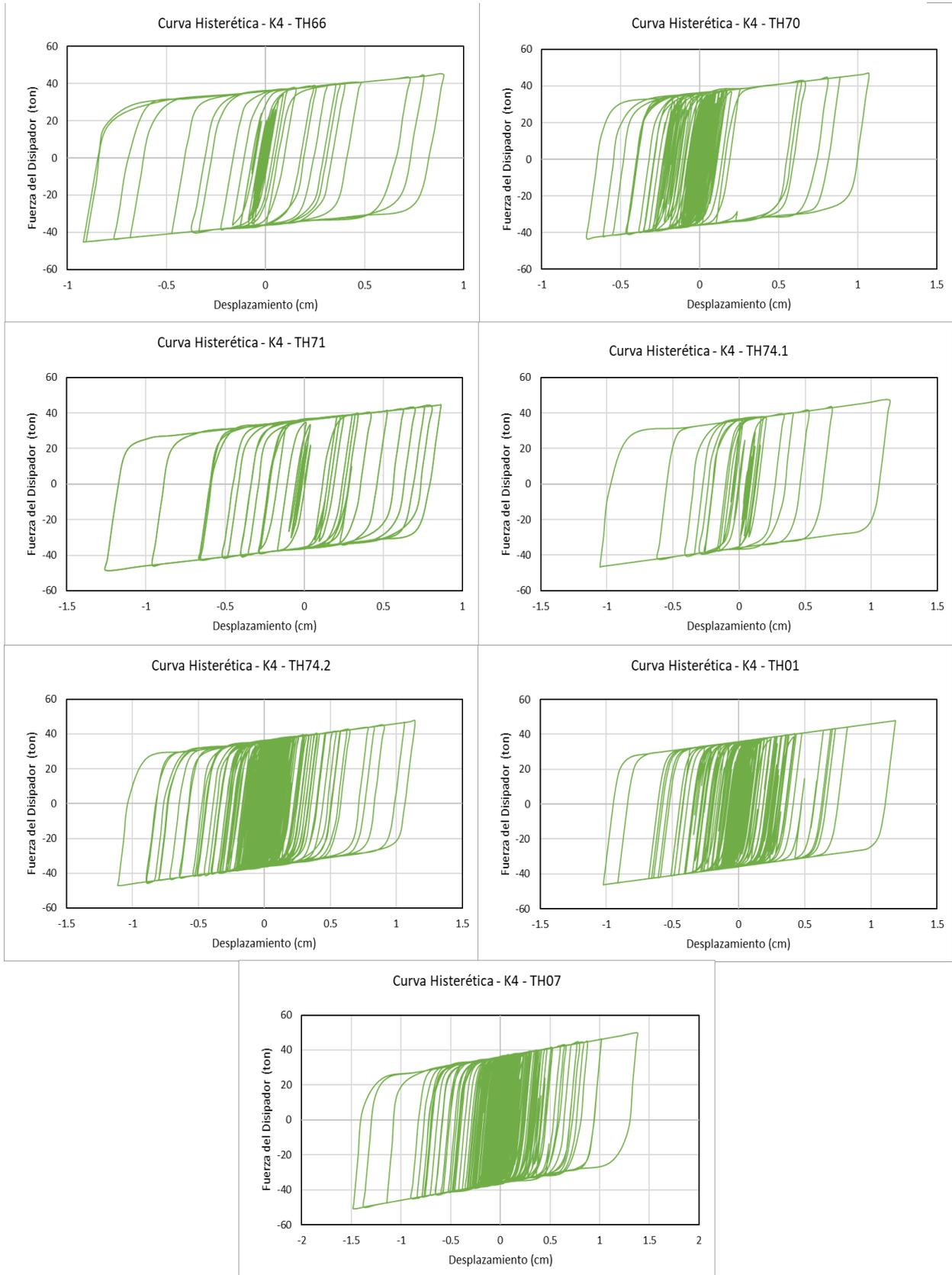
Curvas histeréticas del disipador K7 en dirección N-S/Mod. I



Nota: Elaboración propia.

Figura 99

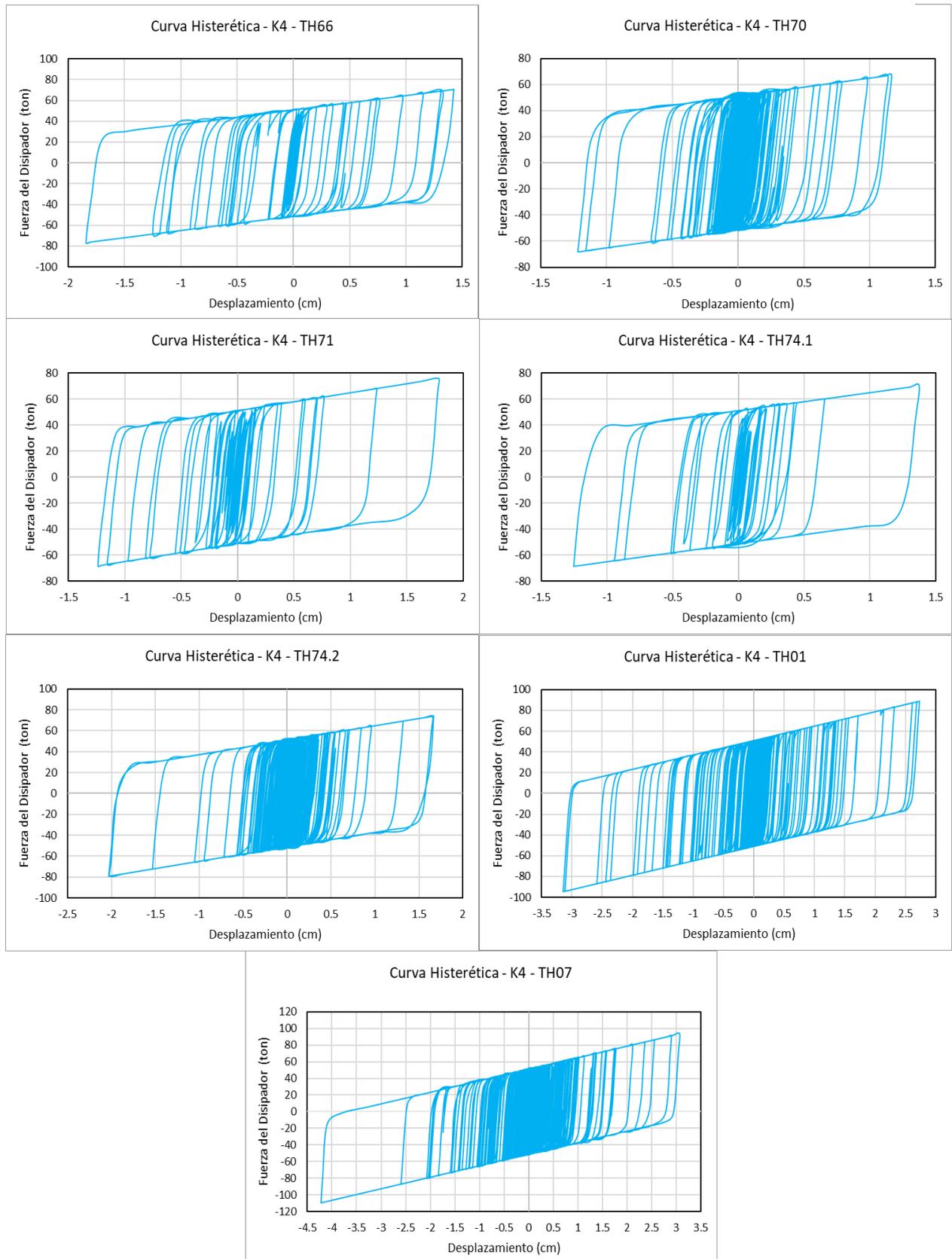
Curvas histeréticas del disipador K4 en dirección N-S/Mod. II.



Nota: Elaboración propia.

Figura 100

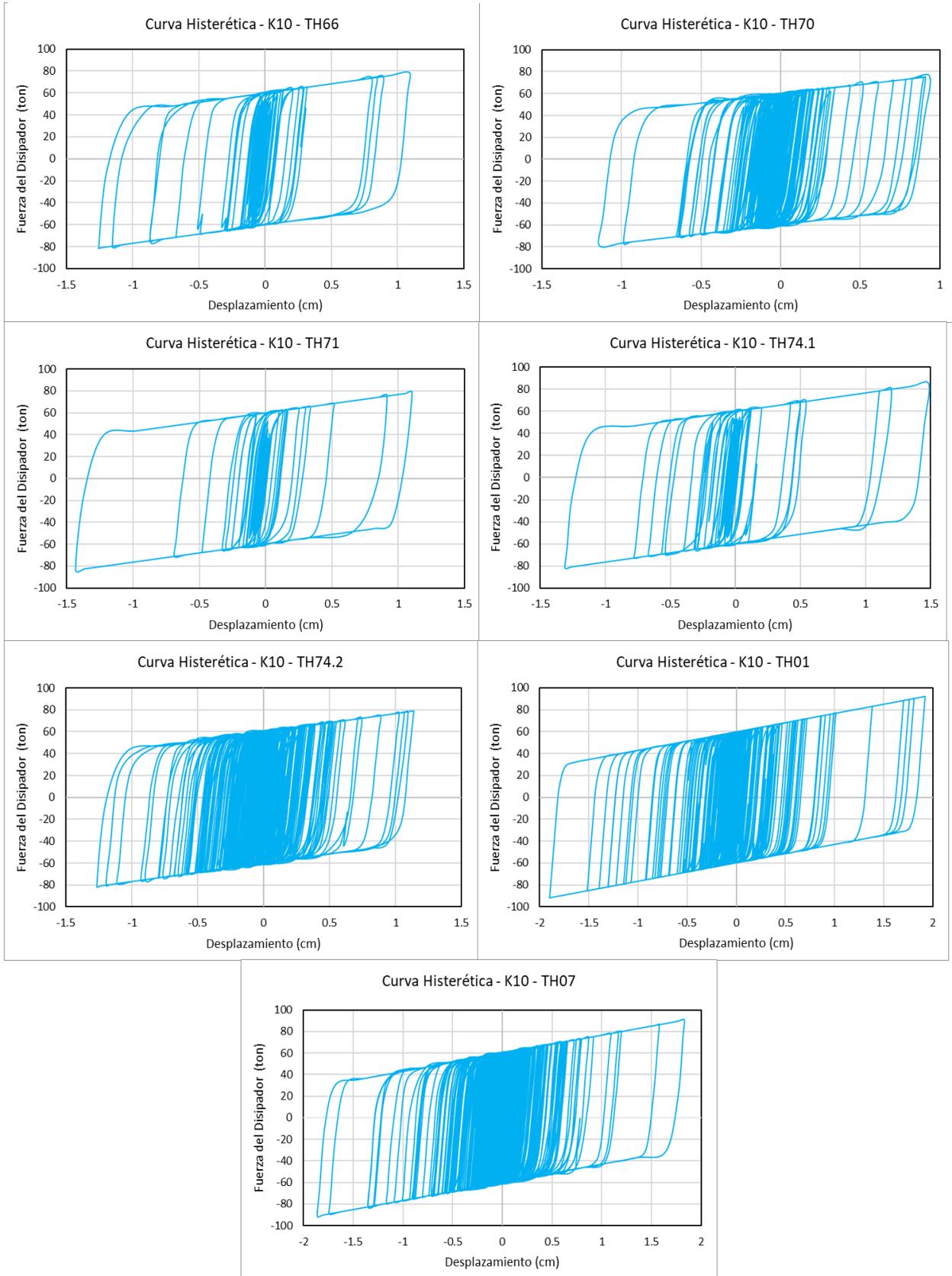
Curvas histeréticas del disipador K4 en dirección E-W/Mod. III



Nota: Elaboración propia.

Figura 101

Curvas histeréticas del disipador K10 en dirección N-S/Mod. III



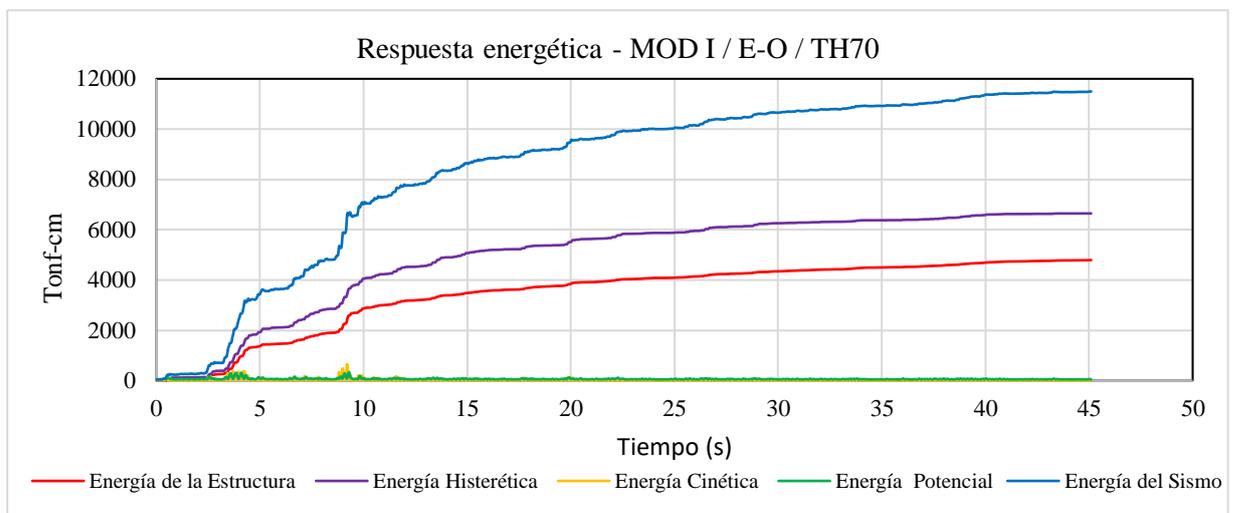
Nota: Elaboración propia.

4.1.9.4. Respuesta energética

Debido a la relevancia que tiene el sismo de 1970 al tener como epicentro la misma región donde se ubica el edificio analizado; a continuación, se representa la energía ingresada al sistema en direcciones E-O y N-S para los 03 módulos que conforman la escuela de Ingeniería en Energía, lo cual nos permitió conocer la respuesta energética de la estructura y la energía que disiparían los dispositivos SLB frente a un evento sísmico de igual importancia.

Figura 102

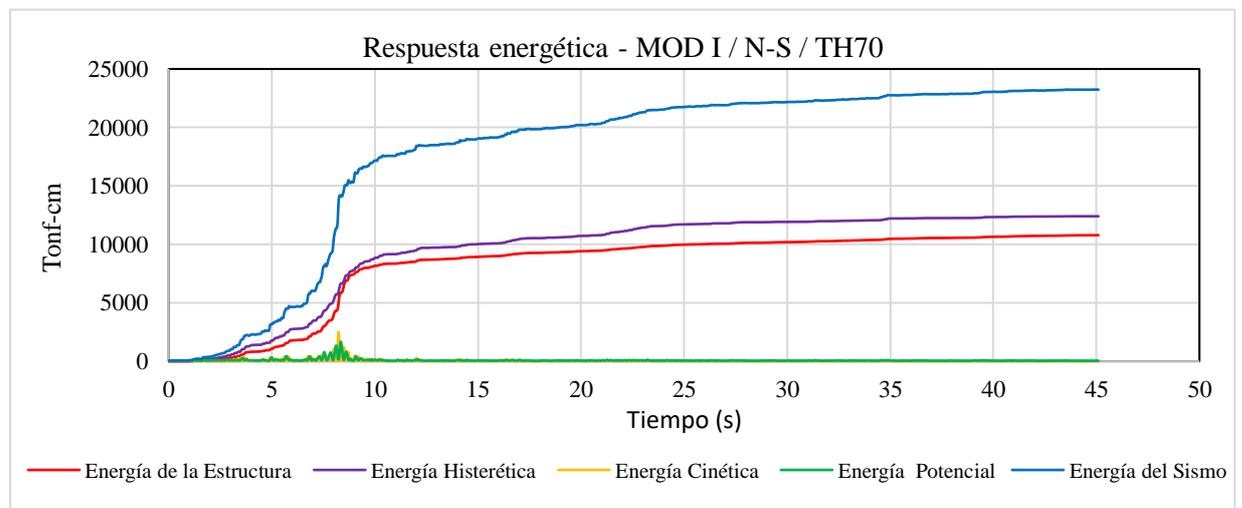
Módulo I, respuesta energética del sistema - sismo TH70/E-O.



Nota: Elaboración propia.

Figura 103

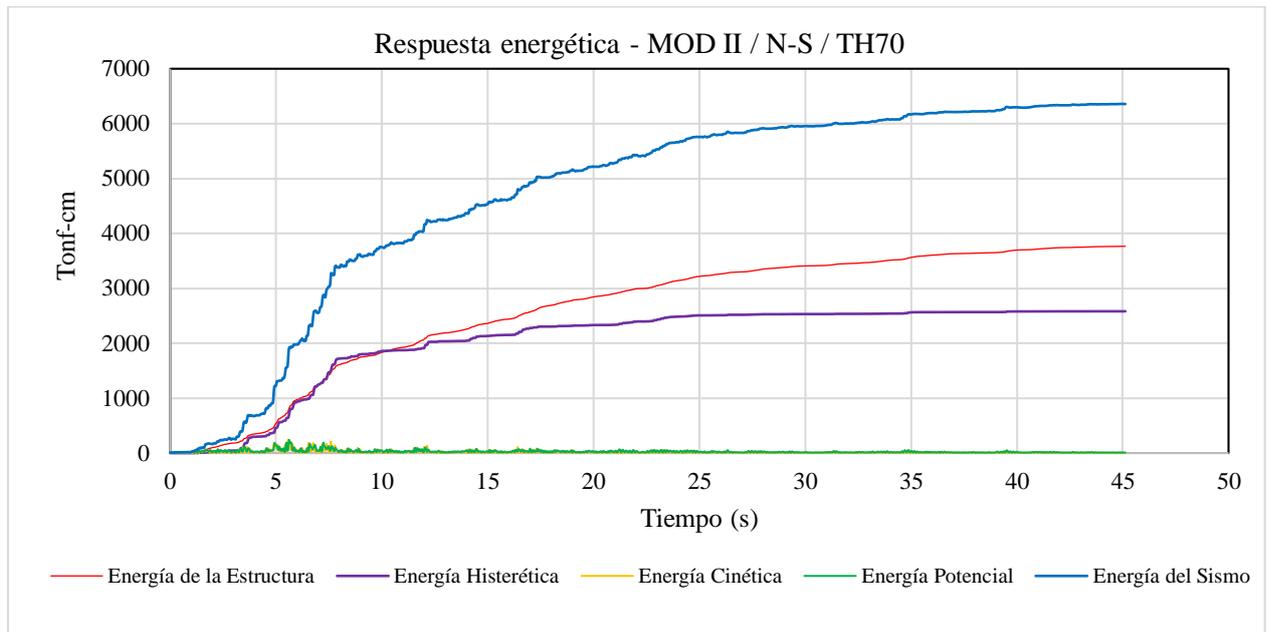
Módulo I, respuesta energética del sistema - sismo TH70/N-S



Nota: Elaboración propia.

Figura 104

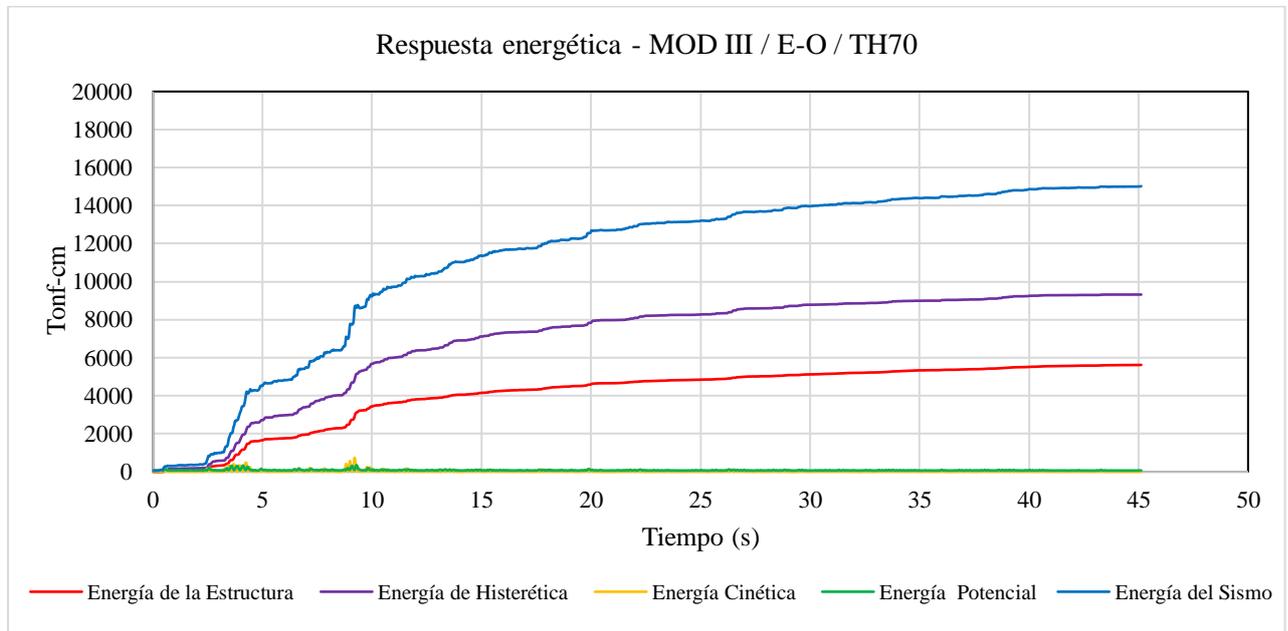
Módulo II, respuesta energética del sistema - sismo TH70/N-S.



Nota: Elaboración propia.

Figura 105

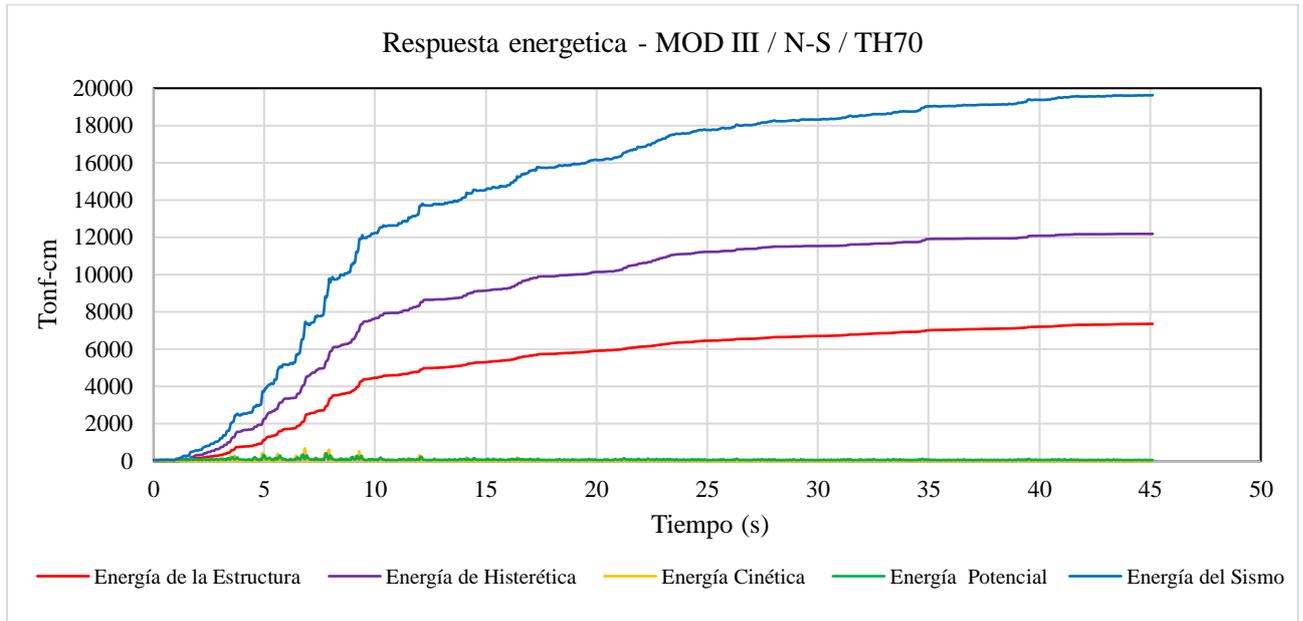
Módulo III, respuesta energética del sistema - sismo TH70/E-W.



Nota: Elaboración propia.

Figura 106

Módulo III, respuesta energética del sistema - sismo TH70/N-S.



Nota: Elaboración propia.

4.1.10. Análisis e Interpretación de Resultados.

4.1.10.1. Derivas de Entrepiso

Se observa en las tablas 79 y 80 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, que para el módulo I, tienen una reducción de derivas de hasta 74% en la dirección x; y en la dirección Y de hasta 77%; ambas reducciones máximas se lograron en el 2° nivel al implementar los disipadores SLB al módulo en mención. Asimismo, en las figuras 134 y 135, se observa el límite normativo de 7/1000 para derivas máximas en edificaciones de concreto armado, establecido por NTP E.030.

Se observa en las tablas 81 y 82 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, que para el módulo II, tienen una reducción de derivas de hasta 1% en la dirección x; y en la dirección Y de hasta 73%; ambas reducciones máximas se lograron en el 3° nivel al implementar los disipadores SLB al módulo en mención. Cabe mencionar, que en la dirección X no se consideraron disipadores SLB, por ello, no se tiene una variación significativa en las derivas para esa dirección. Asimismo, en las figuras 136 y 137, se observa el límite normativo de 7/1000 para derivas máximas en edificaciones de concreto armado, establecido por NTP E.030.

Se observa en las tablas 83 y 84 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, que para el módulo III, tienen una reducción de derivas de hasta 82% en la dirección x; y en la dirección Y de hasta 85%; siendo la reducción máxima al implementar los disipadores SLB en el 1° y 2° nivel, respectivamente. Asimismo, en las figuras 138 y 139, se observa el límite normativo de 7/1000 para derivas máximas en edificaciones de concreto armado, establecido por NTP E.030.

- **MÓDULO I**

Tabla 77

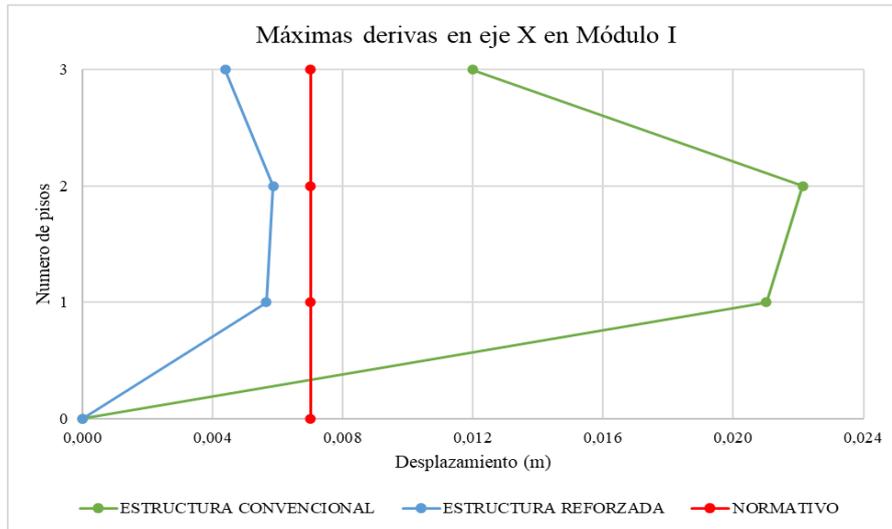
Comparación de derivas eje XX – Modulo I

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,0120	0,0044	63%
Nivel 2	0,0221	0,0059	74%
Nivel 1	0,0210	0,0056	73%

Nota: Elaboración propia.

Figura 107

Comparación de derivas eje XX – Modulo I



Nota: Elaboración propia.

Tabla 78

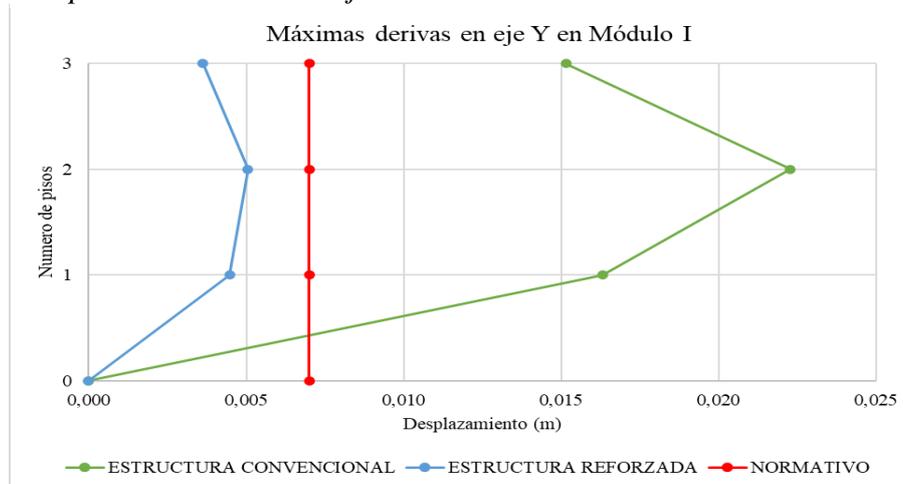
Comparación de derivas eje YY – Modulo I.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,0152	0,0036	76%
Nivel 2	0,0223	0,0050	77%
Nivel 1	0,0163	0,0045	73%

Nota: Elaboración propia.

Figura 108

Comparación de derivas eje YY – Modulo I.



Nota: Elaboración propia.

• **MÓDULO II**

Tabla 79

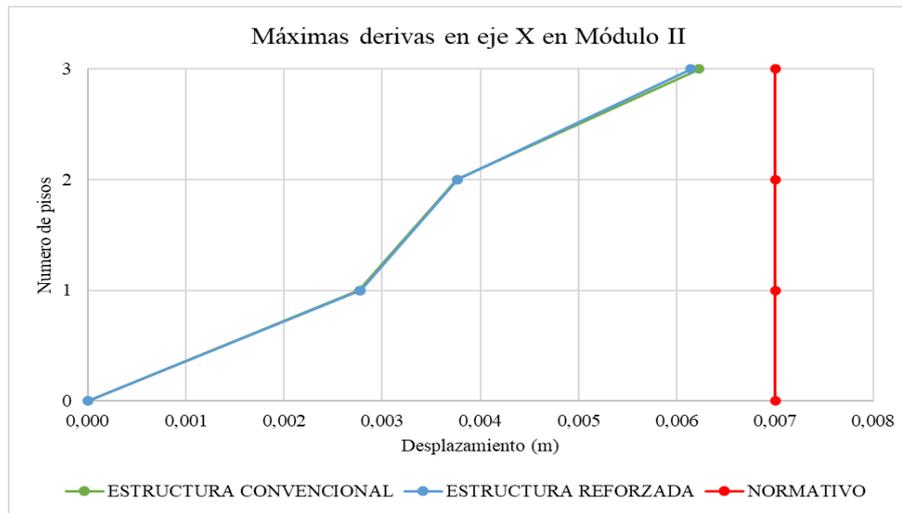
Comparación de derivas eje XX – Modulo II.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,0062	0,0061	1%
Nivel 2	0,0038	0,0038	0%
Nivel 1	0,0028	0,0028	0%

Nota: Elaboración propia.

Figura 109

Comparación de derivas eje XX – Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 80

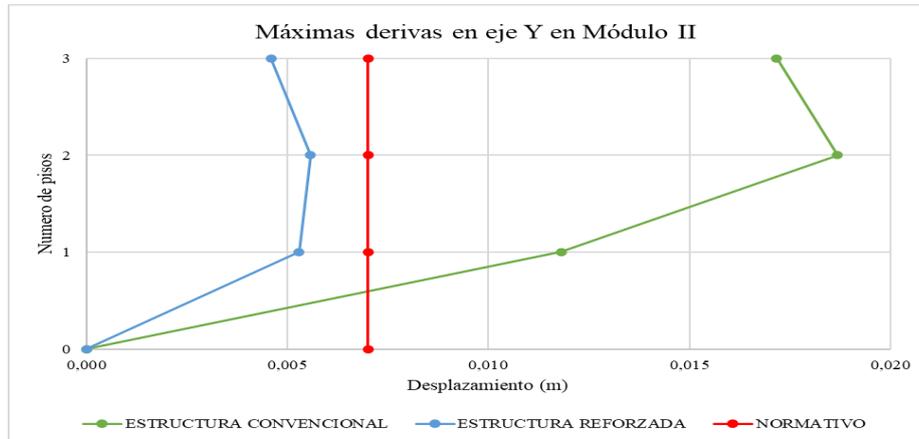
Comparación de derivas eje YY – Modulo II.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,0172	0,0046	73%
Nivel 2	0,0187	0,0056	70%
Nivel 1	0,0118	0,0053	55%

Nota: Elaboración propia.

Figura 110

Comparación de derivas eje YY – Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

• **MÓDULO III**

Tabla 81

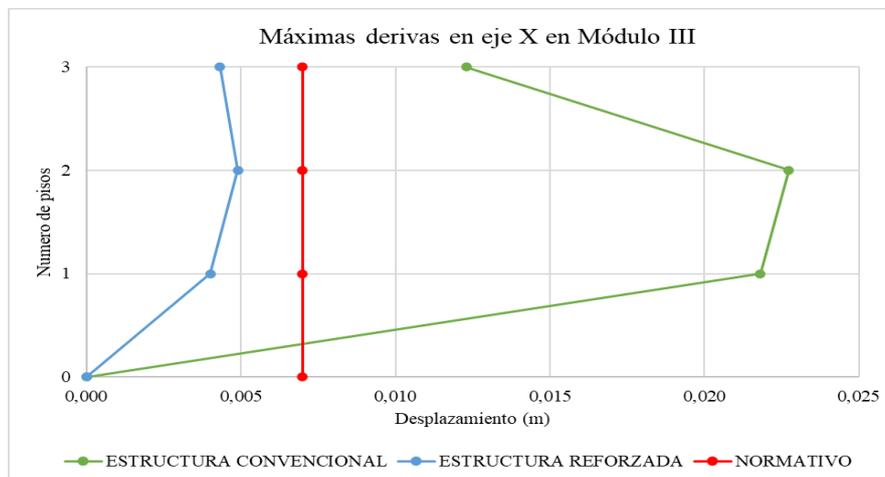
Comparación de derivas eje XX – Modulo III

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,0123	0,0043	65%
Nivel 2	0,0227	0,0049	78%
Nivel 1	0,0218	0,0040	82%

Nota: Elaboración propia.

Figura 111

Comparación de derivas eje XX – Modulo III.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 82

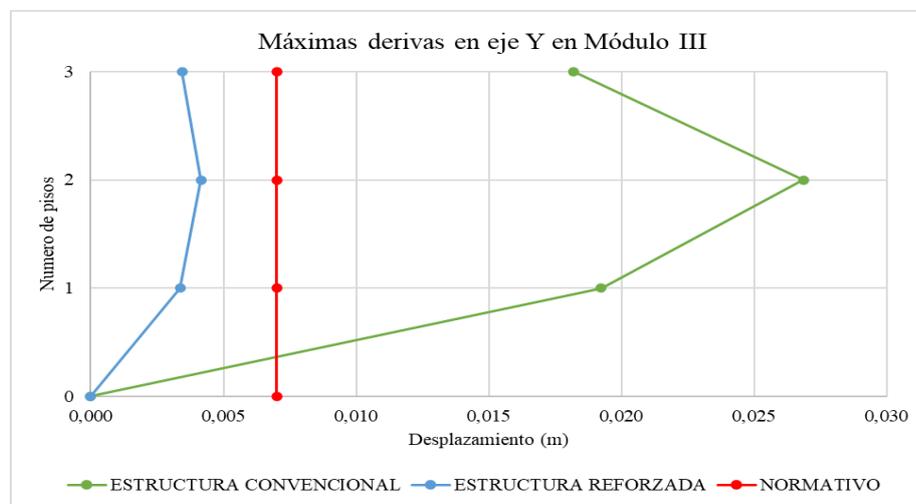
Comparación de derivas eje YY – Modulo III

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,0182	0,0034	81%
Nivel 2	0,0269	0,0041	85%
Nivel 1	0,0192	0,0034	82%

Nota: Elaboración propia.

Figura 112

Comparación de derivas eje YY – Modulo III



Nota: Elaboración propia.

4.1.10.2.Desplazamientos Máximos por Nivel

Se observa en las tablas 85 y 86 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, que para el módulo I, tienen una reducción del 71% para el último nivel correspondiente a los desplazamientos máximos en la dirección X al implementar los disipadores SLB. De similar manera, para la dirección Y se tiene una reducción del 76% en el tercer nivel.

Se observa en las tablas 87 y 88 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, que para el módulo II, tienen una reducción del 1% para el último nivel correspondiente a los desplazamientos máximos en la dirección X al implementar los disipadores SLB. De similar manera, para la dirección Y se tiene una reducción del 68% en el tercer nivel. Cabe mencionar, que en la dirección X no se consideraron disipadores SLB, por ello, no se tiene una variación significativa en los desplazamientos para esa dirección.

Se observa en las tablas 89 y 90 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, que para el módulo III, tienen una reducción del 77% para el último nivel correspondiente a los desplazamientos máximos en la dirección X al implementar los disipadores SLB. De similar manera, para la dirección Y se tiene una reducción del 83% en el tercer nivel.

- **MÓDULO I**

Tabla 83

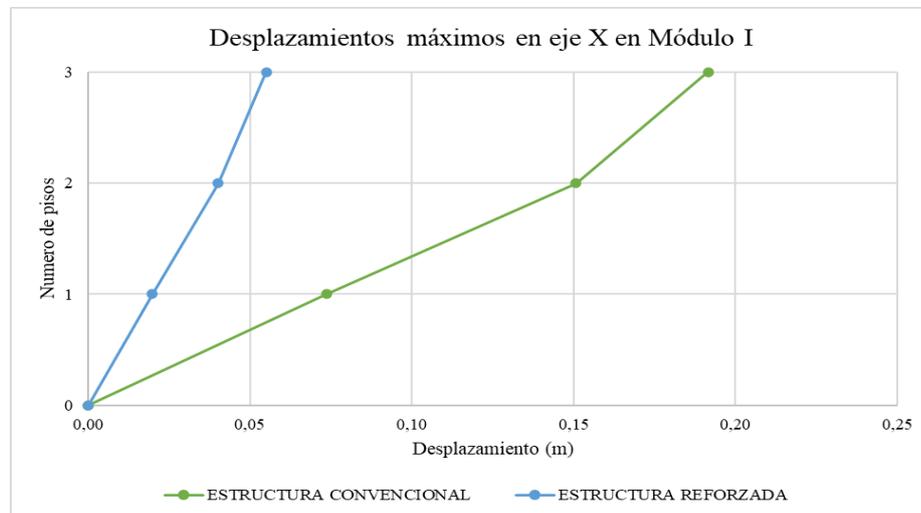
Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo I.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,1915	0,0549	71%
Nivel 2	0,1506	0,0401	73%
Nivel 1	0,0735	0,0197	73%

Nota: Elaboración propia.

Figura 113

Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo I



Nota: Elaboración propia.

Tabla 84

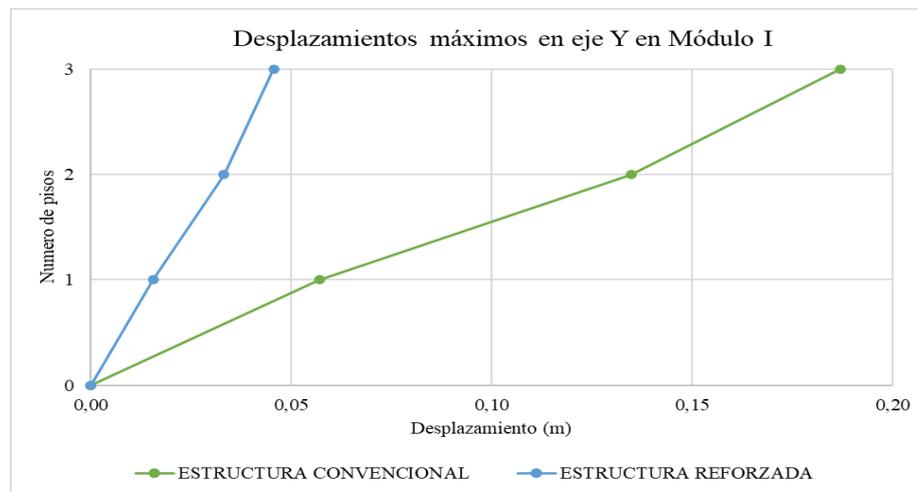
Comparación de desplazamientos eje YY – Modulo I.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,1871	0,0456	76%
Nivel 2	0,1348	0,0332	75%
Nivel 1	0,0571	0,0156	73%

Nota: Elaboración propia.

Figura 114

Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo I.



Nota: Elaboración propia.

- **MÓDULO II**

Tabla 85

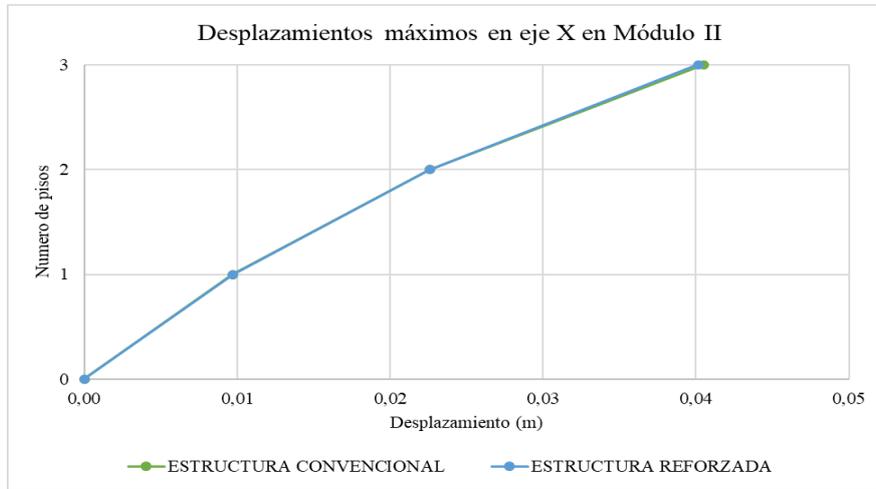
Comparación de desplazamientos eje XX – Modulo II

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,0405	0,0401	1%
Nivel 2	0,0226	0,0226	0%
Nivel 1	0,0097	0,0097	0%

Nota: Elaboración propia.

Figura 115

Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo II



Nota: Elaboración propia.

Tabla 86

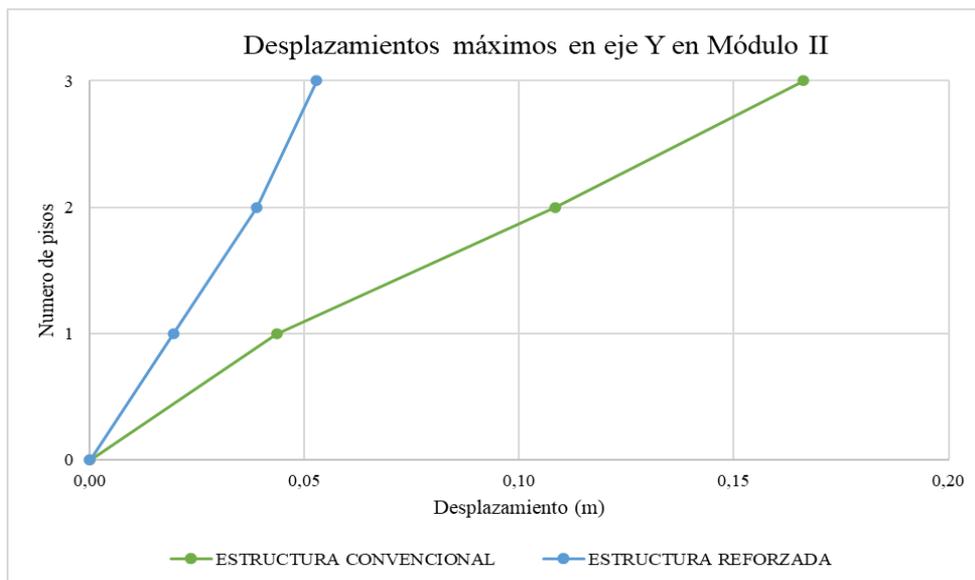
Comparación de desplazamientos eje YY – Modulo II

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,1663	0,0528	68%
Nivel 2	0,1084	0,0389	64%
Nivel 1	0,0436	0,0195	55%

Nota: Elaboración propia.

Figura 116

Comparación de desplazamientos eje YY– Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

• **MÓDULO III**

Tabla 87

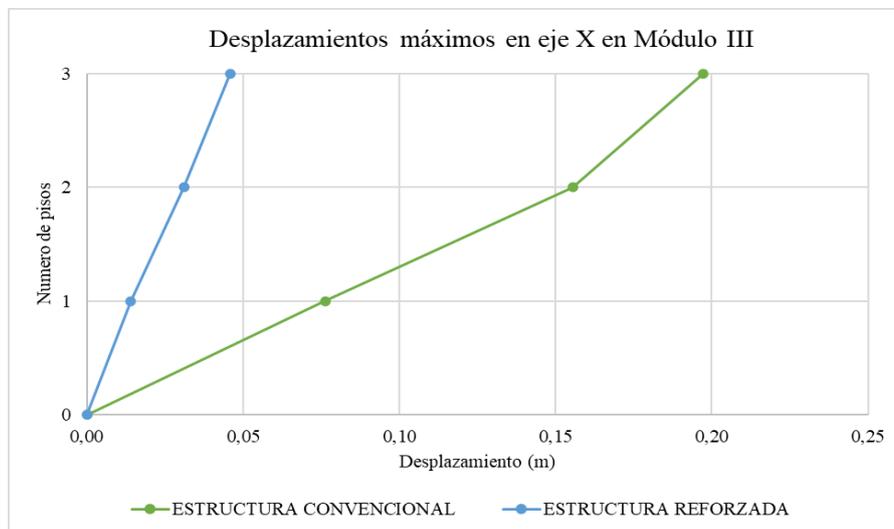
Comparación de desplazamientos eje XX – Modulo III.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,1972	0,0458	77%
Nivel 2	0,1554	0,0311	80%
Nivel 1	0,0764	0,0140	82%

Nota: Elaboración propia.

Figura 117

Comparación de desplazamientos eje XX– Modulo III.



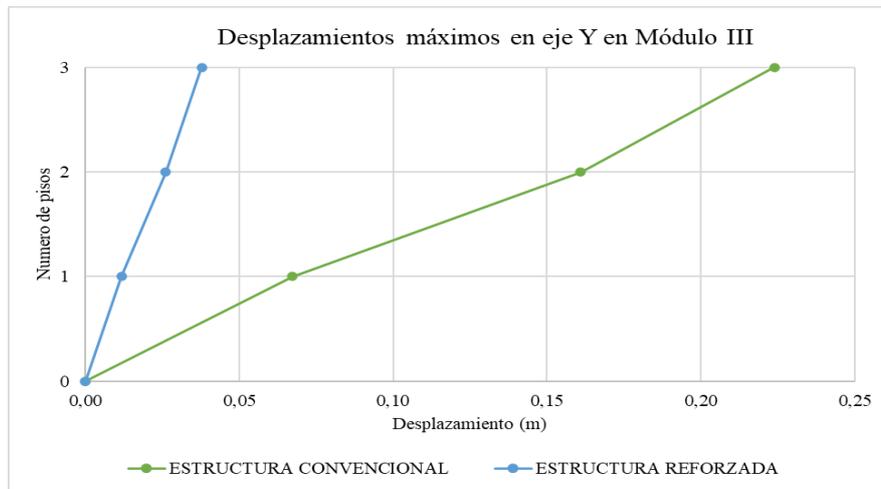
Nota: Elaboración propia.

Tabla 88

Comparación de desplazamientos eje YY – Modulo III

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Nivel 3	0,2239	0,0379	83%
Nivel 2	0,1610	0,0262	84%
Nivel 1	0,0673	0,0118	82%

Nota: Elaboración propia.

Figura 118*Comparación de desplazamientos eje YY– Modulo III.*

Nota: Elaboración propia.

4.1.10.3. Fuerzas Cortantes por Nivel

Se observa en las tablas 91 y 92 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, para el módulo I se tiene un aumento de 6% para el primer nivel correspondiente a la fuerza cortante dinámica en la dirección X al implementar los disipadores SLB. De similar manera, para la dirección Y se tiene un aumento del 13% en el primer nivel.

Se observa en las tablas 93 y 94 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, para el módulo II se tiene un aumento de 2% para el primer nivel correspondiente a la fuerza cortante dinámica en la dirección X. De similar manera, para la dirección Y se tiene un aumento del 10% en el primer nivel. Cabe mencionar, que en la dirección X no se consideraron disipadores SLB, por ello, no se tiene una variación significativa en la fuerza cortante para esa dirección.

Se observa en las tablas 95 y 96 los valores obtenidos mediante el análisis modal espectral, para el módulo III se tiene un aumento de 11% para el primer nivel correspondiente a la fuerza cortante dinámica en la dirección X al implementar los disipadores SLB. De similar manera, para la dirección Y se tiene un aumento del 15% en el primer nivel.

• **MÓDULO I**

Tabla 89

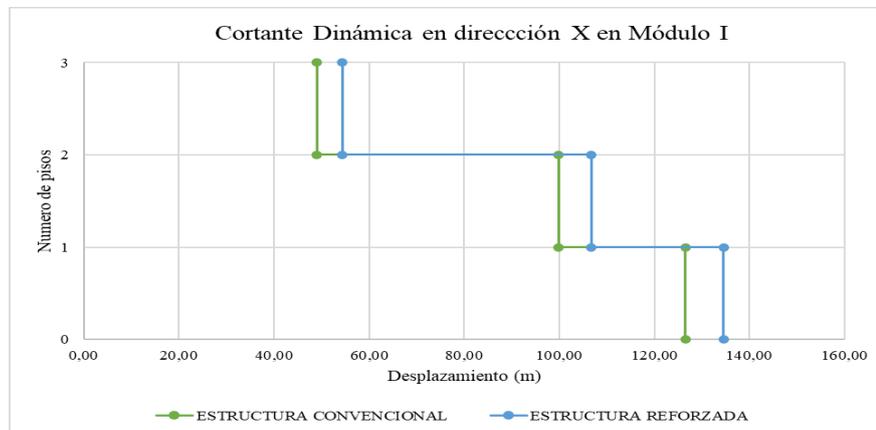
Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo I.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% que aumenta
Nivel 3	48,99	54,34	11%
Nivel 2	99,89	106,78	7%
Nivel 1	126,51	134,59	6%

Nota: Elaboración propia.

Figura 119

Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo I



Nota: Elaboración propia.

Tabla 90

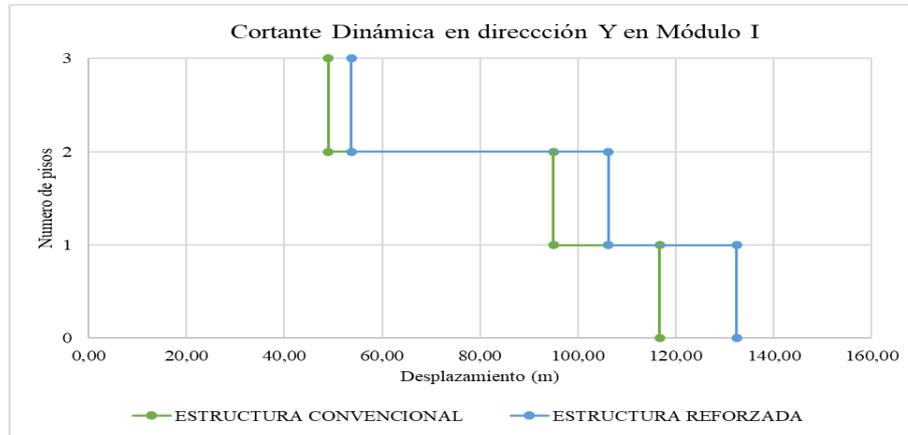
Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo I.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% que aumenta
Nivel 3	49,00	53,68	10%
Nivel 2	94,98	106,25	12%
Nivel 1	116,71	132,44	13%

Nota: Elaboración propia.

Figura 120

Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo I.



Nota: Elaboración propia.

MÓDULO II

Tabla 91

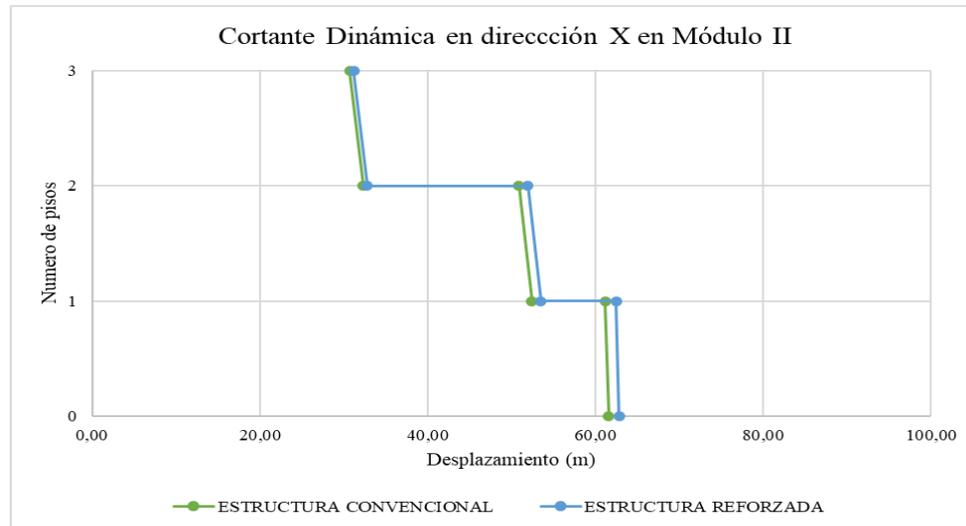
Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo II.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% que aumenta
Nivel 3	32,26	32,75	2%
Nivel 2	52,42	53,49	2%
Nivel 1	61,55	62,83	2%

Nota: Elaboración propia.

Figura 121

Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo II



Nota: Elaboración propia.

Tabla 92

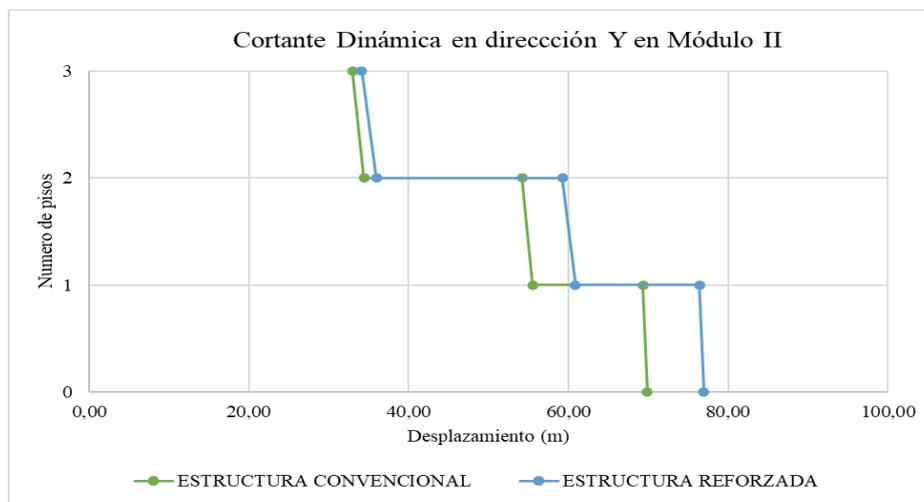
Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo II.

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% que aumenta
Nivel 3	34,44	35,96	3%
Nivel 2	55,51	60,86	9%
Nivel 1	69,85	76,96	10%

Nota: Elaboración propia.

Figura 122

Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

• **MÓDULO III**

Tabla 93

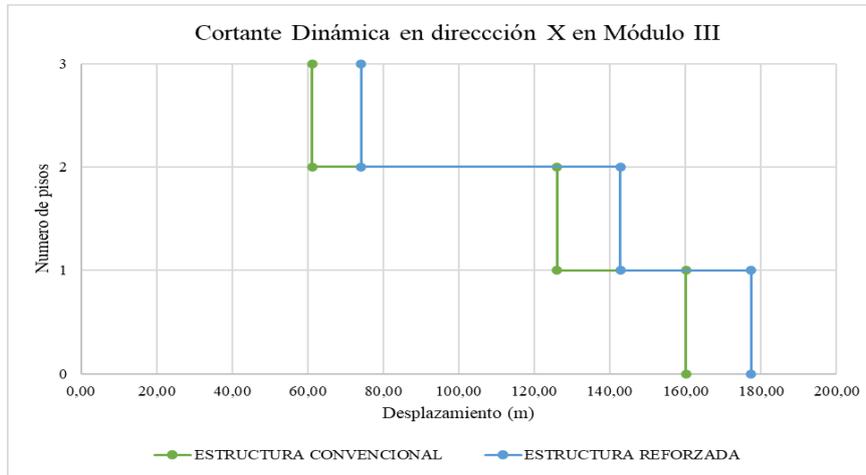
Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo III

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% que aumenta
Nivel 3	61,15	74,13	21%
Nivel 2	125,96	142,74	13%
Nivel 1	160,08	177,37	11%

Nota: Elaboración propia.

Figura 123

Comparación de cortante dinámica eje XX – Modulo III.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 94

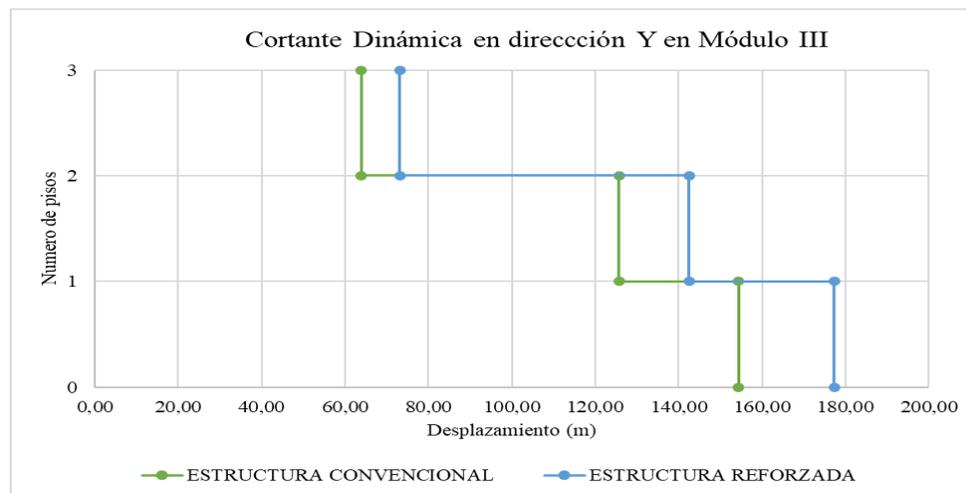
Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo III

Nivel	Estructura convencional	Estructura reforzada	% que aumenta
Nivel 3	63,92	73,17	14%
Nivel 2	125,68	142,56	13%
Nivel 1	154,41	177,26	15%

Nota: Elaboración propia.

Figura 124

Comparación de cortante dinámica eje YY – Modulo III



Nota: Elaboración propia.

4.1.10.4. Periodos de la Estructura

Se observa en la Tabla 97 que para el módulo I, debido a la implementación de disipadores SLB en la estructura se obtiene una reducción del 61% en el modo rotacional, siendo este el más significativo.

Se observa en la Tabla 98 que para el módulo II, debido a la implementación de disipadores SLB en la estructura se obtiene una reducción del 43% en el modo traslacional en dirección Y, siendo este el más significativo.

Se observa en las Tablas 99 que para el módulo III, debido a la implementación de disipadores SLB en la estructura se obtiene una reducción del 68% en el modo rotacional, siendo este el más significativo.

- **MÓDULO I**

Tabla 95

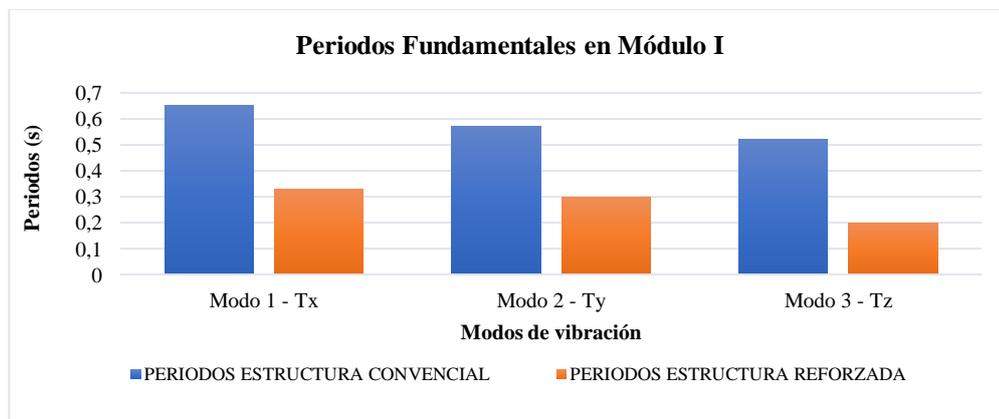
Comparación de periodos fundamentales – Modulo I.

Modo	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Modo 1 - Tx	0.65	0.33	49%
Modo 2 - Ty	0.57	0.30	48%
Modo 3 - Tz	0.52	0.20	61%

Nota: Elaboración propia.

Figura 125

Comparación de periodos fundamentales – Módulo I.



Nota: Elaboración propia.

• **MÓDULO II**

Tabla 96

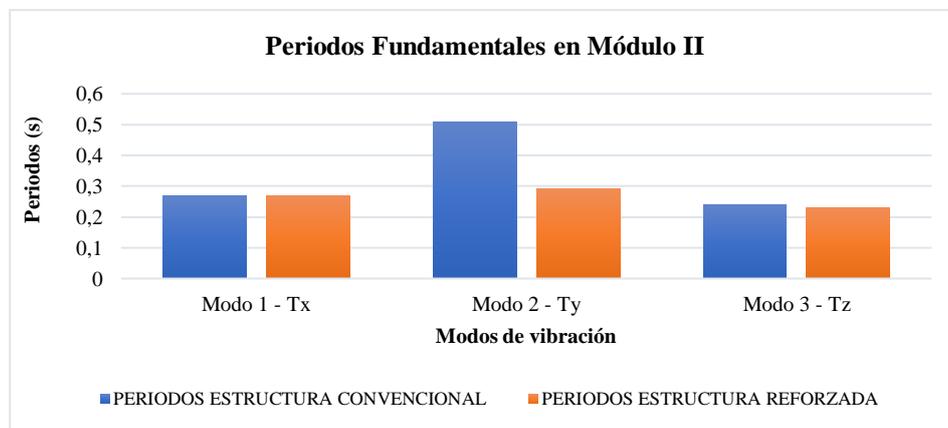
Comparación de periodos fundamentales – Modulo II

Modo	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Modo 1 - Tx	0.27	0.27	0%
Modo 2 - Ty	0.51	0.29	43%
Modo 3 - Tz	0.24	0.23	4%

Nota: Elaboración propia.

Figura 126

Comparación de periodos fundamentales – Modulo II.



Nota: Elaboración propia.

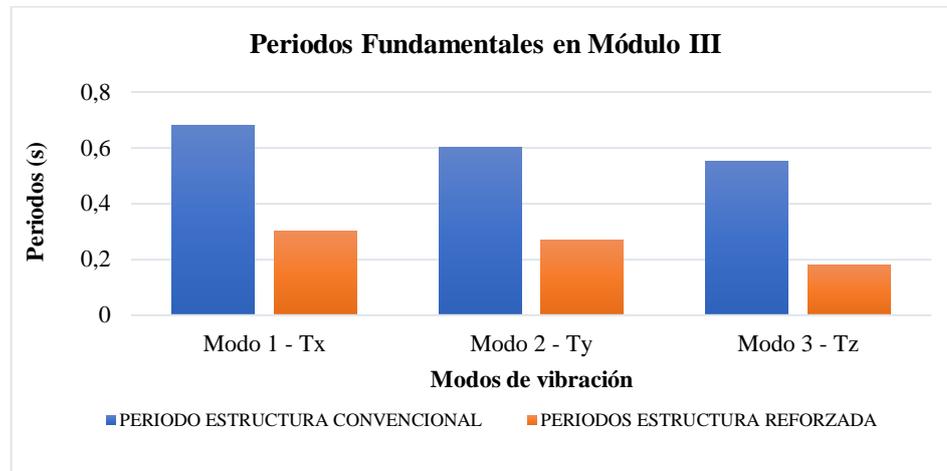
• **MÓDULO III**

Tabla 97

Comparación de periodos fundamentales – Modulo III.

Modo	Estructura convencional	Estructura reforzada	% Reducción
Modo 1 - Tx	0.68	0.30	56%
Modo 2 - Ty	0.60	0.27	55%
Modo 3 - Tz	0.55	0.18	68%

Nota: Elaboración propia.

Figura 127*Comparación de periodos fundamentales – Módulo III.*

Nota: Elaboración propia.

4.1.10.5. Energía Disipada

Los valores que se muestran en las siguientes tablas corresponden al porcentaje máximo de energía disipada alcanzado por los disipadores SLB respecto a un sismo máximo con un periodo de retorno de 2500 años Sismos Máximos Considerados (MCE).

Se observa en la Tabla 100, que los disipadores en el módulo I para la dirección E-O absorben parte de la energía de entrada (sismo) la cual está entre el 53.57% y 62.73%; y para la dirección N-S, entre el 48.82% y 61.19%.

Se observa en la Tabla 101, que los disipadores en el módulo II para la dirección N-S absorben parte de la energía de entrada (sismo) la cual está entre el 42.47% y 55.55%.

Se observa en la Tabla 102, que los disipadores en el módulo III para la dirección E-O absorben parte de la energía de entrada (sismo) la cual está entre el 58.79% y 67.16%; y para la dirección N-S, entre el 58.18% y 65.98%.

Tabla 98

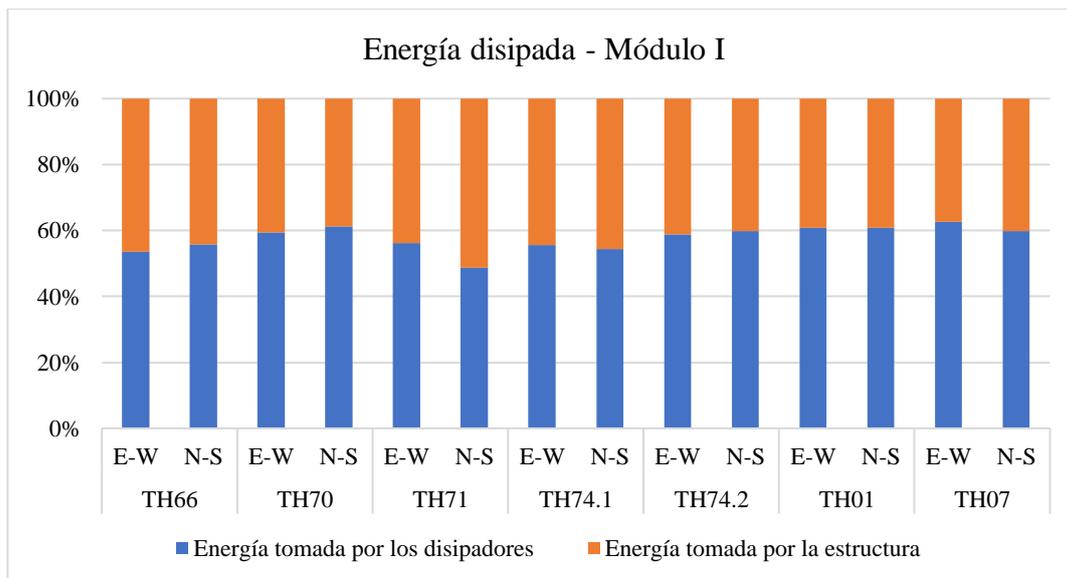
Energía disipada por los disipadores-Módulo I.

MODULO I		
Sismo	Componente	Energía máxima disipada
1966	E-O	53.57%
	N-S	55.76%
1970	E-O	59.38%
	N-S	61.19%
1971	E-O	56.20%
	N-S	48.82%
1974.1	E-O	55.69%
	N-S	54.41%
1974.2	E-O	58.86%
	N-S	59.86%
2001	E-O	60.80%
	N-S	60.75%
2007	E-O	62.73%
	N-S	59.85%

Nota: Elaboración propia.

Figura 128

Energía disipada por la estructura y los disipadores – Módulo I.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 99

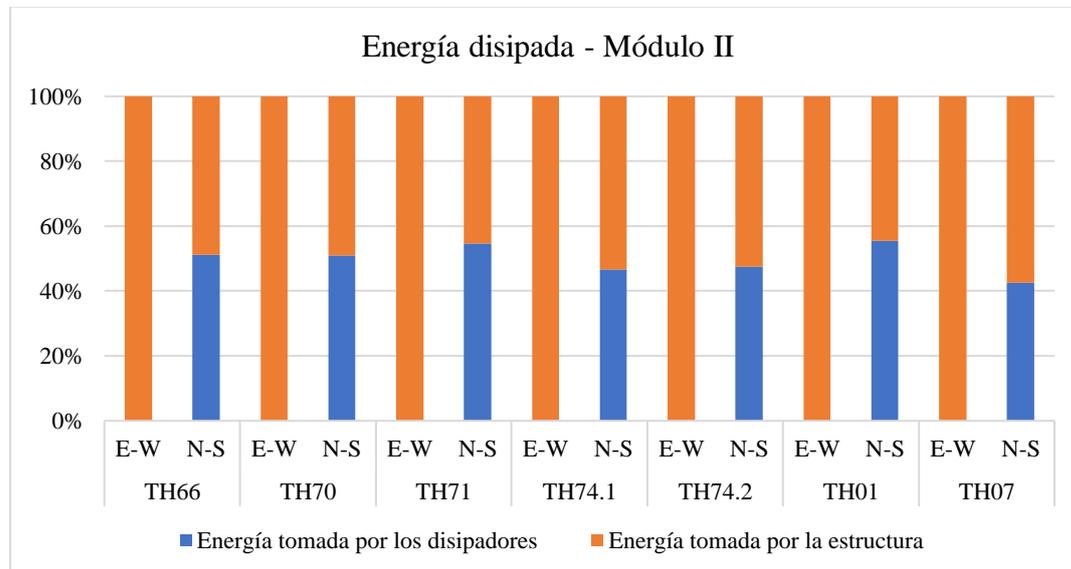
Energía disipada por los disipadores - Módulo II.

MODULO II		
Sismo	Componente	Energía máxima disipada
1966	E-O	-
	N-S	51.20%
1970	E-O	-
	N-S	50.91%
1971	E-O	-
	N-S	54.71%
1974.1	E-O	-
	N-S	46.71%
1974.2	E-O	-
	N-S	47.51%
2001	E-O	-
	N-S	55.55%
2007	E-O	-
	N-S	42.47%

Nota: Elaboración propia.

Figura 129

Energía disipada por la estructura y los disipadores – Módulo II.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 100

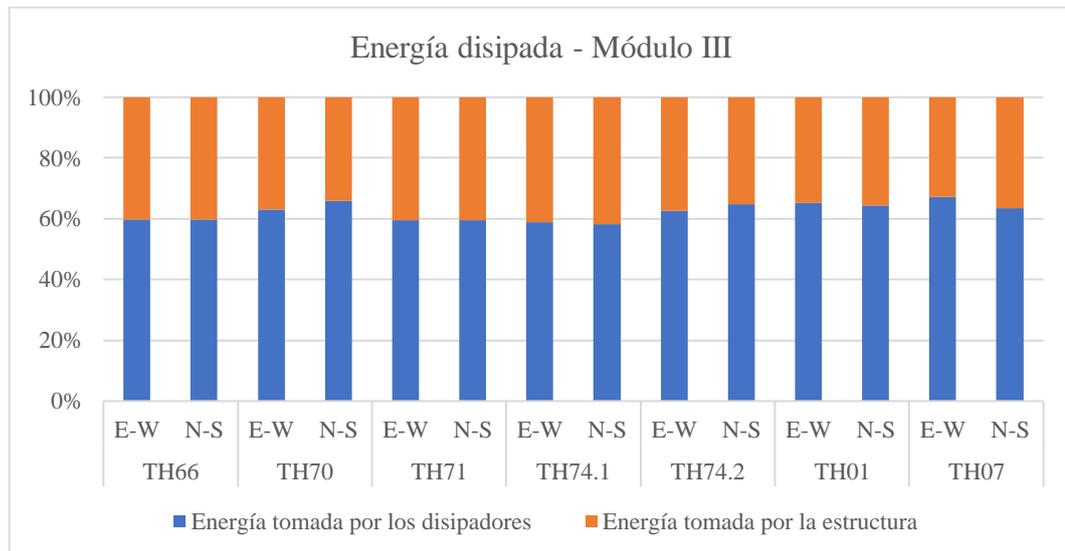
Energía disipada por los disipadores-Modulo III.

MODULO III		
Sismo	Componente	Energía máxima disipada
1966	E-O	59.77%
	N-S	59.81%
1970	E-O	62.98%
	N-S	65.98%
1971	E-O	59.57%
	N-S	59.60%
1974.1	E-O	58.79%
	N-S	58.18%
1974.2	E-O	62.68%
	N-S	64.75%
2001	E-O	65.22%
	N-S	64.34%
2007	E-O	67.16%
	N-S	63.56%

Nota: Elaboración propia.

Figura 130

Energía disipada por la estructura y los disipadores – Módulo III.



Nota: Elaboración propia.

4.1.10.6. Desplazamiento y fuerza cortante en disipadores

A continuación, se presentan los promedios obtenidos de los desplazamientos y fuerzas cortantes máximos actuantes en los disipadores SLB durante el análisis tiempo historia en el que se usaron 7 pares de registros sísmicos.

Tabla 101

Promedio de desplazamiento y cortante en disipadores Mod I.

Piso	Disipador programa computacional	Dirección	Etiqueta	Vprom (tonf)	Uprom (cm)
TECHO3	SLB3 10_5	X	K3	13.61	1.51
	SLB3 15_4	Y	K5	23.55	2.00
	SLB3 20_4	Y	K9	29.58	1.98
	SLB3 15_4	X	K10	21.25	1.46
TECHO2	SLB3 25_4	X	K2	47.87	2.4
	SLB3 25_5	Y	K4	56.95	2.69
	SLB3 25_7	Y	K8	68.85	2.67
	SLB3 25_4	X	K11	47.85	2.4
TECHO1	SLB3 25_6	X	K1	59.3	2.31
	SLB3 25_5	Y	K6	50.94	2.05
	SLB3 25_7	Y	K7	62.62	2.1
	SLB3 25_6	X	K12	59.37	2.32

Nota: Elaboración propia.

Tabla 102

Promedio de desplazamiento y cortante en disipadores Mod II.

Piso	Disipador programa computacional	Dirección	Etiqueta	Vprom (tonf)	Uprom (cm)
TECHO3	SLB3 8_3	Y	K11	7.54	1.12
	SLB3 20_4	Y	K5	26.38	1.39
	SLB3 8_5	Y	K3	9.44	1.23
TECHO2	SLB3 10_4	Y	K9	11.28	0.85
	SLB3 8_4	Y	K12	7.9	0.78
	SLB3 25_6	Y	K4	47.7	1.17
TECHO1	SLB3 20_5	Y	K1	27.99	1.02
	SLB3 15_4	Y	K2	19.41	1.03

Nota: Elaboración propia.

**Tabla 103***Promedio de desplazamiento y cortante en disipadores Mod III.*

Piso	Disipador programa computacional	Dirección	Etiqueta	Vprom (tonf)	Uprom (cm)
TECHO3	SLB3 20_4	X	K3	26.42	1.4
	SLB3 15_4	X	K6	21.01	1.4
	SLB3 25_3	Y	K9	33.58	1.35
	SLB3 25_4	Y	K13	39	1.33
TECHO2	SLB3 25_7	X	K2	64.79	2.3
	SLB3 25_8	X	K5	70.07	2.28
	SLB3 30_8	Y	K8	76.05	1.81
	SLB3 40_7	Y	K11	89.55	1.77
TECHO1	SLB3 30_8	X	K1	81.86	2.23
	SLB3 30_8	X	K4	81.94	2.23
	SLB3 30_8	Y	K7	71.08	1.45
	SLB3 40_7	Y	K10	84.75	1.48

Nota: Elaboración propia.

4.2. DISCUSIONES

Con el objetivo de analizar el comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS al implementarle disipadores del tipo Shear Link Bozzo, se obtuvieron resultados que nos permiten aprobar la hipótesis general planteada, puesto que, al implementar estos dispositivos en la edificación permitió que esta tenga un mejor comportamiento sísmico reflejando en la reducción de derivas, desplazamientos y periodos, lo que se traduce en un aporte de rigidez a la estructural global.

En este contexto, coincidimos con el aporte de la investigación realizada por López y Plasencia en 2017, donde concluyeron que lograron reducir hasta en un 34% las derivas de su edificio multifamiliar analizado; de manera similar en nuestra investigación del edificio ubicado dentro de la UNS obtuvimos reducciones de derivas de hasta 85% al comparar las derivas de la estructura existente con los resultados de la estructura reforzada con los disipadores Shear Link Bozzo, cumpliendo de esta manera con el límite permitido por la NTP E.030 respecto a las estructuras de concreto armado.

Por otro lado, respecto a la investigación realizada por Mena en 2019, donde nos indica que el periodo del eje rotacional se reduce casi la mitad al incorporar los disipadores tipo SLB de 0.455 seg obtenido de la estructura sin disipadores a 0.226 seg de la estructura con los disipadores incorporados; en ese sentido y contrastando con nuestros resultados coincidimos en que los disipadores SLB generan una reducción en los periodos y no solo en el eje rotacional sino también en los traslacionales, puesto que, en nuestro caso de análisis se obtuvo una reducción hasta del 68% respecto al eje rotacional en el Módulo III, siendo el periodo en la estructura existente 0.55 seg mientras que en la estructura reforzada fue 0.18 seg, reflejando de esta manera que se pueden controlar problemas torsional con la implementación de estos disipadores en las edificaciones.

Otro aspecto a considerar es el porcentaje de absorción de energía que presentan estos dispositivos al ser incluidos en las estructuras; esto lo reflejan Quispe y García en 2019, ya que en su investigación nos indicaron que para el registro sísmico de ICA se generó una reducción de la respuesta energética de la estructura del 100% al 59.70%; con lo cual coincidimos ya que, en nuestro caso para el registro sísmico de Ica del 2007 obtuvimos reducción de la respuesta energética del 100% hasta el 32.84% para el Módulo III, lo cual nos refleja que estos disipadores sísmicos absorben gran cantidad de la energía sísmica disminuyéndole responsabilidad estructural a los elementos de la estructura existente.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se mejoró el comportamiento sísmico de los 03 módulos que conforman el edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS, esta mejora se refleja en los resultados obtenidos en el Análisis Modal Espectral al realizar una comparación en los resultados de la estructura convencional o existente con una estructura implementada de disipadores SLB. Asimismo, se pudo verificar un mejor comportamiento de la estructura durante el Análisis Tiempo Historia, ya que la energía disipada por los dispositivos Shear Link Bozzo es considerable, lo que se traduce a un menor esfuerzo de los elementos estructurales.

Se realizaron ensayos que nos permitieron verificar la resistencia a la compresión de los elementos estructurales del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía, los cuales alcanzaron resistencias promedio de 184kg/cm², 238kg/cm² y 157kg/cm² para placas, columnas y vigas respectivamente, y con los valores mencionados se realizó el análisis del comportamiento sísmico del edificio existente y del edificio implementado con los disipadores Shear Link Bozzo.

La implementación de los disipadores SLB en los módulos analizados lograron reducciones respecto a las derivas máximas. En el módulo I, se obtuvo una reducción del 74% y 77% en la dirección X y Y respectivamente; en el módulo II del 73% en la dirección Y; y en el módulo III del 82% y 85% en la dirección X y Y, respectivamente.

La implementación de los disipadores SLB en los módulos analizados lograron reducciones respecto a los desplazamientos máximos. En el módulo I, se obtuvo una reducción del 73% y 76% en la dirección X y Y, respectivamente; en el módulo II del 68 % en la dirección Y; y en el módulo III, del 82% y 84% en la dirección X y Y respectivamente.

La implementación de los disipadores SLB en los módulos analizados lograron el aumento de la cortante basal. En el módulo I, se obtuvo un incremento del 6% y 13% en la dirección X y Y respectivamente; en el módulo II, del 2% y 10% en la dirección X y Y respectivamente; y en el módulo III, del 11% y 15% en la dirección X y Y, respectivamente.

La implementación de los disipadores SLB en los módulos analizados lograron una reducción en sus periodos fundamentales. En el módulo I, se obtuvo una reducción del 49%, 48% y 61% en direcciones X, Y y Z respectivamente; el módulo II, del 43% y 4% en la dirección Y y Z respectivamente; y en el módulo III, del 56%, 55% y 68% en la dirección X, Y y Z, respectivamente.

Se determinó el porcentaje de disipación de energía de los disipadores SLB respecto al total de energía de la estructura generado por el sismo máximo con un periodo de retorno de 2500 años. En el módulo I, se obtuvieron porcentajes máximos hasta del 62.73% y del 61.19% para los sismos del 2007 (dirección E-O) y de 1970 (dirección N-S), respectivamente. En el módulo II, hasta del 55.55% para el sismo del 2001 (dirección N-S). Y en el módulo III, hasta del 67.16% y del 65.98% para los sismos del 2007 (dirección E-O) y de 1970 (dirección N-S), respectivamente.

El módulo I y modulo III al ser evaluados inicialmente sobrepasaron la deriva máxima en ambas direcciones, la norma E.030 establece una deriva máxima de 0.007 (artículo 32) para estructuras de concreto armado, el módulo I alcanzó una deriva máxima en la dirección X de 0.022 y en la dirección Y de 0.022, el módulo III alcanzó una deriva máxima en la dirección X de 0.023 y en la dirección Y de 0.027. Por otro lado, el módulo II sobrepasó dicho límite solo en la dirección Y, alcanzando una deriva máxima de 0.019. Los disipadores redujeron las derivas del módulo I a 0.006 y 0.005 en la dirección X y Y respectivamente, para el módulo III a 0.005 y 0.004 en la dirección X y Y respectivamente, para el módulo II el cual solo fue reforzado en la dirección Y se redujo a 0.006.

Se verificó que la cortante dinámica no alcanzó el 90% de la cortante estática debido a ello, se tuvo que escalar el espectro de diseño (tabla 34, 35 y 36); según lo establecido en el artículo 29.4 de la norma E.030; pudiendo así, establecer la combinación envolvente de diseño para los disipadores y sus componentes en ambas direcciones.

Se realizó un Análisis de Costos para tener un presupuesto referencial del proyecto de reforzamiento del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS, dicho presupuesto alcanza el monto de S/ 410,924.57, sin IGV; el cual incluye 10% de gastos generales y 7% de utilidades. Las partidas consideradas fueron: Obras preliminares y provisionales, trabajos de demolición y eliminación, instalación de elementos de acero



estructural y trabajos de reparación. Finalmente, los precios considerados en el ACU para los disipadores SLB, fue un precio del promedio ponderado (Ver Anexo 09 y 10).

Se determinó el promedio de las fuerzas cortantes y desplazamientos máximos obtenidos para los disipadores SLB durante el análisis tiempo historia con los 7 pares de registros sísmicos en los 3 módulos, obteniendo valores promedio de desplazamientos menores a los 3 cm; por otro lado, se corrobora esta información con los valores promedios de fuerza actuante de los disipadores menores a la fuerza de fluencia máxima para cada tipo de disipador SLB.

5.2. RECOMENDACIONES

Evaluar diversos puntos de colocación de los disipadores SLB a fin de tomar los mejores resultados para el análisis de la estructura, buscando ser más efectivos y no utilizando disipadores innecesarios que no aportarán al comportamiento sísmico esperado.

Al evaluar una estructura existente, se recomienda realizar una comparación técnica con alternativas de reforzamiento distintas a los disipadores SLB, a fin de continuar con la investigación y encontrar la alternativa más viable y adecuada para el comportamiento de la estructura, priorizando la protección de la vida humana.

Realizar los ensayos destructivos y no destructivos, siguiendo los lineamientos indicados en las normas, para poder obtener los resultados más exactos sin afectar el desarrollo del análisis de la estructura. De realizarse los ensayos destructivos, se recomienda emplear materiales de construcción con certificados de calidad que permitan reparar la estructura de forma adecuada.

Se recomienda la utilización de estos dispositivos de disipación de energía para reforzar estructuras existentes y para el diseño de futuros proyectos, puesto que, mejoran de gran manera el comportamiento sísmico de la estructura resultando técnicamente adecuada su implementación en distintas edificaciones; sean de gran, mediana o baja altura.

Compatibilizar el diseño estructural con el diseño arquitectónico, para no afectar accesos, salidas, ventilación, iluminación, entre otros aspectos; y buscar la ubicación más adecuada de los disipadores SLB.

Al no cumplir con la verificación de diseño por cortante según NTP E.060 en elementos existentes de concreto armado (como en el caso del edificio analizado para el trabajo de investigación), se recomienda reforzar los elementos con encamisado metálico o con fibras de carbono.



CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS Y

VIRTUALES

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES

- Abarca, R., Bolomey, A., Boroschek, R., Castañeda, J., De Miguel, L., García, C., Jorquera, J., Navarro, M., Santa, I., Searle, J y Varas, S. Protección sísmica de estructuras http://descargas.coreduc.cl/Proteccion_Sismica_de_Estructuras_-_Febrero_2012_CLR_v4.1.pdf
- Acuña, P. (29 de septiembre, 2015) Disipadores de energía, técnicas de diseño sismo resistente. *Polis – Civitas*. <https://pavsargonauta.wordpress.com/2015/09/29/disipadores-de-energia-en-la-estructura-de-edificios/>
- Agudelo, J. (14 de octubre, 2014) Aisladores y disipadores sísmicos. *Estructurando*. <https://estructurando.net/2014/10/14/aisladores-y-disipadores-sismicos/>
- Aguiar, R. (2003). *Análisis Sísmico por Desempeño*. Centro de Investigaciones Científicas - ESPE.
- Aguiar, R., Bozzo, L., Coyago, H., & Andino, C. (2016). Seismic Analysis for Structural Block 4 of UFA-ESPE Building Using Shear Link Bozzo Energy Dissipators. *CIENCIA*, 123-160.
- American Society of Civil Engineers. (2010). Minimum Design Loads for Building and Other Structures (ASCE/SEI 7-10).
- Bonett Díaz, R. L. (2003) *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21138/Tesis%20Celio.pdf>
- Boza Farfán, Z. E. y Galán Tirapo, D. J. (2013) *Diseño de un edificio aporticado con disipadores en arreglo chevron*. [Trabajo de fin de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4518>
- Boza, Z. y Galan, T. (2013). DISEÑO DE UN EDIFICIO APORTICADO CON DISIPADORES EN ARREGLO CHEVRON [Tesis para título profesional, Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4518/BOZA_ZUEN_Y_GALAN_DANNY_DISIPADORES_ENERGIA_CHEVRON.pdf?sequence=1
- Bozzo, L. M. (2014). Disipadores Sísmicos en Estructuras Industriales: Caso Megaplanta Pucusana de Corporación Lindley. *COSTOS*, 54-59.

- Bozzo, L. M. (2019). *Análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB*. Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.R.L. <https://www.prostructural.es/analisis-y-diseno-utilizando-disipadores-slb/>
- Bozzo, L. M., & Gaxiola, G. (2015). El Concepto "Rigido-Flexible-Ductil" y las Conexiones SLB. *XX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*.
- Bozzo, L., & Barbat, A. (2004). *Diseño sismorresistente de edificios-Técnicas Convencionales y Avanzadas*. Barcelona: Reverté.
- Cabrera Cabrera, E. (2003) *Diseño estructural en concreto armado de un edificio de nueve pisos en la ciudad de Piura*. [Trabajo de fin de grado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/1359>
- Cabrera, E. (2003). *Diseño estructural en concreto armado de un edificio de nueve pisos en la ciudad de Piura*. [Tesis para título profesional, Universidad de Piura]. Repositorio Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/1359>
- Cano Lagos, H. y Zumaeta Escobedo, E. (2012) *Diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y el edificio con disipadores de energía para un sismo severo* [Trabajo de fin de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/301565>
- Carranza Ruiz, J. S., & Calderon Correa, J. M. (2015). REFORZAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA UN MERCADO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO (Tesis de Pregrado). Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Carranza Ruiz, J. S., & Calderon Correa, J. M. (2015). REFORZAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO PARA UN MERCADO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO (Tesis de Pregrado). Trujillo: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO.
- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de Estructuras*. Pearson.
- Disipadores Sísmicos Tipo SLB*. Lima: Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L.
- 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*. [Tesis para título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5046>

- Escobar y Martinez. (08 de septiembre, 2021) Aisladores sísmico vs disipadores de energía. *Productos Técnicos Especializados*. <https://www.eymproductostecnicos.com/aisladores-sismicos-vs-disipadores-de-energia>
- Gaxiola, G., Gonzales, H., & Bozzo, L. (2016). *Proceso de Analisis y Diseño Utilizando*
- Genatios, C. & Lafuente, M. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. CAF – Banco de Desarrollo de América Latina. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1213>
- Gerbaudo, C. F. (2006) *Diseño de un disipador metálico para una conexión articulada de viga y columna* [Trabajo fin de máster, Universidad Nacional de Cordoba]. Repositorio Digital UNC. https://fcefyn.unc.edu.ar/documents/1109/04-Gerbaudo_Carlos_Resumen.pdf
- Gómez, Y. Y. (2018). *Influencia de la rigidez lateral en el análisis y diseño Sismorresistente de un edificio de concreto armado de 5 pisos*. [Tesis para título profesional, Universidad Continental]. Repositorio Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4936>
- Gonzales, A. (12 de febrero de 2021). Métodos de disipación de energía para Estructuras Civiles. *Cype Perú*. https://www.cype.pe/blog/metodos-de-disipacion-de-energia-para-estructuras-civiles/#DINAMICA_Y_CONTROL_ESTRUCTURAL
- Gonzales, O. M. (2014). *Análisis estructural*. Limusa
- Guevara D. & Torres P. (2012). Diseño de un edificio aporticado con amortiguadores de fluido viscoso en disposicion diagonal (tesis de grado, Pontificia universidad catolica del Perú, Lima, Perú). Recuperado de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1477/GUEVARA_DIEGO_Y_TORRES_PERCY_EDIFICIO_APORTICADO_AMORTIGUADORE_S.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hurtado, F., & Bozzo, L. M. (2008). Numerical and Experimental Analisis of a Shear-Link Energy Dissipator for Seismic Protection ogf Buildings. *The 14 Word Conference on Earthquake Engineering*.
- Jácome, P. J. (2016). *Determinación de las técnicas de reforzamiento para mejorar el desempeño estructural de un edificio mixto*. [Tesis para título profesional, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/20275>

- Lopez, S. Y. & Plasencia, C. S. (2017). *Diseño Estructural del edificio multifamiliar las Flores del Golf de 9 niveles empleando disipadores de energía “Shear Link Bozzo”*. [Tesis para título profesional, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio digital de la UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5497>
- Marte, C. J. (2014) *Calibración de umbrales de daño sísmico para el análisis de fragilidad sísmica de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal (“Push-Over”)* [Trabajo fin de máster, Universidad Politécnica Cataluña]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21138/Tesis%20Celio.pdf>
- Matango, A. S. & Torres, P. X. (2017). *Evaluación y comparación del reforzamiento de la PUCE Sede Bahía, mediante la utilización de Disipadores de Energía Tipo Shear-Link respecto a un Reforzamiento con muros de Corte*. [Tesis para título profesional, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital – EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18974>
- Mena, A. S. (2019). *Diseño estructural de un edificio de cinco plantas con estructura metálica, utilizando disipadores Sísmicos SLB*. [Tesis para título profesional, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17732>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Editorial Megabyte.
- Morales, A. R. & Sinchiguano, J. A. (2019). *Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho, doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica*. [Tesis para título profesional, Universidad Central de Ecuador]. Repositorio Digital de la UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15225>
- Morales, N. (2001). Impacto de Desastres y Situaciones de Emergencia en el Ámbito de la Salud en el Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*, 62(2), 125 – 134. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v62_n2/pdf/a05v62n2.pdf
- Narváez, M. E. (2019). *Análisis comparativo técnico-económico de una edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histeréticos*. [Tesis para título profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/16396>



- Oterino, B. (2013). *Geología, terremotos y riesgo sísmico: Avances y perspectivas*. Universidad Autónoma de Madrid. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/678735>
- Oviedo, J. y Duque, M. (2006). Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquía*, 06, pp 105-120. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n6/n6a10.pdf>
- Pulamarin, J. N. (2017). *Análisis comparativo del comportamiento sísmico de dos estructuras de hormigón armado, con o sin aislación sísmica, sometidas al sismo de diseño y al ocurrido en abril del 2016 en el Cantón Pedernales*. [Tesis para título profesional, Universidad Central de Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10550>
- Quispe, C. K. & García, P.A. (2019). *Reforzamiento Sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos Tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima*. [Tesis para título profesional, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio de la URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2782>
- Rosero Landeta, L. (2013). Reforzamiento de estructuras de hormigón armado con FRP (Fiber reinforced polymers). Aplicación al caso de refuerzo de una losa y columnas de un salón de audiovisuales y un auditorio (Tesis de Pregrado). Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.
- Tavera, H., Bernal, I. y Salas, H. (2007). El Sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9 Mw) Departamento de Ica – Perú. Instituto Geofísico del Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/1115>
- Tello Malpartida, O. (2006). EVALUACION Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
- Valcárcel J. A. (2013). Análisis y gestión del riesgo sísmico de edificios y sistemas esenciales. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña]. Tesis Doctorals en Xarxa. <https://www.tdx.cat/handle/10803/116820>
- Villarreal, G y Oviedo, R. (2009). *Edificaciones con disipadores de energía*. https://www.academia.edu/5328500/EDIFICACIONES_CON_DISIPADORES_DE_ENERGIA



William Baca Escobar – 2010, Experiencia peruana en el diseño y aplicación de reforzamiento estructural con Fibras de Carbono. ACI – Perú, convenio internacional 2010.



CAPÍTULO VII

ANEXOS

VII. ANEXOS

ANEXO 01.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Pregunta de investigación	Objetivos de la investigación	Hipótesis
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:
¿Cómo mejorará el comportamiento sísmico implementando disipadores Shear Link Bozzo en el edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS?	Analizar el comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS implementando disipadores Shear Link Bozzo.	El comportamiento sísmico del edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS, mejorará significativamente al implementar disipadores Shear Link Bozzo.
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:
¿Cuál será el comportamiento sísmico del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía, considerando la resistencia a la compresión real de los elementos de concreto armado?	Evaluar el comportamiento sísmico del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía, considerando la resistencia a la compresión real de los elementos de concreto armado.	El comportamiento sísmico del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía será óptimo considerando la resistencia a la compresión real de los elementos de concreto armado.
¿En qué porcentaje varían las derivas, desplazamientos, periodos, fuerzas cortantes del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía al implementarle disipadores Shear Link Bozzo?	Determinar el porcentaje de variación de las derivas, desplazamientos, periodos, fuerzas cortantes del edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía al implementarle disipadores Shear Link Bozzo.	La variación de derivas, desplazamientos, periodos, fuerzas cortantes al implementar disipadores Shear Link Bozzo en el edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía mejorará significativamente.
¿Cuál es el porcentaje de absorción de energía de los disipadores SLB respecto a la energía total de disipación de la estructura en la verificación Tiempo Historia?	Determinar el porcentaje de absorción de energía de los disipadores Shear Link Bozzo respecto a la energía total de disipación de la estructura en la verificación Tiempo Historia.	El porcentaje de absorción de energía de los disipadores Shear Link Bozzo estarán entre el 20% y 50% respecto a la energía total de disipación de la estructura.
¿El edificio de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía con y sin disipadores Shear Link Bozzo cumple con los límites normativos establecidos en la NTP E.030 2018?	Verificar el cumplimiento de límites normativos establecidos en la NTP E030 2018 en el edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía y al implementarle disipadores Shear Link Bozzo.	El edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía con y sin disipadores cumple con parámetros establecidos en la NTP E030 2018.

Nota. Elaboración propia

ANEXO 02.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

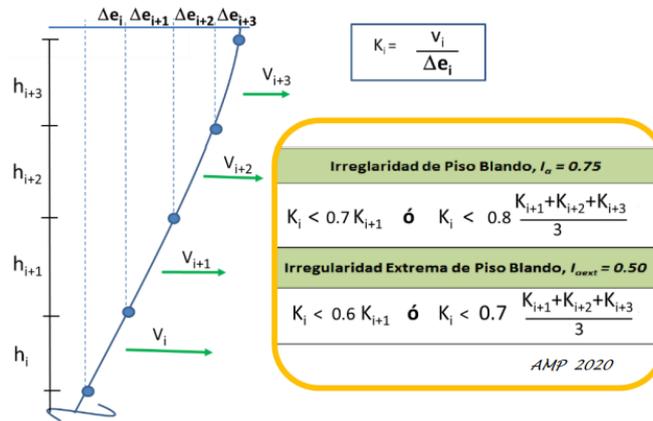
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN DE LA VARIABLE	INDICADORES	HERRAMIENTAS	
INDEPENDIENTE	Edificio de laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Energía de la UNS	Construcción estable, hecha con materiales resistentes, para ser habitada o para otros usos (Real Academia Española, s.f.).	Determinar propiedades de los materiales (resistencia del concreto), mediante ensayo ASTM C42/C39, para posteriormente definir las características sísmicas del edificio y poder obtener su respuesta sísmica mediante el modelado en el programa computacional de estructuras; con ello analizar los valores de periodos, derivas, desplazamientos y fuerzas.	Propiedades de los materiales	Resistencia a la compresión real	Informe estructural de ensayos ASTM C42/C39
				Características sísmicas	Parámetros sísmicos	- NTP E.030 - NTP E.020
					Cargas	- EMS de la zona - Planos estructurales
					Sistema estructural	- Programa computacional de estructuras
Respuesta sísmica del edificio	Periodos	- NTP E.030 - Programa computacional de estructuras				
	Derivas					
	Desplazamientos					
	Fuerzas					
DEPENDIENTE	Comportamiento sísmico implementando disipadores Shear Link Bozzo	Es la evaluación que se le realiza a un edificio con respecto a su conducta, durante un evento sísmico el cual podría causar daños en la estructura. Además, los disipadores agrupan los esfuerzos provenientes de ductilidad en conexiones con características mecánicas establecidas. La conexión SLB es una rótula plástica ubicada de acuerdo a criterios propios de cada diseñador. (Bozzo, 2019)	Implementar los disipadores en el modelado del edificio para obtener la respuesta sísmica mediante un análisis Modal Espectral y el Análisis Tiempo Historia con la finalidad de obtener derivas de entrepiso, respuesta energética y analizar las curvas histeréticas de los disipadores.	Respuesta sísmica de los disipadores SLB	Curvas histeréticas	- NTP E.030 - Programa computacional de estructuras
				Respuesta energética	- Manual de disipadores sísmicos tipo SLB	

Nota. Elaboración propia

ANEXO 03.
VERIFICACIÓN DE IRREGULARIDADES - ALTURA

 a) Irregularidad de Rigidez – Piso Blando
Figura A1

Interpretación de la irregularidad de rigidez.



Nota: Tomado de "Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente"

a. Módulo I
Tabla A1

Verificación de irregularidad de rigidez – Piso blando - EJE X.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	70%Ki+1	Verificación	80%(ki+1;ki+2;ki+3)	Verificación
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m				
TECHO 3	SDxx	48.99	0.0065	7512.02	2.47	0.000943	0	5258.41			
TECHO 2	SDxx	99.89	0.0122	8188.54	5.03	0.001352	0	5731.98	OK	6009.62	OK
TECHO 1	SDxx	126.51	0.0117	10776.19	6.12	0.000914	0	7543.33	OK	6280.22	OK

Nota: Elaboración propia.

Tabla A2

Verificación de irregularidad de rigidez – Piso blando - EJE Y.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	70%Ki+1	Verificación	80%(ki+1;ki+2;ki+3)	Verificación
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m				
TECHO 3	SDyy	2.16	0.0011	0	49.00	0.007351	6665.716	4666.00			
TECHO 2	SDyy	4.73	0.0019	0	94.98	0.010739	8844.091	6190.86	OK	5332.57	OK
TECHO 1	SDyy	6.12	0.0015	0	116.71	0.007866	14837.217	10386.05	OK	6203.92	OK

Nota: Elaboración propia.



b. Módulo II

Tabla A3

Verificación de irregularidad de rigidez – Piso blando - EJE X.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	70%Ki+1	Verificación	80%(ki+1;ki+2;ki+3)	Verificación
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m				
TECHO 3	SDxx	28.23	0.0028	10176.08	6.34	0.001672	3789.392	7123.26			
TECHO 2	SDxx	45.86	0.0017	27531.16	8.29	0.000778	10646.49	19271.81	OK	8140.86	OK
TECHO 1	SDxx	53.84	0.0011	48509.27	9.09	0.000506	17975.347	33956.49	OK	15082.90	OK

Nota: Elaboración propia.

Tabla A4

Verificación de irregularidad de rigidez – Piso blando - EJE Y.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	70%Ki+1	Verificación	80%(ki+1;ki+2;ki+3)	Verificación
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m				
TECHO 3	SDyy	4.31	0.0012	3749.717	22.96	0.005942	3863.988	2704.79			
TECHO 2	SDyy	7.33	0.0017	4268.579	37.01	0.005736	6451.834	4516.28	OK	3091.19	OK
TECHO 1	SDyy	9.09	0.0012	7880.688	46.57	0.00372	12517.319	8762.12	OK	4126.33	OK

Nota: Elaboración propia.

c. Módulo III

Tabla A5

Verificación de irregularidad de rigidez – Piso blando - EJE X.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	70%Ki+1	Verificación	80%(ki+1;ki+2;ki+3)	Verificación
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m				
TECHO 3	SDxx	61.15	0.0069	8923.39	2.31	0.000708	0	6246.38			
TECHO 2	SDxx	125.96	0.0127	9884.10	4.78	0.001036	0	6918.87	OK	7138.72	OK
TECHO 1	SDxx	160.08	0.0123	12995.05	5.82	0.000705	0	9096.54	OK	7523.00	OK

Nota: Elaboración propia.



Tabla A6

Verificación de irregularidad de rigidez – Piso blando - EJE Y.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	70%Ki+1	Verificación	80%(ki+1;ki+2;ki+3)	Verificación
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m				
TECHO 3	SDyy	2.01	0.0011	0	63.92	0.008539	7486.30	5240.41			
TECHO 2	SDyy	4.49	0.0017	0	125.68	0.01256	10006.15	7004.31	OK	5989.04	OK
TECHO 1	SDyy	5.82	0.0012	0	154.41	0.008983	17188.54	12031.98	OK	6996.98	OK

Nota: Elaboración propia.

b) Irregularidades de Resistencia – Piso Débil
Figura A2
Interpretación de la irregularidad de resistencia.


Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”

a. Módulo I
Tabla A7
Verificación de irregularidad de resistencia – Piso débil - EJE X.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	80%Ri+1	VERIFICACION
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m		
TECHO3	SDxx	48.99	0.0065	7512.02	2.47	0.000943	0	39.1956	
TECHO2	SDxx	99.89	0.0122	8188.54	5.03	0.001352	0	79.90968	OK
TECHO1	SDxx	126.51	0.0117	10776.19	6.12	0.000914	0	101.20864	OK

Nota: Elaboración propia.

Tabla A8
Verificación de irregularidad de resistencia – Piso débil – EJE Y.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	80%Ri+1	VERIFICACION
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m		
TECHO3	SDyy	2.16	0.0011	0	49.00	0.007351	6665.71	39.20	
TECHO2	SDyy	4.73	0.0019	0	94.98	0.010739	8844.09	75.98	OK
TECHO1	SDyy	6.12	0.0015	0	116.71	0.007866	14837.2	93.37	OK

Nota: Elaboración propia.



b. Módulo II

Tabla A9

Verificación de irregularidad de resistencia – Piso débil – EJE X.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	80% R_{i+1}	VERIFICACION
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m		
TECHO3	SDxx	28.23	0.0028	10176.08	6.34	0.001672	3789.392	22.58128	
TECHO2	SDxx	45.86	0.0017	27531.16	8.29	0.000778	10646.49	36.68416	OK
TECHO1	SDxx	53.84	0.0011	48509.27	9.09	0.000506	17975.347	43.07552	OK

Nota: Elaboración propia.

Tabla A10

Verificación de irregularidad de resistencia – Piso débil – EJE Y.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	80% R_{i+1}	VERIFICACION
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m		
TECHO3	SDyy	4.31	0.0012	3749.717	22.96	0.005942	3863.988	18.37	
TECHO2	SDyy	7.33	0.0017	4268.579	37.01	0.005736	6451.834	29.61	OK
TECHO1	SDyy	9.09	0.0012	7880.688	46.57	0.00372	12517.319	37.25	OK

Nota: Elaboración propia.

c. Módulo III

Tabla A11

Verificación de irregularidad de resistencia – Piso débil – EJE X.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	80% R_{i+1}	VERIFICACION
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m		
TECHO3	SDxx	61.15	0.0069	8923.39	2.31	0.000708	0	48.92368	
TECHO2	SDxx	125.96	0.0127	9884.10	4.78	0.001036	0	100.7647	OK
TECHO1	SDxx	160.08	0.0123	12995.05	5.82	0.000705	0	128.0656	OK

Nota: Elaboración propia.

Tabla A12

Verificación de irregularidad de resistencia – Piso débil – EJE Y.

Piso	Caso de Carga	Cortante X	Drift X	Rigidez X	Cortante Y	Drift Y	Rigidez Y	80% R_{i+1}	VERIFICACION
		tonf	m	tonf/m	tonf	m	tonf/m		
TECHO3	SDyy	2.01	0.0011	0	63.92	0.008539	7486.30	51.14	
TECHO2	SDyy	4.49	0.0017	0	125.68	0.01256	10006.15	100.54	OK
TECHO1	SDyy	5.82	0.0012	0	154.41	0.008983	17188.53	123.53	OK

Nota: Elaboración propia.

c) Irregularidad de Masa o Peso

Figura A3

Interpretación de la irregularidad de masa.



Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”.

a. Módulo I

Tabla A13

Verificación de irregularidad Masa.

Piso	Masa (Tn)	Relación	Verificación
Piso 3	172.0373	1.39	No tiene irregularidad
Piso 2	230.5614	1.00	No tiene irregularidad
Piso 1	230.5615		

Nota: Elaboración propia.

b. Módulo II

Tabla A14

Verificación de irregularidad Masa.

Piso	Masa (Tn)	Relación	Verificación
Piso 3	93.24	1.27	No tiene irregularidad
Piso 2	118.09	0.99	No tiene irregularidad
Piso 1	117.34		

Nota: Elaboración propia.

c. Módulo III

Tabla A15

Verificación de irregularidad Masa.

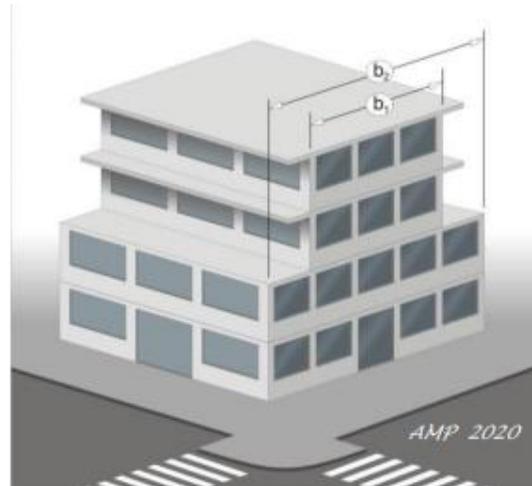
Piso	Masa (Tn)	Relación	Verificación
Piso 3	220.67	1.39	No tiene irregularidad
Piso 2	306.49	1.00	No tiene irregularidad
Piso 1	306.49		

Nota: Elaboración propia.

d) Irregularidad Geométrica Vertical

Figura A4

Interpretación de la irregularidad geométrica vertical.



Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”

a. Módulo I

El módulo no presenta esta irregularidad.

b. Módulo II

El módulo no presenta esta irregularidad.

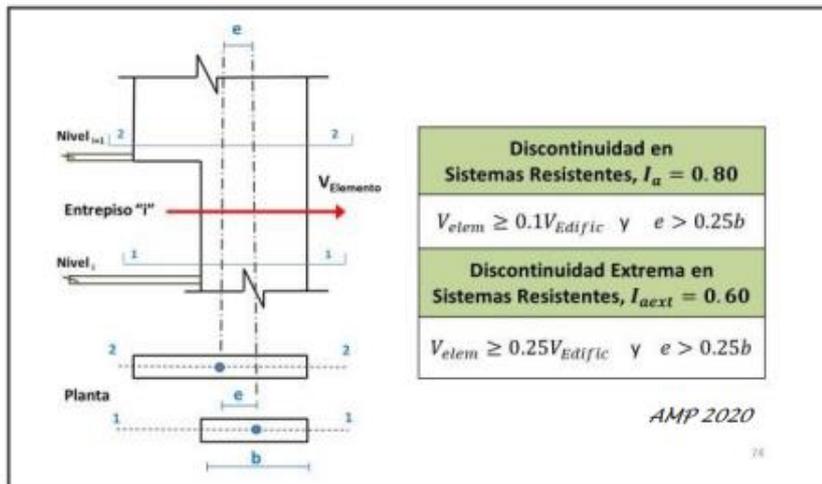
c. Módulo III

El módulo no presenta esta irregularidad.

e) Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.

Figura A5

Interpretación de discontinuidad en los sistemas resistentes.



Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”

a. Módulo I

El módulo no presenta esta irregularidad.

b. Módulo II

El módulo no presenta esta irregularidad.

c. Módulo III

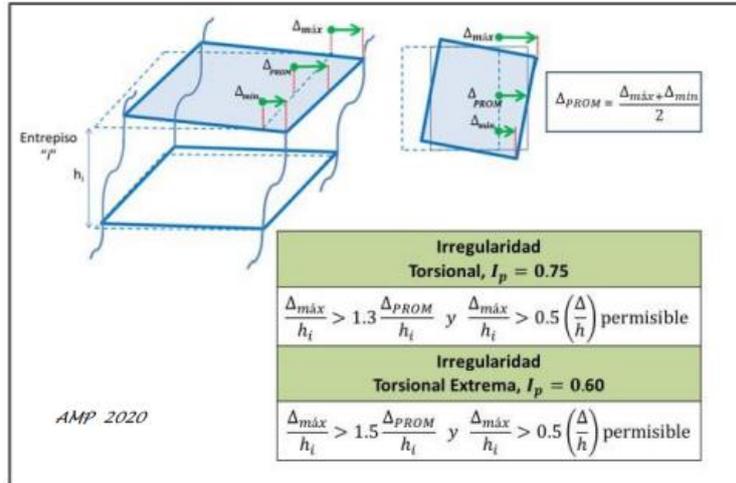
El módulo no presenta esta irregularidad.

VERIFICACIÓN DE IRREGULARIDADES – PLANTA

a) Irregularidad Torsional

Figura A6

Interpretación de la irregularidad torsional.



Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”

a. Módulo I

Tabla A16

Verificación de irregularidad torsional XX

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift	Ratio	Verificación
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 X	0.011988	0.011404	1.051	OK
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 X	0.022137	0.02133	1.038	OK
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 X	0.021013	0.020528	1.024	OK

Nota: Elaboración propia

Tabla A17

Verificación de irregularidad torsional YY

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift	Ratio	Verificación
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 Y	0.015153	0.012854	1.179	OK
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 Y	0.022279	0.018778	1.186	OK
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 Y	0.016307	0.013754	1.186	OK

Nota: Elaboración propia.

b. Módulo II**Tabla A18***Verificación de irregularidad torsional XX*

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift	Ratio	Verificación
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 X	0.006226	0.00485	1.284	OK
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 X	0.003738	0.003511	1.065	OK
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 X	0.002094	0.001906	1.099	OK

Nota: Elaboración propia.**Tabla A19***Verificación de irregularidad torsional YY*

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift	Ratio	Verificación
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 Y	0.017157	0.01039	1.651	IRREGULARIDAD
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 Y	0.01868	0.01003	1.862	IRREGULARIDAD
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 Y	0.011807	0.006618	1.784	IRREGULARIDAD

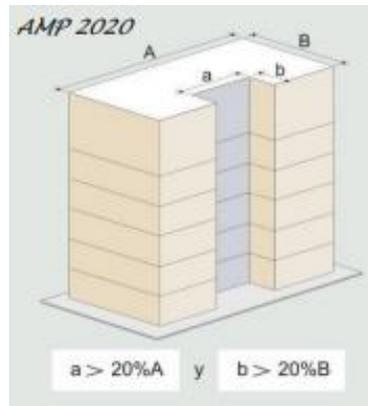
Nota: Elaboración propia.**c. Módulo III****Tabla A20***Verificación de irregularidad torsional XX*

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift	Ratio	Verificación
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 X	0.012287	0.011983	1.025	OK
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 X	0.022721	0.022283	1.02	OK
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 X	0.021814	0.02154	1.013	OK

Nota: Elaboración propia.**Tabla A21***Verificación de irregularidad torsional YY*

Piso	Caso	Item	Max Drift	Prom Drift	Ratio	Verificación
TECHO 3	DERIVA SDXX	Diaph D3 Y	0.018183	0.01493	1.218	OK
TECHO 2	DERIVA SDXX	Diaph D2 Y	0.026851	0.021962	1.223	OK
TECHO 1	DERIVA SDXX	Diaph D1 Y	0.01923	0.015708	1.224	OK

Nota: Elaboración propia.

b) *Esquinas Entrantes*
Figura A7
Interpretación de la irregularidad de esquinas entrantes.


Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”.

a. Módulo I
Tabla A22
Verificación de irregularidad de esquinas entrantes.

	Long. Total (m)	Long. Esquina (m)	Relación	Verificación
Longitud XX	28.80	19.20	67%	Presenta irregularidad
Longitud YY	8.57	2.58	30%	Presenta irregularidad

Nota: Elaboración propia.

b. Módulo II
Tabla A23
Verificación de irregularidad de esquinas entrantes.

	Long. Total (m)	Long. Esquina (m)	Relación	Verificación
Longitud XX	14.50	3.00	21%	Presenta irregularidad
Longitud YY	6.70	1.80	27%	Presenta irregularidad

Nota: Elaboración propia.

c. Módulo III
Tabla A24
Verificación de irregularidad de esquinas entrantes.

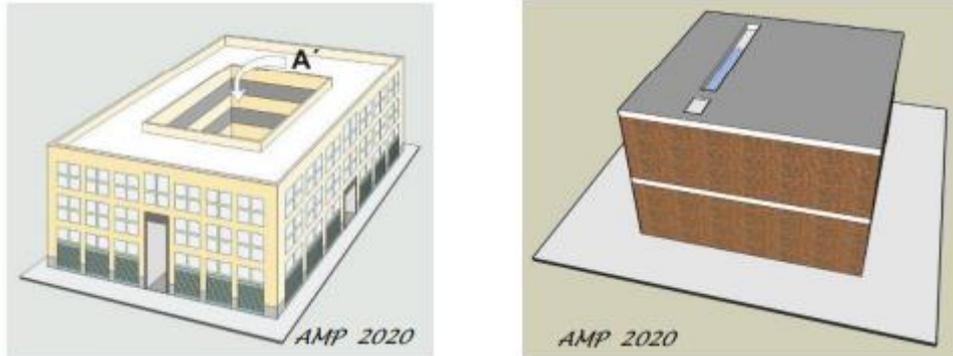
	Long. Total (m)	Long. Esquina (m)	Relación	Verificación
Longitud XX	38.40	9.60	25.0%	Presenta irregularidad
Longitud YY	8.57	6.00	70.0%	Presenta irregularidad

Nota: Elaboración propia.

c) Discontinuidad del Diafragma

Figura A8

Interpretación de discontinuidad de diafragma.



Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”.

a. Módulo I

El módulo no presenta esta irregularidad.

b. Módulo II

El módulo no presenta esta irregularidad.

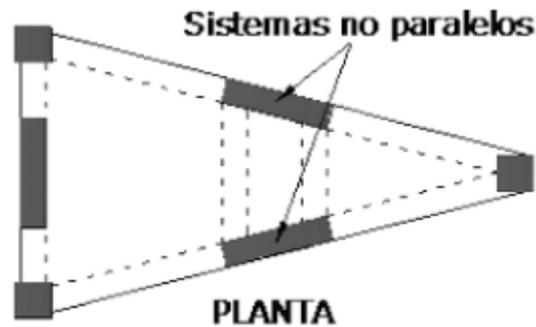
c. Módulo III

El módulo no presenta esta irregularidad.

d) Sistemas no Paralelos

Figura A9

Interpretación de la irregularidad de sistemas no paralelos.



Nota: Tomado de “Comentarios a la norma e.030 diseño sismo resistente”.

a. Módulo I

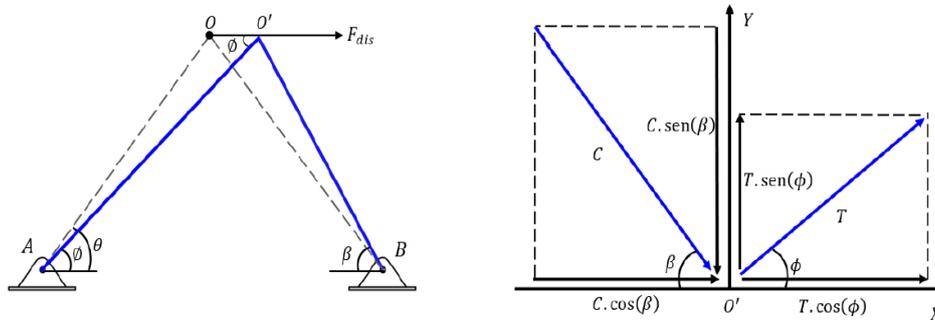
El módulo no presenta esta irregularidad.

b. Módulo II

El módulo presenta esta irregularidad

c. Módulo III

El módulo no presenta esta irregularidad.

ANEXO 04.
DISEÑO DE ARRIOSTRES MÉTALICOS
Figura B1
Descomposición de fuerzas que llegan a las diagonales


$$\text{Si } \beta \approx \phi \approx \theta$$

$$T \cdot \cos \theta + C \cdot \cos \theta = F_{ydis} \quad \rightarrow \quad T = C = \frac{F_{ydis}}{2 \cos \theta}$$

Nota: Tomado de "Manual SLB Devices".

A continuación, se detalla el cálculo de las diagonales estructurales a modo de ejemplo para el disipador SLB3 40_7 (SLB de mayor tamaño)

Para lograr que el arrioste se comporte elásticamente se considera un factor de seguridad $F_s = 1.20$

$$P_u = \frac{F_{ydis} F_s}{2 \cos \theta} \quad \rightarrow \quad F_{dis} = \frac{2P_u \cos \theta}{F_s}$$

1. Fuerza de diseño:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| a. Fuerza cortante máxima del disipador | $F_{max} = 1082.3 \text{ kN}$ |
| b. Angulo que forma con la horizontal | $\theta = 48^\circ$ |
| c. Número de disipadores | $n = 1$ |
| d. Factor de seguridad | $F_s = 1.2$ |
| e. Módulo de elasticidad | $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ |

- Carga axial última de tracción-compresión:

$$F_u = \frac{F_s \cdot n \cdot F_{max}}{2 \cos \alpha} = 98.93 \text{ Tn}$$

2. Características de los materiales:

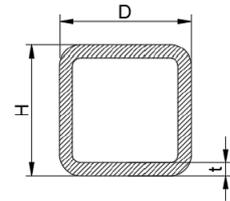
- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| a. Planchas de conexión: | $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ |
|--------------------------|------------------------------|

- b. Arriostramiento: $F_u = 4080 \text{ kg/cm}^2$
- c. $R_y = 1.4$
- d. $R_t = 1.3$
- e. Electrodo (E70XX): $F_{exx} = 4920 \text{ kg/cm}^2$

3. Características de la sección (HSS 200x200x9mm):

Cuando se dispone a instalar disipadores empleando diagonales metálicas se recomienda usar perfiles tubulares de sección rectangular.

- a. Longitud de la diagonal: $L = 412 \text{ cm}$
- b. Dimensiones de la sección: $D = H = 20 \text{ cm}$
- c. Espesor nominal del perfil: $t_n = 9 \text{ mm}$
- d. Espesor de diseño del perfil: $t_{des} = 0.9t_n = 8.1 \text{ mm}$



Sección de arriestre

- Inercia de la sección:

$$I = \frac{1}{12}(D^4 - (D - 2 \cdot t_n)^4) = 4190.01 \text{ cm}^4$$

- Área gruesa de la sección:

$$A_g = H \cdot D - (H - 2 \cdot t_n) \cdot (D - 2 \cdot t_n) = 68.76 \text{ cm}^2$$

- Radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_g}} = 7.81 \text{ cm}$$

4. Resistencia a la tracción de los arriostramientos:

- Se calcula la fluencia en tracción en la sección bruta según la ecuación D2-1 del AISC:

$$\phi R_n = 0.9 \cdot F_y \cdot A_g = 156.57 \text{ Tn}$$

$$\frac{P_u}{\phi R_n} = 0.63$$

5. Resistencia a la compresión de los arriostramientos

- Se verifica la esbeltez límite de la pared, λ_p , según la sección B4.1 del AISC

$$\lambda_p = 1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 40.33 \qquad \frac{D}{t} = 22.22$$

- Como $\frac{D}{t} < \lambda_p$ se concluye que la sección no es esbelta.
- Para miembros diseñados a compresión, el AISC recomienda que la razón que la razón de esbeltez KL/r no sea mayor que 200. $K=1$

$$\frac{kL}{r} = 52.78 < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135.70$$

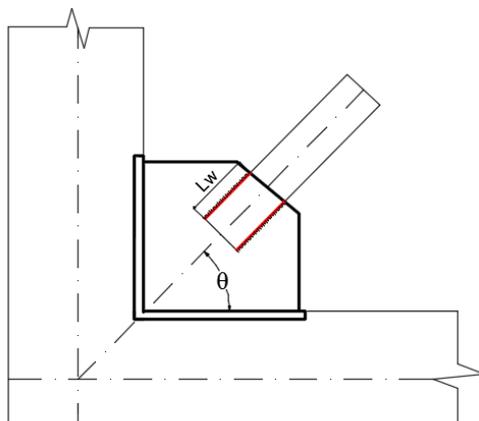
- Ya que $53.78 < 135.70$, se emplea la ecuación E3-2. Por tanto, el esfuerzo crítico de pandeo elástico se calcula como sigue:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = 6265 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left[0.658 (F_y/F_e) \right] F_y = 2137 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\phi R_n = 132.22 \text{ Tn} > P_u = 98.93 \text{ Tn} \quad \leftarrow \text{OK}$$

6. Conexión arriostramiento-Cartela:



$$\phi R_n \geq P_u \quad \phi = 0.75$$

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (\text{AISC 360 Eq. J2-4})$$

$$A_{we} = (4) l_{ww} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$R_n = (4) \frac{\sqrt{2}}{2} l_{ww} F_{nw}$$

$$F_{nw} = 0.60 F_{EXX} (1 + 0.5 \sin \theta^{1.5})$$

$$\phi R_n = (4) \frac{\sqrt{2}}{2} l_{ww} \phi F_{nw} \geq P_u$$

Para la conexión del arriostramiento y la cartela se utilizará soldadura de filete, para esto es importante tener en cuenta el área efectiva de una soldadura, la misma que depende del cateto de soldadura, de las siguientes ecuaciones proporcionan el espesor y longitud del cordón de soldadura:

- Se calcula la resistencia requerida a tracción: $R_n = R_y F_y A_g$
- Se determina el tamaño máximo de la soldadura a partir de la resistencia a tracción requerida, para prevenir la rotura por corte en las paredes del arriostramiento tubular.

$$\phi F_{nw} \frac{\sqrt{2}}{2} w \leq \phi 0.60 \cdot F_u \cdot t_{des} \quad \rightarrow \quad w \leq \frac{\phi 0.60 \cdot F_u \cdot t_{des}}{\phi F_{nw} (0.707)}$$

$$\phi F_{nw} = 2214 \text{ kgf/cm}^2$$

$$w \leq 9.5 \text{ mm}$$

- El tamaño máximo de la soldadura es:

$$w_{\max} = 9.5 \text{ mm}$$

- De la tabla J2.4 del AISC 360-16 se tiene que el espesor mínimo de soldadura es:
 $w_{\min} = 5 \text{ mm}$

Espesor de parte unida más delgada, mm	Tamaño mínimo de soldadura de filete^(a), mm
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Mayor que 19	8

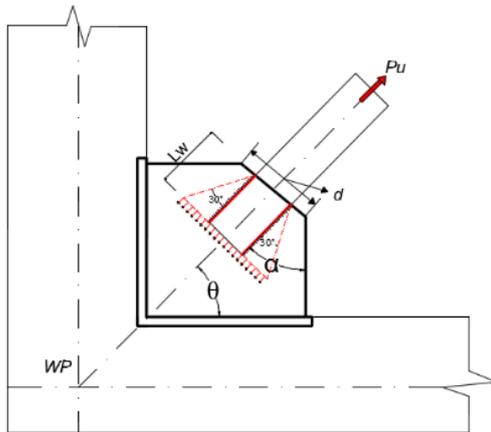
^(a) Dimensión del pie de la soldadura de filete. Se deben utilizar soldaduras de paso simple.
Nota: Ver la Sección J2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

- Probamos con un espesor de soldadura tipo filete de $w = 8.00 \text{ mm}$, entonces la longitud de soldadura requerida es:

$$l_w \geq \frac{P_u}{4 \cdot (0.707 \cdot w \cdot \phi F_{nw})} \quad l_w \geq 19.75 \text{ cm}$$

- Se toma como longitud de soldadura: $l_w = 25.00 \text{ cm}$

7. Cedencia en tracción de las cartelas:



$$\phi R_n \geq P_u \quad \phi = 0.90$$

$$R_n = F_y A_g$$

$$A_g = t_g W$$

$$\phi R_n = \phi F_y t_g W \geq P_u$$

$$W = \min \left\{ \begin{array}{l} D + 2 \tan(30^\circ) l_w \\ d + 2 \tan(\alpha) l_w \end{array} \right.$$

Se recomienda: $d \geq D + 50 \text{ mm}$

Para un ángulo $\alpha = 48^\circ$

$D = 20 \text{ cm}$

$d = 25 \text{ cm}$

$$W = \min \left\{ \begin{array}{l} 48.9 \text{ cm} \\ 70.0 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$t_g \geq \frac{P_u}{\phi F_y W} \quad 0.89 \text{ cm}$$

Usar $t_g = 12 \text{ mm}$

8. Pandeo en compresión:

a. Factor de longitud efectiva: $K = 0.6$ (Dowswell 2012)

b. Longitud plástica: $L_p = 34 \text{ cm}$



c. Espesor de la cartela: $t_g = 12 \text{ mm}$

d. Radio de giro $r = \sqrt{\frac{t_g^2}{12}} = 0.346 \text{ cm}$

- Se verifica la razón de esbeltez

$$\frac{kL_p}{r} = 58.89 > 25 \quad (\text{Aplica el capítulo E del AISC 360 -16})$$

- Calculamos la relación de esbeltez de referencia

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135.70 > 60 \quad (\text{Se utiliza la Eq. E3-4 del AISC 360-16})$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(kL_p/r)^2} = 5976 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{(F_y/F_e)} \right] F_y = 2119.2 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\phi R_n = 77.82 \text{ Tn} < P_u \quad \leftarrow \text{AUMENTAR ESPESOR}$$

- Aumentamos el espesor de la cartela: 2 cm

$$\phi R_n = 129.69 \text{ Tn} \quad \leftarrow \text{OK}$$

$$\rightarrow \frac{P_u}{\phi R_n} = 0.76$$

9. Rotura en tracción de los arriostramientos:

$$A_e = A_n U \quad (\text{AISC 341 Sec. F3.5b})$$

$$A_n = A_g - 2(t_g + 4\text{mm}) \times t_n$$

$$A_n = 68.80 \text{ cm}^2$$

TABLA D3.1

5	Tubos redondos con sólo una placa gusset concéntrica, con soldaduras de ranura al tubo.		$l \geq 1.3D, U = 1.0$ $D \leq l < 1.3D, U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{D}{\pi}$	
6	Tubo Rectangular	con sólo una placa gusset concéntrica	$l \geq H, U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$	
		con dos placas gusset concéntricas	$l \geq H, U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)}$	

- AISC 360-10, tabla D3.1 (caso 6):

$$\bar{x} = \frac{D^2 + 2DH}{4(D+H)} = 7.5 \text{ cm} \quad U = 1 - \frac{\bar{x}}{l} = 0.7$$

$$A_e = A_n U = 45.36 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_n = 0.9 \cdot F_y \cdot A_g = 103.28 \text{ Tn} > P_u \quad \leftarrow \text{OK}$$

ANEXO 05.
TABLA DE PARAMETROS DE DISEÑO – DISIPADORES SLB
Tabla C1

Parámetros de diseño – Disipadores SLB

DISIPADOR	K1 (KN/cm)	K2 (KN/cm)	r=K2/K1	Fy (KN)	Fmax (KN)	K3 (KN/cm)
SLB3 6_2	363.33	9.75	0.0268353	35.6	69.01	12.39
SLB3 6_3	397.8	10.75	0.0270223	41	79.21	12.44
SLB3 6_4	421.73	11.65	0.0276358	44.9	88.58	12.53
SLB3 6_5	439.6	12.78	0.0290719	47.4	96.67	12.67
SLB3 8_2	592.87	13.86	0.0233836	48.1	92.76	14.3
SLB3 8_3	676.27	15.38	0.0227472	58	107.57	14.37
SLB3 8_4	737	16.28	0.0220843	66.3	120.87	14.5
SLB3 8_5	784.27	17.43	0.0222284	72.7	133.29	14.71
SLB3 10_2	893.4	19.15	0.0214336	68	128.71	19.07
SLB3 10_3	1039.13	21.57	0.0207544	81.1	148.63	19.15
SLB3 10_4	1149.53	22.96	0.0199722	93	166.26	19.3
SLB3 10_5	1237.8	14.93	0.0120589	112.2	182.26	19.56
SLB3 15_2	1571.47	31.17	0.019838	101.8	199.61	19.1
SLB3 15_3	1961.47	37.36	0.0190448	126.1	240.45	19.24
SLB3 15_4	2290.27	42.03	0.0183532	149.7	276.57	19.53
SLB3 15_5	2575.6	45.69	0.0177396	172.5	310.13	19.99
SLB3 20_2	2073.33	37.83	0.0182444	124.6	243.14	26.26
SLB3 20_3	2630.13	46.27	0.0175923	156.9	298.3	26.45
SLB3 20_4	3105.53	53.03	0.0170769	188.3	348.53	26.82
SLB3 20_5	3520.2	58.63	0.0166564	218.4	395.71	27.43
SLB3 25_2	3214.07	58.98	0.0183513	194.8	383.5	70.57
SLB3 25_3	4046.67	70.69	0.0174676	238.2	457.15	70.82
SLB3 25_4	4783.2	81.04	0.0169423	279.6	526.49	71.29
SLB3 25_5	5447.47	90.85	0.0166775	319	592.39	72.08
SLB3 25_6	6064.13	99.65	0.0164334	357.1	655.63	73.24
SLB3 25_7	6644.13	107.41	0.0161667	394.5	716.83	74.87
SLB3 25_8	7191.47	114.57	0.0159308	430.7	776.4	77.04
SLB3 25_9	7711.07	120.73	0.0156569	466.4	834.9	79.83
SLB3 30_2	3666.73	64.22	0.0175135	212.1	415.33	70.6
SLB3 30_3	4717	78.76	0.0166978	265.7	507.23	70.91
SLB3 30_4	5661.33	92.21	0.0162878	316.9	594.62	71.52
SLB3 30_5	6525.67	104.99	0.0160888	366.1	678.62	72.51
SLB3 30_6	7336.6	116.45	0.0158728	414.2	759.77	73.99
SLB3 30_7	8106.07	126.92	0.0156576	461.3	838.79	76.06
SLB3 30_8	8840	135.98	0.0153826	508	915.5	78.82
SLB3 30_9	9542.2	145.74	0.0152731	552.5	992.12	82.36
SLB3 40_2	4571.07	76.44	0.0167228	248.3	482.6	70.66
SLB3 40_3	6043.67	97.23	0.0160883	321	609.64	71.1
SLB3 40_4	7393.67	116.17	0.0157123	391.6	732.2	71.96
SLB3 40_5	8650	133.79	0.0154669	460.8	851.48	73.38



SLB3 40_6	9843	149.92	0.0152307	528.7	967.95	75.49
SLB3 40_7	10988	165.19	0.0150337	595.4	1082.3	78.44
SLB3 40_8	12091.27	179.81	0.0148714	660.9	1195	82.37
SLB3 40_9	13156.07	194	0.0147458	725.1	1306.3	87.42
SLB3 50_2	5479.6	88.67	0.0161819	284.9	551.27	70.71
SLB3 50_3	7367.13	114.64	0.0155613	377.5	713.65	71.29
SLB3 50_4	9116	138.3	0.0151707	468.1	871.4	72.4
SLB3 50_5	10759.13	160.81	0.0149461	557	1025.7	74.24
SLB3 50_6	12328.87	181.8	0.0147456	644.4	1177.3	76.99
SLB3 50_7	13844.2	202.03	0.014593	730.3	1326.8	80.82
SLB3 50_8	15312.67	221.8	0.0144848	814.7	1474.5	85.93
SLB3 50_9	16737	241.37	0.0144215	897.7	1621.2	92.48

Nota: Tomado de “Manual SLB Devices”.



ANEXO 06.

INFORME DE EVALUACION ESTRUCTURAL



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



INFORME DE EVALUACION ESTRUCTURAL MEDIANTE EXTRACCION DE TESTIGOS DE CONCRETO CON MAQUINA DIAMANTINA PARA LA VERIFICACION DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

TESIS :

“COMPORTAMIENTO SISMICO DEL EDIFICIO
DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA
ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS,
IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK
BOZZO, 2022”

TESISTAS:

RICARDO ENRIQUE CHERO NIETO
GABRIEL OMAR CASTILLO LI

UBICACIÓN:

DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA : SANTA
DEPARTAMENTO : ANCASH

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilzon J. Zelaya Santos
CIP: 198733 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALIZADO EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

CHIMBOTE, OCTUBRE DEL 2022



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



ÍNDICE

Contenido

1.1	INTRODUCCION	3
1.2	ANTECEDENTES	3
1.3	OBJETIVO:.....	4
1.4	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
2.1	EQUIPOS UTILIZADOS	7
2.2	PROGRAMA DE EXTRACCION DE MUESTRAS	8
2.3	ENSAYO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO OBTENIDOS	11
CAPITULO IV.- ESTUDIO DE PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES.....		14
CAPITULO V.- OBSERVACIONES		14
CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		15
5.1	CONCLUSIONES.....	15
5.2	RECOMENDACIONES:.....	¡Error! Marcador no definido.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP: 215323 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



CAPITULO I.- GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

El presente documento contiene un procedimiento de ayuda a los ingenieros responsables de realizar la evaluación estructural de los diversos elementos estructurales DEL EDIFICIO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022.

Este Informe Constituye un primer acercamiento al mismo, además de un reconocimiento visual y real basado en la ejecución de una serie de pruebas y ensayos en las diversas estructuras (Vigas y Columnas), por ser éste elemento estructural más sensible.

El objetivo final es obtener información detallada y fundamentada en una serie de procedimientos y ensayos, para determinar los procesos patológicos reconocibles en las estructuras, dejando constancia de su estado actual y contemplando las posibles acciones posteriores a realizar.

Así queda claro que la inspección de una estructura es una tarea compleja que requiere destrezas y conocimientos sobre los materiales y el comportamiento estructural. La observación y análisis permiten determinar las causas de las manifestaciones de daño que pocas veces se encuentran de manera evidente.

La realización de pruebas de extracción de núcleos de concreto endurecido (corazones diamantinos), nos dan una dato más preciso y acertado del estado de concreto dentro de la estructura evaluada, permitiendo que los profesionales responsables de dicha evaluación tengan un acercamiento más profundo al estado situacional de la estructura evaluada.

1.2 ANTECEDENTES

Por solicitud de los testistas se extrajo testigos del concreto endurecido de columnas y vigas DEL EDIFICIO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022, las cuales fueron obtenidas por el personal técnico del LABORATORIO GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L. En un número de 09 unidades (nueve), la ubicación de los puntos de extracción y cantidad, fueron coordinadas con los solicitantes. Las mismas que fueron embaladas para que sean trabajadas en el laboratorio de acuerdo a las normas técnicas establecidas.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195233 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Urb. 03 De Octubre Mz B L.I. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640

E-mail: wilze822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA N° 1081-2022/GIC/ EMS/ MECNICA UNS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



1.3 OBJETIVO:

- Efectuar la evaluación estructural DEL EDIFICIO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022.
- El presente Informe Técnico, tiene como fin auscultar y determinar la calidad del concreto endurecido, correspondiente al Proyecto, con la finalidad de servir de base para sustentar la determinación de calidad del concreto mediando el ensayo de extracción de núcleos con maquina diamantina y su posterior ensayo a compresión para verificar la resistencia de las estructuras analizadas de la infraestructura existente.

1.4 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en la Universidad Nacional del Santa en el Edificio De Laboratorios De La Escuela De Ingeniería En Energía - UNS.

El terreno destinado para la investigación, se encuentra ubicado en la ciudad universitaria UNS, en el distrito de Nuevo Chimbote, en la provincia del Santa, departamento de Ancash, donde se ejecutará Específicamente el proyecto de investigación del tema "COMPORTAMIENTO SISMICO DEL EDIFICIO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022".

1.5 Macro Ubicación del Proyecto

El distrito de Nuevo Chimbote es uno de los nueve que conforman la provincia del Santa, ubicada en el departamento de Áncash en el Perú.

Limita al norte con el distrito de Chimbote y al sur con los de Nepeña y Samanco.¹ Al oeste de la misma se encuentra el Océano Pacífico, en el que se adentra la Península del Ferrol, la que encierra junto a las islas Blanca y Ferrol, la bahía de Chimbote.² El clima es desértico subtropical con precipitaciones casi nulas. La temperatura oscila entre 28 °C en verano y 13 °C en invierno.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 105378 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Ubicación del proyecto



Ubicación de la zona de estudio



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 315373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Urb. 03 De Octubre Mz B LI. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wize822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA N° 1081-2022/GIC/ EMS/ MECNICA UNS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



1.6 Macro Ubicación del Proyecto



UBICACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



Ensayos de extracción de núcleos de concreto con maquina diamantina en columnas y vigas

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 192473 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Urb. 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: witze822@hotmail.com
INFORME EN CARPETA N° 1081-2022/GIC/ EMS/ MECNICA UNS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Ensayos de extracción de núcleos de concreto con máquina diamantina



CAPITULO II.- DESCRIPCION DEL ESTUDIO

2.1 EQUIPOS UTILIZADOS

- Máquina diamantina marca BOSCH.
- Brocas diamantadas de 3" y 4" de diámetro.
- Detector de acero Marca BOSCH modelo Wallscanner D-TECT 150 SV.
- Máquina de compresión Marca: ARSOU GROUP Modelo PR 403 Serie 10152020, Celda de carga WEIGH INDICATOR Value Each Gram X8 120 TN.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195372 CONSULTOR C-127794
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



2.2 PROGRAMA DE EXTRACCION DE MUESTRAS

✓ ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

A.- Detección de barras de refuerzo.

El escaneo de barra de refuerzo se realizó utilizando el equipo Detector de acero Marca BOSCH modelo Wallscanner D-TECT 150 SV, que utiliza tecnología de inducción de impulsos electromagnéticos para detectar las barras de refuerzo.

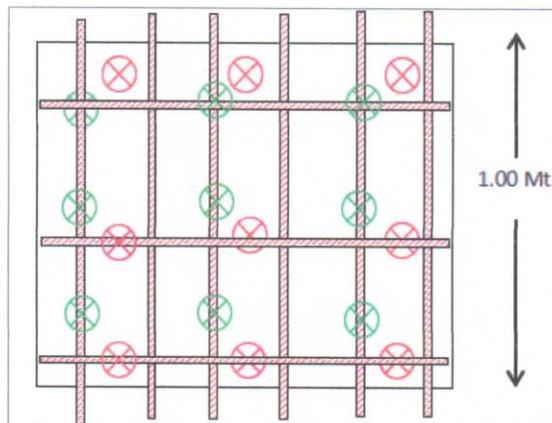
El Detector de acero Marca BOSCH modelo Wallscanner D-TECT 150 SV, permite:

1. Localizar una barra de refuerzo.
2. Localizar los puntos medios entre las barras de refuerzo.
3. Determinar el recubrimiento.

Procedimiento

Para realizar el ensayo se selecciona y prepara una zona de hormigón que cumpla con:

- 1) Zona de ensayo de aproximadamente 0.5 x 1.0 Mt.
- 2) Se escanea y se dibuja las ubicación de la barras de refuerzo.
- 3) Se toman medidas de separación entre barra y barra.



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195713 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

**✓ ENSAYOS DESTRUCTIVOS****B) Toma De Núcleos en Concretos Endurecidos**

El objetivo de las pruebas in situ es estimar características del concreto en la estructura. La característica deseada es muy a menudo la fuerza compresiva. Para hacer una estimación de la fuerza, es necesario tener un lazo conocido entre el resultado de la prueba IN SITU y la fuerza del concreto. Para una construcción en ejecución, este lazo se establece generalmente empíricamente en el laboratorio.

Para la construcción existente, el lazo es establecido generalmente realizándose estas pruebas in situ en las localizaciones seleccionadas en la estructura y determinando la fuerza de los especímenes obtenidos de las perforaciones de localizaciones solicitadas.

Procedimiento

Obtención, preparación y ensayo de núcleos extraídos de estructuras de concreto para determinaciones resistencia a la compresión.

Para obtener probetas cilíndricas. Si las probetas deben ser extraídas por taladrado perpendicular a una superficie horizontal, resulta satisfactorio un taladro de percusión, pero si las probetas deben ser taladradas en otra dirección o si su diámetro se debe determinar con exactitud para un cálculo más preciso de la resistencia a la compresión, se emplearán brocas de diamante.

Las muestras no se deberán tomar hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para permitir la remoción de la muestra sin perturbar la adhesión entre el mortero y el agregado grueso.

Los testigos (corazones de concreto) fueron extraído por medio de una maquina saca núcleos, también llamada diamantina en las columnas y vigas del esqueleto estructural "COMPORTAMIENTO SISMICO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022" en las zonas que el contratista indicaba y fueron en una cantidad de doce, para luego hacer su evaluación del concreto ya endurecido.

Los mencionados elementos, fueron embalados para su rotura en la maquina universal, se realizó siguiendo las directivas de la Normas ASTM C 42 y AASHTO T 24.

En el laboratorio se realizó el desembalaje y verificación de datos por medio del personal del laboratorio.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

José Wilson J. Zelaya Santos

C.P. 152373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Urb. 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash

Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640

E-mail: wltze822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA N° 1081-2022/GIC/ EMS/ MECNICA UNS

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Después de dicho trabajo, se comenzó a realizar el corte de testigos para la obtención de caras lisas y paralelas, y así seguir con el refrendado de los mismos, dejándolos secar y se procedió al curado de los testigos al aire libre por espacio de 5 días, según las normas, porque las estructuras madres están en zona húmeda, para luego realizar su rotura respectiva de acuerdo a las normas establecidas las cuales se adjuntan al presente informe.



El cálculo de la resistencia a la compresión de cada probeta se realizará utilizando su sección transversal basada en el diámetro medio determinado. Si la relación longitud/diámetro es apreciablemente inferior a **dos (2)**, la resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica a continuación:

Relación L/D	Factor de corrección de resistencia ^a
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

TABLA 01: RELACION L/D

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 196373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



2.3 ENSAYO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO OBTENIDOS

Las muestras extraídas fueron cuidadosamente transportadas y ensayadas en el Laboratorio de la empresa **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

La extracción y ensayo de las muestras se han efectuado siguiendo las siguientes directivas:

Norma aplicada: NTP 339.059/ASTM C670

Título: hormigón (concreto). método de ensayos para la obtención, preparado y ensayo a la compresión de núcleos extraídos de estructuras de concreto.

Las muestras fueron ensayadas de acuerdo a las Normas **ASTM C 39 NTP 339.034 ASTM C 42**. Las características de las muestras y los resultados están Contenidas en las planillas del laboratorio anexas a este informe.

Cuadro 1: Resumen De Ensayos a compresión en columnas

ELEMENTO ESTRUCTURAL	Resistencia Obtenida f_c
COLUMNA 02 EJE 3-I 1ER PISO	182
COLUMNA 03 EJE 02 -A 1ER PISO	235
COLUMNA 04 EJE 02 -B 1ER PISO	328
COLUMNA 05 EJE H -5'- 3ER PISO	210

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilzon J. Zelaya Santos
CIP. 125273 CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

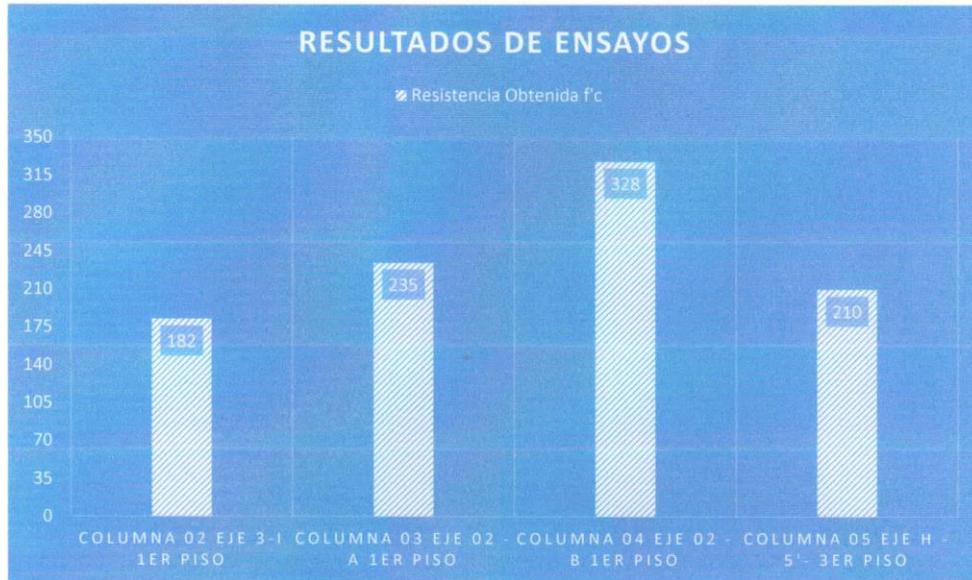


GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Grafico 01: resultado de Ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto en columnas



Cuadro 2: Resumen De Ensayos compresión en Placas

ELEMENTO ESTRUCTURAL	Resistencia Obtenida f_c
PLACA M1 1ER PISO	160
PLACA M1 1ER PISO	208

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195573 CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Grafico 02: Ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto en placas



Cuadro 3: Resumen De Ensayos compresión en Vigas

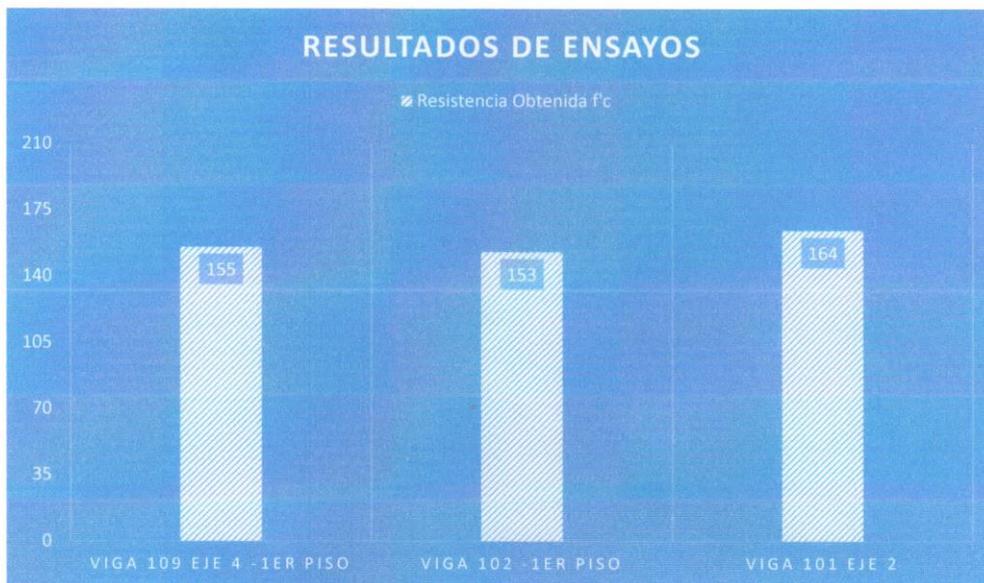
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Resistencia Obtenida f_c
VIGA 109 EJE 4 -1ER PISO	155
VIGA 102 -1ER PISO	153
VIGA 101 EJE 2	164

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

**Grafico 03: Ensayo de resistencia a la compresión de núcleos de concreto en vigas****CAPITULO IV.- ESTUDIO DE PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES**

Las muestras fueron ensayadas de acuerdo a las Normas ASTM C 39 NTP 339.034 ASTM C 42 NTP 339.059. Las características de las muestras y los resultados están contenidas en las planillas del laboratorio anexas a este informe.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 192373 CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

CAPITULO V.- OBSERVACIONES

- Se obtuvieron testigos en columnas, placas y vigas.
- Se realizó el desembalaje, corte y curado de los testigos, dentro de lo normado.
- Se comenzó a realizar el refrendado con yeso de los testigos en las dos caras, y se dejó secar por espacio de 5 días.
- La Dirección de aplicación de la carga sobre el espécimen con respecto al plano horizontal del concreto como fue colocado es perpendicular, por lo que se adopta un coeficiente de corrección por dirección de carga de =1.05.
- El presente informe se emitirá a solicitud de la empresa, y que los resultados obtenidos son producto de los ensayos hechos en la maquina universal.

Dirección: Urb. 03 De Octubre Mz B Ll. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640

E-mail: wilze822@hotmail.com.

INFORME EN CARPETA N° 1081-2022/GIC/ EMS/ MECNICA UNS

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

**CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES****5.1 CONCLUSIONES**

1. El presente informe se realizó siguiendo las directivas de la Normas ASTM C 42 y AASHTO T 24 y las Normas ASTM C 39 NTP 339.034 ASTM C 42 NTP 339.059.
2. De los resultados del ensayo a compresión a los núcleos de concreto, obtenidos de distintos elementos estructurales Del Edificio De Laboratorios De La Escuela De Ingeniería En Energía - UNS. Con respecto a los resultados se puede comprobar que el promedio de los cuatros testigo de las columnas pasaron el 85% del porcentaje mínimo requerido de resistencia a compresión.
3. De los resultados del ensayo a compresión a los núcleos de concreto, obtenidos de distintos elementos estructurales Del Edificio De Laboratorios De La Escuela De Ingeniería En Energía - UNS. Con respecto a los resultados se puede comprobar que los promedios de los dos testigos de las placas pasaron el 85% del porcentaje mínimo requerido de resistencia a compresión.
4. De los resultados del ensayo a compresión a los núcleos de concreto, obtenidos de distintos elementos estructurales Del Edificio De Laboratorios De La Escuela De Ingeniería En Energía - UNS. Con respecto a los resultados se puede comprobar que los promedios de los tres testigos de las vigas no pasaron el 85% del porcentaje mínimo requerido de resistencia a compresión.
5. Según lo estipulado por la Norma E.060 CONCRETO ARMADO, el Concreto en elementos resistentes a fuerzas inducidas por sismo: La resistencia especificada a la compresión del concreto, $f'c$, no debe ser menor que 21 MPa.
6. La resistencia será el 85% $f'c$, por ser testigos de elementos estructurales como columnas y vigas, por lo que debe alcanzar una resistencia mínima de 178.5 kg/cm².

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

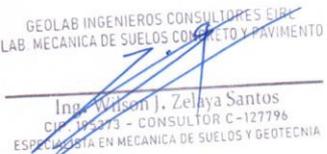
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



ANEXO

RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESION

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


Ing. Wilzen J. Zelaya Santos
CIP: 185273 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilce822@hotmail.com

TESIS: COMPORTAMIENTO SISMICO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022

TESISTAS: RICARDO ENRIQUE CHERO NIETO - GABRIEL OMAR CASTILLO LI

UBICACIÓN: LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ENERGÍA - UNS - DISTRITO NUEVO CHIMBOTE

FECHA: OCTUBRE DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION
DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO ASTM C 39/ C39 M-04; ASTM C42/ C42 M -04

Nº Prob.	Estructura o Identificación	Longitud medido en campo (cm)	Longitud despues de Refrendar para ensayar (cm)	Diametro(cm)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Peso del Testigo de concreto (gr)	Peso especifico Kg/cm³	Factor de Correccion (L/D)	Factor de Correccion Direccion de Carga	Res. Obt. corregida (Kg/cm²)	Tipo de Falla
1	VIGA 109 EJE 4 -1ER PISO	18	14	6,87	5480,00	37,07	1.228,0	2,37	1	1,05	165	2
2	VIGA 102 -1ER PISO	18	14	6,87	5390,00	37,07	1.195,0	2,30	1	1,05	153	2
3	VIGA 101 EJE 2	18	14	6,87	5790,00	37,07	1.205,0	2,32	1	1,05	164	2

Observaciones:

El concreto de la zona representada por los testigos diamantinos, se considerará estructuralmente adecuada si:

1. Promedio $> \bar{\sigma} = 85\% f'c$.

2. Ningún testigo $< \bar{\sigma} = 75\% f'c$.

Nota:

Las muestras fueron extraidas con maquina saca nucleos de concreto, por el personal tecnico del laboratorio



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 193373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com

TESIS: COMPORTAMIENTO SISMICO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022
TESISTAS: RICARDO ENRIQUE CHERO NIETO - GABRIEL OMAR CASTILLO LI
UBICACIÓN: LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGIA - UNS - DISTRITO NUEVO CHIMBOTE
FECHA: OCTUBRE DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION
DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO ASTM C 39/ C39 M-04; ASTM C42/ C42 M -04

Nº Prob.	Estructura o Identificación	Longitud medido en campo (cm)	Longitud despues de Refrendar para ensayar (cm)	Diametro(cm)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Peso del Testigo de concreto (gr)	Peso especifico Kg/cm³	Factor de Correcion (L/D)	Factor de Correcion Direccion de Carga	Res. Obt. corregida (Kg/cm²)	Tipo de Falla
1	PLACA MI IER PISO	17	14	6,87	5650,00	37,07	1.205,0	2,32	1	1,05	160	2
2	PLACA MI IER PISO	19	16,8	9,56	14200,00	71,78	2.840,0	2,36	1	1,05	208	2

Observaciones:

El concreto de la zona representada por los testigos diamantinos, se considerará estructuralmente adecuada si:

- Promedio $> \bar{\sigma} = 85\% f'c$.
- Ningún testigo $< \bar{\sigma} = 75\% f'c$.



Nota:

Las muestras fueron extraidas con maquina saca nucleos de concreto, por el personal tecnico del Laboratorio

GEO LAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 193373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150-945417124 e-mail: Wilce822@hotmail.com



TESIS: COMPORTAMIENTO SISMICO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022

TESTISTAS: RICARDO ENRIQUE CHERO NIETO - GABRIEL OMAR CASTILLO LJ

UBICACIÓN: LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN ENERGIA - UNS - DISTRITO NUEVO CHIMBOTE

FECHA: OCTUBRE DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION
DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO ASTM C 39/ C39 M-04; ASTM C42/ C42 M -04

N° Prob.	Estructura o Identificación	Longitud medida en campo (cm)	Longitud despues de Refrescar para ensayar (cm)	Diametro(cm)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Peso del Testigo de concreto (gr)	Peso especifico Kg/cm³	Factor de Correccion (L/D)	Factor de Correccion Direccion de Carga	Res. Cbt. corregida (Kg/cm²)	Tipo de Falla
1	COLUMNA 02 EJE 3-I 1ER PISO	17	14	6.87	6440,00	37,07	1.198,0	2,31	1	1,05	182	2
2	COLUMNA 03 EJE 02 - A 1ER PISO	17	14	6.87	8280,00	37,07	1.195,0	2,30	1	1,05	235	2
3	COLUMNA 04 EJE 02 - B 1ER PISO	18	16,07	9,55	24860,00	71,63	2.665,0	2,32	0,9	1,05	328	2
4	COLUMNA 05 EJE H -5- 3ER PISO	18	14	6,87	7410,00	37,07	1.195,0	2,30	1	1,05	210	2

Observaciones:

El concreto de la zona representada por los testigos diamantinos, se considerará estructuralmente adecuada si:

- Promedio  $> \bar{\sigma} = 85\% f'c$.
- Ningún testigo  $< \bar{\sigma} = 75\% f'c$.

Nota: Las muestras fueron extraídas con máquina saca nucleos de concreto, por el personal tecnico del laboratorio



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 205273 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



FI
EPIC
UNS

“COMPORTAMIENTO SISMICO DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
EN ENERGÍA - UNS, IMPLEMENTANDO DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO, 2022”



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

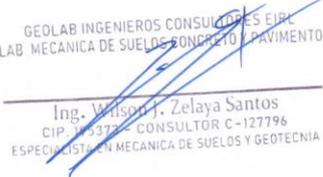
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



**ANEXO
PANEL FOTOGRAFICO**

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP. 145373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

Dirección: Urb. 03 De Octubre Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640
E-mail: wilze822@hotmail.com.
INFORME EN CARPETA N° 1081-2022/GIC/ EMS/ MECNICA UNS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150-945417124 e-mail: Wlze822@hotmail.com



FOTOS COMPRESION DE NUCLEO DE CONCRETO DE PLACA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
EIP 05373 - CONSULTOR C-127796
PERECISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

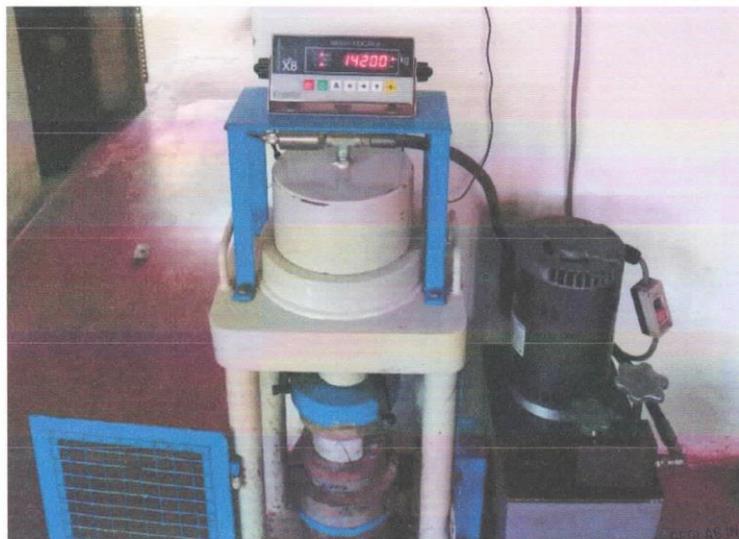
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com



FOTOS COMPRESION DE NUCLEO DE CONCRETO DE PLACA



INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 185373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

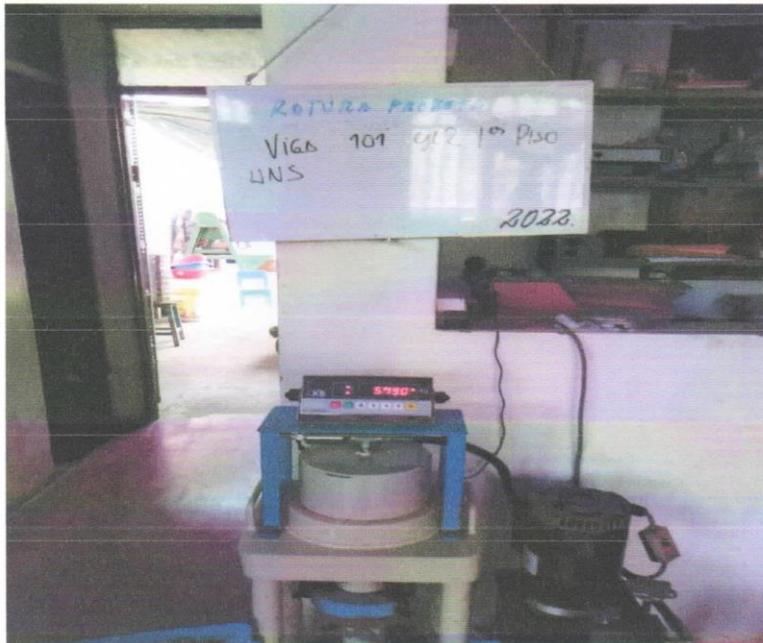


GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

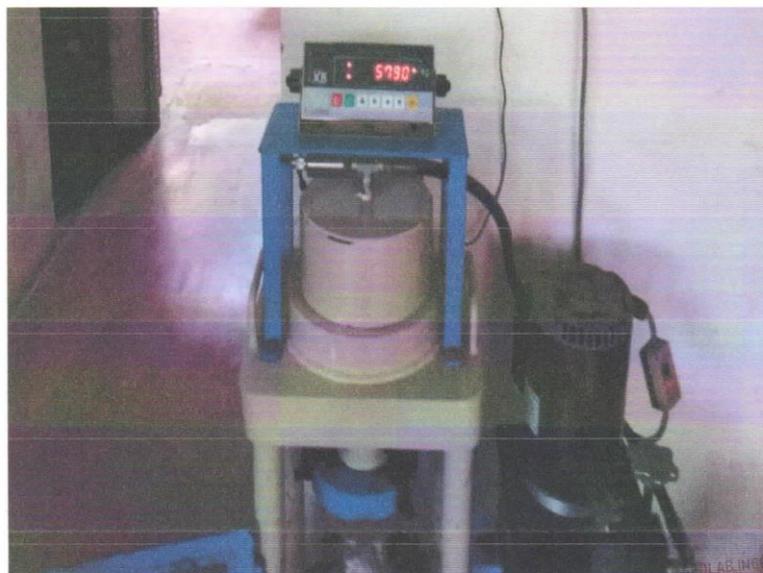
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com



FOTOS COMPRESION DE NUCLEO DE CONCRETO DE VIGA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195273 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

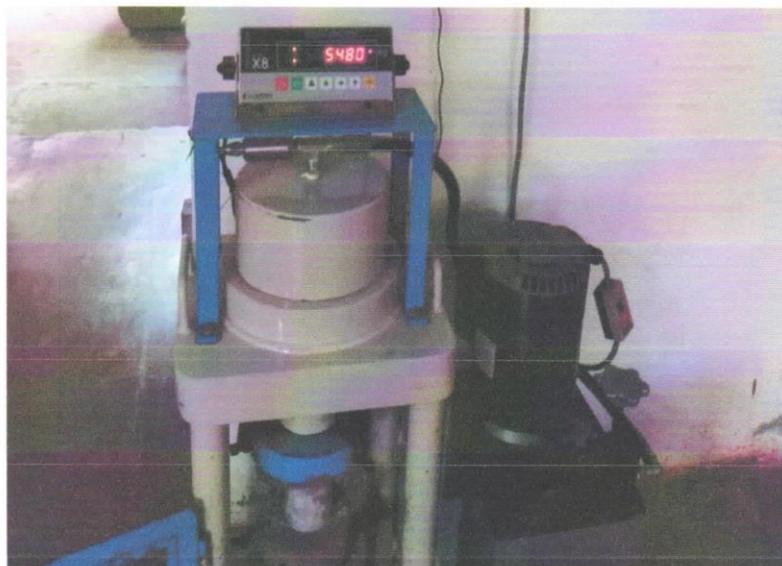
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com



FOTOS COMPRESION DE NUCLEO DE CONCRETO DE VIGA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
CIP 195373 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

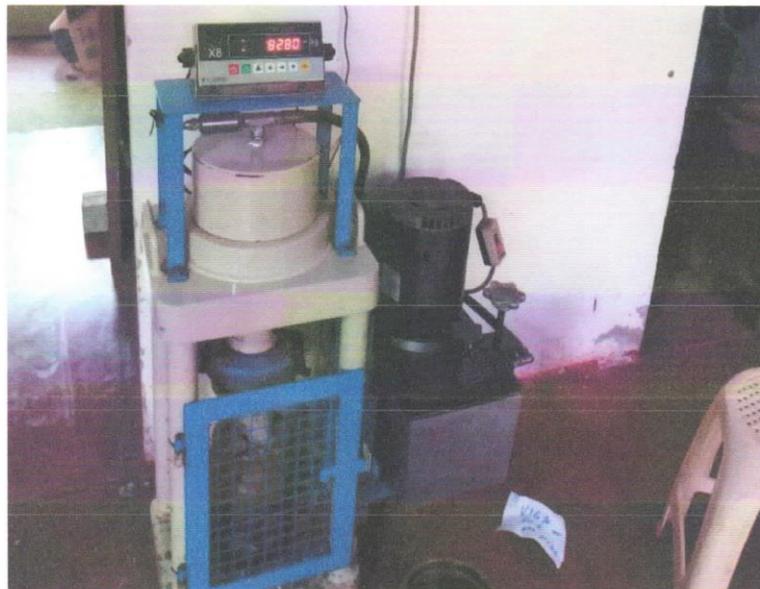
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com



FOTOS COMPRESION DE NUCLEO DE CONCRETO DE COLUMNA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
C.P. 152773 - CONSULTOR C-127796
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

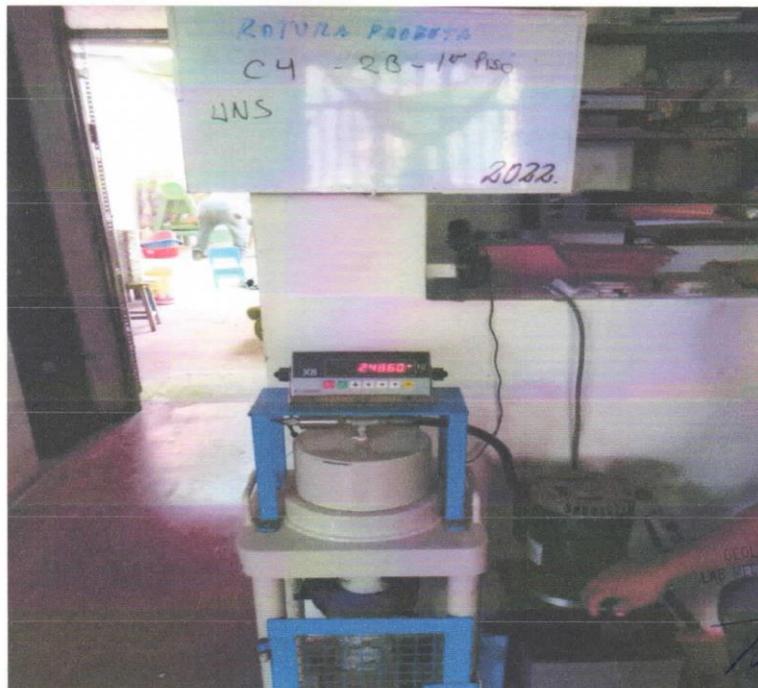
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



Oficina: P.J. 03 de octubre Jr. Tangay Mz. B lote 07 - Nuevo Chimbote - RUC: 20604190640
Teléfono: 954877150 - 945417124 e-mail: Wilze822@hotmail.com



FOTOS COMPRESION DE NUCLEO DE CONCRETO DE COLUMNA



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Wilson J. Zelaya Santos
195373 - CONSULTOR C-127796
LISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ANEXO 07.

PANEL FOTOGRAFICO

Foto N° 01: Medición de juntas de dilatación entre muro y columnas (exteriores).



Foto N° 02: Medición de juntas de dilatación entre muro y columnas (interiores).



Foto N° 03: Medición de juntas de dilatación entre alfeizar y columnas (exteriores).



Foto N° 04: Scaneo de acero en placa previo a la extracción de testigos de concreto.

Foto N° 05: Scaneo de acero en columna previo a la extracción de testigos de concreto.



Foto N° 06: Extracción de testigos de concreto en placa PL-1, modulo II.



Foto N° 07: Extracción de testigos de concreto en viga V-109, modulo II.

Foto N° 08: Extracción de testigos de concreto en placa PL-1, modulo II.



Foto N° 09: Extracción de testigos de concreto en viga V-101, modulo I.





Foto N° 10: Extracción de testigos de concreto en columna C-4, modulo I.

Foto N° 11: Extracción de testigos de concreto en columna C-3, modulo I.



Foto N° 12: Extracción de testigos de concreto en columna C-5, modulo II.



Foto N° 13: Extracción de testigos de concreto en columna C-5, modulo II.



Foto N° 14: Extracción de testigos de concreto en viga V-103, modulo II.

Foto N° 14: Reparación de la estructura con Sikarep-500 y Sikadur-32.





ANEXO 08.

OFICIO N° 508-2022-UNS-FI-EPIE-D



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Nuevo Chimbote, 29 de setiembre del 2022

OFICIO N° 508-2022-UNS-FI-EPIE-D

Señores:
GABRIEL OMAR CASTILLO LI
ICARDO CHERO NIETO
TESISTAS DE LA EPIC
Presente.-

Asunto: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR ENSAYO DE DIAMANTINA EN EL EDIFICIO DE
LABORATORIOS DE LA EPIE

Referencia: SOLICITUD N°001-2022-RECN/GOCL

Expresándoles mi cordial saludo, y en atención al documento de la referencia,
hago de su conocimiento que se les autoriza poder realizar el ensayo de diamantina en
el edificio de laboratorios de la EPIE. Para el día viernes 30/09/22 desde las 9am a 1pm.

Sin otro particular, me suscribo de ustedes.



Atentamente,

Ry
Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
Director (e) EPIE

C.c.: Archivo
Xiomara

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n – Urb. Bellamar
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimbote – Ancash – Peru

www.uns.edu.pe

ANEXO 09.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE PROYECTO

Para realizar el presupuesto referencial del proyecto, se tomaron los precios al mes de abril de 2023. Sin embargo, los precios de los disipadores SLB son referenciales en base al ancho del disipador (Quispe Huamán y García Urrutia, 2019).

Tabla G01

Precios referenciales de disipadores por cada tipo

ITEM	DISIPADOR	TOTAL	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
1	SLB3 50_A	1	\$ 880.00	\$ 880.00
2	SLB3 40_A	1	\$ 700.00	\$ 700.00
3	SLB3 30_A	1	\$ 630.00	\$ 630.00
4	SLB3 25_A	1	\$ 530.00	\$ 530.00
5	SLB3 20_A	1	\$ 480.00	\$ 480.00
6	SLB3 15_A	1	\$ 420.00	\$ 420.00
7	SLB3 10_A	1	\$ 400.00	\$ 400.00
8	SLB3 8_A	1	\$ 350.00	\$ 350.00
9	SLB3 6_A	1	\$ 320.00	\$ 320.00

Nota: Tomada de Quispe, C. K. & García, P.A. (2019), en su tesis “Reforzamiento Sísmico mediante el uso de disipadores histeréticos Tipo Shear Link Bozzo en un edificio de 14 niveles en la ciudad de Lima”.

Además, se tuvo en cuenta que, para realizar el ACU, se realizó un promedio ponderado con los precios por tipo y con la cantidad de disipadores que tenemos en el proyecto.

Tabla G02

Precio de promedio ponderado para el ACU de disipadores SLB.

ID	TIPO	CANT. POR PÓRTECO	P.U. (\$)	P.U. (S/)	CANT. POR TIPO	PARCIAL (S/)
1	SLB3 8_3	1				
2	SLB3 8_4	1	350.00	1,330.00	3	3,990.00
3	SLB3 8_5	1				
4	SLB3 10_4	1	400.00	1,520.00	2	3,040.00
5	SLB3 10_5	1				
6	SLB3 15_4	4	420.00	1,596.00	4	6,384.00
7	SLB3 20_4	3	480.00	1,824.00	4	7,296.00
8	SLB3 20_5	1				
9	SLB3 25_3	1				
10	SLB3 25_4	3				
11	SLB3 25_5	2	530.00	2,014.00	13	26,182.00
12	SLB3 25_6	3				
13	SLB3 25_7	3				
14	SLB3 25_8	1				
15	SLB3 30_8	4	630.00	2,394.00	4	9,576.00
16	SLB3 40_7	2	700.00	2,660.00	2	5,320.00
TOTAL		32			32	61,788.00
PROM. PONDERADO						1,930.88

Nota: Elaboración propia.



El metrado se obtuvo de acuerdo a lo indicado en el diseño, para el caso de los elementos a considerar en el reforzamiento estructural. En este sentido, se obtuvo un presupuesto referencial de S/ 351,217.58, a nivel de Costo Directo.

Tabla G03

Presupuesto referencial del Proyecto.

Proyecto: Implementación de disipadores SLB al edificio de laboratorios de la EPIE

Ubicación: Universidad Nacional del Santa - Nuevo Chimbote

PRESUPUESTO					
N°	DESCRIPCION	UNI D	CANT.	P.U COTIZADO	TOTAL
01	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES				
01.01	OBRAS PRELIMINARES				
01.01.01	Transporte de equipos y herramientas (Movilización y desmovilización).	glb	1.00	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
01.01.02	Oficinas, almacén, caseta vigilancia, etc.	mes	1.00	S/ 6,700.00	S/ 6,700.00
01.01.03	Vestuarios y comedor contratista	mes	1.00	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
01.02	OBRAS PROVISIONALES				
01.02.01	Servicios Higiénicos para la obra	mes	1.00	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00
01.02.02	Suministro de Energía para la obra e iluminación	mes	1.00	S/ 6,500.00	S/ 6,500.00
01.02.03	Seguridad de Obra (Señalética, EPPS, implementación de Plan Covid)	mes	1.00	S/ 8,508.63	S/ 8,508.63
01.02.04	Mitigación de polvo	mes	0.25	S/ 4,626.88	S/ 1,156.72
01.02.05	Limpieza permanente en obra	mes	1.00	S/ 4,626.88	S/ 4,626.88
02	TRABAJOS DEMOLICIÓN (INCLUYE SEGREGACIÓN), ALMACENAMIENTO Y ELIMINACIÓN				
02.01	Desmontaje de ventanas	und	24.00	S/ 51.53	S/ 1,236.72
02.02	Demolicion de muros con equipo liviano	m2	307.61	S/ 17.00	S/ 5,229.37
02.03	Eliminación de material excedente por demolición	m3	64.60	S/ 9.98	S/ 644.69
03	INSTALACION DE DISIPADORES SLB / DIAGONALES				
03.01	INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL				
03.01.01	Trazo y replanteo para instalacion de disipadores	mes	0.75	S/ 14,770.35	S/ 11,077.76
03.01.02	Perforación para tornillos de sujeción	und	512.00	S/ 7.50	S/ 3,840.00
03.01.03	Instalación de planchas de anclaje con tornillos de sujeción	m2	16.38	S/ 621.06	S/ 10,172.96
03.01.04	Instalación de cartelas metálicas	und	64.00	S/ 606.62	S/ 38,823.68
03.01.05	Instalación de disipadores SLB, incl. cartelas de soporte entre diagonales	und	32.00	S/ 2,259.31	S/ 72,297.92
03.01.06	Instalación de diagonales metálicas HSS 200x200x9mm	m	262.90	S/ 480.28	S/ 126,265.61
3.02	TRABAJOS DE REPARACIÓN				
03.02.01	Tabiquería de Drywal a una cara placa Volcanita ST 1/2"	ml	256.38	S/ 174.79	S/ 44,812.66
03.02.02	Pintado de tabiquería de Drywall	ml	312.35	S/ 6.80	S/ 2,123.98
				COSTO DIRECTO	S/ 351,217.58
				10.00% GG.	S/ 35,121.76
				7.00% Utilidades	S/ 24,585.23
				SUB TOTAL	S/ 410,924.57
				18.00% IGV	S/ 73,966.42
				TOTAL	S/ 484,890.99

Nota: Elaboración propia.

ANEXO 10.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Para realizar el presupuesto referencial, se tuvo en cuenta el Análisis de Costos Unitarios, de las partidas consideradas para el presupuesto del proyecto.

Figura H01

Análisis de Costos Unitarios de Transporte de equipos y herramientas.

PARTIDA: Transporte de equipos y herramientas (Movilización y desmovilización).						
	Rendimiento	1.000	vje/DIA		Costo unitario directo por :	vje 2,500.00
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
	Camión plataforma (Tramo Chimbote - Nuevo Chimbote)	vje		1.0000	1,500.00	1,500.00
	Camion de herramientas manuales (Tramo Chimbote - Nuevo Chimbote)	vje		1.0000	1,000.00	1,000.00
						2,500.00

Nota: Elaboración propia.

Figura H02

Análisis de Costos Unitarios de Oficinas, almacén, caseta de vigilancia.

PARTIDA: Oficinas, almacén, caseta vigilancia, etc.						
	Rendimiento	1.000	glb/DIA		Costo unitario directo por :	glb 6,700.00
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
	Caseta prefabricada para Oficina (1 und Contrata y 1 und Supervisión)	und		2.0000	2,000.00	4,000.00
	Caseta prefabricada para Almacén	und		1.0000	1,500.00	1,500.00
	Caseta prefabricada para Caseta de Vigilancia	und		1.0000	1,200.00	1,200.00
						6,700.00

Nota: Elaboración propia.

Figura H03

Análisis de Costos Unitarios de Vestuarios y comedor de contratista.

PARTIDA: Vestuarios y comedor contratista						
	Rendimiento	1.000	glb/DIA		Costo unitario directo por :	glb 2,000.00
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
	Vestuario y comedor de contratista	und		1.0000	2,000.00	2,000.00
						2,000.00

Nota: Elaboración propia.



Figura H04

Análisis de Costos Unitarios de Servicios higiénicos para la obra.

PARTIDA: Servicios Higiénicos para la obra						
Rendimiento	1.000	glb/DIA	Costo unitario directo por : glb			2,700.00
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
	Baño químico	und		2.0000	1,000.00	2,000.00
	Lavamanos portátil	und		1.0000	700.00	700.00
						2,700.00

Nota: Elaboración propia.

Figura H05

Análisis de Costos Unitarios de Suministro de energía para la obra e iluminación.

PARTIDA: Suministro de Energía para la obra e iluminación						
Rendimiento	1.000	glb/DIA	Costo unitario directo por : glb			6,500.00
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
	Grupo electrógeno	mes		1.0000	6,000.00	6,000.00
	Reflectores con trípode LED 1x50W Luz blanca	und		2.0000	250.00	500.00
						6,500.00

Nota: Elaboración propia.

Figura H06

Análisis de Costos Unitarios de Seguridad de Obra.

PARTIDA: Seguridad de Obra (Señalética, EPPS, implementación de Plan Covid)						
	Rendimiento	0.033	mes/DIA		Costo unitario directo por : mes	8,508.63
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	Personal de limpieza	mes		1.0000	1,800.00	1,800.00
						1,800.00
Materiales						
	Lejía 1 galón	gal		2.0000	12.25	24.50
	Alcohol gln	gal		2.0000	49.90	99.80
	Desinfectante	gal		2.0000	23.31	46.62
	Alcohol en gel 1 litro	litro		1.0000	25.25	25.25
	Mascarilla quirurgica	und		450.0000	1.50	675.00
	Guantes de jebe	und		2.0000	13.47	26.94
	Mochila de fumigación	und		1.0000	80.00	80.00
	Traje Tyvek	und		8.0000	36.36	290.88
	Trapos para limpieza x 1 und	und		5.0000	33.80	169.00
	Escoba	und		2.0000	25.25	50.50
	Recogedor	und		2.0000	25.25	50.50
	Oxímetro	und		1.0000	180.00	180.00
	Termómetro digital	und		1.0000	200.00	200.00
	Implementación de punto de triaje en obra	und		1.0000	700.00	700.00
	Prueba de Antígeno	und		20.0000	100.00	2,000.00
	Señalización exterior	und		10.0000	35.56	355.60
	Señalización interior	und		20.0000	35.56	711.20
	Kit antiderrame y punto de emergencia	und		1.0000	350.00	350.00
	Cachacos	und		10.0000	12.56	125.60
	Cinta señalizadora	und		5.0000	35.00	175.00
	Malla naranja	und		8.0000	46.53	372.24
						6,708.63

Nota: Elaboración propia.

Figura H07

Análisis de Costos Unitarios de Mitigación de polvo.

PARTIDA: Mitigación de polvo						
	Rendimiento	0.033	mes/DIA		Costo unitario directo por : mes	4,626.88
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	Peón	h.h	1.0000	242.4242	18.53	4,492.12
						4,492.12
Equipos						
	Herramientas manuales	%MO		0.03	4,492.12	134.76
						134.76

Nota: Elaboración propia.

Figura H08

Análisis de Costos Unitarios de Limpieza permanente en obra.

PARTIDA: Limpieza permanente en obra						
Rendimiento	0.033	mes/DIA			Costo unitario directo por : mes	4,626.88
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
Peon		h.h	1.0000	242.4242	18.53	4,492.12
						4,492.12
	Equipos					
Herramientas manuales		% M.O		0.0300	4,492.12	134.76
						134.76

Nota: Elaboración propia.

Figura H09

Análisis de Costos Unitarios de Desmontajes de ventanas.

PARTIDA: Desmontaje de ventanas						
Rendimiento	8.000	und/DIA			Costo unitario directo por : und	51.53
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
Operario		h.h	1.0000	1.0000	26.06	26.06
Peon		h.h	1.0000	1.0000	18.53	18.53
						44.59
	Equipos					
Herramientas manuales		% M.O		0.0300	44.59	1.34
Perforadora para sacar tornillos		hm	1.0000	1.0000	1.60	1.60
Amoladora con disco de corte 4"		hm	1.0000	1.0000	4.00	4.00
						6.94

Nota: Elaboración propia.

Figura H10

Análisis de Costos Unitarios de Demolición manual de muros.

PARTIDA: Demolición manual de muros						
Rendimiento	40.000	m2/DIA			Costo unitario directo por : m2	17.00
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
Operario		h.h	1.0000	0.2000	26.06	5.21
Peon		h.h	2.0000	0.4000	18.53	7.41
						12.62
	Equipos					
Herramientas manuales		% M.O		0.0300	12.62	0.38
Rotomartillo neumático		hm	1.0000	0.2000	7.50	1.50
Andamio metálico		dia	2.0000	0.0500	50.00	2.50
						4.38

Nota: Elaboración propia.



Figura H11

Análisis de Costos Unitarios de Eliminación de material excedente por demolición.

PARTIDA: Eliminación de material excedente por demolición						
	Rendimiento	250.000	m3/DIA		Costo unitario directo por : m3	9.98
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	Operario	h.h	2.0000	0.0640	26.06	1.67
	Peon	h.h	2.0000	0.0640	18.53	1.19
						2.85
Equipos						
	Herramientas manuales	% M.O		0.0300	2.85	0.09
	Minicargador	hm	1.0000	0.0320	100.00	3.20
	Camion volquete de 15 m3	hm	1.0000	0.0320	120.00	3.84
						7.13

Nota: Elaboración propia.

Figura H12

Análisis de Costos Unitarios de Trazo y replanteo para instalación de disipadores.

PARTIDA: Trazo y replanteo para instalacion de disipadores						
	Rendimiento	0.033	mes/DIA		Costo unitario directo por : mes	14,770.35
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	Topografo	h.h	1.0000	242.4242	26.06	6,317.58
	Peon	h.h	1.0000	242.4242	18.53	4,492.12
						10,809.70
Equipos						
	Herramientas manuales	% M.O		0.0300	10,809.70	324.29
	Estación Total con prismas	hm	1.0000	242.4242	15.00	3,636.36
						3,960.65

Nota: Elaboración propia.

Figura H13

Análisis de Costos Unitarios de Perforación para tornillos de sujeción.

PARTIDA: Perforación para tornillos de sujeción						
	Rendimiento	90.000	und/DIA		Costo unitario directo por : und	7.50
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	Oficial	h.h	2.0000	0.1778	20.49	3.64
	Peon	h.h	1.0000	0.0889	18.53	1.65
						5.29
Equipos						
	Herramientas manuales	% M.O		0.0300	5.29	0.16
	Taladro percutor	hm	1.0000	0.0889	6.20	0.55
	Andamio metálico	dia	1.0000	0.0111	100.00	1.11
	Soplete	und	1.0000	0.0111	35.00	0.39
						2.21

Nota: Elaboración propia.



Figura H14

Análisis de Costos Unitarios de Instalación de planchas de anclaje con tornillos de sujeción.

PARTIDA: Instalación de planchas de anclaje con tornillos de sujeción						
	Rendimiento	8.000	m2/DIA		Costo unitario directo por : m2	621.06
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
	Operario	h.h	2.0000	2.0000	26.06	52.12
	Peon	h.h	1.0000	1.0000	18.53	18.53
						70.65
Materiales						
	Plancha de acero estructural A36 1.20mx2.40mx12mm	pln		0.3470	1120.35	388.76
	Varillas roscadas pasante 1/2"x1.0m	und		3.2000	22.80	72.96
	Arandela plana zincada 1/2"	und		16.0000	1.67	26.72
	Tuerca hexagonal 1/2"	und		16.0000	0.31	4.96
	Electrodo punto azul	kg		0.4000	14.32	5.73
						499.13
Equipos						
	Herramientas manuales	% M.O		0.0500	70.65	3.53
	Máquina de Soldar	hm	1.0000	1.0000	12.00	12.00
	Amoladora	hm	1.0000	1.0000	4.50	4.50
	Máquinas cortadoras de plasma	dia	1.0000	0.1250	150.00	18.75
	Andamio metálico	dia	1.0000	0.1250	100.00	12.50
						51.28

Nota: Elaboración propia.

Figura H15

Análisis de Costos Unitarios de Instalación de cartelas metálicas.

PARTIDA: Instalación de cartelas metálicas						
	Rendimiento	5.000	und/DIA		Costo unitario directo por : und	606.62
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
	Operario	h.h	2.0000	3.2000	26.06	83.39
	Peon	h.h	1.0000	1.6000	18.53	29.65
						113.04
Materiales						
	Plancha de acero estructural A36 1.20mx2.40mx12mm	pln		0.3310	1120.35	370.84
	Varillas roscadas pasante 1/2"x1.0m	und		1.2000	22.80	27.36
	Arandela plana zincada 1/2"	und		8.0000	1.67	13.36
	Tuerca hexagonal 1/2"	und		8.0000	0.31	2.48
	Pernos de anclaje 3/8" x 3"	und		2.0000	4.45	8.90
	Electrodo punto azul	kg		0.6000	14.32	8.59
						431.53
Equipos						
	Herramientas manuales	% M.O		0.0500	113.04	5.65
	Máquina de Soldar	hm	1.0000	1.6000	12.00	19.20
	Amoladora	hm	1.0000	1.6000	4.50	7.20
	Máquinas cortadoras de plasma	dia	1.0000	0.2000	150.00	30.00
						62.05

Nota: Elaboración propia.

Figura H16

Análisis de Costos Unitarios de Instalación de disipadores SLB, incl. Cartelas de soporte entre diagonales.

PARTIDA: Instalación de disipadores SLB, incl. cartelas de soporte entre diagonales						
Rendimiento		6.000	und/DIA	Costo unitario directo por : und		2,259.31
Código	Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	Operario	h.h	1.0000	1.3333	26.06	34.75
	Peon	h.h	2.0000	2.6667	18.53	49.41
						84.16
Materiales						
	Disipadores rustereicos Shear Link Bozzo, dimensiones segun	und		1.0000	1930.88	1,930.88
	Plancha de acero estructural A36 1.20mx2.40mx12mm	pln		0.1500	1120.35	168.05
	Electrodo punto azul	kg		0.7000	14.32	10.02
						2,108.96
Equipos						
	Herramientas manuales	% M.O		0.0300	84.16	2.52
	Máquina de Soldar	hm	1.0000	1.3333	12.00	16.00
	Amoladora	hm	1.0000	1.3333	4.50	6.00
	Máquinas cortadoras de plasma	dia	1.0000	0.1667	150.00	25.00
	Andamio metálico	dia	1.0000	0.1667	100.00	16.67
						66.19

Nota: Elaboración propia.

Figura H17

Análisis de Costos Unitarios de Instalación de diagonales metálicas HSS 200x200x9mm.

PARTIDA: Instalación de diagonales metálicas HSS 200x200x9mm						
Rendimiento		18.000	m/DIA	Costo unitario directo por : m		480.28
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
	Operario	h.h	1.0000	0.4444	26.06	11.58
	Peon	h.h	2.0000	0.8889	18.53	16.47
						28.05
Materiales						
	Tubo hueco HSS 200x200x9mm, L=6.00m	und		0.1750	2500.00	437.50
						437.50
Equipos						
	Herramientas manuales	% M.O		0.0300	28.05	0.84
	Andamio metálico	dia	1.0000	0.0556	100.00	5.56
	Máquinas cortadoras de plasma	dia	1.0000	0.0556	150.00	8.33
						14.73

Nota: Elaboración propia.

Figura H18

Análisis de Costos Unitarios de Tabiquería de Drywall, incl. Planchas, rieles, parantes.

PARTIDA: Tabiquería de Drywall, incl. planchas, rieles, parantes							
Rendimiento		7.000 m/DIA		Costo unitario directo por : m			174.79
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
	Operio	h.h	1.0000	1.1429	26.06	29.78	
	Peon	h.h	1.0000	1.1429	18.53	21.18	
							50.96
Materiales							
	Plancha de yeso de 5/8" 1.22 x 2.44 m	pl		0.8200	60.17	49.34	
	Parante de acero 89mm *38mm*3m	und		1.8000	15.17	27.31	
	riel de acero 90mm*25mm*3m	und		0.9000	15.17	13.65	
	Cinta para junta rollo x 75m	rll		0.0550	13.48	0.74	
	Pasta para juntas de drywall	kg		2.3200	1.48	3.43	
	Fulminantes para pistola	ciento		0.2500	42.29	10.57	
	Tornillo wafer 8x13mm p/broca	mll		0.0070	60.85	0.43	
	Tornillo 6*22mm p/broca	mll		0.0180	84.58	1.52	
							106.99
Equipos							
	Herramientas manuales	% M.O		0.0500	50.96	2.55	
	Andamio metálico	dia	1.0000	0.1429	100.00	14.29	
							16.83

Nota: Elaboración propia.

Figura H19

Análisis de Costos Unitarios de Pintado de tabiquería de Drywall.

PARTIDA: Pintado de tabiquería de Drywall							
Rendimiento		100.000 m2/DIA		Costo unitario directo por : m2			6.80
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
	Operario	h.h	1.0000	0.0800	26.06	2.08	
	Peon	h.h	1.0000	0.0800	18.53	1.48	
							3.57
Materiales							
	Pintura latex	gln		0.0526	23.73	1.25	
	Sellador 1 galon	gln		0.0333	22.03	0.73	
							1.98
Equipos							
	Herramientas manuales	% M.O		0.0700	3.57	0.25	
	Andamio metálico	dia	1.0000	0.0100	100.00	1.00	
							1.25

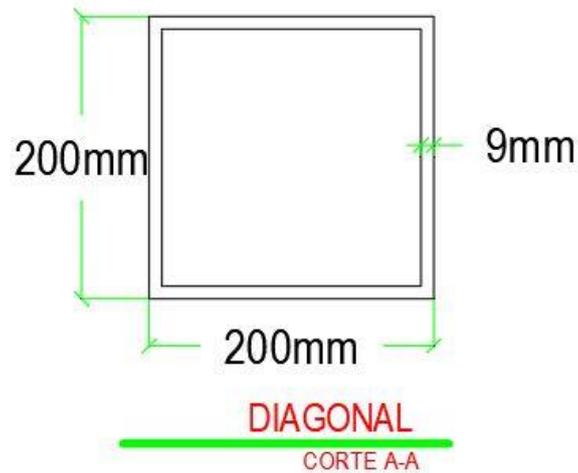
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 11.**PLANOS DE DETALLES**

De acuerdo al diseño, se realizó los siguientes gráficos referenciales para tener en cuenta en el reforzamiento de la estructura, tomando como muestra el disipador SLB3 25_8.

Figura J01

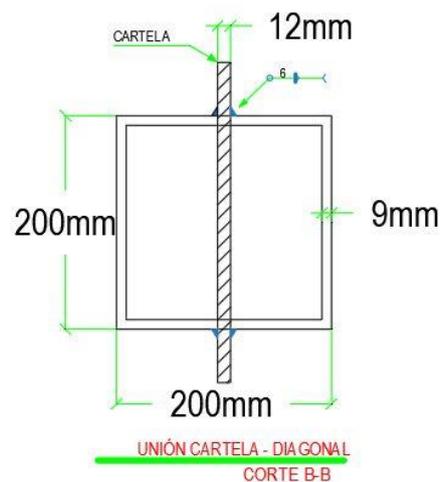
Detalle de corte transversal de Diagonal metálica HSS 200x200x9mm



Nota: Elaboración propia.

Figura J02

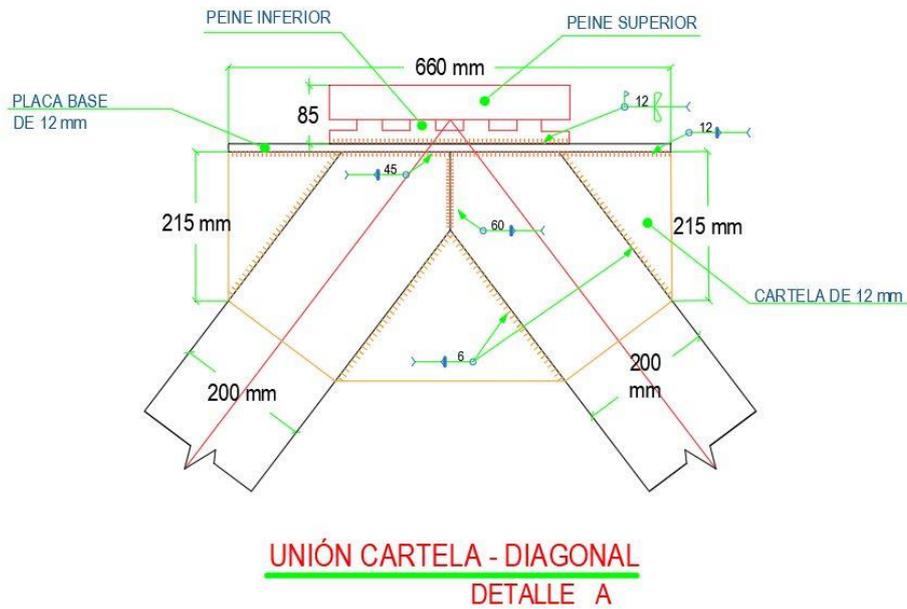
Detalle de corte transversal de Diagonal metálica soldada a la Cartela inferior



Nota: Elaboración propia.

Figura J03

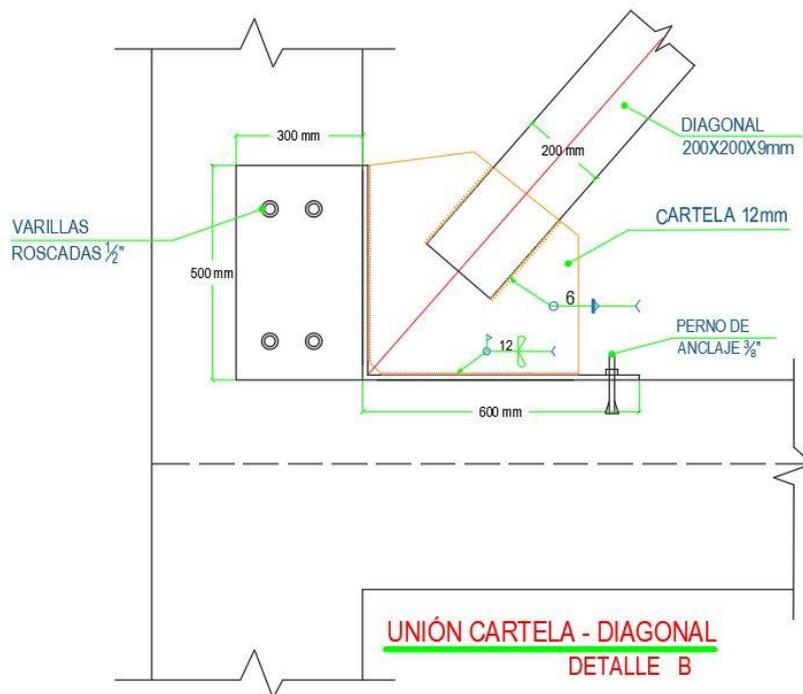
Detalle de unión cartela superior – diagonal metálica, soldada a Peine de disipador SLB.



Nota: Elaboración propia.

Figura J04

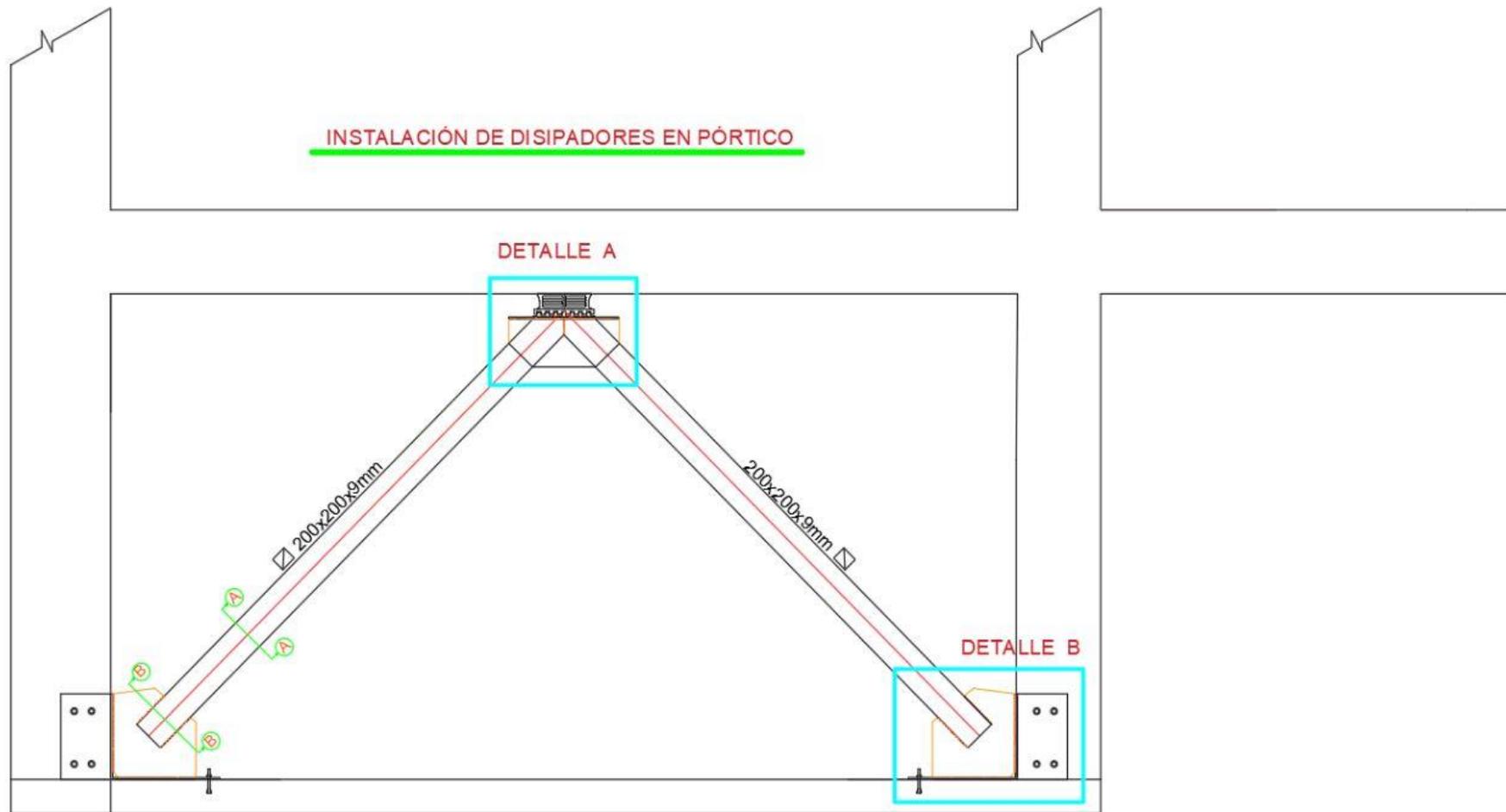
Detalle de unión cartela inferior – diagonal metálica, soldada a planchas de anclaje.



Nota: Elaboración propia.

Figura J05

Detalle de instalación final de Disipador SLB en pórticos.



Nota: Elaboración propia

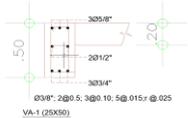
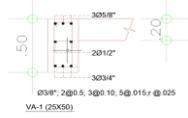
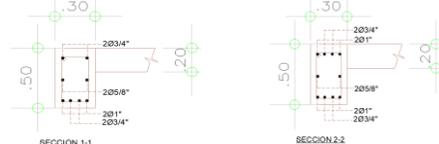
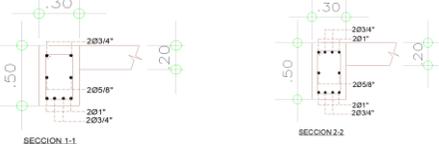


ANEXO 12.

Verificación de la estructura reforzada (análisis modal espectral)

Tabla K.01

Verificación de vigas del módulo I.

MODULO I									
Ubicación	Descripción (m)	Mmax (-) (Tn-m)	Mmax (+) (Tn-m)	Vmax (-) (Tn)	Vmax (+) (Tn)	As (existente)	Rangos As (Verificación)	As (ideal)	Verificación por cortante
Eje A entre 3-4 (1er piso)	Viga VA-1 (0.25x0.50)	5.73	4.95	6.02	5.94	 As + : 8.52 cm ² As - : 6.00 cm ²	Asmin= 2.30 cm ² Asmax= 13.11 cm ² (Cumple)	As - : 3.63 cm ² As + : 3.12 cm ²	Ø3/8" 2@0.5; 3@0.10; 5@0.15; r@0.25 (Cumple)
Eje B entre 6-7 (1er piso)	Viga VA-1 (0.25x0.50)	5.78	5.64	6.19	6.45	 As + : 8.52 cm ² As - : 6.00 cm ²	Asmin= 2.30 cm ² Asmax= 13.11 cm ² (Cumple)	As - : 3.67 cm ² As + : 3.57 cm ²	Ø3/8" 2@0.5; 3@0.10; 5@0.15; r@0.25 (Cumple)
Eje 2 entre A-B (1er piso)	Viga V-101 (0.30x0.50)	13.13	8.75	11.53	11.9	 As + : 15.88 cm ² As - : 15.88 cm ²	Asmin= 2.76 cm ² Asmax= 15.73 cm ² (Cumple)	As - : 8.82 cm ² As + : 5.64 cm ²	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; 5@0.15; 5@0.20; r@0.25 (Cumple)
Eje 8 entre A-B (1er piso)	Viga V-101 (0.30x0.50)	13.99	9.54	12.15	12.51	 As + : 15.88 cm ² As - : 15.88 cm ²	Asmin= 2.76 cm ² Asmax= 15.73 cm ² (Cumple)	As - : 9.48 cm ² As + : 6.19 cm ²	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; 5@0.15; 5@0.20; r@0.25 (Cumple)

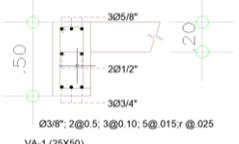
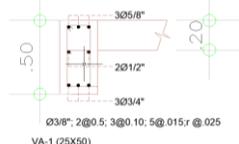
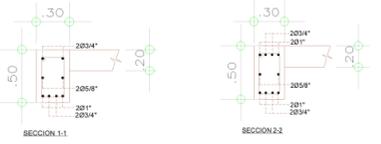
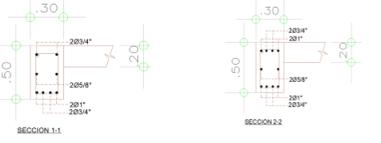
Nota: Elaboración propia.

Tabla K.02
Verificación de vigas del módulo II

MODULO II									
Ubicación	Descripción (m)	Mmax (-) (Tn-m)	Mmax (+) (Tn-m)	Vmax (-) (Tn)	Vmax (+) (Tn)	As (existente)	Rangos As (Verificación)	As (ideal)	Verificación por cortante
Eje D entre 4-6 (1er piso)	Viga VA-5 (0.25x0.50)	6.13	4.63	3.79	6.33	 As + : 4.00 cm ² As - : 4.00 cm ²	Asmin= 2.30 cm ² Asmax= 13.11 cm ² (Cumple)	As - : 3.90 cm ² As + : 2.90 cm ²	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; 5@0.15;r @0.25 (Cumple)
Eje G entre 4-6 (2do piso)	Viga VA-5 (0.25x0.50)	3.63	2.68	3.78	3.72	 As + : 4.00 cm ² As - : 4.00 cm ²	Asmin= 2.30 cm ² Asmax= 13.11 cm ² (Cumple)	As - : 2.26 cm ² (considerar Asmin) As + : 1.65 cm ² (considerar Asmin)	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; 5@0.15;r @0.25 (Cumple)
Eje 5' entre E-F (2do piso)	Viga V-206 (0.30x0.50)	7.83	4.83	-8.89	8.69	 As + : 7.68 cm ² As - : 9.10 cm ²	Asmin= 2.76 cm ² Asmax= 15.73 cm ² (Cumple)	As - : 5.01 cm ² As + : 3.01 cm ²	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; r@0.25 No cumple con lo establecido en el punto 21.4.5.3 de la E.060
Eje 6 entre F-G (1er piso)	Viga V-105 (0.30x0.50)	9.43	7.88	11.83	9.81	 As + : 6.00 cm ² As - : 9.1 cm ²	Asmin= 2.76 cm ² Asmax= 15.73 cm ² (Cumple)	As - : 6.12 cm ² As + : 5.04 cm ²	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; r@0.25 No cumple con lo establecido en el punto 21.4.5.3 de la E.060

Nota: Elaboración propia.

Tabla K.03
Verificación de vigas del módulo III

MODULO III									
Ubicación	Descripción (m)	Mmax (-) (Tn-m)	Mmax (+) (Tn-m)	Vmax (-) (Tn)	Vmax (+) (Tn)	As (existente)	Rangos As (Verificación)	As (ideal)	Verificación por cortante
Eje J entre 7-8 (1er piso)	Viga VA-1 (0.25x0.50)	5.1	6.7	6.42	6.52	 <p> Ø3/8", 2@0.5; 3@0.10; 5@0.15; r @ 0.25 VA-1 (25X50) As + : 8.52 cm² As - : 6.00 cm² </p>	Asmin= 2.30 cm ² Asmax= 13.11 cm ² (Cumple)	As - : 3.21 cm ² As + : 4.29 cm ²	Ø3/8" 2@0.5; 3@0.10; 5@0.15; r@0.25 (Cumple)
Eje I entre 2-3 (1er piso)	Viga VA-1 (0.25x0.50)	5.24	7.04	6.85	6.85	 <p> Ø3/8", 2@0.5; 3@0.10; 5@0.15; r @ 0.25 VA-1 (25X50) As + : 8.52 cm² As - : 6.00 cm² </p>	Asmin= 2.30 cm ² Asmax= 13.11 cm ² (Cumple)	As - : 3.31 cm ² As + : 4.53 cm ²	Ø3/8" 2@0.5; 3@0.10; 5@0.15; r@0.25 (Cumple)
Eje 1 entre I-J (1er piso)	Viga V-101 (0.30x0.50)	12.51	10.91	12.49	11.99	 <p> As + : 15.88 cm² As - : 15.88 cm² </p>	Asmin= 2.76 cm ² Asmax= 15.73 cm ² (Cumple)	As - : 8.35 cm ² As + : 7.17 cm ²	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; 5@0.15; 5@0.20; r@0.25 (Cumple)
Eje 9 entre I-J (1er piso)	Viga V-101 (0.30x0.50)	13.05	11.9	13.06	12.58	 <p> As + : 15.88 cm² As - : 15.88 cm² </p>	Asmin= 2.76 cm ² Asmax= 15.73 cm ² (Cumple)	As - : 8.76 cm ² As + : 7.90 cm ²	Ø3/8" 2@0.05; 3@0.10; 5@0.15; 5@0.20; r@0.25 (Cumple)

Nota: Elaboración propia.

VERIFICACIÓN A FLEXIÓN - VIGAS

(según E.060)

1.0 DATOS DEL MATERIAL

f'c=	157		kgf/cm ²
fy=	4200		kgf/cm ²
ϕ _b =	0.9		
β ₁ =	0.85		

f'c, MPa	β ₁	
17 ≤ f'c ≤ 28	0.85	(a)
28 < f'c < 55	$0.85 - \frac{0.05(f'_c - 28)}{7}$	(b)
f'c ≥ 55	0.65	(c)

2.0 DATOS DE SECCIÓN

b=	30		cm
h=	50		cm
d=	44		cm

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 f'_c \beta_1}{f_y} \cdot \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b$$

3.0 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

M _u =	13.05		tonf-m
------------------	--------------	--	--------

4.0 DISEÑO ESTRUCTURAL

ρ _{min} =	0.0021		
ρ _b =	0.0159		
ρ _{max} =	0.0119		

$$A_s = \frac{0.85 f'_c b d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi 0.85 f'_c b d^2}} \right]$$

A_s= 8.76 cm²

A_{smin}= 2.76 cm²

A_{smax}= 15.73 cm²

¡Cumple!

¡Cumple!

Nota: Ejemplo del cálculo realizado para la viga V-101 / MOD III / Eje 9 entre I-J (1er piso)

VERIFICACIÓN A CORTE - VIGAS

(según E.060)

1.0 Datos del Material

$f'c$	157 kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
f_y	4200 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero
ϕ	0.85 (E.060)	Factor de reducción de resistencia
ϕ_{estr}	3/8"	Diámetro de estribo
ϕ_{long}	3/4"	

2.0 Datos de la geometría

b_w	25 cm	Ancho del alma de la viga
h	50 cm	Peralte de la viga
r'	5.91 cm	Distancia de fibra extrema a centro de varilla longitudinal
d	44.10 cm	Peralte Efectivo

3.0 Análisis Estructural

V_u	6.33 ton	Cortante última $V_u = \phi(V_c + V_s)$
-------	-----------------	---

4.0 Diseño

V_u

$\phi V_c / 2$	3.11 ton	si V_u es menor requiere A_s mínimo
$\phi V_c = \phi 0.53 \cdot \text{raiz}(f'c) \cdot b_w \cdot d$	6.22 ton	si V_u es menor requiere A_s mínimo

$\phi V_s = V_u - \phi V_c$	0.11 ton	
-----------------------------	----------	--

V_s

$2\phi V_c = \phi 1.06 \cdot \text{raiz}(f'c) \cdot b_w \cdot d$	12.45 ton	$S_{\max} = \min[60; d/2]$
--	-----------	----------------------------

$4\phi V_c = \phi 2.12 \cdot \text{raiz}(f'c) \cdot b_w \cdot d$	24.89 ton	$S_{\max} = \min[30; d/4]$
--	-----------	----------------------------

V_s	0.13 ton	
-------	----------	--

$s = (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$	2089.41 cm	Espaciamiento requerido (cálculo)
$S_{est \text{ mín}}$	68.41 cm	Espaciamiento considerando $A_{v \text{ mín}}$
S_{\max}	22.05 cm	Espaciamiento máximo según Norma

$S_{\text{diseño}}$ 22.05 cm

Nota: La distribución cumple con los requisitos mínimos establecidos en la norma E.060 artículos 21.4.4.4 y 21.4.4.5



Tabla K.04

Verificación de columnas del módulo I.

MODULO I									
Ubicación	Descripción (m)	Area (cm ²)	Nu (Tn)	Vmax (Tn)	As long. (cm ²)	Cuántia entre 1% y 6% (Verificación)	Verificación por flexocompresión	Estribos existentes	Observaciones para Smax de estribos
Eje 8 / Eje 2	C-3	1703.43	22.75	6.21	39.44	2.32%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	∅3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	El S_o de los estribos en una longitud L_o no deben ser mayores a: a) $8 * \phi_{menor-long}$ b) Valor menor entre: $bw/2$ y $h/2$ c) 100mm
	C-4	1500	36.27	4.01	31.76	2.12%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	∅3/8" 2@0.10, rto 0.25	
Eje A entre 3-4	C-1	1703.43	38.00	6.82	41.70	2.45%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	∅3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	$L_o > (d), (e)$ y (f): d) $h_{entrepiso}/6$
Eje B entre 6-7	C-2	1500	38.53	5.70	35.76	2.38%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	∅3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	b) Valor mayor entre: bw y h f) 500mm

Nota: Elaboración propia.



Tabla K.05

Verificación de columnas del módulo II.

MODULO II									
Ubicación	Descripción (m)	Area (cm ²)	Nu (Tn)	Vmax (Tn)	As (existente)	Cuántia entre 1% y 6% (Verificación)	Verificación por flexocompresión	Verificación por cortante	Observaciones para Smax de estribos
Eje 5' y Eje E	C-6	750	16.57	1.66	17.04	2.27%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	Ø3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	El S_o de los estribos en una longitud L_o no deben ser mayores a: a) $8 * \phi_{menor-long}$ b) Valor menor entre: $bw/2$ y $h/2$ c) 100mm
Eje E	M-2	2910.21	16.08	11.95	21	0.72%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	Ø3/8" 1@0.05, 3@0.10, rto 0.25	$L_o > (d), (e) \text{ y } (f):$ d) $h_{entrepiso}/6$ b) Valor mayor entre: bw y h f) 500mm

Nota: Elaboración propia.



Tabla K.06

Verificación de columnas del módulo III.

MODULO III									
Ubicación	Descripción (m)	Area (cm ²)	Nu (Tn)	Vmax (Tn)	As (existente)	Cuantía entre 1% y 6% (Verificación)	Verificación por flexocompresión	Verificación por cortante	Observaciones para Smax de estribos
Eje 9 / Eje 1	C-3	1703.43	24.29	4.88	39.44	2.32%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	Ø3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	El S_o de los estribos en una longitud L_o no deben ser mayores a:
	C-4	1500	41.91	3.65	31.76	2.12%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	Ø3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	
Eje J entre 7-8	C-1	1703.43	37.4	5.09	41.7	2.45%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	Ø3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	a) $8 * \phi_{\text{menor-long}}$ b) Valor menor entre: $bw/2$ y $h/2$ c) 100mm
Eje I entre 2-3	C-2	1500	49.92	3.08	35.76	2.38%	Cumple Valores dentro del diagrama de interacción	Ø3/8" 2 @0.05, 3@0.10, rto 0.25	$L_o > (d), (e)$ y (f): d) $h_{\text{entrepiso}/6}$ b) Valor mayor entre: bw y h f) 500mm

Nota: Elaboración propia.



VERIFICACIÓN A FLEXOCOMPRESIÓN - COLUMNAS

(según E.060)

Tabla K.07

Puntos de superficie de iteración 3D.

C-6	Curva #1 0 deg			Curva #7 90 deg			Curva #13 180 deg			Curva #19 270 deg		
	Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m
1	114.3198	0	0	114.3198	0	0	114.3198	0	0	114.3198	0	0
2	114.3198	0	1.9187	114.3198	1.7062	0	114.3198	0	-1.9187	114.3198	-1.7062	0
3	110.2659	0	3.0118	110.1512	2.6626	0	110.2659	0	-3.0118	110.1512	-2.6626	0
4	98.8898	0	3.8512	97.7205	3.4343	0	98.8898	0	-3.8512	97.7205	-3.4343	0
5	85.8254	0	4.5711	84.257	3.9209	0	85.8254	0	-4.5711	84.257	-3.9209	0
6	70.6121	0	5.0704	67.8014	4.3143	0	70.6121	0	-5.0704	67.8014	-4.3143	0
7	53.3308	0	5.3941	48.3553	4.5796	0	53.3308	0	-5.3941	48.3553	-4.5796	0
8	31.064	0	5.6153	23.6876	4.7728	0	31.064	0	-5.6153	23.6876	-4.7728	0
9	21.7379	0	5.8099	16.562	4.8436	0	21.7379	0	-5.8099	16.562	-4.8436	0
10	7.1893	0	5.9413	7.3521	4.89	0	7.1893	0	-5.9413	7.3521	-4.89	0
11	-8.9711	0	5.5724	-9.6267	4.2899	0	-8.9711	0	-5.5724	-9.6267	-4.2899	0
12	-25.7326	0	4.1331	-34.3411	2.7397	0	-25.7326	0	-4.1331	-34.3411	-2.7397	0
13	-49.2725	0	2.0191	-50.1772	1.5938	0	-49.2725	0	-2.0191	-50.1772	-1.5938	0
14	-56.8419	0	1.0725	-57.2942	0.8433	0	-56.8419	0	-1.0725	-57.2942	-0.8433	0
15	-64.4112	0	0	-64.4112	0	0	-64.4112	0	0	-64.4112	0	0

Nota: Elaboración propia.



Tabla K.08

Resumen de puntos de superficie de iteración 3D – Ejes locales

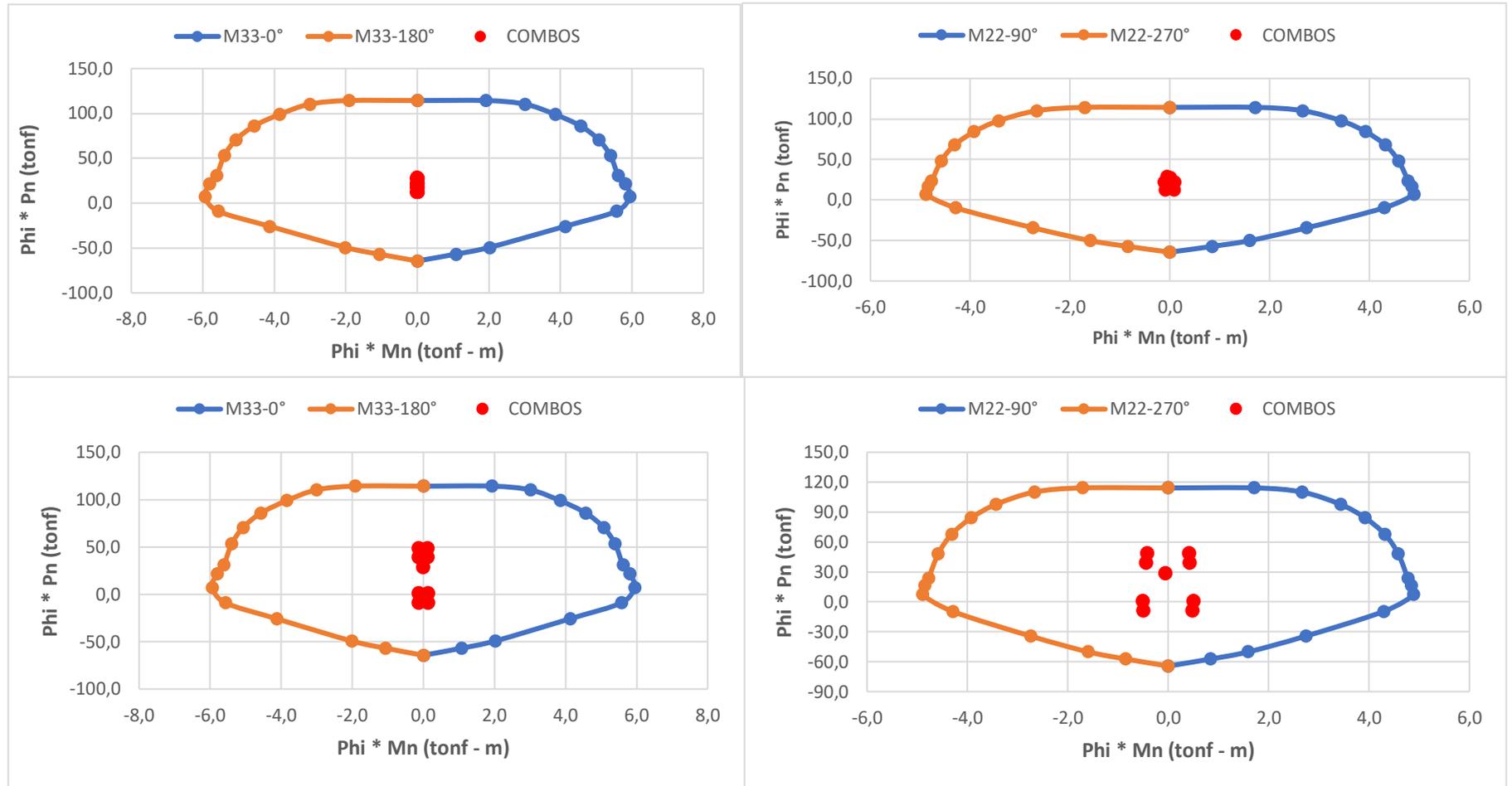
PUNTOS	M33			
	0°		180°	
	phiPn	PhiMn	phiPn	PhiMn
1	114.3198	0	114.3198	0
2	114.3198	1.9187	114.3198	-1.9187
3	110.2659	3.0118	110.2659	-3.0118
4	98.8898	3.8512	98.8898	-3.8512
5	85.8254	4.5711	85.8254	-4.5711
6	70.6121	5.0704	70.6121	-5.0704
7	53.3308	5.3941	53.3308	-5.3941
8	31.064	5.6153	31.064	-5.6153
9	21.7379	5.8099	21.7379	-5.8099
10	7.1893	5.9413	7.1893	-5.9413
11	-8.9711	5.5724	-8.9711	-5.5724
12	-25.7326	4.1331	-25.7326	-4.1331
13	-49.2725	2.0191	-49.2725	-2.0191
14	-56.8419	1.0725	-56.8419	-1.0725
15	-64.4112	0	-64.4112	0

PUNTOS	M22			
	90°		270°	
	phiPn	PhiMn	phiPn	PhiMn
1	114.3198	0	114.3198	0
2	114.3198	1.7062	114.3198	-1.7062
3	110.1512	2.6626	110.1512	-2.6626
4	97.7205	3.4343	97.7205	-3.4343
5	84.257	3.9209	84.257	-3.9209
6	67.8014	4.3143	67.8014	-4.3143
7	48.3553	4.5796	48.3553	-4.5796
8	23.6876	4.7728	23.6876	-4.7728
9	16.562	4.8436	16.562	-4.8436
10	7.3521	4.89	7.3521	-4.89
11	-9.6267	4.2899	-9.6267	-4.2899
12	-34.3411	2.7397	-34.3411	-2.7397
13	-50.1772	1.5938	-50.1772	-1.5938
14	-57.2942	0.8433	-57.2942	-0.8433
15	-64.4112	0	-64.4112	0

Nota: Elaboración propia.

Figura K.01

Resumen de puntos de superficie de iteración 3D – Ejes locales.



Nota: Elaboración propia.

Tabla K.09

Fuerzas actuantes en la columna C-6

Nivel	Columna	Load Case/Combo	P	V2	V3	T	M2	M3		
TECHO 1	C-6	Dead	-16.5685	-0.0362	-0.03	-0.001	-0.0377	-0.0226	DEAD	16.5685
TECHO 1	C-6	Live	-3.1265	0.0154	-0.0062	-0.0001	-0.0088	0.0241	LIVE	3.1265
TECHO 1	C-6	SIS DISEÑOXX	2.7776	0.76	0.0587	0.0205	0.1243	1.2676		
TECHO 1	C-6	SIS DISEÑOYY	24.0388	1.003	0.4625	0.1256	1.2133	1.64		

Nota: Programa computacional de estructuras.

Tabla K.10

Combinaciones de diseño para la columna C-6

	COMBOS	COMBINACIONES DE DISEÑO					Vu =	Nu =
		P	M2	M3	V2	V3		
	U1=1.4CM+1.7CV	28.51095	-0.06774	0.00933	-0.0245	-0.0525		
SISMO XX	U2=1.25(CM+CV)+SISXX	27.39635	0.066175	1.269475	0.7340	0.0135	1.66	
	U3=1.25(CM+CV)-SISXX	21.84115	-0.182425	-1.265725	-0.7860	-0.1040		
	U4=0.9CM+SISXX	17.68925	0.09037	1.24726	0.7274	0.0317		
	U5=0.9CM-SISXX	12.13405	-0.15823	-1.28794	-0.7926	-0.0857		
SISMO YY	U2=1.25(CM+CV)+SISYY	48.65755	1.155175	1.641875	0.9770	0.4173		
	U3=1.25(CM+CV)-SISYY	0.57995	-1.271425	-1.638125	-1.0290	-0.5078		
	U4=0.9CM+SISYY	38.95045	1.17937	1.61966	0.9704	0.4355		
	U5=0.9CM-SISYY	-9.12715	-1.24723	-1.66034	-1.0356	-0.4895		

Nota: Elaboración propia



Tabla K.11

Combinaciones de diseño para la columna C-6 en eje XX y YY.

SISXX					SISYY				
	COMBOS	COMBINACIONES DE DISEÑO				COMBOS	COMBINACIONES DE DISEÑO		
		P	M2	M3			P	M2	M3
	U1=1.4CM+1.7CV	28.5110	-0.0677	0.0093		U1=1.4CM+1.7CV	28.51095	-0.06774	0.00933
SISMO XX POSITIVO	U2=1.25(CM+CV)+SISXX	27.3964	0.0662	1.2695	SISMO YY POSITIVO	U2=1.25(CM+CV)+SISYY	48.65755	1.155175	1.641875
	U3=1.25(CM+CV)-SISXX	21.8412	-0.1824	-1.2657		U3=1.25(CM+CV)-SISYY	0.57995	-1.271425	-1.638125
	U4=0.9CM+SISXX	17.6893	0.0904	1.2473		U4=0.9CM+SISYY	38.95045	1.17937	1.61966
	U5=0.9CM-SISXX	12.1341	-0.1582	-1.2879		U5=0.9CM-SISYY	-9.12715	-1.24723	-1.66034
SISMO XX NEGATIVO	U2=1.25(CM+CV)+SISXX	27.3964	-0.0662	-1.2695	SISMO YY NEGATIVO	U2=1.25(CM+CV)+SISYY	48.65755	-1.155175	-1.641875
	U3=1.25(CM+CV)-SISXX	21.8412	0.1824	1.2657		U3=1.25(CM+CV)-SISYY	0.57995	1.271425	1.638125
	U4=0.9CM+SISXX	17.6893	-0.0904	-1.2473		U4=0.9CM+SISYY	38.95045	-1.17937	-1.61966
	U5=0.9CM-SISXX	12.1341	0.1582	1.2879		U5=0.9CM-SISYY	-9.12715	1.24723	1.66034

Nota: Elaboración propia.

VERIFICACIÓN A CORTE - COLUMNAS

(según E.060)

1.0 Datos del Material

f_c	238	kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
f_y	4200	kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero
ϕ	0.85	(E.060)	Factor de reducción de resistencia
ϕ_{estr}	3/8"		Díametro de estribo
ϕ_{long}	3/4"		Diametro acero longitudinal
Nest	1		Cantidad de estribos
Nbarras	2		Barras por sección
hentre piso	3.5	m	Altura de entrepiso

2.0 Datos de la geometría

b_w	25	cm	Ancho del alma de la viga
h	30	cm	Peralte de la viga
r'	6.91	cm	Distancia de fibra extrema a centro de varilla longitudinal
d	23.10	cm	Peralte Efectivo

3.0 Análisis Estructural

V_u	1.04	ton	Cortante última $V_u = \phi(V_c + V_s)$
N_u	16.57	ton	Carga axial normal

4.0 Diseño

V_u

$\phi V_c / 2$	2.32	ton	si V_u es menor requiere A_s mínimo
$\phi V_c = \phi 0.53 \cdot \text{raiz}(f_c) \cdot (1 + N_u / (140 \cdot A_g)) \cdot b_w \cdot d$	4.65	ton	si V_u es menor requiere A_s mínimo

$\phi V_s = V_u - \phi V_c$

Usar A_{vmin} ton

V_s

$2\phi V_c = \phi 1.06 \cdot \text{raiz}(f_c) \cdot b_w \cdot d$	9.29	ton	$S_{max} = \min[60; d/2]$
$4\phi V_c = \phi 2.12 \cdot \text{raiz}(f_c) \cdot b_w \cdot d$	18.58	ton	$S_{max} = \min[30; d/4]$

V_s

Usar A_{vmin} ton

$s = (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$	68.41	cm	Espaciamiento requerido (cálculo)
$S_{est\ min}$	68.41	cm	Espaciamiento considerando A_{vmin}
S_{max}	11.55	cm	Espaciamiento máximo según Norma

$S_{diseño}$ 11.55 cm