



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**INFORME N° 18-2025-UNACH/UI/MAST**

**A** : **Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro**  
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

**ASUNTO** : Constancia de Originalidad de Turnitin de ELVIS DELGADO VEGA y JOSÉ LUIS TARRILLO FERNÁNDEZ.

**FECHA** : Colpa Matara, 12 de junio del 2025.

**REFERENCIA:** i) Carta N°038-2025-UNACH-LON/PJ (Envío de tesis en digital en su versión final)  
ii) Carta N°043-2025-UNACH-LON/JT / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.  
iii) INFORME N° 017-2025-UNACH-FCI-EPIC-DAME/JEGG / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.  
iv) CARTA N° 000-2024-UNACH/AMBM / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR 1-CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **ELVIS DELGADO VEGA y JOSÉ LUIS TARRILLO FERNÁNDEZ**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
C.O.P.I. N° 157792

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad N° 18-2025.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 12 de junio del 2025.

C.O. N° 18-2025-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR 1-CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **ELVIS DELGADO VEGA y JOSÉ LUIS TARRILLO FERNÁNDEZ**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 13% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.




Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

  
Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

# Elvis Delgado Vega José Luis Tarrillo Fernández

## INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS E...

-  Informe Final de Tesis
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2025-1
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3275158166

Fecha de entrega

12 jun 2025, 5:54 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 jun 2025, 5:58 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_PARA\_TÍTULO\_PROFESIONAL.docx

Tamaño de archivo

19.5 MB

281 Páginas

44.264 Palabras

244.294 Caracteres




# 13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

<b>1</b>	Internet	
hdl.handle.net		5%
<b>2</b>	Internet	
repositorio.urp.edu.pe		2%
<b>3</b>	Internet	
repositorio.unach.edu.pe		<1%
<b>4</b>	Internet	
repositorio.ucv.edu.pe		<1%
<b>5</b>	Internet	
repositorio.unjfsc.edu.pe		<1%
<b>6</b>	Trabajos del estudiante	
uncedu		<1%
<b>7</b>	Trabajos del estudiante	
Universidad Cesar Vallejo		<1%
<b>8</b>	Internet	
www.repositorio.unach.edu.pe		<1%
<b>9</b>	Internet	
pirhua.udep.edu.pe		<1%
<b>10</b>	Internet	
repositorio.uns.edu.pe		<1%
<b>11</b>	Internet	
alicia.concytec.gob.pe		<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
13	Internet	cybertesis.uni.edu.pe	<1%
14	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
15	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
16	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
17	Trabajos del estudiante	Escuela Superior Politécnica del Litoral	<1%
18	Internet	cdn.www.gob.pe	<1%
19	Internet	upc.aws.openrepository.com	<1%
20	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	<1%
21	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
22	Internet	kupdf.net	<1%
23	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%
25	Trabajos del estudiante	uni	<1%

26	Internet	docplayer.cz	<1%
27	Internet	es.scribd.com	<1%
28	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
29	Internet	ri.ues.edu.sv	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
31	Internet	1library.co	<1%
32	Internet	www.researchgate.net	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma	<1%
34	Internet	idoc.pub	<1%
35	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
36	Internet	e-journal.uajy.ac.id	<1%
37	Internet	redi.unjbg.edu.pe	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Santa	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola	<1%

40	Internet	issuu.com	<1%
41	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
42	Internet	repositorio.ug.edu.ec	<1%
43	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
44	Internet	revistascientificas.cuc.edu.co	<1%
45	Trabajos del estudiante	RMIT University	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote	<1%
48	Internet	moam.info	<1%
49	Internet	www.scielo.org.pe	<1%
50	Trabajos del estudiante	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	<1%
51	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte	<1%
52	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
53	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE	<1%
56	Internet	doczz.es	<1%
57	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	<1%
58	Internet	repositorio.unp.edu.pe	<1%
59	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	<1%
60	Publicación	Lagaros, N.D.. "Structural optimization: A tool for evaluating seismic design proce...	<1%
61	Internet	docplayer.es	<1%
62	Internet	es.slideshare.net	<1%
63	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
64	Internet	www.perulicitaciones.com	<1%
65	Publicación	Ruiz Esquivel, Jose Oscar. "Estimacion de perdidas por sismos mediante funciones...	<1%
66	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	<1%
67	Internet	repositorio.upla.edu.pe	<1%

68	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
69	Internet	repositorio.utn.edu.ec	<1%
70	Internet	www.ptolomeo.unam.mx:8080	<1%
71	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua	<1%
72	Internet	de.slideshare.net	<1%
73	Internet	repositorio.espe.edu.ec	<1%
74	Internet	repositorio.ucsm.edu.pe	<1%
75	Internet	repositorio.ujcm.edu.pe	<1%
76	Internet	repositorio.unh.edu.pe	<1%
77	Internet	tesis.ucsm.edu.pe	<1%
78	Internet	unach.edu.pe	<1%
79	Internet	www.phs-medical.de	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA  
RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL  
SECTOR N° 1 – CHOTA, 2024**

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

**AUTORES**

Elvis Delgado Vega

José Luis Tarrillo Fernández

**ASESOR:** Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo

Chota – Perú

2025



## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: DELGADO VEGA, ELVIS

Código del alumno: **2019051011**

Correo electrónico: [2019051011@unach.edu.pe](mailto:2019051011@unach.edu.pe)

Teléfono: 927277974

DNI: 73539747

Apellidos y nombres: TARRILLO FERNÁNDEZ, JOSÉ LUIS

Código del alumno: **2019051032**

Correo electrónico: [2019051032@unach.edu.pe](mailto:2019051032@unach.edu.pe)

Teléfono: 946740177

DNI: 75580575

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Magister

Licenciado

Segunda especialidad

Título

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

**"INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 – CHOTA, 2024"**

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERIA

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERIA CIVIL

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: **SILVA TARRILLO, MIGUEL ÁNGEL**

Correo electrónico: [masilvat@unach.edu.pe](mailto:masilvat@unach.edu.pe)

Teléfono: 967904967

D.N.I.: 45606229

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA: DELGADO VEGA ELVIS  
DNI: 73539747

FIRMA: TARRILLO FERNANDEZ JOSE LUIS  
DNI: 73539747

Fecha, 06 de octubre del 2025

**INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO  
EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES  
APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 – CHOTA, 2024**

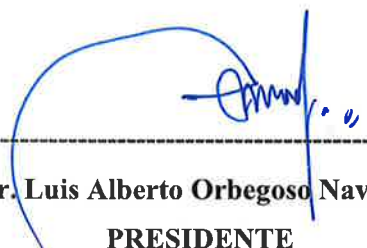
**POR:**

**ELVIS DELGADO VEGA**

**JOSÉ LUIS TARRILLO FERNÁNDEZ**

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la  
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título  
de  
INGENIERO CIVIL**


**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**



-----  
**Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro**  
**PRESIDENTE**



-----  
**Dr. Juan Esteban Gonzales García**  
**SECRETARIO**



-----  
**Dr. Abelardo Melanio Barboza Mejía**  
**VOCAL**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 a.m. del día 22 de julio 2025, reunidos en la sala de docentes de la EPIC, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Elvis Delgado Vega y José Luis Tarrillo Fernández**, denominada: **“INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N°1-CHOTA,2024”**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

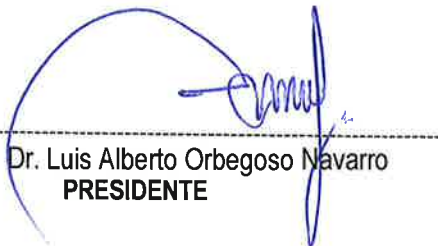
APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (\*)

CATORCE (14)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 22 de julio 2025.

  
Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro  
**PRESIDENTE**

  
Dr. Juan Esteban Gonzales Garcia.  
**SECRETARIO**

  
Dr. Abelardo Mejania Barboza Mejia.  
**VOCAL**

  
Mg. Miguel Angel Silva Tarrillo.  
**ASESOR**

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

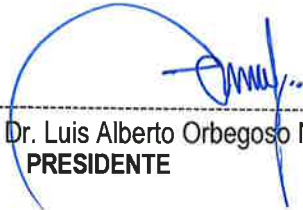
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada “**INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N°1-CHOTA,2024**”; presentado por los Bachilleres: **Elvis Delgado Vega y José Luis Tarrillo Fernández**, sustentada el día 22 de julio 2025, según Resolución N°157-2025-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 28 de agosto de 2025.

  
-----  
Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro  
**PRESIDENTE**

  
-----  
Dr. Juan Esteban Gonzales Garcia.  
**SECRETARIO**

  
-----  
Dr. Abelardo Melanio Barboza Mejia.  
**VOCAL**

  
-----  
Mg. Miguel Angel Silva Tarrillo.  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Fernando Delgado Mejía y Cenaida Vega Vásquez, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido el cimiento de mi educación y de cada logro en mi vida; esta tesis es el reflejo de sus enseñanzas y del esfuerzo que han hecho por darme un futuro mejor.

A mis hermanos Neiser Delgado Vega y Liana Nayeli Delgado Vega, quienes han sido una fuente constante de inspiración y motivación. Su compañía, palabras de aliento y fe en mí han sido fundamentales para culminar este proyecto.

Delgado Vega, Elvis

Dedico este trabajo a mis padres, por su apoyo incansable me han dado la fortaleza para avanzar; a mi familia, que ha sido un pilar de inspiración y esperanza; y a todas las personas que, de alguna manera, marcaron mi vida y contribuyeron a que este sueño se haga realidad.

Tarrillo Fernández, José Luis

## **AGRADECIMIENTO**

Con profundo respeto y gratitud, queremos dedicar este espacio a expresar nuestro reconocimiento a todas las personas que han sido fundamentales en la realización de esta tesis.

A nuestra casa de estudios, por haber sido un faro de conocimiento y aprendizaje, ofreciéndonos las herramientas necesarias para nuestro desarrollo académico y profesional.

A nuestro asesor, el Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo, por su invaluable guía, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Su experiencia y consejo fueron esenciales para superar cada desafío y culminar este proyecto con éxito.

**Delgado Vega, Elvis**

**Tarrillo Fernández, José Luis**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>25</b>
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>25</b>
<b>1.4. Objetivos .....</b>	<b>26</b>
1.4.1. Objetivo general .....	26
1.4.2. Objetivos específicos.....	26
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>27</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	27
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	29
2.1.3. Antecedentes regionales .....	31
<b>2.2. Marco Teórico .....</b>	<b>34</b>
2.2.1. Comportamiento estructural de edificaciones .....	34
2.2.2. Sistemas modernos de protección sísmica .....	43
2.2.3. Comportamiento dinámico de las estructuras .....	44
2.2.4. Funcionamiento de los amortiguadores viscosos .....	45
2.2.5. Comportamiento fuerza vs desplazamiento .....	46
2.2.6. Estudio de la influencia del diseño del disipador viscoso para mejorar la respuesta dinámica. ....	51
2.2.7. Recomendaciones de ubicación y disposición de amortiguadores viscosos en las edificaciones.....	61

2.2.8. Consideraciones de la norma E.030 “Diseño sismorresistente” .....	64
2.2.9. Análisis de los métodos de control de la respuesta dinámica .....	65
2.2.10. Comportamiento de los disipadores de energía de fluido viscoso .....	74
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>75</b>
<b>2.4. Hipótesis.....</b>	<b>79</b>
<b>2.5. Operacionalización de variables.....</b>	<b>80</b>
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>81</b>
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>81</b>
<b>3.2. Diseño de investigación.....</b>	<b>82</b>
<b>3.3. Métodos de investigación.....</b>	<b>82</b>
3.3.1. Método científico .....	82
3.3.2. Método inductivo – deductivo.....	82
<b>3.4. Población, muestra y muestreo.....</b>	<b>83</b>
3.4.1. Población .....	83
3.4.2. Muestra .....	84
3.4.3. Muestreo .....	85
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>86</b>
3.5.1. Técnicas de recolección .....	86
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	86
<b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....</b>	<b>86</b>
3.6.1. Proceso de obtención de los datos.....	86
3.6.2. Procesamiento de datos .....	124
3.6.3. Análisis de datos.....	126
<b>3.7. Aspectos éticos.....</b>	<b>127</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>128</b>
<b>4.1. Descripción de resultados.....</b>	<b>128</b>
4.1.1. Respuesta estructural de la edificación en estudio sin disipadores de fluido viscoso	128

4.1.2. Respuesta estructural de la edificación en estudio con disipadores de fluido viscoso	155
4.1.3. Enfoque metodológico para el análisis y diseño de disipadores de fluido viscoso	....285
<b>4.2. Contrastación de hipótesis</b>	<b>..... 286</b>
<b>4.3. Discusión de resultados</b>	<b>..... 287</b>
4.3.1. Discusión 01	..... 287
4.3.2. Discusión 02	..... 289
4.3.3. Discusión 03	..... 293
4.3.4. Discusión 04	..... 293
4.3.5. Discusión 05	..... 295
4.3.6. Discusión 06	..... 296
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>..... 298</b>
<b>5.1. Conclusiones</b>	<b>..... 298</b>
<b>5.2. Recomendaciones</b>	<b>..... 301</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS</b>	<b>..... 302</b>
<b>CÁPITULO VII. ANEXOS</b>	<b>..... 309</b>
Anexo A. Matriz de consistencia	.....309
Anexo B. Ubicación geográfica del estudio	.....310
Anexo C. Panel fotográfico	.....311
Anexo D. Análisis sísmico estático según NTP E.030	.....312
Anexo E. Análisis sísmico dinámico según NTP E.030	.....334
Anexo F. Análisis tiempo historia lineal	.....344
Anexo G. Análisis tiempo historia no lineal	.....383
Anexo H. Predimensionamiento de elementos estructurales	.....397
Anexo I. Fichas técnicas	.....403
Anexo J. Planos	.....408

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Factor de Uso según Categoría de Edificación .....	35
<b>Tabla 2</b> Factor de Reducción por Ductilidad.....	35
<b>Tabla 3</b> Categoría de la Edificación e Irregularidad.....	39
<b>Tabla 4</b> Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles.....	40
<b>Tabla 5</b> Sismo de Diseño.....	52
<b>Tabla 6</b> Nivel de Desempeño Objetivo para un Sismo de Diseño y un Tipo de Estructura....	53
<b>Tabla 7</b> Derivas Objetivo para cada Nivel de Desempeño en Edificaciones Aportricadas de Concreto Armado .....	53
<b>Tabla 8</b> Valores del Parámetro $\lambda$ .....	57
<b>Tabla 9</b> Coeficiente de Amortiguamiento B1D.....	57
<b>Tabla 10</b> Matriz de Operacionalización de Variables en Estudio .....	80
<b>Tabla 11</b> Pesos Unitarios de Materiales Usados en la Edificación Estudiada.....	91
<b>Tabla 12</b> Cargas Muertas Aplicadas por Metro Cuadrado en la Edificación Estudiada .....	91
<b>Tabla 13</b> Cargas Vivas Aplicadas Según la Ocupación de la Edificación .....	92
<b>Tabla 14</b> Propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo de Calicata 4 Correspondiente a la Av. Tacabamba según EMS de Referencia .....	99
<b>Tabla 15</b> Propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo de Calicata 5 Correspondiente al Jr. Camino Real según EMS de Referencia .....	99
<b>Tabla 16</b> Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el eje X-X .....	104
<b>Tabla 17</b> Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el eje Y-Y .....	104
<b>Tabla 18</b> Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso Débil en el eje X-X .....	106
<b>Tabla 19</b> Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso Débil en el eje Y-Y .....	107
<b>Tabla 20</b> Verificación de Irregularidad de Masa.....	108
<b>Tabla 21</b> Desplazamiento Máximo y Promedio en la Dirección X-X .....	110
<b>Tabla 22</b> Desplazamiento Máximo y Promedio en la Dirección Y-Y .....	110
<b>Tabla 23</b> Relación Daño - Deriva según Metodología HAZUS.....	112
<b>Tabla 24</b> Modos de Vibración y Masas Participativas .....	128
<b>Tabla 25</b> Resumen de Parámetros de Diseño Sismorresistente.....	129
<b>Tabla 26</b> Peso Sísmico por Piso en Toneladas .....	130
<b>Tabla 27</b> Periodos Fundamentales y Coeficientes de Amplificación Sísmica (C) en cada Dirección .....	130
<b>Tabla 28</b> Fuerza Cortante en la Base y en cada Piso en la Dirección X-X .....	131
<b>Tabla 29</b> Fuerza Cortante en la Base y en cada Piso en la Dirección Y-Y .....	131
<b>Tabla 30</b> Modos de Vibración de la Estructura.....	133
<b>Tabla 31</b> Verificación de las Cortantes Mínimas .....	135
<b>Tabla 32</b> Verificación de las Cortantes Mínimas con Factor de Escalamiento.....	136
<b>Tabla 33</b> Fuerza Cortante Dinámica en Ambas Direcciones de Análisis.....	137
<b>Tabla 34</b> Derivas Inelásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección X-X con R=8 .....	141
<b>Tabla 35</b> Derivas Inelásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección Y-Y con R=8 .....	142
<b>Tabla 36</b> Características de los Registros Históricos de Sismos .....	143

<b>Tabla 37</b> Derivas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección X-X con R=1 .....	150
<b>Tabla 38</b> Derivas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección Y-Y con R=1 .....	150
<b>Tabla 39</b> Análisis Tiempo Historia Lineal en la Dirección X-X.....	151
<b>Tabla 40</b> Análisis Tiempo Historia Lineal en la Dirección Y-Y.....	152
<b>Tabla 41</b> Similitud de Distorsiones al Espectro de Diseño, Dirección X-X .....	153
<b>Tabla 42</b> Similitud de Distorsiones al Espectro de Diseño, Dirección Y-Y .....	153
<b>Tabla 43</b> Medidas y Características del Perfil Tipo HSS 7.50 x 0.50.....	156
<b>Tabla 44</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal.....	157
<b>Tabla 45</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal.....	158
<b>Tabla 46</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente Lineal ( $\alpha = 1$ ) .....	159
<b>Tabla 47</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal.....	159
<b>Tabla 48</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal.....	160
<b>Tabla 49</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal .....	163
<b>Tabla 50</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal .....	164
<b>Tabla 51</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) para Configuración Diagonal .....	164
<b>Tabla 52</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluidos Viscosos No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal .....	165
<b>Tabla 53</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluidos viscosos No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal .....	166
<b>Tabla 54</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal .....	170
<b>Tabla 55</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal .....	171
<b>Tabla 56</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) para Configuración Diagonal .....	172
<b>Tabla 57</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el sentido X-X para Configuración Diagonal.....	172
<b>Tabla 58</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal .....	173
<b>Tabla 59</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal .....	177
<b>Tabla 60</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal .....	178
<b>Tabla 61</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) para Configuración Diagonal .....	179
<b>Tabla 62</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal .....	179

<b>Tabla 63</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal .....	180
<b>Tabla 64</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	185
<b>Tabla 65</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	185
<b>Tabla 66</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente Lineal ( $\alpha = 1$ ) para Chevron Brace Mejorado .....	186
<b>Tabla 67</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	187
<b>Tabla 68</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	187
<b>Tabla 69</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	190
<b>Tabla 70</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	191
<b>Tabla 71</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) para Chevron Brace Mejorado .....	192
<b>Tabla 72</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	192
<b>Tabla 73</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	193
<b>Tabla 74</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	198
<b>Tabla 75</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	199
<b>Tabla 76</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) para Chevron Brace Mejorado .....	200
<b>Tabla 77</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	200
<b>Tabla 78</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	201
<b>Tabla 79</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	206
<b>Tabla 80</b> Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	207
<b>Tabla 81</b> Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) para Chevron Brace Mejorado .....	208
<b>Tabla 82</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	208
<b>Tabla 83</b> Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	209
<b>Tabla 84</b> Derivas para el Modelo con Disposición Diagonal en la Dirección X-X .....	214
<b>Tabla 85</b> Derivas para el Modelo con Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y .....	215

<b>Tabla 86</b> Derivas para el Modelo con Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X-X.....	216
<b>Tabla 87</b> Derivas para el Modelo con Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y-Y.....	217
<b>Tabla 88</b> Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con $\alpha=0.25$ en la Dirección X-X ...	218
<b>Tabla 89</b> Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con $\alpha=0.25$ en la Dirección Y-Y ...	219
<b>Tabla 90</b> Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con $\alpha=0.50$ en la Dirección X-X ...	220
<b>Tabla 91</b> Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con $\alpha=0.50$ en la Dirección Y-Y ...	221
<b>Tabla 92</b> Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con $\alpha=0.75$ en la Dirección X-X ...	222
<b>Tabla 93</b> Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con $\alpha=0.75$ en la Dirección Y-Y ...	223
<b>Tabla 94</b> Desplazamientos de Entrepiso para Disposición Diagonal en la Dirección X-X ..	224
<b>Tabla 95</b> Desplazamientos de Entrepiso para Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y ..	225
<b>Tabla 96</b> Desplazamientos de Entrepiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X.....	226
<b>Tabla 97</b> Desplazamientos de Entrepiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y.....	227
<b>Tabla 98</b> Velocidad y Aceleración Máxima del C.M. en cada Piso sin Disipadores.....	231
<b>Tabla 99</b> Velocidad y Aceleración Máxima del C.M. en cada Piso con Disipadores en Diagonal.....	232
<b>Tabla 100</b> Porcentaje de Reducción de las Aceleraciones Máximas en los C.M en Diagonal.....	233
<b>Tabla 101</b> Porcentaje de Reducción de las Velocidades Máximas en los C.M en Diagonal	234
<b>Tabla 102</b> Velocidad y Aceleración Máxima del C.M. en cada Piso con Disipadores en Chevron Brace Mejorado.....	234
<b>Tabla 103</b> Porcentaje de Reducción de las Aceleraciones Máximas en los C.M en CBM...	235
<b>Tabla 104</b> Porcentaje de Reducción de las Velocidades Máximas en los C.M en Chevron Brace Mejorado.....	236
<b>Tabla 105</b> Fuerzas Axiales en Columnas del Primer Nivel.....	237
<b>Tabla 106</b> Fuerzas Cortantes en Columnas del Primer Nivel.....	238
<b>Tabla 107</b> Momentos Flectores en Columnas del Primer Nivel.....	239
<b>Tabla 108</b> Fuerzas Cortantes en Vigas de la Edificación.....	241
<b>Tabla 109</b> Momentos Flectores en Vigas de la Edificación.....	242
<b>Tabla 110</b> Fuerza Cortante de Entrepiso con la Incorporación de DFV.....	243
<b>Tabla 111</b> Especificaciones de Peso y Esfuerzo de cada Disipador.....	244
<b>Tabla 112</b> Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje 8-8 para el Sentido X-X.....	245
<b>Tabla 113</b> Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje 1-1 para el Sentido X-X.....	245
<b>Tabla 114</b> Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje A-A para el Sentido Y-Y.....	246
<b>Tabla 115</b> Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje E-E para el Sentido Y-Y.....	247
<b>Tabla 116</b> Número de Disipadores Respecto a su Esfuerzo Interno Máximo.....	248
<b>Tabla 117</b> Periodo y Masa Participativa del Sistema sin Disipadores.....	248
<b>Tabla 118</b> Periodo y Masa Participativa del Sistema con Disipadores.....	249
<b>Tabla 119</b> Deformaciones Máximas de los Disipadores en los Pórticos 1-1 y 8-8 en el Eje X-X.....	250

<b>Tabla 120</b> Deformaciones Máximas de los Disipadores en los Pórticos A-A y E-E en el Eje Y-Y .....	251
<b>Tabla 121</b> Dimensiones de la Placa Base para cada Modelo Seleccionado .....	255
<b>Tabla 122</b> Características y Propiedades del Disipador de Fluido Viscoso .....	255
<b>Tabla 123</b> Perfil Tubular Seleccionado para el Sistema de Arriostramiento Metálico .....	255
<b>Tabla 124</b> Detalle de Pernos y Tuercas de Alta Resistencia ASTM 325 .....	261
<b>Tabla 125</b> Dimensiones de Arandelas Estándares .....	263
<b>Tabla 126</b> Incremento de Selección de Longitud del Perno .....	264
<b>Tabla 127</b> Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje 8 con Sismo Máximo Esperado .....	270
<b>Tabla 128</b> Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje 1 con Sismo Máximo Esperado .....	271
<b>Tabla 129</b> Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje A con Sismo Máximo Esperado .....	271
<b>Tabla 130</b> Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje E con Sismo Máximo Esperado .....	272
<b>Tabla 131</b> Propiedades de la Viga de Acero W12x26 .....	283
<b>Tabla 132</b> Reducción de Distorsiones Máximas en el Presente Estudio, X-X .....	287
<b>Tabla 133</b> Reducción de Distorsiones Máximas según Antecedente Seleccionado, X-X ....	288
<b>Tabla 134</b> Reducción de Distorsiones Máximas en el Presente Estudio, Y-Y .....	288
<b>Tabla 135</b> Reducción de Distorsiones Máximas según Antecedente Seleccionado, Y-Y ....	289
<b>Tabla 136</b> Desplazamientos y Derivas Máximas en CBM según el Presente Estudio .....	294
<b>Tabla 137</b> Desplazamientos y Derivas Máximas con Disipadores Viscoelásticos según Antecedente Seleccionado .....	295
<b>Tabla 138</b> Comparación de Parámetros de Diseño de Investigación Propia vs Antecedente Seleccionado .....	296
<b>Tabla 139</b> Comparación de Resultados de Investigación Propia vs Antecedente Seleccionado .....	297

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> El Peligro Sísmico Global .....	21
<b>Figura 2</b> Cinturón de Fuego del Pacífico .....	22
<b>Figura 3</b> Fuerza de Inercia por Vibración de la Estructura .....	45
<b>Figura 4</b> Funcionamiento de los Amortiguadores de Fluido Viscoso.....	46
<b>Figura 5</b> Desempeño de un Pórtico Frente a Esfuerzos de Carga Sísmica .....	47
<b>Figura 6</b> Amortiguador de Energía en el Pórtico de Estudio .....	48
<b>Figura 7</b> Comportamiento del Disipador en el Momento que Alcanza su Elongación Máxima .....	48
<b>Figura 8</b> Representación del Comportamiento de un Pórtico Bajo Excitación Sísmica como un Péndulo Invertido .....	49
<b>Figura 9</b> Disminución de las Demandas de Resistencia Mediante el Aumento del Amortiguamiento .....	50
<b>Figura 10</b> Diagrama de Flujo del Procedimiento de Diseño de DFV .....	51
<b>Figura 11</b> Niveles de Desempeño de una Estructura con Sistema Convencional.....	54
<b>Figura 12</b> Fuerza por Velocidad vs Amortiguamiento.....	55
<b>Figura 13</b> Identificación del Brazo Metálico en un Amortiguador de Fluido Viscoso.....	58
<b>Figura 14</b> Diagrama de Función Tipo Pulso .....	59
<b>Figura 15</b> Diagrama de Vibración Libre con Amortiguamiento.....	60
<b>Figura 16</b> Solicitaciones en la Conexión Columna-Viga con un Disipador en Diagonal .....	62
<b>Figura 17</b> Solicitaciones en la Unión Columna-Viga con un Disipador en Chevron Brace Mejorado .....	63
<b>Figura 18</b> Solicitaciones en la Conexión Columna-Viga con un Disipador Chevron Brace ..	64
<b>Figura 19</b> Desplazamiento Según Relación de Períodos Oscilatorios del Edificio y del Sismo .....	66
<b>Figura 20</b> Efectos de los Sistemas de Disipación de Energía en las Gráficas Fuerza-Deformación.....	67
<b>Figura 21</b> Representación de un Sistema de Control Activo .....	68
<b>Figura 22</b> Representación de un Sistema de Control Semiactivo .....	70
<b>Figura 23</b> Representación de un Sistema de Control Pasivo.....	71
<b>Figura 24</b> Comparación de Comportamiento Estructural con Aislamiento Basal .....	72
<b>Figura 25</b> Comparación de Comportamiento Estructural con Disipadores de Energía .....	73
<b>Figura 26</b> Partes de un Disipador con Amortiguación Viscosa .....	74
<b>Figura 27</b> Ubicación del Sector N° 1 .....	83
<b>Figura 28</b> Ubicación de la Edificación en Análisis.....	84
<b>Figura 29</b> Edificio en Estudio (Hotel El Tigre).....	85
<b>Figura 30</b> Planta Idealizada del Mezzanine 1(Piso 1).....	93
<b>Figura 31</b> Planta Idealizada del Piso 2 .....	94
<b>Figura 32</b> Planta Idealizada del Piso 3 .....	94
<b>Figura 33</b> Planta Idealizada del Mezzanine 2(Piso 4).....	95
<b>Figura 34</b> Planta Típica Idealizada del Piso 5 hasta el Piso 13 .....	95
<b>Figura 35</b> Vista 3D del Modelamiento Estructural .....	96
<b>Figura 36</b> Distribución de Rigideces Laterales por cada Piso en la Dirección X-X.....	105

<b>Figura 37</b> Distribución de Rigideces Laterales por cada Piso en la Dirección Y-Y .....	106
<b>Figura 38</b> Ubicación de Disipadores en Configuración Diagonal, 2 Dispositivos por cada Dirección .....	115
<b>Figura 39</b> Ubicación de Disipadores en Configuración Chevron Brace Mejorado, 4 Dispositivos por cada Dirección .....	116
<b>Figura 40</b> Ubicación de Disipadores en el Eje 1 y 8 en la Dirección X-X (Configuración Diagonal).....	117
<b>Figura 41</b> Ubicación de Disipadores en el Eje A y E en la Dirección Y-Y (Configuración Diagonal).....	117
<b>Figura 42</b> Ubicación de Disipadores en el Eje 1 y 8 en la Dirección X-X (Configuración Chevron Brace Mejorado).....	118
<b>Figura 43</b> Ubicación de Disipadores en el Eje A y E en la Dirección Y-Y (Configuración Chevron Brace Mejorado).....	118
<b>Figura 44</b> Distribución de Fuerzas Cortantes por Piso en X-X.....	132
<b>Figura 45</b> Distribución de Fuerzas Cortantes por Piso en Y-Y.....	132
<b>Figura 46</b> Espectro Inelástico de Pseudo-aceleraciones en la Dirección X-X con R=8 .....	134
<b>Figura 47</b> Espectro Inelástico de Pseudo-aceleraciones en la Dirección Y-Y con R=8 .....	135
<b>Figura 48</b> Cortante Basal Dinámica Distribuida por cada Piso en la Dirección X-X.....	136
<b>Figura 49</b> Cortante Basal Dinámica Distribuidas por cada Piso en la Dirección Y-Y .....	137
<b>Figura 50</b> Cortante de Sismo en la Dirección X-X .....	138
<b>Figura 51</b> Cortante de Sismo en la Dirección Y-Y .....	138
<b>Figura 52</b> Desplazamientos Máximos Totales en la Dirección X-X.....	139
<b>Figura 53</b> Desplazamientos Máximos Totales en la Dirección Y-Y.....	140
<b>Figura 54</b> Derivas Elásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección X-X .....	140
<b>Figura 55</b> Derivas Elásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección Y-Y .....	141
<b>Figura 56</b> Espectro Objetivo con R=1 .....	144
<b>Figura 57</b> Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Chimbote 1970.....	144
<b>Figura 58</b> Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Ica 2007.....	145
<b>Figura 59</b> Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Lima - Callao 1966 .....	145
<b>Figura 60</b> Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Lima 1974 .....	146
<b>Figura 61</b> Sismo Amplificado de Chimbote 1970 en su Componente E-O .....	146
<b>Figura 62</b> Sismo Amplificado de Chimbote 1970 en su Componente N-S .....	147
<b>Figura 63</b> Sismo Amplificado de Ica 2007 en su Componente E-O .....	147
<b>Figura 64</b> Sismo Amplificado de Ica 2007 en su Componente N-S .....	147
<b>Figura 65</b> Sismo Amplificado de Lima - Callao 1966 en su Componente E-O.....	148
<b>Figura 66</b> Sismo Amplificado de Lima - Callao 1966 en su Componente N-S.....	148
<b>Figura 67</b> Sismo Amplificado de Lima 1974 en su Componente E-O .....	149
<b>Figura 68</b> Sismo Amplificado de Lima 1974 en su Componente N-S.....	149
<b>Figura 69</b> Distribución de Derivas del Análisis Tiempo Historia en X-X.....	154
<b>Figura 70</b> Distribución de Derivas del Análisis Tiempo Historia en Y-Y .....	155
<b>Figura 71</b> Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal.....	161
<b>Figura 72</b> Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal.....	162
<b>Figura 73</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal.	167
<b>Figura 74</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal.	168

<b>Figura 75</b> Comportamiento Histerético del Disipador K6 y K19 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.25$ Dirección X-X para Configuración Diagonal	169
<b>Figura 76</b> Comportamiento Histerético del Disipador K27 y K40 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.25$ Dirección Y-Y para Configuración Diagonal	169
<b>Figura 77</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal.	174
<b>Figura 78</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal.	175
<b>Figura 79</b> Comportamiento Histerético del Disipador K6 y K19 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.50$ Dirección X-X para Configuración Diagonal	176
<b>Figura 80</b> Comportamiento Histerético del Disipador K27 y K40 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.50$ Dirección Y-Y para Configuración Diagonal	176
<b>Figura 81</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal.	181
<b>Figura 82</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal.	182
<b>Figura 83</b> Comportamiento Histerético del Disipador K6 y K19 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.75$ Dirección X-X para Configuración Diagonal	183
<b>Figura 84</b> Comportamiento Histerético del Disipador K27 y K40 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.75$ Dirección Y-Y para Configuración Diagonal	183
<b>Figura 85</b> Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado....	189
<b>Figura 86</b> Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado....	189
<b>Figura 87</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado	194
<b>Figura 88</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado	195
<b>Figura 89</b> Comportamiento Histerético del Disipador K1 y K2 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.25$ Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado	196
<b>Figura 90</b> Comportamiento Histerético del Disipador K17 y K18 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.25$ Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado	196
<b>Figura 91</b> Comportamiento Histerético del Disipador K33 y K34 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.25$ Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado	197
<b>Figura 92</b> Comportamiento Histerético del Disipador K59 y K60 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.25$ Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado	197
<b>Figura 93</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado	202
<b>Figura 94</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado	203

<b>Figura 95</b> Comportamiento Histerético del Disipador K1 y K2 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.50$ Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado .....	204
<b>Figura 96</b> Comportamiento Histerético del Disipador K17 y K18 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.50$ Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado .....	204
<b>Figura 97</b> Comportamiento Histerético del Disipador K33 y K34 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.50$ Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	205
<b>Figura 98</b> Comportamiento Histerético del Disipador K59 y K60 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.50$ Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	205
<b>Figura 99</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado .....	210
<b>Figura 100</b> Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	211
<b>Figura 101</b> Comportamiento Histerético del Disipador K1 y K2 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.75$ Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado .....	212
<b>Figura 102</b> Comportamiento Histerético del Disipador K17 y K18 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.75$ Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado .....	212
<b>Figura 103</b> Comportamiento Histerético del Disipador K33 y K34 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.75$ Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	213
<b>Figura 104</b> Comportamiento Histerético del Disipador K59 y K60 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con $\alpha = 0.75$ Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado .....	213
<b>Figura 105</b> Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Diagonal en X-X.....	215
<b>Figura 106</b> Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Diagonal en Y-Y.....	216
<b>Figura 107</b> Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en X-X.....	217
<b>Figura 108</b> Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en Y-Y.....	218
<b>Figura 109</b> Desempeño Estructural para $\alpha=0.25$ en la Dirección X-X.....	219
<b>Figura 110</b> Desempeño Estructural para $\alpha=0.25$ en la Dirección Y-Y.....	220
<b>Figura 111</b> Desempeño Estructural para $\alpha=0.50$ en la Dirección X-X.....	221
<b>Figura 112</b> Desempeño Estructural para $\alpha=0.50$ en la Dirección Y-Y.....	222
<b>Figura 113</b> Desempeño Estructural para $\alpha=0.75$ en la Dirección X-X.....	223
<b>Figura 114</b> Desempeño Estructural para $\alpha=0.75$ en la Dirección Y-Y.....	224
<b>Figura 115</b> Desplazamientos para la Disposición Diagonal en la Dirección X-X.....	225
<b>Figura 116</b> Desplazamientos para la Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y.....	226
<b>Figura 117</b> Desplazamientos para la Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X-X.....	227

<b>Figura 118</b> Desplazamientos para la Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y-Y .....	228
<b>Figura 119</b> Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Diagonal en la Dirección X-X.....	229
<b>Figura 120</b> Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y .....	229
<b>Figura 121</b> Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X-X .....	230
<b>Figura 122</b> Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y-Y .....	230
<b>Figura 123</b> Comparación de las Aceleraciones Máximas en los C.M. en Diagonal.....	232
<b>Figura 124</b> Comparación de las Velocidades Máximas en los C.M. en Diagonal.....	233
<b>Figura 125</b> Comparación de las Aceleraciones Máximas en los C.M. en Chevron Brace Mejorado .....	235
<b>Figura 126</b> Comparación de las Velocidades Máximas en los C.M. en Chevron Brace Mejorado .....	236
<b>Figura 127</b> Reducción de Fuerzas Axiales en Columnas del Primer Nivel .....	238
<b>Figura 128</b> Reducción de Fuerzas Cortantes en Columnas del Primer Nivel.....	239
<b>Figura 129</b> Reducción de Momentos Flectores en Columnas del Primer Nivel.....	240
<b>Figura 130</b> Reducción de Fuerzas Cortantes en Vigas.....	241
<b>Figura 131</b> Reducción de Momentos Flectores en Vigas.....	242
<b>Figura 132</b> Reducción de Fuerzas Cortantes de Entrepiso.....	243
<b>Figura 133</b> Máximo Stroke .....	252
<b>Figura 134</b> Ubicación de Pórtico más Esforzado .....	252
<b>Figura 135</b> Detalles del Disipador, Dimensiones y Propiedades .....	254
<b>Figura 136</b> Dimensiones de la Placa Base del Disipador de 165 kips .....	260
<b>Figura 137</b> Detalle de Pernos y Tuercas de Alta Resistencia ASTM 325 .....	261
<b>Figura 138</b> Dimensiones del Perno para el Anclaje de la Placa Base.....	262
<b>Figura 139</b> Dimensiones de la Tuerca para el Anclaje de la Placa Base .....	262
<b>Figura 140</b> Detalles Paramétricos de la Arandela .....	263
<b>Figura 141</b> Detalles Paramétricos de la Arandela Utilizada en el Diseño .....	264
<b>Figura 142</b> Medidas del Grip y Longitud Total del Perno .....	265
<b>Figura 143</b> Esquema de Conexión de Disipador con Brazo Metálico .....	266
<b>Figura 144</b> Detalle de la Cartela con la Barra de Conexión para Disipador de 165 kips.....	266
<b>Figura 145</b> Medidas de Cartela para Dispositivo de 165 kips .....	267
<b>Figura 146</b> Medidas del Perno para Anclaje de la Barra de Conexión .....	267
<b>Figura 147</b> Medidas de la Tuerca para Anclaje de la Barra de Conexión.....	268
<b>Figura 148</b> Medidas de la Arandela de la Barra de Conexión .....	268
<b>Figura 149</b> Fuerzas que se Producen el Perno .....	268
<b>Figura 150</b> Descomposición de Esfuerzos Axiales de los Brazos Metálicos en Disposición Chevron Brace Mejorado .....	274
<b>Figura 151</b> Diagrama de Carga Distribuida y Puntual de la Viga de Acero.....	274
<b>Figura 152</b> Características del Perfil de Viga Metálica W12x26.....	276
<b>Figura 153</b> Diagrama de Curva de Resistencia Básica de W12x26.....	277

<b>Figura 154</b> Pandeo de Torsión Lateral de una Viga Simplemente Apoyada .....	278
<b>Figura 155</b> Capacidades del Momento Nominal en Influencia de $C_b$ .....	279
<b>Figura 156</b> Ubicación de Puntos para Cálculo de Momento en Viga de Acero .....	280
<b>Figura 157</b> Distribución de Momentos en la Viga de Acero Seleccionada .....	281
<b>Figura 158</b> Características Adicionales para el Diseño de la Viga Metálica .....	281
<b>Figura 159</b> Dimensiones de la Sección de la Viga W12x24 .....	283
<b>Figura 160</b> Esquema de Viga de Acero W12x26 – Diseño Final .....	284
<b>Figura 161</b> Diseño Final del Pórtico con Acoplamiento del Sistema de Disipación Viscosa .....	284
<b>Figura 162</b> Flujograma del Procedimiento Desarrollado .....	285
<b>Figura 163</b> Balance Energético con DFV en Diagonal según el Presente Estudio, X-X.....	290
<b>Figura 164</b> Balance Energético con DFV en Diagonal según el Presente Estudio, Y-Y .....	290
<b>Figura 165</b> Balance Energético con DFV en CBM según el Presente Estudio, X-X.....	291
<b>Figura 166</b> Balance Energético con DFV en CBM según el Presente Estudio, Y-Y.....	291
<b>Figura 167</b> Balance Energético con DFV en Chevron Brace según Antecedente Seleccionado .....	292
<b>Figura 168</b> Balance Energético con DFV en Diagonal según Antecedente Seleccionado ...	292
<b>Figura 169</b> Balance Energético con DFV en Chevron V Invertida según Antecedente Seleccionado.....	293

## RESUMEN

En la investigación se evaluó el desempeño dinámico de una estructura de 13 pisos, diseñada con sistema estructural aporticado. La metodología adoptada tuvo un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo, bajo un diseño no experimental de tipo causal-comparativo. La investigación se desarrolló sobre una muestra no probabilística, representada por una estructura idealizada de 13 pisos destinada a hotelería, con medidas en planta de 13.00 m x 7.80 m y una altura típica de 2.70 m que pasó por el análisis sísmico estático, dinámico modal espectral, tiempo-historia lineal y tiempo-historia no lineal. Se aplicaron procedimientos de análisis estructural al edificio con presencia y ausencia de disipadores viscosos, se propusieron dos configuraciones para la ubicación de los dispositivos, Diagonal y Chevron Brace Mejorado; para ambos casos, se consideraron análisis dinámico tiempo historia con exponentes de velocidad lineales ( $\alpha=1$ ) y no lineales ( $\alpha=0.25, 0.50, 0.75$ ). Los resultados indicaron que el mejor desempeño dinámico se obtuvo con la incorporación de disipadores en Configuración Chevron Brace Mejorado con un exponente de velocidad  $\alpha=0.25$ . En la dirección X-X, se logró un amortiguamiento viscoso del 29%, reduciendo las distorsiones angulares entre un 58.84% y 85.74%, y alcanzando una disipación de energía del 74.46%. Por otro lado, en el sentido Y-Y, el amortiguamiento viscoso fue del 40%, con una reducción de distorsiones entre un 74.18% y 85.40%, y una disipación de energía del 72.65%. La implementación de disipadores viscosos como refuerzo estructural evidenció mejoras notables en la respuesta dinámica, logrando distorsiones angulares menores a 0.005, en cumplimiento con la metodología HAZUS y la norma E.030. En conclusión, la adición de disipadores en la estructura optimiza su desempeño estructural, ya que reduce las derivas, desplazamientos, esfuerzos internos, cortantes de entrepiso y aceleraciones.

**Palabras clave:** Disipadores de fluido viscoso, coeficiente de amortiguamiento, exponente de velocidad, respuesta dinámica, disipación de energía, bucle histérico.

## ABSTRACT

This research evaluated the dynamic performance of a 13-story structure designed with a framed structural system. The methodology adopted was quantitative and descriptive in scope, using a non-experimental causal-comparative design. The research was developed on a non-probabilistic sample, represented by an idealized 13-story hotel structure, with floor plan dimensions of 13.00 m x 7.80 m and a typical height of 2.70 m. This structure underwent static seismic analysis, spectral modal dynamic analysis, linear time-history analysis, and nonlinear time-history analysis. Structural analysis procedures were applied to the building with and without viscous dampers. Two configurations were proposed for the placement of the devices: Diagonal and Enhanced Chevron Brace. In both cases, dynamic time-history analysis was considered with linear ( $\alpha=1$ ) and nonlinear ( $\alpha=0.25, 0.50, 0.75$ ) velocity exponents. The results indicated that the best dynamic performance was obtained with the incorporation of dissipators in Improved Chevron Brace Configuration with a velocity exponent  $\alpha=0.25$ . In the X-X direction, a viscous damping of 29% was achieved, reducing angular distortions between 58.84% and 85.74%, and reaching an energy dissipation of 74.46%. On the other hand, in the Y-Y direction, the viscous damping was 40%, with a reduction in distortions between 74.18% and 85.40%, and an energy dissipation of 72.65%. The implementation of viscous dampers as structural reinforcement showed notable improvements in the dynamic response, achieving angular distortions less than 0.005, in compliance with the HAZUS methodology and the E.030 standard. In conclusion, the addition of dampers in the structure optimizes its structural performance, since it reduces drifts, displacements, internal forces, story shears and accelerations.

**Keywords:** Viscous fluid dampers, damping coefficient, velocity exponent, dynamic response, energy dissipation, hysteretic loop

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Los terremotos son eventos naturales que pueden causar destrucción, dañando y perjudicando construcciones, y alterando el paisaje natural. En México, la interacción de placas tectónicas o litosféricas genera eventos telúricos de gran escala provocando numerosos peligros en ciudades. Debido a esto, se están desarrollando planes de mitigación que ayudan a preparar a la sociedad y responder adecuadamente a los efectos de estos fenómenos naturales (Ávila, 2021).

Por lo que, Razo y García (2020) sugieren que es necesario revisar la seguridad de las viviendas como una práctica fundamental para evitar pérdidas tanto humanas como económicas.

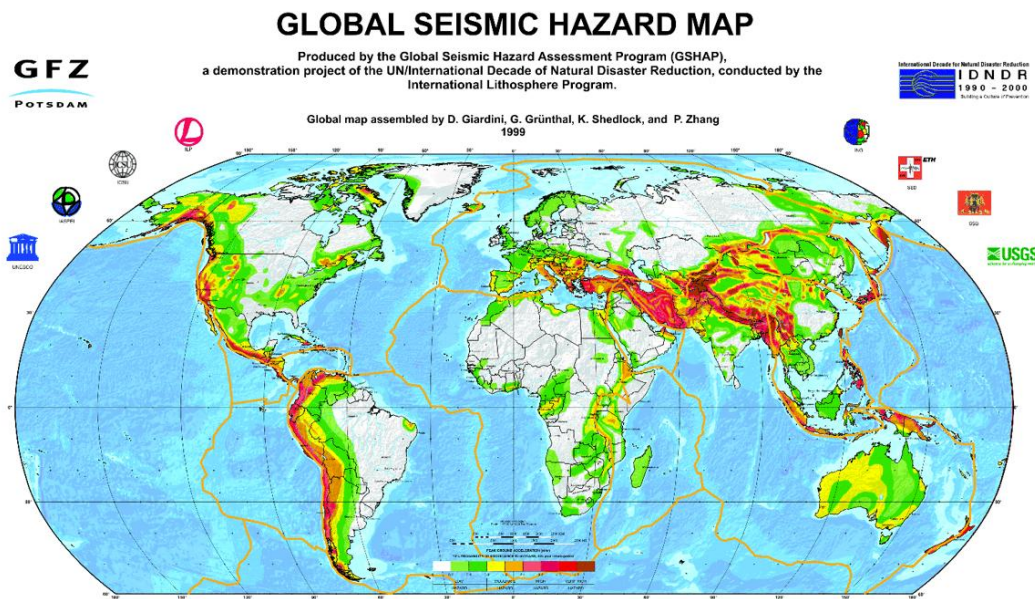
Por otro lado, las construcciones altas son vulnerables a los efectos del viento, lo que puede causar vibraciones y malestares en los residentes. Por ello, existen diversos criterios y estándares diseñados para beneficiar a los ocupantes. El uso de disipadores es una innovación eficaz para disminuir las aceleraciones máximas y mejorar el comportamiento del edificio (Rueda e Inaudi, 2022).

En ese sentido, en las zonas de alto peligro sísmico, algunas construcciones requieren de refuerzo estructural para mejorar su desempeño, por lo que, una solución es la integración de sistemas de amortiguamiento (Bay y Palazzo, 2020).

Los peligros en diversas ciudades de América Latina se deben a que el 60% de personas habitan en zonas de informalidad. Estos asentamientos son inseguros, carecen de servicios adecuados, están aislados y predominan las viviendas precarias (Crisafulli et al., 2020).

## Figura 1

### *El Peligro Sísmico Global*

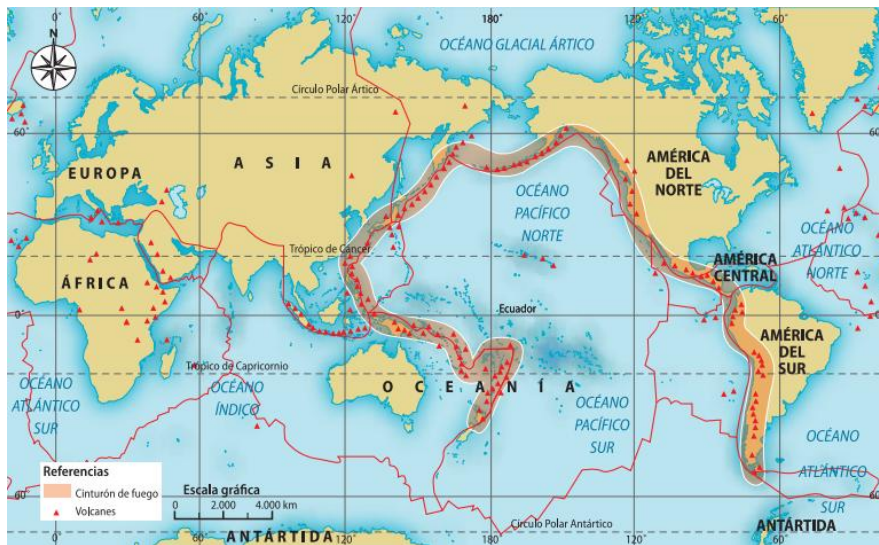


*Nota.* La figura muestra las zonas con elevada actividad sísmica mundialmente. Fuente: Crisafulli et al. (2020).

En Perú, según Guzmán y Quijano (2021), el procedimiento de subducción entre la placa Nazca, moviéndose en la base de la placa sudamericana, se desarrolla de manera continua, influyendo en la geodinámica y geomorfología del país, esta se caracteriza, por ser una zona de subducción, por ello, los ingenieros estructurales son encargados de diseñar las construcciones con una combinación de resistencia, ductilidad y rigidez obedeciendo el cumplimiento de normativas vigentes; sin embargo, es inherente pensar que las construcciones convencionales permanecerán en un rango elástico inmediatamente después de ocurrir un evento telúrico de alta intensidad. Durante los últimos años se ha dado prioridad y énfasis a nuevas tecnologías de reforzamiento estructural para minimizar el nivel de daños sísmicos que pueden ocurrir en Perú, especialmente en la zona costera, motivo que presenta una mayor intensidad sísmica.

**Figura 2**

*Cinturón de Fuego del Pacífico*



*Nota.* En las zonas señaladas, los movimientos sísmicos son más frecuentes. Fuente: Jerez (2022).

En tal sentido, la aplicación de tres componentes: suelo, cimentación y estructura debilita la resistencia de un edificio durante los terremotos (Araca et al., 2020).

En Lima, se evidencia la fragilidad en el empleo de procedimientos de construcción, la cual no cumplen las normas reglamentarias, lo que implicaría consecuencias desastrosas en caso de un sismo (Acuña, 2023).

Así mismo, los eventos sísmicos de gran intensidad que ocurren, generan pérdidas humanas y económicas, daños materiales, por eso, se debe analizar la importancia de esfuerzos que aplican un análisis estructural, según las cualidades (Ancco y Chaparro, 2020).

La primera estructura que hizo uso de una metodología de amortiguación pasiva se ubica en la torre de tráfico aéreo del Aeropuerto Jorge Chávez en 2006; otra estructura equipada con este sistema es el Centro Comercial El Reducto, ambas equipadas con equipos de amortiguación Taylor (Del Carpio y Tanta, 2023).

En ese sentido, Perú, es un país con elevada sismicidad desde hace muchos años hasta la actualidad, por lo que es prioridad realizar un análisis de infraestructuras existentes e

intervenir si es que esta requiere mejoras en el desempeño sismorresistente, con el uso de dispositivos aptos (Cuyán y Muñoz, 2022).

Desde esta perspectiva, las normas peruanas e internacionales establecen disposiciones que norman el diseño de estructuras sismorresistente, considerando la magnitud de los sismos de diseño y el periodo de servicio de una construcción. En general, se ha calculado que la vida útil es de cinco décadas para la gran parte de las construcciones. Sin embargo, a lo largo de la historia, las ciudades han estado marcadas por devastadoras experiencias de destrucción debido a terremotos, y la preocupación por mitigar estos desastres han sido frecuentes. Como resultado, se han explorado diversas tecnologías, como los amortiguadores viscosos, que sirven para reforzar estructuralmente las edificaciones. Estos dispositivos ayudan a que las estructuras puedan prestar los servicios para los cuales fueron construidas de manera segura y confiable, y continúen operativas inmediatamente después de un terremoto (Genatios y Lafuente, 2016).

En contexto, los amortiguadores viscosos muestran una solución innovadora para optimizar la resistencia de las estructuras construidas con un sistema de pórticos. Estos dispositivos cumplen un papel significativo al disipar y absorber energía durante un evento sísmico bajo la deformación viscosa del líquido contenido en el interior. La integración de estos dispositivos en los edificios puede reducir significativamente la carga sísmica transferida al pórtico estructural, reducir el daño y optimizar la resistencia del edificio (Cornejo, 2020).

En Chota, la construcción de edificios de gran altura ha generado un intenso impacto en el crecimiento poblacional, si bien es cierto estas construcciones impulsan el desarrollo urbano y la modernización de la infraestructura local, también plantean serias preocupaciones relacionadas con el comportamiento estructural de estas edificaciones ante eventos sísmicos. Según el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Chota 2017-2027, el sector N° 1 abarca una extensión territorial de 92.47 hectáreas y cuenta con edificaciones aporricadas con alturas que varían entre 1 y 13 pisos; la investigación se centrará en aquellas edificaciones que superan

los 6 pisos, ya que son las más susceptibles de causar daños significativos durante un sismo. La muestra del estudio fue seleccionada utilizando un método no probabilístico, debido que la unidad de análisis no depende de la probabilidad estadística, sino de la decisión del investigador. En este contexto, la investigación se aplicará a una estructura de 13 pisos incorporando disipadores viscosos, esta edificación está destinada al servicio de hospedaje (hotel) y utiliza un sistema constructivo aporticado; debido a su altura que posee lo convierte en una estructura vulnerable ante eventos sísmicos. Según investigaciones se plantea que para analizar los amortiguadores de fluido viscoso es recomendable aplicarlos en edificios grandes que presentan periodos largos y simularlo bajo la metodología de un software computacional, en este caso Etabs.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la Influencia de los disipadores de fluido viscoso en la respuesta dinámica de edificaciones aporticadas en el sector N° 1 – Chota?

## **1.3. Justificación**

La ciudad de chota, según la Norma E.030 “DISEÑO SISMORESISTENTE” del Reglamento Nacional de Edificaciones se ubica en la zona sísmica 2 (Sismicidad Media), según datos históricos Chota ha experimentado 57 terremotos de magnitud hasta 5.7 dentro de un radio de hasta 100 km; 5 de estos alcanzaron magnitudes de 5 o más, 23 se situaron entre 4 y 5 y, 25 tuvieron magnitudes que varían entre 3 y 4. Cabe mencionar que el sismo más fuerte desde 1970 se produjo el 19 de mayo de 1979 con una magnitud de 5.7 en la escala de Richter. En ese sentido, Chota no se encuentra libre de que se produzca un nuevo terremoto, es por ello que se plantea una alternativa de reforzamiento estructural como es la adición de amortiguadores viscosos a las edificaciones, especialmente a las que superan los 6 pisos, teniendo como unidad de análisis un edificio de 13 niveles y observar su desempeño estructural ante sollicitaciones sísmicas.

La investigación analiza la resistencia dinámica considerando un proceso constructivo de pórticos donde se presentará la configuración establecida en los planos de planta y elevaciones. Para lograrlo, se plantea la incorporación de dispositivos de amortiguamiento.

Se propone estudiar el comportamiento de una estructura de 13 pisos adicionando dispositivos de tipo viscoso y verificar la eficacia de estos en el desempeño del edificio frente a los efectos sísmicos, que abarca un rango bastante amplio de frecuencias. Realizando un modelado y análisis estructural en un software computacional (Etabs), se busca demostrar la efectividad de incorporar Amortiguadores Viscosos en el desempeño del edificio estudiado, los beneficios que nos muestran estos en tanto a lo económico y estructural, y elaborar con los resultados obtenidos del edificio estudiado un cuadro

comparativo e identificar las ventajas y desventajas que presentan los dispositivos en las edificaciones.

Al adicionar un sistema de amortiguamiento al edificio en estudio facilita reducir daños estructurales en la edificación, traduciéndose en menores gastos de reparación después de haber ocurrido el terremoto. En tal sentido, estos dispositivos ayudan a la edificación a presentar una mayor vida útil, de esta manera, la inversión inicial en estos dispositivos se compensa con menores gastos de mantenimiento a largo plazo.

Este trabajo de investigación contribuirá al conocimiento local sobre sistemas de disipación sísmica y proporcionará datos relevantes para las consideraciones de diseño y construcción de edificios seguros y económicamente viables en la ciudad de Chota.

Así mismo, el estudio será empleado como base para investigaciones futuras sobre el reforzamiento estructural de edificaciones esenciales, donde existan condiciones semejantes y se pueda mejorar su desempeño sísmico.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Determinar la influencia de los Disipadores de Fluido Viscoso en la respuesta dinámica de edificaciones aporticadas en el sector 1 de la ciudad de Chota.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Analizar el comportamiento estructural del edificio aporticado evaluado, con los Amortiguadores de Fluido Viscoso mediante un modelado estructural en el software Etabs.
- Desarrollar un enfoque metodológico apropiado para llevar a cabo el análisis y diseño de disipadores de fluido viscoso.
- Estimar de qué manera las distintas configuraciones de los disipadores modifican el grado de control de la respuesta dinámica.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Ordoñez et al. (2023) en su trabajo de investigación, analizaron un diseño estructural tradicional en comparación con un edificio con amortiguadores viscosos. La finalidad fue aplicada, diseño no experimental. Los datos obtenidos demostraron que, en el análisis tiempo-historia del modelo no convencional, la edificación presentó reducciones de derivas de 28,61 y 27,11%, además de reducir un 21,21% de las aceleraciones del piso y un 64,63% de la de un sismo entrante, lo que conduce a un mejor comportamiento estructural y una mayor seguridad durante los terremotos. Concluyeron que, las estructuras diseñadas con disipadores son una opción que se le debe considerar, ya que sus beneficios trascienden la salud estructural y seguridad humana, por lo que las estructuras importantes deben tener un rendimiento estructural que es difícil de lograr con diseños convencionales, reduciendo gastos de reparación.

Rupay et al. (2023) en su estudio, realizaron un análisis estructural de una vivienda de 4 niveles. La finalidad fue aplicada, con objetivos descriptivos y diseño no experimental. Definieron el porcentaje de cortante en la base (CB) para columnas y muros de corte (MC). Los resultados mostraron que la CB fue de 77.6354 tn y 88.4622 tn para las direcciones "X" y "Y", respectivamente. El porcentaje absorbido por los MC fue del 82.50% de la CB en dirección "X", considerando un sistema constructivo de muros de corte, y el 94.01% de la CB en dirección "Y", donde también se consideraron muros estructurales. Se concluyó que la evaluación estructural permitió comprender el desempeño estructural de la vivienda.

Claros y Fernández (2022) en su investigación, realizaron el estudio y diseño de estructuras con la adición de amortiguadores de energía. La metodología empleada comenzó con el análisis dinámico lineal utilizando un espectro inelástico. Se evidenció que los dispositivos viscosos de tipo Chevron Brace absorbieron el 62% de la energía sísmica entrante, el 74% en diagonal, y por último, los Chevron V invertida absorbieron el 76% del sismo. La disminución de la masa participativa en torsión para el primer modo fue del 50%. Asimismo, se observó una reducción promedio del 30% en la demanda de fuerzas de corte y momentos de flexión en las columnas.

Según Rosero (2020) en su investigación, analizó el efecto de amortiguadores viscosos, viscoelásticos y de fricción en estructuras de concreto armado de 10, 15 y 20 pisos, bajo un análisis tiempo-historia. Como resultado, se determinó que, en el modelo de 10 niveles, los disipadores viscosos presentaron el mejor comportamiento, logrando reducir los desplazamientos en las direcciones X e Y en un 24% y 36%, respectivamente, y las derivas en un 18% y 40%, además de disipar el 43% del sismo. En la edificación de 15 pisos, los disipadores viscoelásticos fueron los más eficientes, disminuyendo los desplazamientos en X e Y en un 54% y 35%, respectivamente, y las derivas en un 51% y 36%, además de disipar el 61% del sismo. Para el modelo de 20 pisos, también los disipadores viscoelásticos mostraron el mejor desempeño, reduciendo los desplazamientos en X e Y en un 49.70% y 20.30%, respectivamente, las derivas en un 50.10% y 24.20%, y disipando el 50% de la energía sísmica. En conclusión, el uso de amortiguadores mejoró notablemente el desempeño estructural de las edificaciones analizadas, reduciendo los desplazamientos, las derivas y la demanda de energía sísmica sobre la estructura.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Quispe (2023) en su investigación, comparó la respuesta ante sismos de las edificaciones que se construyen o que se encuentran construidas en el Perú. Fue una investigación aplicada, se empleó el modelo con y sin amortiguadores sísmicos con el software ETABS V19.0.0, realizándose un análisis dinámico tiempo-historia empleando datos de tres eventos de gran magnitud que han ocurrido en Lima. Los resultados demostraron que, según el modelo inicial sin dispositivos las derivas presentaron una disminución de 44.55% y 23.25% respectivamente, los desplazamientos de centro de masa lograron una disminución de 43.75% y 17.57% respectivamente, la fuerza cortante basal logró una disminución de 40.45% y un incremento de 31.36% respectivamente. Concluyó que los parámetros de respuesta sísmica con amortiguadores viscosos mejoraron la respuesta del edificio inicial, aunque el uso de disipadores metálicos SLB lograron un buen resultado y corrigieron la resistencia del edificio.

Cuyán y Muñoz (2022) en su investigación, utilizaron dispositivos viscosos para aumentar el comportamiento estructural de la estructura y evaluar su idoneidad para uso estructural. Fue un estudio aplicado y evaluativo. Los resultados mostraron que al adicionar un disipador de fluido viscoso superior al 15%, se disipa más del 85% de la energía, disminuyendo los desplazamientos horizontales y las cargas en columnas y muros entre un 50% y un 80%. Se concluye que los elementos estructurales requerirían menor cantidad de acero, lo cual es una ventaja adicional debido a su fácil implementación en comparación con los sistemas convencionales de refuerzo, haciendo a los amortiguadores sísmicos adecuados para su uso como refuerzo estructural.

Perez (2022) en su investigación determinaron el desempeño de una vivienda en un estado no lineal, incluyendo fluido viscoso. Emplearon una metodología aplicada,

considerando los parámetros de la normatividad. Los resultados demostraron que, la respuesta dinámica post-sismo del edificio en el eje “X” fue de funcionalidad, pero en “Y”, el rango fue de pre-colapso. Concluyó que, la adición de dispositivos viscosos ayuda a lograr un buen nivel de desempeño.

Saldaña y Scaletti (2022) estudiaron la eficiencia de disipadores viscosos e históricos, para el mejoramiento del desempeño de los edificios frente a sismos. Se trata de una investigación aplicada. Los resultados mostraron que, existe una limitación en cuanto reducciones que puedan conseguir empleando amortiguadores de energía, siendo estas máximas en el rango de 50% y 70% aproximadamente. concluyó que, los modelos simplificados logran realizar una estimación rápida y aceptable de niveles de reducción de desempeño sísmico en edificios que incluyen disipadores sísmicos.

Angulo y Escobedo (2020) realizaron una evaluación sísmica con la instalación de aisladores y disipadores en una estructura. Se trató de una investigación aplicada. Los resultados demostraron que, existe una disminución de desplazamientos laterales en el edificio con un 78.04% en disipadores de energía y un 53.29% con aisladores. Concluyeron que, la aplicación de dichos aisladores contribuye satisfactoriamente con el desempeño estructural del edificio.

Cuyán (2020) en su investigación explica que, en el pasado diversas zonas de Perú se encontraban en un proceso de silencio sísmico, por lo que fue importante evaluar, diagnosticar y/o reforzar las estructuras. El propósito del estudio fue analizar como los amortiguadores viscosos afectan el reforzamiento del edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán. Para ello, se evaluó el comportamiento estructural y sísmico de la edificación existente con base en las normas E030, E060 y E070. Posteriormente, se adicionaron estos dispositivos para evaluar su eficiencia siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma ASCE/SEI 7-10. Los resultados demostraron

la efectividad de los disipadores debido al amortiguamiento viscoso adicionado, que alcanzó aproximadamente un 20%, logrando eliminar más del 80% de la energía sísmica. Como consecuencia, se redujeron los desplazamientos laterales entre un 52.85% y un 81.49%, así como los esfuerzos internos, en términos de momentos y cortantes en columnas, entre un 58.25% y un 82.37%, lo que disminuyó las cantidades de acero necesarias. Además, su instalación resultó ser relativamente rápida, confirmando que estos fueron adecuados para el reforzamiento estructural.

### ***2.1.3. Antecedentes regionales***

Carrasco y Ramos (2023) analizaron la incorporación de aisladores de base como verificación del desempeño con el empleo de métodos analíticos para una edificación. Fue una investigación con finalidad aplicada, objetivos descriptivos y diseño no experimental. Los resultados demostraron que, los aisladores permitieron tener un aumento en la derivada estática en su análisis modal espectral del eje “X” del piso 5 en 67%, en el 4to piso redujo en 59%, el piso 4 se redujo en un 99.8%, el piso 2 redujo un 59% y en el piso 1 redujo un 52%, el modal 1 presentó un periodo de retorno de 0.454, en el 2, un periodo de 0.433 y en el 3, de 0.411. Concluyeron que, el uso de estos aisladores optimiza un buen comportamiento sísmico.

Rosales (2023) en su estudio analizaron dos propuestas de refuerzo para concreto armado. La metodología fue aplicada, no experimental. Los resultados demostraron que, en el módulo B, logró periodos fundamentales hasta 0.038 seg, desplazamientos horizontales en el nivel final hasta 1.32 cm y distorsiones límites hasta 6.11% a diferencia de la propuesta con encamisado de concreto para columnas y vigas. Se concluyó que, la propuesta de incluir de MC presentó una buena respuesta sísmica que sea más favorable en el pabellón B.

Cabrera (2022) en su tesis explica que, el edificio de la Escuela Profesional de Enfermería – UNACH era una estructura antigua, construida y diseñada con normas anteriores a 2018, las cuales no presentaban la misma exigencia actual en cuanto al diseño sismorresistente, por lo que no se garantiza su resistencia frente a un evento sísmico. La investigación tuvo como propósito analizar la respuesta dinámica del edificio de enfermería de la UNACH, tanto sin y con amortiguadores viscosos, bajo la norma E.030 y normas internacionales. La muestra poblacional estuvo conformada por ambos módulos del edificio, los cuales fueron sometidos a estudios estáticos, dinámicos, no lineales Pushover y dinámicos tiempo-historia, con el propósito de justificar la implementación de disipadores Taylor. Según el análisis Pushover, la edificación colapsaría ante un sismo máximo. Asimismo, las distorsiones obtenidas en el análisis tiempo-historia superaron el límite del estado de daño de 0.0056 establecido por HAZUS. Se propuso la instalación de cuatro disipadores Taylor en los ejes X e Y de los módulos 1 y 2, con una configuración diagonal, logrando un amortiguamiento efectivo del 69% y 13% en el módulo 1 en las direcciones X e Y, respectivamente, y del 41% y 35% en el módulo 2 en los mismos ejes. La estructura reforzada con amortiguadores viscosos presentó derivas inferiores a 0.0056, cumpliendo con los lineamientos del SEAOC (1995) y la norma E.030 (MVCS, 2018), además de disipar la energía en un 80%. En conclusión, la utilización de amortiguadores en la edificación mejoró su desempeño estructural, redujo los desplazamientos y las distorsiones angulares, y aumentó su rigidez estructural.

Vargas (2024) en su tesis plantea como objetivo principal analizar el efecto de los disipadores viscosos en el desempeño estructural de un edificio de 8 pisos ubicada en Cajamarca, de acuerdo con la normativa peruana y normas internacionales. La investigación tomó como muestra una construcción destinada a hotel de "categoría C".

Para su estudio, inicialmente se llevó a cabo un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), que clasificó el terreno como tipo S2, es decir, "suelos intermedios". Mediante el análisis sísmico estático y dinámico, los resultados mostraron que los desplazamientos y distorsiones angulares máximas en las direcciones X e Y se encontraban dentro de los límites establecidos por la norma peruana. Sin embargo, el análisis dinámico no lineal tiempo-historia presentó que las distorsiones angulares máximas superaron el límite permitido de 0.007. La instalación de amortiguadores viscosos permitió alcanzar la deriva objetivo de 0.0042, correspondiente al nivel de desempeño funcional según Hazus, con reducciones máximas del 55% en la dirección X y del 65% en la dirección Y. Esto se debió a los parámetros inherentes, el número y la configuración de los amortiguadores. Así mismo, el sistema logró eliminar el 70.56% de la energía sísmica, dejando a la estructura con una demanda del 29.44%. En conclusión, el sistema de disipación incorporado influyó de manera significativa en la respuesta dinámica, reduciendo los desplazamientos, las distorsiones y la energía absorbida por el edificio.

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. Comportamiento estructural de edificaciones

Según Ottazzi (2013, p. 101), el comportamiento estructural se entiende como la reacción en términos de deformaciones y solicitaciones internas que presentan los diversos elementos de una construcción frente a un conjunto de esfuerzos. En este sentido, la aplicación de las normas E.020, E.030 y E.060 es esencial para llevar a cabo una adecuada evaluación del desempeño estructural de las edificaciones.

**2.2.1.1. Concepción Estructural Sismorresistente.** Según la Norma E.030 (2018), toda construcción debe diseñarse considerando aspectos fundamentales como la simetría, la reducción del peso, la correcta selección de los materiales de construcción, la continuidad estructural en altura y planta, así como niveles adecuados de resistencia, rigidez y ductilidad.

**2.2.1.2. Modelo para el análisis.** Según la Norma E.030 (2018), el modelo de análisis estructural debe reflejar de forma precisa la distribución de masas y rigideces que represente de manera correcta los aspectos más relevantes del comportamiento estructural.

**2.2.1.3. Cargas.** Según la Norma E.020 (2006), las estructuras deben estar diseñadas para resistir adecuadamente las cargas que se les aplican, tales como la carga muerta y la carga viva, en función del uso previsto de la edificación. Estas solicitaciones deben ser consideradas de manera conjunta con lo dispuesto en las normas E.030 y E.060.

- **Carga Muerta (CM):** Hace referencia al peso de los materiales, equipos de servicio, dispositivos, tabiques y demás componentes que la estructura sostiene, incluyendo su propio peso. Esta carga puede ser permanente o experimentar variaciones en su magnitud y a lo largo del tiempo.
- **Carga Viva (CV):** Incluye el peso de las personas, materiales, equipos, mobiliario

y otros componentes móviles que la estructura debe resistir durante su uso normal.

**2.2.1.4. Caracterización de la edificación.** Según la Norma E.030 (2018), el factor de uso está determinado por las características de la estructura.

a) **Factor de Uso (U).** Se subdivide de acuerdo al uso, la categoría o la importancia de cada estructura, influyendo en el diseño y la seguridad estructural de la misma.

**Tabla 1**

*Factor de Uso según Categoría de Edificación*

Categoría de edificación	U
“A” Esencial	1.5
“B” Importante	1.3
“C” Común	1.0
“D” Temporal	A criterio del proyectista

*Nota.* Adaptado de (Norma E030 ,2018)

b) **Coefficiente básico de Reducción “R0”:** Según la Norma E.030 (2018), este coeficiente está relacionado con el material y el sistema estructural utilizado en los sentidos de análisis, influyendo en la capacidad de eliminación de energía y el comportamiento sísmico de la estructura.

**Tabla 2**

*Factor de Reducción por Ductilidad*

Sistema Estructural	R <sub>0</sub>
Concreto armado	
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4

*Nota.* Adaptado de Norma E030 (2018)

- c) **Regularidad estructural:** Conforme a la Norma E.030 (2018), una estructura puede ser irregular o regular, y puede presentar diversas irregularidades en altura ( $I_a$ ) y en planta ( $I_p$ ). Para cada dirección de análisis, debe considerarse el valor más bajo de estos coeficientes debido a que influye en la respuesta sísmica.
- d) **Irregularidades Estructurales En Altura:** Respecto a la Norma E.030 (2018), las irregularidades pueden clasificarse en función de la rigidez y la resistencia de los entrepisos:
- **Irregularidad de Rigidez – Piso Blando:** Sucede cuando, en algunos de los sentidos de análisis, la deriva de un piso excede 1.4 veces la de su piso superior, o cuando supera 1.25 veces el promedio de las derivas de los tres pisos superiores adyacentes.
  - **Irregularidad de Resistencia – Piso Débil:** Sucede cuando, en algunos de los sentidos de análisis, la capacidad de un piso para resistir esfuerzos al corte es menor al 80% de la resistencia del piso superior.

Según la Norma E.030 (2018), las irregularidades extremas en una edificación pueden clasificarse en función de la rigidez y la resistencia de los entrepisos:

- **Irregularidad Extrema de Rigidez:** Esta condición se produce cuando, en algunos de los sentidos de análisis, la deriva de un piso supera 1.6 veces la del piso inmediatamente superior, o cuando excede 1.4 veces el promedio de las derivas de los tres pisos superiores contiguos.
- **Irregularidad Extrema de Resistencia:** Sucede cuando, en algunos de los sentidos de análisis, la capacidad de un piso para resistir fuerzas al corte es menor al 65% de la resistencia del piso superior.

Según la Norma E.030 (2018), las irregularidades geométricas y estructurales se definen de la siguiente manera:

- **Irregularidad Geométrica Vertical:** Se considera que una estructura presenta una configuración irregular cuando, en algunos de los sentidos de análisis, la medida en planta del sistema resistente a esfuerzos laterales excede en más de 1.3 veces la medida correspondiente de un piso adyacente. Este criterio no es aplicable a niveles de azotea ni a sótanos.
  - **Discontinuidad en los Sistemas Resistentes:** Se considera irregular cuando algún componente que soporte más del 10% del esfuerzo cortante presenta un desalineamiento vertical, ya sea por una variación en su orientación o por un desplazamiento de su eje que supere el 25% de la dimensión correspondiente del elemento.
- e) **Irregularidades Estructurales En Planta:** Conforme la Norma E.030 (2018), se identifica una irregularidad de torsión cuando, en alguno de los sentidos de análisis, el desplazamiento relativo máximo de piso en uno de los extremos del edificio, considerando la excentricidad accidental ( $\Delta_{\text{máx.}}$ ), supera en más del 20% al desplazamiento relativo correspondiente al centro de masas de ese mismo piso bajo una misma condición de carga. Es aplicable solamente en edificaciones que cuenten con diafragmas rígidos y siempre que dicho desplazamiento relativo máximo exceda el 50% del límite permitido.

Conforme la Norma E.030 (2018), se define una irregularidad de torsión extrema cuando, en alguna de las direcciones evaluadas, el desplazamiento relativo máximo de piso en uno de los extremos del edificio, incluyendo la excentricidad accidental ( $\Delta_{\text{máx.}}$ ), excede en 1.5 veces el desplazamiento relativo

correspondiente al centro de masas del mismo nivel bajo una condición de carga similar ( $\Delta_{aex}$ ).

Se aplica únicamente en estructuras que presentan diafragmas rígidos y cuando dicho desplazamiento relativo supera el 50% del valor máximo permitido.

Según la Norma E.030 (2018), se considera discontinuidad del diafragma cuando:

- Se considera que un diafragma presenta discontinuidad cuando existen cambios bruscos o reducciones significativas en su rigidez, como ocurre en los casos donde las aberturas exceden el 50% del área bruta del mismo.
- También se clasifica como irregularidad estructural si, en cualquier nivel y en alguna de las direcciones de análisis, existe una sección transversal del diafragma cuya área neta resistente sea inferior al 25% del área total correspondiente a la sección transversal determinada según las dimensiones completas en planta.

**Tabla 3***Categoría de la Edificación e Irregularidad*

Categoría y Regularidad de las edificaciones		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4,3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

*Nota.* Adaptado de (Norma E030 ,2018)

**2.2.1.5. Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía.**

Según la Norma E.030 (2018), autoriza el empleo de sistemas de aislamiento o disipación sísmica en las edificaciones siempre que se respeten las exigencias normativas, como el cumplimiento de la fuerza cortante mínima en la base y los límites máximos de distorsión de entrepiso. Además, estos sistemas deben cumplir con los parámetros establecidos en el documento “Minimum Design Loads for Building and Other Structures” (ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, 2010), de acuerdo con las aplicaciones correspondientes.

**Tabla 4***Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles*

Límites para la distorsión del entrepiso	
Material Predominante	( $\Delta_i/h_{ei}$ )
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

*Nota.* Adaptado de (Norma E030 ,2018)

**2.2.1.6. Reparación y reforzamiento.** Según la Norma E.030 (2018), toda intervención de reparación o reforzamiento estructural debe proporcionar a la edificación una adecuada combinación de rigidez, resistencia y capacidad de deformación, con el fin de asegurar un comportamiento favorable ante futuros eventos sísmicos.

El proyecto de reforzamiento o reparación debe incluir los procedimientos, detalles y sistemas constructivos a seguir. Para la reparación y el reforzamiento sísmico de estructuras, se deben seguir los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Excepcionalmente se podrán utilizar procedimientos y criterios diferentes a lo indicado en el RNE, siempre que se justifique técnicamente y con el debido consentimiento del propietario.

En el caso de edificaciones esenciales, se permite aplicar estrategias de reforzamiento sísmico progresivo, en concordancia con los lineamiento del documento “Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation” (FEMA P-420, Risk Management Series, USA, 2009).

**2.2.1.7. Filosofía de Diseño Sismorresistente.** Según Rosero (2020) de acuerdo con los objetivos establecidos en la NEC-15, las estructuras no deben ser diseñadas para resistir la totalidad del sismo, sino para controlar el daño causado por el evento sísmico. Para edificaciones de habitabilidad normal, el enfoque se resume en los siguientes puntos:

- Evitar daños en los elementos de la edificación durante sismos frecuentes (ocurrencia esperada del 50% y  $T_r=72$  años).
- Evitar daños en los elementos de la edificación durante sismos moderados (ocurrencia esperada del 20% y  $T_r=225$  años).
- Evitar daños en los elementos de la edificación durante sismos severos (ocurrencia esperada del 10% y  $T_r=475$  años).

Para alcanzar estos propósitos, se deben tomar las siguientes acciones:

- Diseñar estructuras capaces de resistir las fuerzas aplicadas.
- Limitar las distorsiones a valores inferiores a los admisibles ( $DI < 0.02$ ).
- Eliminar la energía generada por la inelasticidad, lo que se puede lograr mediante la revisión de la rótula plástica o la incorporación de disipadores sísmicos.

**2.2.1.8. Requerimientos para estructuras con disipadores:** De acuerdo con la Norma E.030, los sistemas de disipación están permitidos, siempre que se cumplan los requerimientos de una estructura convencional y que, en la medida en que sea aplicable, se sigan los lineamientos de la Norma ASCE/SEI. La ASCE/SEI 7-16 (2017), en su sección 18, titulada “Requerimientos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de disipación”, describe los métodos para el análisis de edificaciones con disipadores:

### **Métodos no lineales:**

- Análisis no lineal tiempo-historia
- Análisis no lineal estático o Pushover

### **Métodos lineales:**

- Análisis dinámico modal espectral
- Análisis de fuerzas estáticas equivalentes

En nuestro país, el análisis empleado para la evaluación de edificaciones con amortiguadores es el no lineal tiempo-historia, el cual permite un estudio más detallado y preciso del comportamiento estructural ante eventos sísmicos.

**2.2.1.9. Análisis Dinámico Tiempo – historia:** Este análisis para estructuras con amortiguadores de energía, se utiliza una representación matemática que considera de manera directa el comportamiento hysterético de los miembros estructurales. Este análisis evalúa como responde la estructura ante un sismo mediante al menos tres grupos de datos sísmicos, donde cada grupo incluye un par de componentes horizontales del movimiento del terreno.

El proceso sigue los siguientes pasos:

- Espectro de pseudo-aceleraciones: Se elabora un espectro de pseudo-aceleraciones, el cual se escala por un mismo coeficiente.
- Escalado del espectro: Este factor garantiza que los valores seleccionados sean iguales o superiores al valor correspondiente en el espectro de análisis dinámico.
- Coeficiente de reducción: El análisis se realiza con un coeficiente de reducción  $R=1$ , según lo estipulado por la Norma E.030 (2018).

Este método permite una evaluación precisa del comportamiento estructural bajo condiciones sísmicas, considerando las características dinámicas del suelo y los dispositivos disipadores utilizados en la edificación.

### ***2.2.2. Sistemas modernos de protección sísmica***

Las diversas formas de protección contra sismos que se necesitan en la actualidad están diseñadas para controlar los movimientos estructurales a través de uno o más de los mecanismos descritos:

- A través de dispositivos adheridos a edificaciones que cumplen la finalidad de eliminar la energía generada por los terremotos.
- A través de mecanismos que generan fuerza al inicio de la excitación sísmica para contrarrestar su impacto.

Los amortiguadores sísmicos de fluido viscoso es uno de los muchos avances de protección estructural. Su principal función es disipar grandes cantidades de energía, evitando que otros componentes de la estructura sean expuestos a cargas excesivas, lo que evita daños significativos en el edificio.

Estos dispositivos responden a la velocidad, no al movimiento, por lo que no afectan la rigidez estructural ni aumentan las tensiones en los miembros estructurales. Así mismo, estos amortiguadores se utilizan desde hace unos 50 años, aunque su comercialización inicial fue limitada y se utilizaban exclusivamente para aplicaciones militares. Esta tecnología se hizo popular con el tiempo, especialmente después de finalizar la Guerra Fría en 1990. Gracias a su fiabilidad y buena reputación durante muchas décadas, su introducción en las instalaciones comerciales se produjo rápidamente.

Dos fabricantes importantes en la actualidad son Kajima Corporation de Japón y Taylor Devices Incorporation de EE.UU. En ese sentido, la teoría de la absorción de calor sísmico mediante el paso de un fluido forzado es la base de los dispositivos vendidos por ambas empresas. En el mercado nacional, el que más se destaca es Taylor Desvices Inc., que sus inicios fue en el año 1987, fabricando dispositivos de absorción de energía para aplicaciones militares y de defensa. Hasta el momento, más de 240 estructuras han utilizado dichos dispositivos viscosos para mejorar el comportamiento estructural frente a excitaciones dinámicas. Tener en cuenta, que el comportamiento de cada disipador depende directamente de la forma y tipo de la estructura (Villarreal y Díaz La Rosa, 2016).

### **2.2.3. *Comportamiento dinámico de las estructuras***

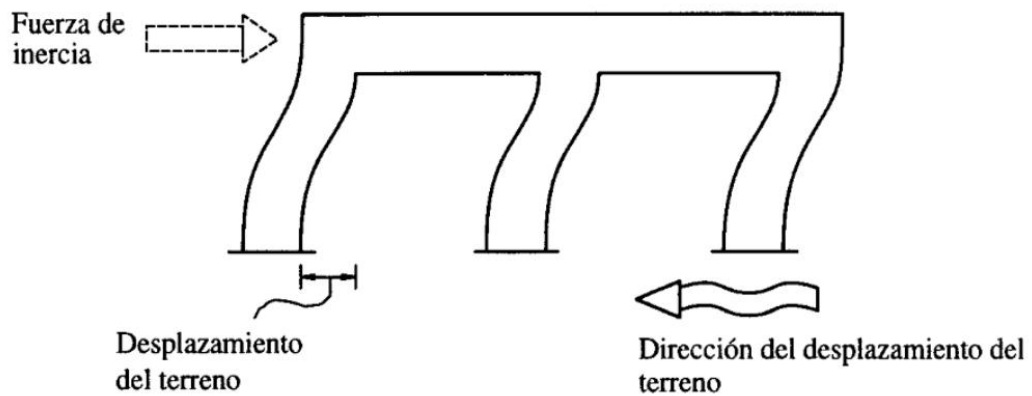
Las variables que afectan al comportamiento dinámico de un edificio incluyen sus propias características y el tipo de excitación que recibe. Muchos métodos y técnicas analíticas de diversa complejidad se han desarrollado a lo largo del tiempo, desde la idealización de estructuras como osciladores de un solo grado de libertad (gl) hasta métodos extremadamente complejos para el análisis de elementos finitos (Fernández et al., 2015).

Cuando ocurre un terremoto, la energía sísmica viaja a través de la cimentación de los edificios. Los cimientos de un edificio siguen la dinámica del terreno, pero la masa del edificio resiste el desplazamiento y no sigue completamente el movimiento de los cimientos. Las vibraciones estructurales amplifican las vibraciones del suelo, lo que puede provocar que la aceleración de un edificio sea mucho mayor que la de su entorno. Esta cantidad de refuerzo depende del amortiguamiento natural del edificio y de la relación entre el tiempo de vibración del edificio y el tiempo de dominancia del suelo (Bazán, 2017).

Cuando un edificio está sujeto a fuerzas dinámicas, su ductilidad hace que vibre de manera diferente que el suelo circundante. Estos esfuerzos dependen de la intensidad del movimiento del terreno y de las propiedades mecánicas específicas del edificio. Por un lado, estas fuerzas están relacionadas con la masa del edificio, por otro lado, están influenciadas por las propiedades dinámicas que determinan su naturaleza oscilante (Bazán, 2017).

### Figura 3

#### *Fuerza de Inercia por Vibración de la Estructura*



*Nota.* Adaptado de (Bazán, 2017).

#### 2.2.4. *Funcionamiento de los amortiguadores viscosos*

En el momento de un sismo, la velocidad relativa de un nivel respecto al nivel adyacente aumenta el amortiguamiento del edificio, permitiendo que el amortiguador de fluido viscoso inicie su funcionamiento porque sus extremos están anclados a los pisos.

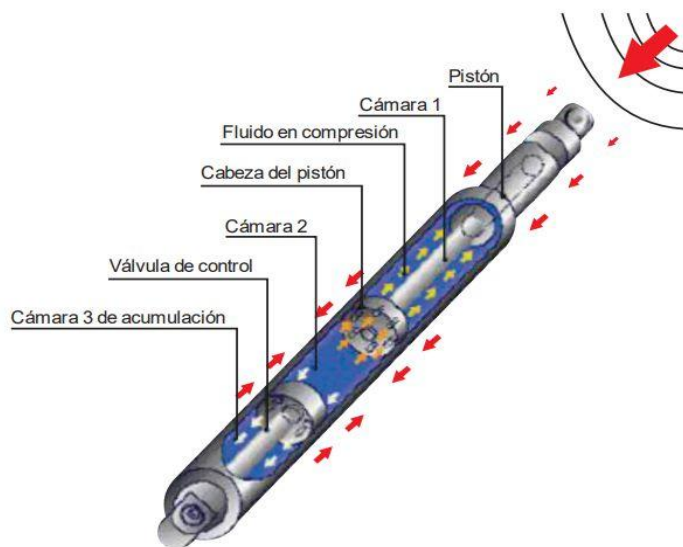
Los amortiguadores de energía, consta de dos cilindros de acero de alta resistencia, separados por un pequeño orificio; en uno de los cilindros se encuentra el fluido de alta viscosidad similar a un aceite de silicona donde al momento de ser activado el amortiguador se produce un empuje del pistón en dirección al cilindro

contrario con la obligación de pasar de un cilindro hacia otro generando una presión diferencial y esta genera el amortiguamiento. Los amortiguadores con fluido viscoso reducen las tensiones en las partes estructurales y al mismo tiempo reducen las deflexiones, por lo que los amortiguadores están “fuera de fase” debido a la flexión de las columnas; esto se aplica solo a los amortiguadores con velocidad activada. (Sánchez y Quintero, 2018).

El comportamiento “fuera de fase” de la estructura se puede explicar haciendo referencia al desempeño de fluidos viscosos, donde la resistencia del amortiguador viscoso aumenta con la relación de compresión; luego, cuando la edificación alcanza su máxima deformación, la velocidad es 0, por lo que la fuerza producida por el amortiguador, por un fluido viscoso, es 0 (Navarro, 2017).

#### Figura 4

*Funcionamiento de los Amortiguadores de Fluido Viscoso*



*Nota.* Adaptado de (Villarreal y Díaz, 2016).

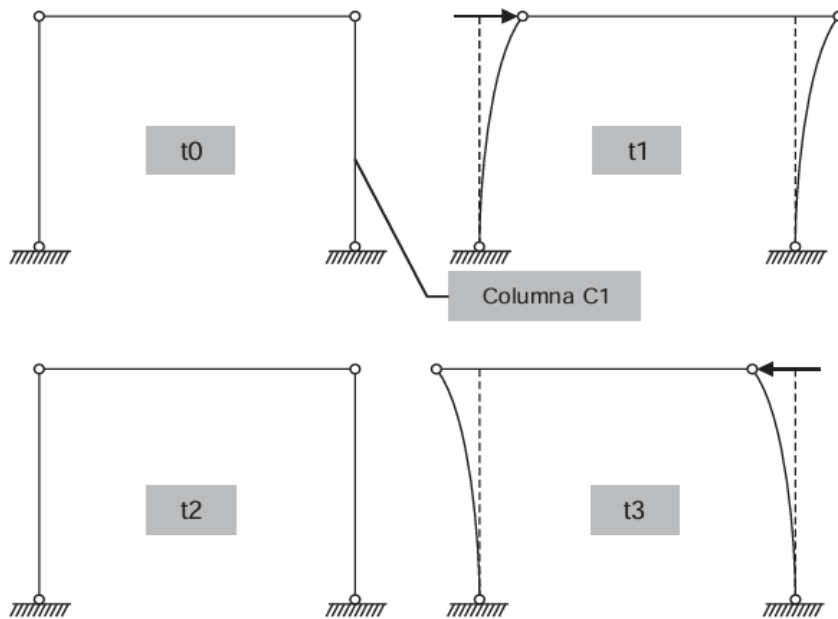
#### 2.2.5. Comportamiento fuerza vs desplazamiento

Idealmente, un pórtico será expuesto a fuerza dinámica y experimentará desplazamientos horizontales; sale del equilibrio en un ( $t_0$ ), para que en un tiempo ( $t_1$ )

alcanse su máximo desplazamiento lateral, en ese momento el pórtico inicia a trasladarse en sentido contrario, regresando por segunda vez a su posición de equilibrio ( $t_2$ ) para que nuevamente alcance su desplazamiento lateral máxima ( $t_3$ ).

### Figura 5

#### *Desempeño de un Pórtico Frente a Esfuerzos de Carga Sísmica*

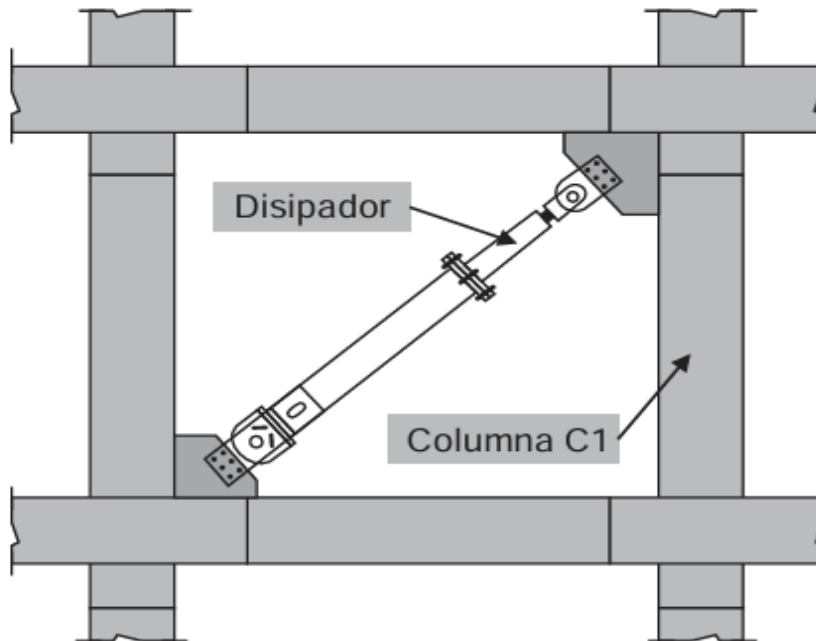


*Nota.* Adaptado de (Villarreal y Díaz, 2016).

Ahora, se acopla un amortiguador de energía al mismo pórtico, cuando el pórtico alcance su desplazamiento máximo lateral ( $t_1$ ) el alargamiento en el amortiguador también será máxima (fuerza a tracción), cuando el pórtico vuelve a la posición de equilibrio ( $t_2$ ) los desplazamientos del dispositivo serán cero y por ende este también volverá a la posición de equilibrio, en el tiempo ( $t_3$ ) la elongación del disipador será máxima producto de la fuerza a compresión que genera el movimiento lateral del pórtico.

**Figura 6**

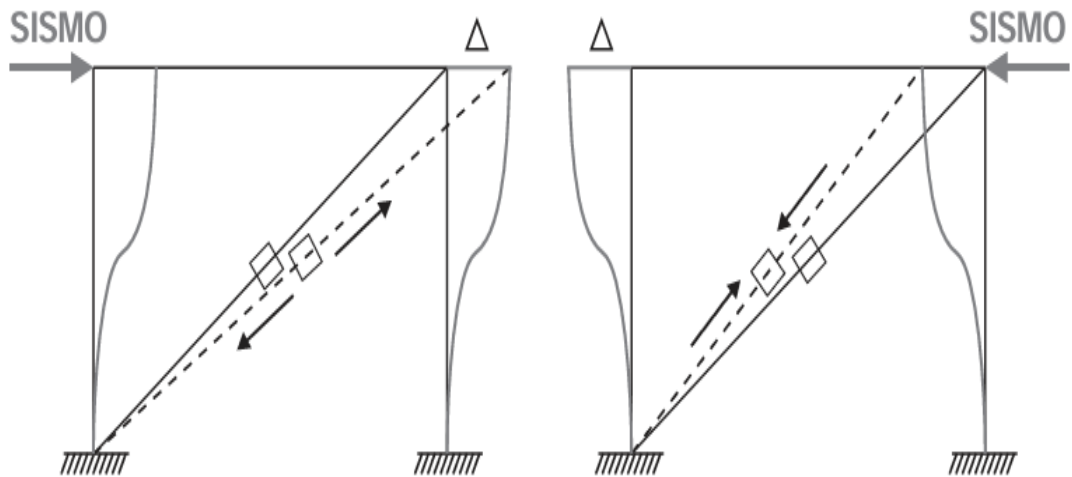
*Amortiguador de Energía en el Pórtico de Estudio*



*Nota.* Adaptado de (Villarreal y Díaz, 2016).

**Figura 7**

*Comportamiento del Disipador en el Momento que Alcanza su Elongación Máxima*



*Nota.* Adaptado de (Villarreal y Díaz, 2016).

Debido a que el amortiguador de energía depende directamente de la tasa de disipación de energía, la fuerza generada por estos dispositivos se muestra como sigue:

$$F = CV^\alpha$$

Donde:

F = Esfuerzo de amortiguamiento generada por el amortiguador

C = Coeficiente de amortiguamiento dependiente del diseño del amortiguador

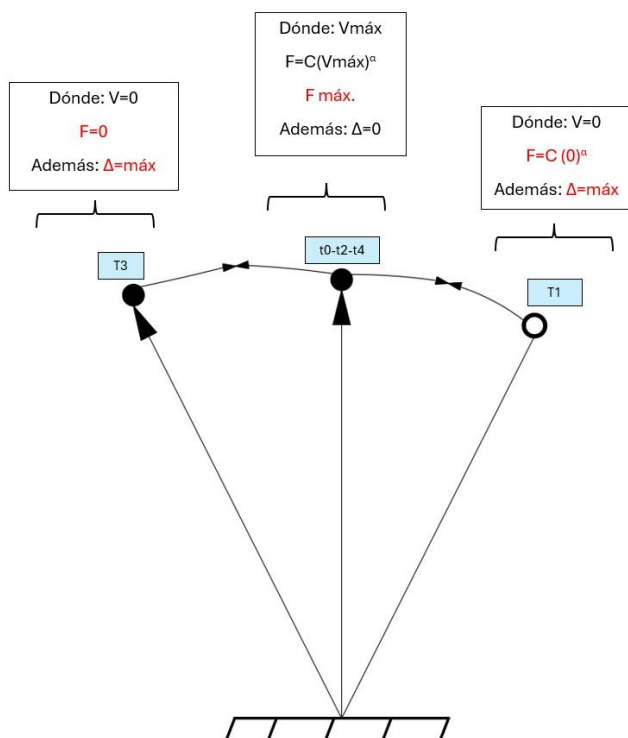
V = Velocidad relativa entre los extremos del amortiguador

$\alpha$  = Exponente que define el comportamiento del disipador

Cuando el pórtico alcanza su máximo desplazamiento horizontal, el esfuerzo de amortiguación que actúa sobre el disipador de energía disminuye a cero porque la velocidad en ese punto es cero. Así mismo, el comportamiento del pórtico se puede representar de manera simplificada mediante un gráfico similar al de un péndulo invertido, mostrado en la imagen adjunta.

### Figura 8

*Representación del Comportamiento de un Pórtico Bajo Excitación Sísmica como un Péndulo Invertido*

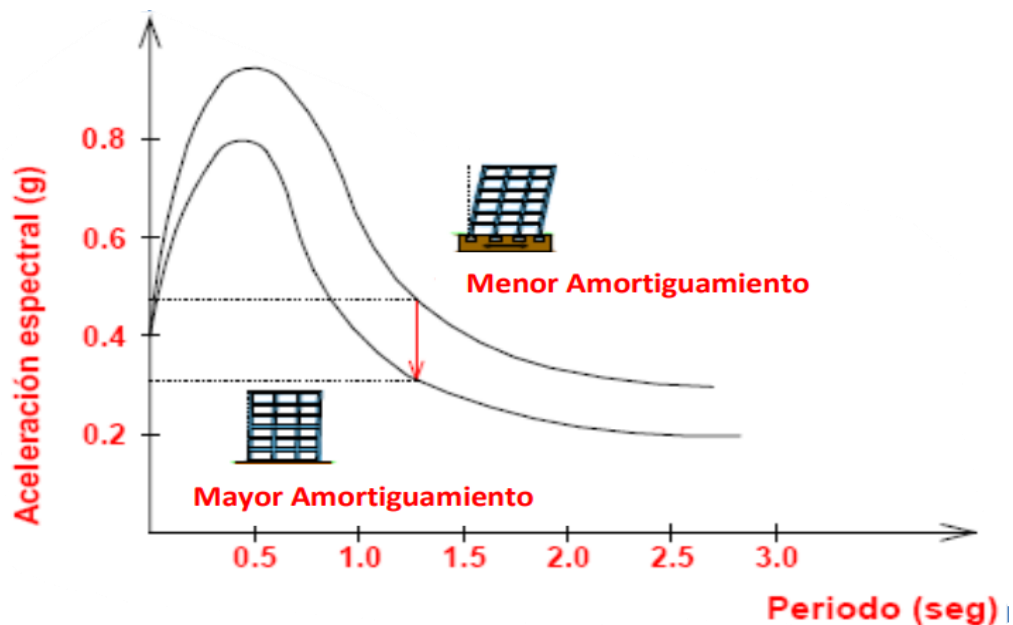


Nota. Adaptado de (Villarreal y Díaz, 2016).

La principal diferencia entre los amortiguadores viscosos y otros mecanismos de disipación de energía presentes en los edificios es que son permanentes y realizan su función en diferentes rangos de temperatura; La evaluación de estos mecanismos ha demostrado que su desempeño permanece sin cambios dentro de un rango de temperatura específico de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$ . El control del comportamiento dinámico del edificio se basa únicamente en la velocidad en lugar del desplazamiento, lo que lo distingue de otros. (Navarro, 2017, p.20).

### Figura 9

*Disminución de las Demandas de Resistencia Mediante el Aumento del Amortiguamiento*

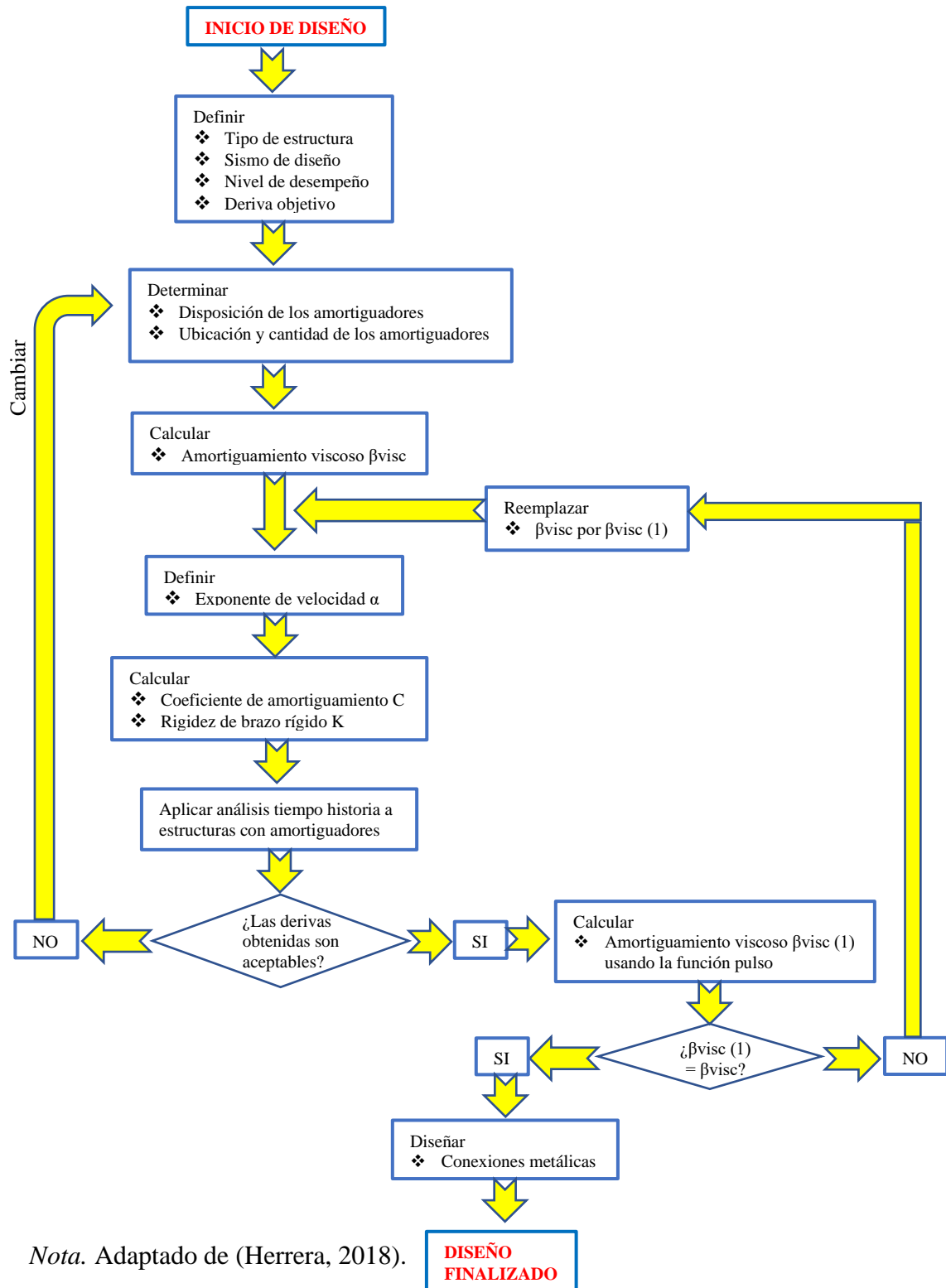


Nota. Adaptado de (Guevara y Torres, 2012).

2.2.6. Estudio de la influencia del diseño del disipador viscoso para mejorar la respuesta dinámica

Figura 10

Diagrama de Flujo del Procedimiento de Diseño de DFV



Nota. Adaptado de (Herrera, 2018).

Según el ingeniero Herrera (2018, p. 48-54) explica detalladamente los pasos básicos que se deben realizar para llevar a cabo un diseño de estructuras con DFV:

### **Paso 1. Identificación del tipo de estructura y del sismo de diseño**

Se utilizan los datos de la Tabla 1 para evaluar las categorías de edificación en función de la respuesta dinámica: crítica, esencial o básica, y también se tienen en cuenta las consideraciones del sismo de diseño.

**Tabla 5**

*Sismo de Diseño*

Sismo de diseño	Intervalo de recurrencia	Probabilidad de excedencia
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy raro	970 años	10% en 100 años

*Nota.* Adaptado del documento visión 2000 (SEAOC, 1995)

### **Paso 2. Elección del Nivel de Desempeño**

Primero, se realiza una evaluación del estado de la estructura después del sismo. Las principales consideraciones para determinar los niveles de desempeño en la Tabla 6 son la magnitud del sismo de diseño seleccionado, la significancia del edificio (crítica, esencial o básica) y las actividades a realizar en la estructura.

**Tabla 6***Nivel de Desempeño Objetivo para un Sismo de Diseño y un Tipo de Estructura*

Tipo de estructura Sismo de diseño	Nivel de desempeño recomendado para las estructuras		
	Estructuras Críticas	Estructuras Esenciales	Estructuras Básicas
Frecuente	Totalmente operacional	Totalmente operacional	Totalmente operacional
Ocasional	Totalmente operacional	Totalmente operacional	Operacional
Raro	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad
Muy raro	operacional	Seguridad	Pre-colapso

*Nota.* Adaptado del documento visión 2000 (SEAOC, 1995)**Paso 3. Selección de la deriva objetivo**

La Tabla 7 recopila datos para identificar la deriva objetivo de diseño, que es la deriva máxima que una estructura con disipadores debe tener ante un sismo de diseño.

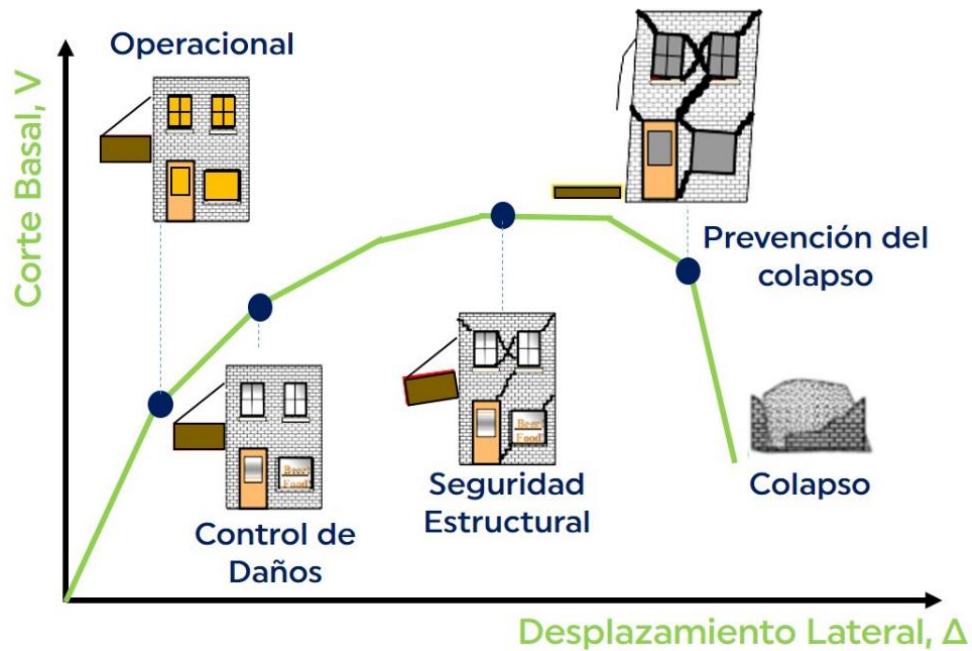
**Tabla 7***Derivas Objetivo para cada Nivel de Desempeño en Edificaciones Aporticadas de Concreto Armado*

Niveles de desempeño y derivas objetivo para edificaciones	
Nivel de Desempeño	Deriva Objetivo
Totalmente operacional	0.002
Operacional	0.0033
Seguridad	0.0058
Pre-colapso	0.0156

*Nota.* Adaptado del documento visión 2000 (SEAOC, 1995)

**Figura 11**

*Niveles de Desempeño de una Estructura con Sistema Convencional*



*Nota.* Adaptado del documento visión 2000 (SEAOC, 1995)

#### **Paso 4. Determinación de la ubicación de los disipadores**

Se debe procurar que, al ubicar los amortiguadores en la estructura prevista, no exista asimetría en planta o grandes excentricidades entre el centro de masa y su centro rígido para evitar fallas por rigidez. Además, debe distribuirse uniformemente en todos los pisos, se deben instalar como mínimo dos amortiguadores en ambas direcciones para poder brindar suficiente amortiguamiento a la estructura.

#### **Paso 5. Determinación del amortiguamiento viscoso $\beta_{visc}$**

Para calcular la amortiguación viscosa, se debe encontrar un parámetro B, que relacione la deflexión máxima con la deflexión objetivo. Este parámetro permite calcular el coeficiente de amortiguamiento efectivo  $\beta_{eff}$  usando la ecuación de Newmark:

$$B = \frac{\text{Deriva Máxima}}{\text{Deriva objetivo}} = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(5)}{2.31 - 0.41 * \ln(\beta_{eff})}$$

Para estimar la amortiguación viscosa de un disipador, reste la amortiguación estructural, que corresponde al 5% de la amortiguación crítica:

$$\beta_{\text{vis}} = \beta_{\text{eff}} - 5\%$$

### Paso 6. Estimación del exponente de velocidad $\alpha$

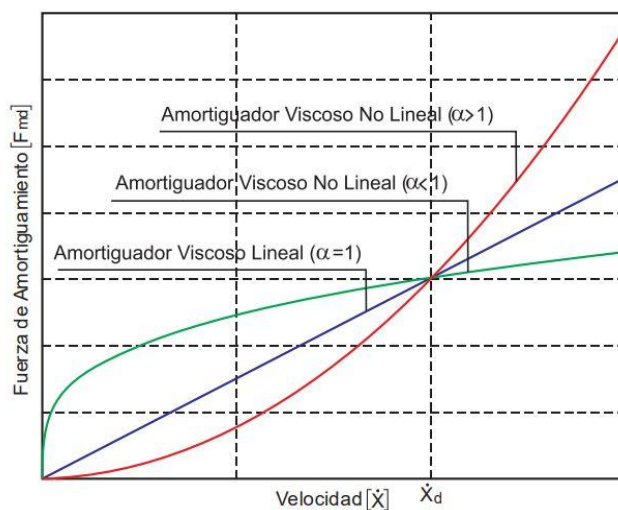
El exponente  $\alpha$  determina el comportamiento del disipador bajo la influencia de la velocidad, por otro lado, determina el comportamiento histórico del amortiguador utilizado.

Un amortiguador viscoso se conoce como “amortiguador lineal” cuando la fuerza de disipación es proporcional a la velocidad relativa y su valor es  $\alpha = 1$ .

Los amortiguadores no lineales tienen  $\alpha$  mayor o menor que 1. Debido a que se necesitan velocidades muy altas para incrementar fuerza de manera significativa que actúa sobre el disipador, los valores inferiores a 1 son eficaces para reducir las ráfagas de viento de alta velocidad. Por lo tanto, los valores superiores a 1 generalmente no se utilizan en edificios.

### Figura 12

*Fuerza por Velocidad vs Amortiguamiento*



*Nota.* Adaptado de (Villarreal y Díaz, 2016, p. 14)

## Paso 7. Cálculo del coeficiente de amortiguamiento C

Para calcular este coeficiente, se utiliza la ecuación mostrada, modificada del FEMA 274 para un desarrollo de análisis lineal ( $\alpha = 1$ ).

$$\beta_{\text{visc.}} = \frac{T \sum C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum m_i \phi_i^2}$$

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 4\pi \sum m_i \phi_i^2}{T(\sum \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j)}$$

Para calcular este valor, se utiliza la ecuación siguiente, modificada del FEMA 274 para un desarrollo de análisis no lineal ( $\alpha < 1$ ).

$$\beta_{\text{visc.}} = \frac{\sum \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}$$

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}{\lambda(\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

$$A = \frac{10g(r_1)(S_{d1})(T_{x,y})}{4(B_{1D})(\pi^2)} \quad S_{d1} = \frac{U * S_a}{R(I_a)(I_p)} \quad r_1 = (1.2 \text{ a } 1.6)T_{x,y}$$

Siendo:

$\beta_{\text{visc.}}$  = Amortiguamiento viscoso de la estructura

$\lambda$  = Parámetro Lambda (depende de  $\alpha$ )

$C_j$  = Coeficiente de amortiguamiento del disipador

$\phi_{rj}$  = desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j

$\theta_j$  = Ángulo de inclinación del disipador

A = Amplitud de movimiento del modo fundamental

$\omega$  = Frecuencia cíclica

$m_i$  = Masa del nivel i

$\phi$  = Desplazamiento del nivel i

$r_1$  = Factor de participación modal

$S_{d1}$  = Aceleración espectral del sismo de diseño

$S_a$  = Aceleración espectral con  $R = 1$

$T$  = Periodo de la estructura en X, Y

$B_{1D}$  = Coeficiente de amortiguamiento.

### Tabla 8

*Valores del Parámetro  $\lambda$*

Exponente $\alpha$	Parámetro $\lambda$
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0

*Nota.* Adaptado de (FEMA 274, 1997).

### Tabla 9

*Coeficiente de Amortiguamiento  $B_{1D}$*

Amortiguamiento efectivo	$B_{1D}$
$\leq 2$	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4

*Nota.* Adaptado de (ASCE/SEI 7-16, 2017).

### Paso 8. Cálculo de la rigidez del brazo metálico

Para anclar los Disipadores de Fluido Viscoso con la estructura se utilizan brazos metálicos, el cual debe poseer suficiente rigidez axial para que estos no se deformen frente a solicitaciones sísmicas.

Para el modelado se considera la rigidez del brazo rígido, el cual se expresa mediante la ecuación:

$$K = \frac{(E)(A)}{L}$$

Donde:

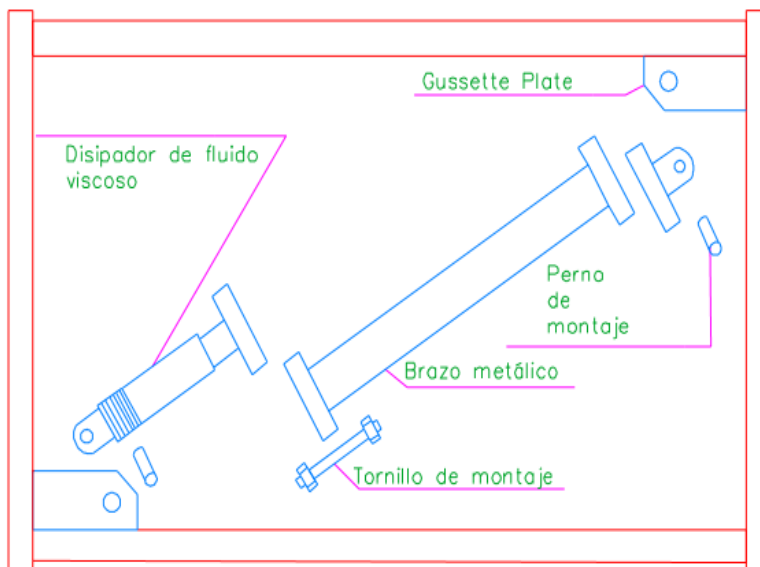
E: Elasticidad del acero (Ton/m<sup>2</sup>)

A: Área de la sección del brazo metálico (m<sup>2</sup>)

L: Longitud del brazo metálico (Ton)

### Figura 13

*Identificación del Brazo Metálico en un Amortiguador de Fluido Viscoso*



### Paso 9. Evaluación de las nuevas derivas

Se requiere un análisis dinámico no lineal o un análisis dinámico tiempo-historia para hallar las desviaciones máximas entre los pisos de la estructura. Esto permite verificar que las desviaciones obtenidas sean menores que la meta establecida

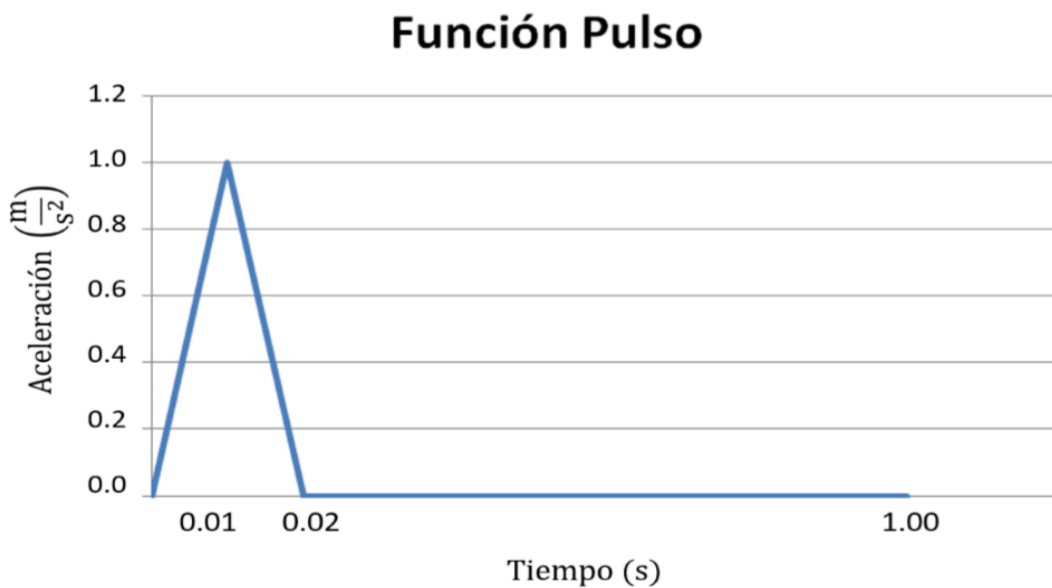
anteriormente. Si las derivas no cumplen, es aconsejable modificar la ubicación de los disipadores.

### **Paso 10. Verificación del amortiguamiento viscoso $\beta_{visc}$**

Para realizar este paso se debe tomar en consideración especificaciones de la ASCE-2010 que indican que la estructura debe ser expuesta a una función tipo pulso, donde se tendrá que obtener una curva de desplazamiento contra tiempo parecido a un movimiento libre con amortiguamiento, demostrando el amortiguamiento de la edificación.

#### **Figura 14**

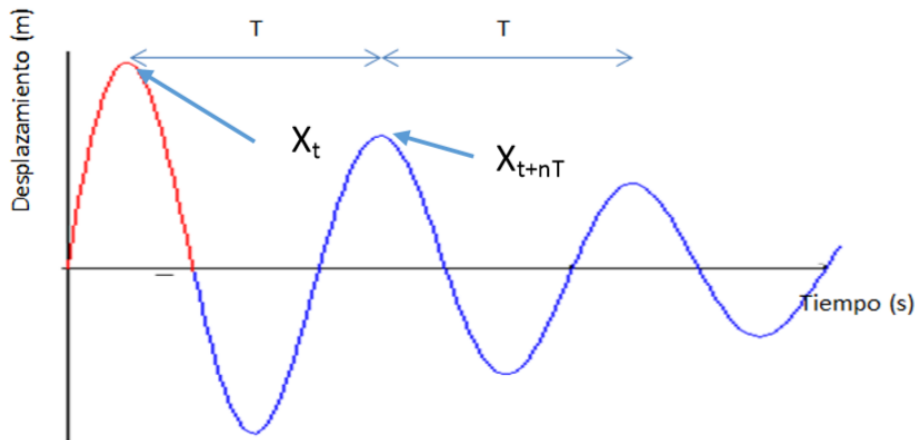
*Diagrama de Función Tipo Pulso*



*Nota.* Adaptado de (Herrera, 2018, p. 52)

**Figura 15**

*Diagrama de Vibración Libre con Amortiguamiento*



*Nota.* Adaptado de (Herrera, 2018, p. 52)

### **Paso 11. Diseño de conexiones metálicas y disipadores de fluido viscoso**

Después del análisis tiempo-historia, se determinan los esfuerzos axiales a los que están sometidos los disipadores viscosos, lo que implica escoger un tipo de amortiguador que respondan antes estas sollicitaciones. Para esto se debe contar con información preliminar sobre los aspectos físicos y el C del FV. Así mismo, se debe verificar que los esfuerzos obtenidos del brazo metálico sean compatibles con las ecuaciones siguientes:

$$\phi T_n = \phi F_y * A_g > T_u$$

$$\phi P_n = \phi F_{cr} * A_g > P_u$$

Donde:

$\Phi$ : Factor de reducción de resistencia (0.90)

$T_n$ : Esfuerzo de tensión nominal (ton)

$F_y$ : Esfuerzo de fluencia (ton/m<sup>2</sup>)

$A_g$ : Área bruta de la sección del brazo metálico (m<sup>2</sup>)

$T_u$ : Tensión última del disipador (Fuerza de amortiguamiento) (ton)

$P_n$ : Esfuerzo de compresión nominal

$F_{cr}$ : Esfuerzo crítico a compresión del brazo metálico (ton/m<sup>2</sup>)

$P_u$ : Compresión última del disipador (ton)

### ***2.2.7. Recomendaciones de ubicación y disposición de amortiguadores viscosos en las edificaciones***

Existe una serie de parámetros que juegan un papel significativo en la efectividad del sistema amortiguador; como la disipación, el número de disipadores y sobre todo su ubicación, donde diversas investigaciones han demostrado que un disipador ubicado en forma diagonal se comporta distinto a uno que se ubica en una configuración doble diagonal o Chevron brace mejorado.

Mediante un proceso iterativo, los amortiguadores deben colocarse inicialmente en sectores donde experimenten máximas velocidades y entrepisos que muestran mayor desplazamiento relativo. Además, debe resaltarse que el uso del edificio y la arquitectura de este también influye de manera significativa en la localización de los disipadores (Guevara y Torres, 2012).

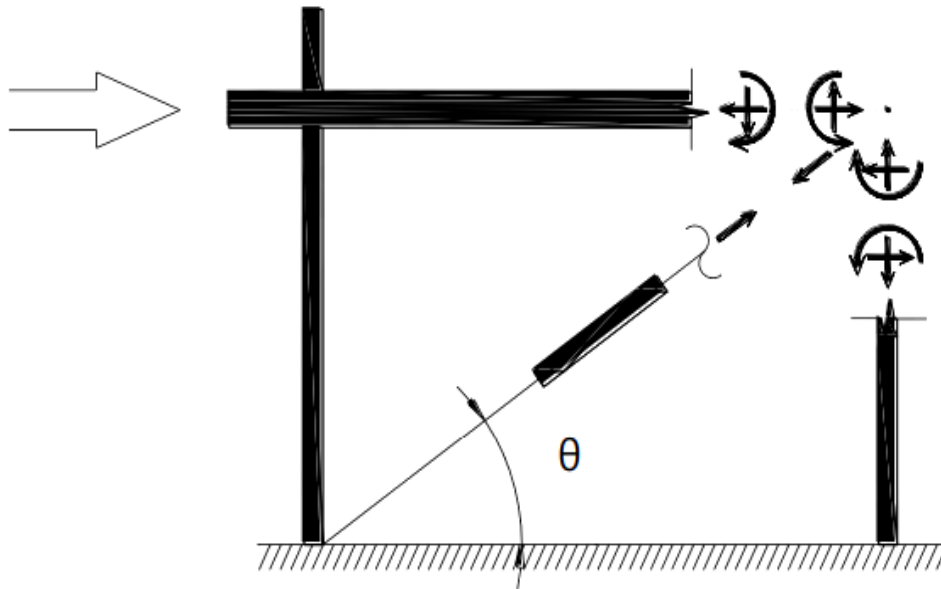
#### **a) Disposición diagonal**

La orientación de los amortiguadores de energía en el ángulo diagonal del pórtico es una buena forma de instalarlos. De esta manera, solo su parte horizontal interviene en la absorción de los esfuerzos sísmicos paralelos a la base. La ventaja principal de este modelo es que no requiere el refuerzo adicional de la estructura pórtico que los incluye, ya que sus nudos pueden dimensionarse de acuerdo con los esfuerzos ejercidos por los disipadores durante su funcionamiento ante acciones dinámicas. Además, brinda ventajas significativas de absorción de energía, control de derivas y distribución uniforme de fuerzas sísmicas, lo que mejora el desempeño

dinámico de la edificación y eleva su capacidad de resistir y recuperarse de eventos sísmicos (Guevara y Torres, 2012).

**Figura 16**

*Solicitaciones en la Conexión Columna-Viga con un Disipador en Diagonal*



*Nota.* Adaptado de (Fuentes, 2015)

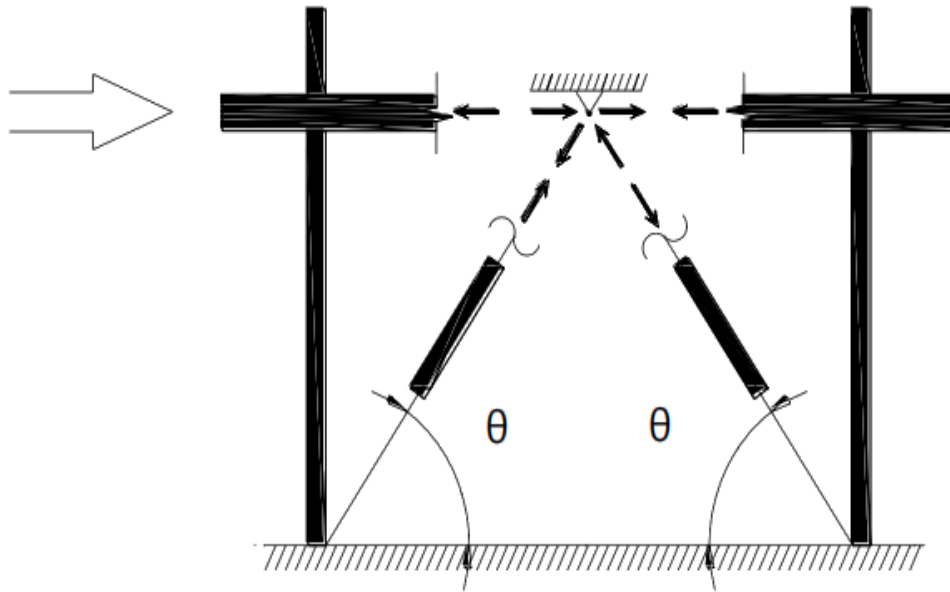
**b) Disposición doble diagonal o chevron brace mejorado**

Debido a la geometría y equilibrio de esta disposición, las componentes verticales de las tensiones generadas por cada disipador se neutralizan entre sí, permaneciendo solamente las componentes horizontales. Estas fuerzas horizontales residuales son transmitidas hacia la parte superior de la viga del pórtico a través de un enlace cortante. De este modo, los disipadores colocados en doble diagonal se encargan de derivar las acciones sísmicas hacia la parte medular de la estructura porticada (Fuentes, 2015).

## Figura 17

*Solicitaciones en la Unión Columna-Viga con un Disipador en Chevron Brace*

*Mejorado*



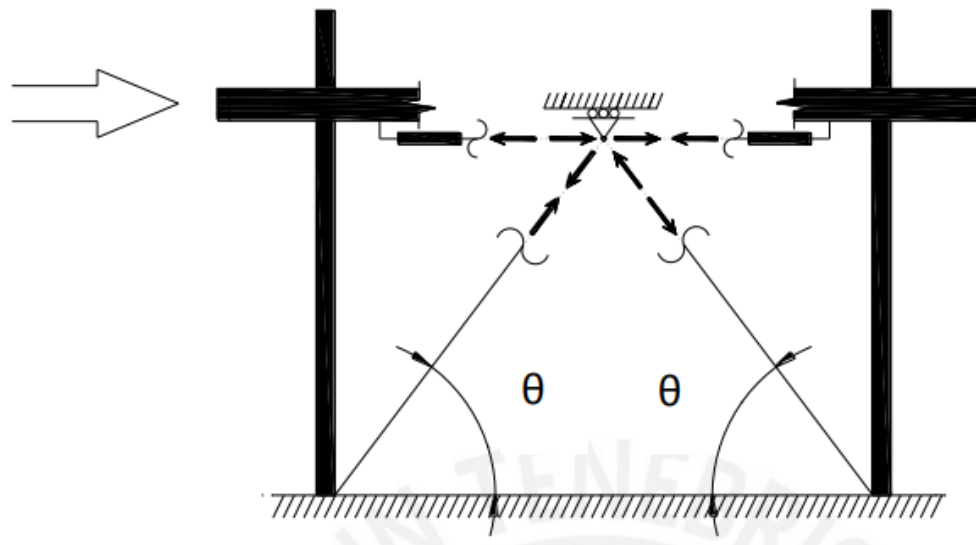
*Nota.* Adaptado de (Fuentes, 2015)

### c) Disposición Chevron brace

En este tipo de disposición, los elementos diagonales están constituidos por perfiles metálicos que se unen directamente a la parte inferior de la estructura principal, mientras que presentan un punto de apoyo deslizante en su intersección con el centro de la viga superior del pórtico. Al igual que en la colocación doble diagonal, durante una acción sísmica las fuerzas verticales que actúan sobre los perfiles oblicuos se anulan entre sí, permaneciendo únicamente las fuerzas horizontales. Estas tensiones horizontales son transmitidas por medio de los amortiguadores y derivadas hacia la superior de la viga empleando conexiones de corte (Fuentes, 2015).

**Figura 18**

*Solicitaciones en la Conexión Columna-Viga con un Disipador Chevron Brace*



*Nota.* Adaptado de (Fuentes, 2015)

### **2.2.8. Consideraciones de la norma E.030 “Diseño sismorresistente”**

Como es bien sabido, el artículo 3 de nuestra normatividad sismorresistente, establece lo siguiente:

- Dado el alto nivel de energía involucrado en las acciones sísmicas de esa magnitud, la construcción no debería colapsar ni producir daños graves a los habitantes, pero podrían presentarse deterioros significativos en los componentes estructurales.
- La construcción debería ser capaz de soportar este nivel de acciones sísmicas sin colapsar y únicamente presentando daños reparables dentro de niveles tolerables.
- Las consideraciones especiales de diseño deberán enfocarse en lograr que los edificios esenciales permanezcan en funcionamiento después de un sismo de una intensidad alta a través de la implementación de medidas constructivas que garanticen su funcionalidad posterior al evento sísmico de alta energía (E.030, 2018).

Lo que se indica anteriormente es que, la Ingeniería Civil se basa en una normativa para proteger las edificaciones, lo que en la actualidad es difícil de hacer con los métodos de diseño tradicionales y convencionales, especialmente en zonas de alta sismicidad, dejando de lado un amplio campo de investigación para que de tal manera asegurar el funcionamiento de las edificaciones si sufrir daño alguno.

Según los estudios técnicos realizados, se debe aceptar desde un punto de vista racional que este tipo de edificaciones con amortiguadores de energía sufrirán deterioros como la formación de grietas y fisuras, así como deformaciones plásticas en los elementos que lo conforman, mientras absorben y disipan la energía sísmica. En Perú, se pueden aceptar dos tipos de sistemas debido a su alto reconocimiento: aisladores de base y disipadores de energía.

#### ***2.2.9. Análisis de los métodos de control de la respuesta dinámica***

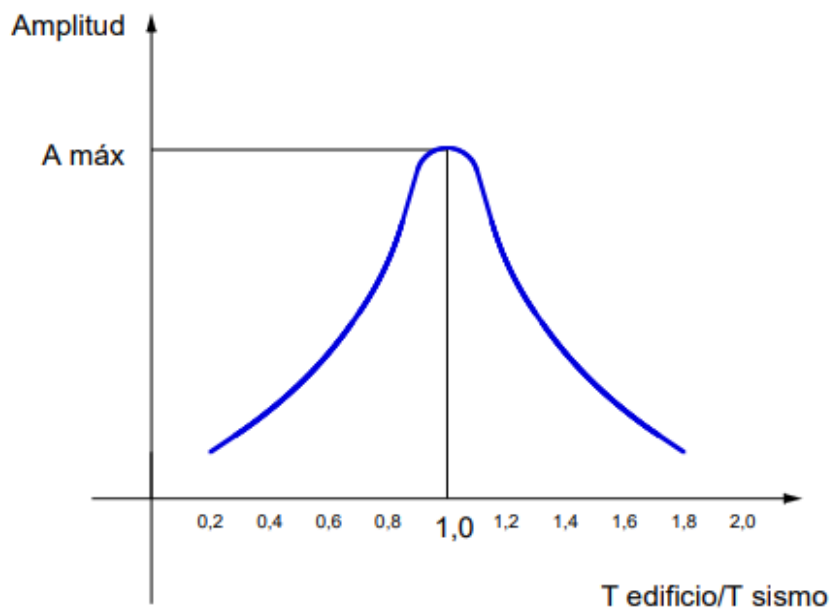
La relación entre los periodos vibratorios de la edificación y de las ondas sísmicas del suelo es crucial para el estudio del desempeño dinámico de un edificio durante un sismo. Por lo tanto, se descubrió que la construcción entra en un fenómeno de resonancia a medida que los periodos se igualan y su relación se aproxima a 1. Esto resulta en una mayor cantidad de deformaciones y aceleraciones transmitidas por el terremoto, lo que resulta en un mayor esfuerzo interno requerido para los diversos componentes estructurales. Por tanto, es una consideración importante en el análisis y diseño de este tipo de edificaciones (Domínguez, 2014).

El comportamiento dinámico de los edificios ante sismos depende fundamentalmente de su amortiguamiento, masa y sus características de rigidez. Tomando en consideración, la mayoría de los casos la rigidez y masa de las construcciones se ven determinadas principalmente por los requerimientos arquitectónicos y de uso, y que el amortiguamiento depende en gran medida del efecto

histéresis; una alternativa tradicionalmente empleada para corregir el problema de las vibraciones excesivas ha sido incrementar la rigidez estructural. Sin embargo, cuando el objetivo es alejar a la edificación de las oscilaciones sísmicas dañinas, una solución efectiva implementada con frecuencia son los amortiguadores viscosos, ya que permiten aumentar significativamente la disipación de energía durante un sismo (Den Hartog, 1956, como se citó en Inga, 2015).

### Figura 19

*Desplazamiento Según Relación de Períodos Oscilatorios del Edificio y del Sismo*



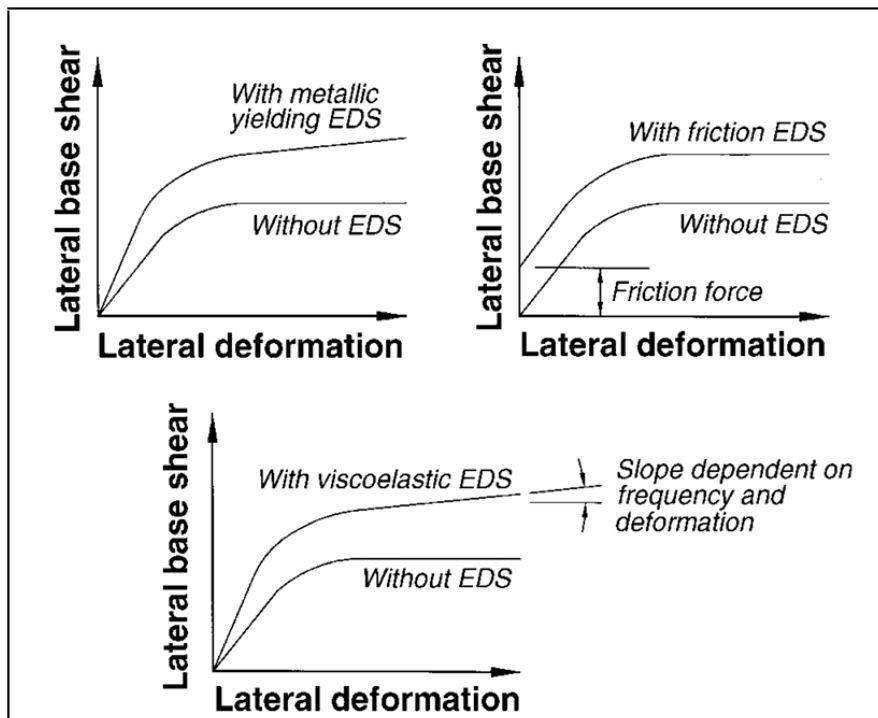
*Nota.* Adaptado de (Domínguez, 2014)

Se ha observado un aumento en el empleo de amortiguadores sísmicos o históricos en edificaciones y puentes en las últimas décadas para controlar vibraciones causadas por cargas dinámicas, y más actualmente, para mejorar la respuesta dinámica de las edificaciones (Mishra, 2011). Existen algunos métodos para disipar energía que pueden incrementar resistencia y rigidez; en este grupo encontramos los dispositivos como fluencia de fricción, viscoelásticos y metales. Los DFV son dispositivos que no

incrementan resistencia o rigidez en la estructura, pasa lo contrario si la frecuencia de vibración es alta (Villarreal y Oviedo, 2009).

**Figura 20**

*Efectos de los Sistemas de Disipación de Energía en las Gráficas Fuerza-Deformación*



*Nota.* Adaptado de (FEMA 274, 1997)

Los métodos de protección estructural que se describen a continuación se ocupan de aislar o disipar la energía generada por los terremotos; es importante tener en cuenta que estos sistemas no protegen directamente las estructuras contra los terremotos, sino que mejoran su respuesta dinámica a los terremotos.

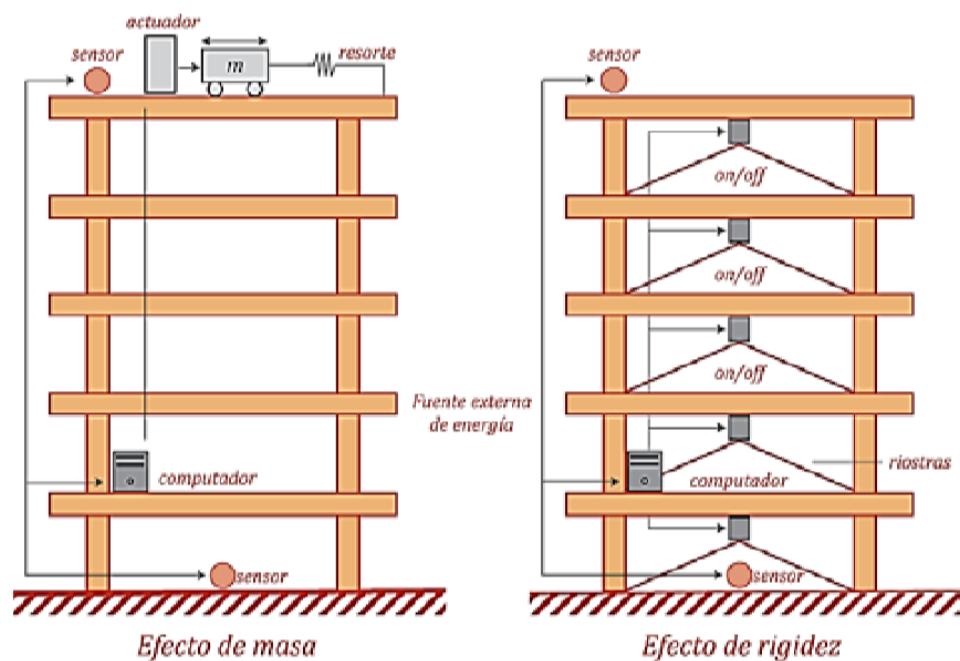
### **2.2.9.1. Sistemas de control activo**

Estos sistemas de protección requieren una fuente de energía externa para que los actuadores que aplican solicitaciones controladas a la estructura funcionen. Las señales transmitidas a los actuadores en un sistema de control por realimentación activa se definen en función de las respuestas dinámicas medidas

por sensores físicos colocados estratégicamente. Los tendones actuados, las barras de esfuerzo controladas y los sistemas de masas con amortiguadores cuya acción puede ser controlada dinámicamente son algunos de los tipos de actuadores que se han investigado para su uso en este enfoque de control activo (Gómez et al., 2008, págs. 80, 85).

### Figura 21

#### Representación de un Sistema de Control Activo



Nota. Adaptado de (Genatios y Lafuente, 2016).

Estos sistemas pueden optimizar notablemente el comportamiento dinámico de una construcción ante sismos, también presentan ciertas desventajas que es necesario considerar. Una de las principales limitaciones es la posibilidad de que intervenciones incorrectas del sistema puedan llegar a desestabilizar la estructura e incluso inyectar energía cinética no deseada. Asimismo, otro inconveniente radica en la dificultad de establecer un modelo estructural apropiado que permita el diseño adecuado del controlador (Gómez et al., 2008, p. 86).

Según Aguiar et al. (2016) sostienen que: estos sistemas a pesar que son de elevado costo y necesitan una fuente externa de energía, presentan las siguientes ventajas:

- Mejor control de la respuesta dinámica.
- Son aplicables a condiciones de sismo y viento.
- Selecciona los objetivos de control, enfatizando en el bienestar humano y en otros aspectos del movimiento estructural.

### **2.2.9.2. Sistemas de control híbrido**

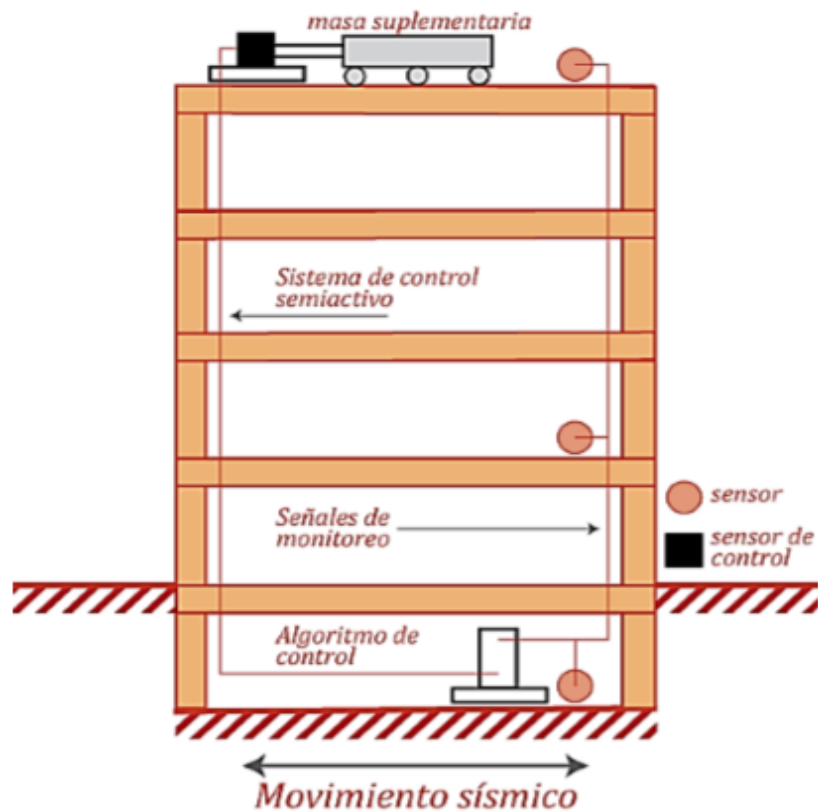
Esto implica el empleo conjunto de sistemas pasivos y activos. Un ejemplo son las edificaciones equipadas con disipadores visco-elásticos, que proporcionan amortiguamiento pasivo, así como con amortiguadores de masa controlables en tiempo real en sus zonas superiores. Otra alternativa puede ser una estructura aislada en su cimentación mediante elementos elastómeros, a la cual se le aplican además fuerzas dinámicas reguladas por actuadores basados en sensores de desplazamiento (Gómez et al., 2008, págs. 77, 89).

### **2.2.9.3. Sistemas de control semiactivo**

En estos dispositivos, las condiciones de amortiguamiento pueden ser controladas activamente ya que funcionan mediante fluidos cuya consistencia es modulable aplicando un campo magnético. Al someterse a una fuerza externa en dicho campo, los fluidos tienen la particularidad de transitar entre un estado linealmente viscoso y otro semisólido. De esta forma, la fuerza de disipación generada por el amortiguador puede regularse dinámicamente siguiendo un algoritmo definido en función de parámetros detectados por sensores, tales como las características de la fuerza sísmica incidente y el desempeño estructural (Genatios y Lafuente, 2016, p. 45).

**Figura 22**

*Representación de un Sistema de Control Semiactivo*



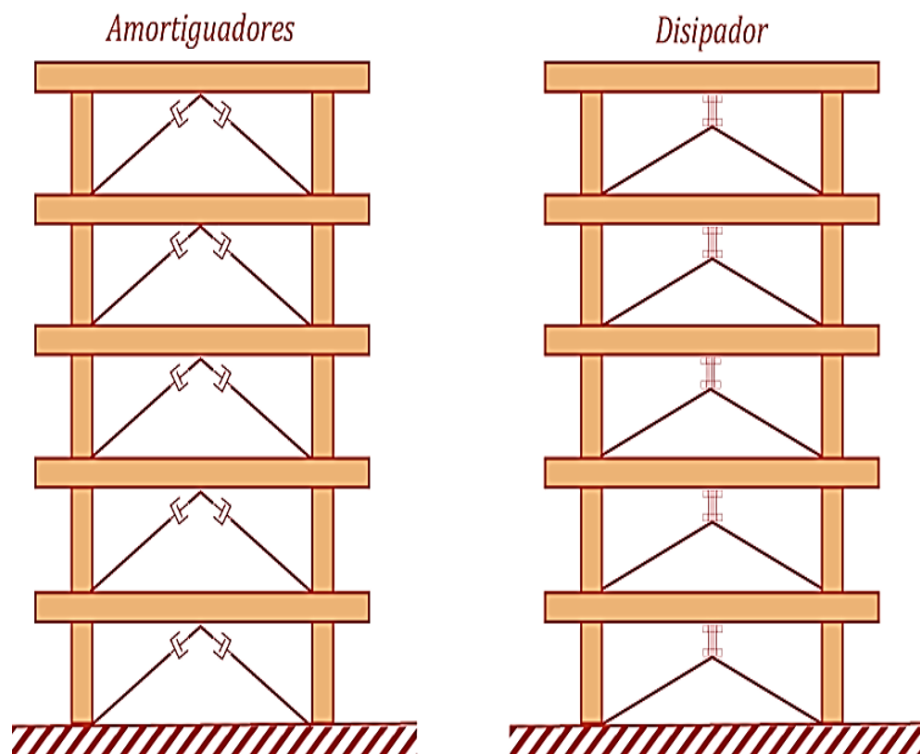
*Nota.* Adaptado de (Genatios y Lafuente, 2016)

#### **2.2.9.4. Sistemas de control pasivo**

Estos utilizan dispositivos que disipan la energía vibratoria acumulada en el sistema constructivo al ser sometidos al movimiento dinámico producido por el sismo en la estructura; las soluciones como los amortiguadores de masa, los amortiguadores viscoelásticos y los aisladores sísmicos se destacan en este enfoque pasivo. La evidencia técnica indica que tecnologías como estas se utilizaron con éxito en miles de obras en países como Canadá, Japón, Italia, Estados Unidos, Colombia y China, contribuyendo significativamente a mejorar su desempeño ante sismos. (Gómez et al., 2008, p. 81). Por otro lado, con respecto a las ventajas económicas, alteran las características dinámicas del edificio y reducen la respuesta estructural (Villarreal y Oviedo, 2009).

**Figura 23**

*Representación de un Sistema de Control Pasivo*



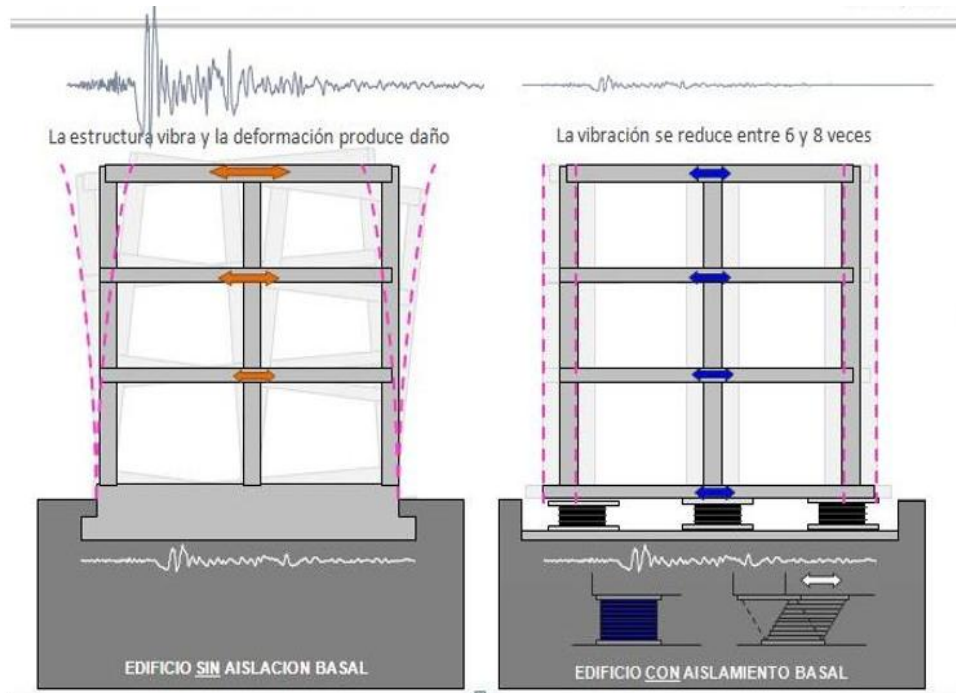
*Nota.* Adaptado de (Genatios y Lafuente, 2016)

**Sistemas de control pasivo con aislamiento en la base.** Este mecanismo hace referencia a los sistemas de aislamiento en la parte inferior de la edificación. Consiste en insertar elementos flexibles que permiten segregar dinámicamente la parte superior rígida del edificio con respecto al terreno, sobre el cual se transmiten las ondas sísmicas. De esta forma, el aislador genera flexibilidad en los planos horizontales, pero no varía la rigidez en el vertical, logrando aumentar el periodo de vibración y reducir significativamente la cantidad de energía que ingresa al interior de la construcción. Este control pasivo es recomendable para estructuras rígidas en suelos consolidados, donde los sismos presentan mayor energía. Reduce los problemas que generan en obras de gran altura o luz los mayores momentos de vuelco, controlando los desplazamientos horizontales del

centro de masa capaces de comprometer la estabilidad global y causar derrumbes (Sánchez y Quintero, 2018).

### Figura 24

#### *Comparación de Comportamiento Estructural con Aislamiento Basal*



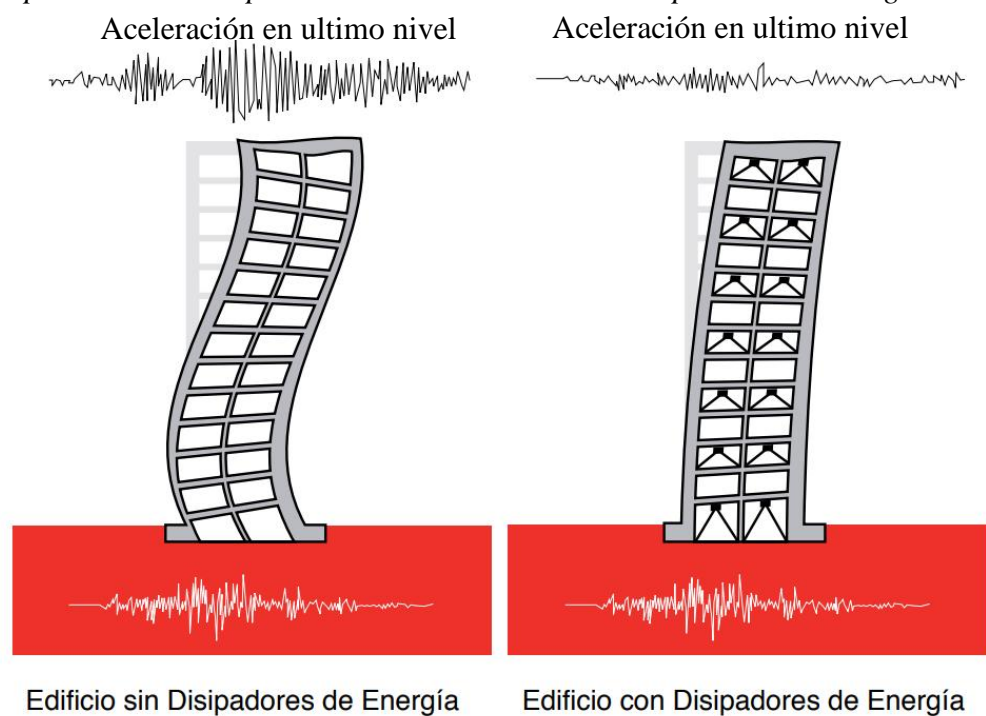
Un caso que ilustra claramente los beneficios del aislamiento sísmico en cimientos es lo ocurrido con los hospitales perjudicados por el terremoto de Northridge de 1994 en Los Ángeles. De las 10 instalaciones hospitalarias dañadas, la única que no sufrió mayores consecuencias fue el Teaching Hospital de la Universidad del Sur de California, gracias a contar con este sistema de aislamiento en su base. Mientras la aceleración punta registrada en el suelo durante el sismo alcanzó 0,49 g, en el interior del edificio aislado se midieron valores entre 0,10 y 0,13 g, evidenciando la notable reducción lograda en la transmisión de las fuerzas dinámicas mediante esta técnica pasiva.

**Sistemas de control pasivo con amortiguadores.** Los amortiguadores incorporados en una estructura tienen como objetivo principal reducir la energía

absorbida por el armazón estructural al disipar la energía generada por fuerzas dinámicas como el viento o el sismo. Los miembros estructurales toman la mayor parte de la energía sísmica en edificios sin sistemas de amortiguamiento, lo que provoca deformaciones elásticas e inelásticas. Según Burgos (2012) argumenta que no todos los sistemas de amortiguamiento disipan energía de manera uniforme, ya que algunos lo hacen según los desplazamientos de entrepiso mientras que otros lo hacen según la velocidad de entrepiso; actualmente, existen amortiguadores de fluencia metálica, de fricción, de fluido viscoso y viscoelásticos disponibles en el mercado.

**Figura 25**

*Comparación de Comportamiento Estructural con Disipadores de Energía*



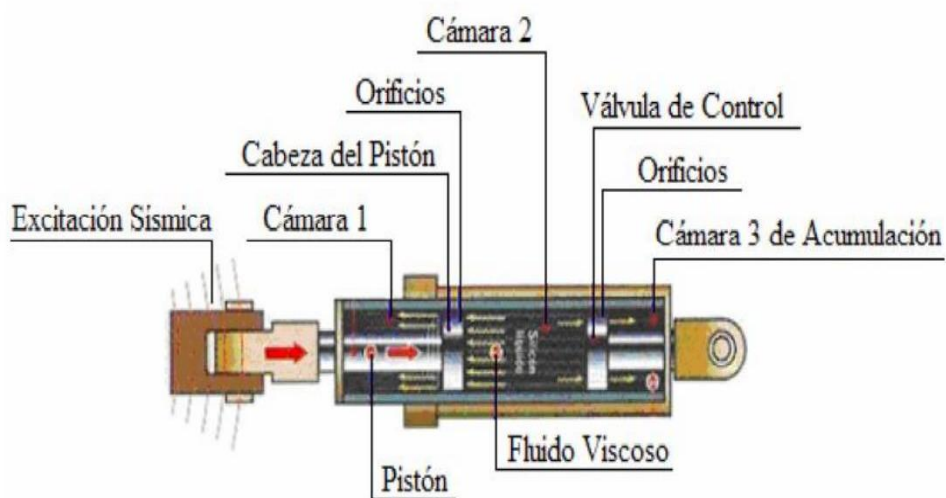
*Nota:* Adoptado de (Corporación de desarrollo tecnológico, 2012)

### 2.2.10. Comportamiento de los disipadores de energía de fluido viscoso

Cuando se incorpora amortiguadores sísmicos a una estructura, se tiene en cuenta que esta se subdivide en dos sistemas particulares; el sistema estructural, formado por los miembros estructurales y, el sistema de amortiguamiento, formado por los amortiguadores que están conectados a la estructura. En la actualidad, todas las estructuras presentan un porcentaje de amortiguamiento; sin embargo, cuando ocurre un sismo severo no es suficiente para que estas no sufran daños estructurales; es por ello, que se ha ido dando énfasis en dispositivos que permiten mitigar la energía suministrada al edificio mediante el incremento de amortiguamiento.

**Figura 26**

*Partes de un Disipador con Amortiguación Viscosa*



### 2.3. Marco conceptual

**Fuerzas dinámicas.** Cuando las fuerzas cambian rápidamente con el tiempo y producen fuerzas de inercia de magnitud similar a las fuerzas dinámicas, se dice que son dinámicas. A diferencia de las fuerzas estáticas, que son constantes y no cambian de magnitud ni dirección, las fuerzas dinámicas pueden cambiar en magnitud, dirección o ambas a lo largo del tiempo, estas fuerzas están asociadas con movimientos y pueden ser causadas por diversas fuentes, tales como vibraciones, impactos, cargas cíclicas, y fenómenos naturales como terremotos y viento (Cassano, 2009, p. 10).

**Aceleración sísmica.** Es el parámetro más comúnmente empleado para cuantificar la intensidad del movimiento del suelo durante un sismo. En lugar de depender de la magnitud del sismo, el deterioro de las viviendas y la infraestructura está relacionado directamente con la velocidad y la aceleración del sismo (Pezo y Valcárcel, 2016).

**Peligro sísmico.** Indica la probabilidad de que se produzca un sismo en una zona específica dentro de un intervalo de tiempo determinado. Esta medida también incluye la descripción de los efectos del sismo en el suelo, como los desplazamientos del suelo, velocidad, aceleración, y la intensidad del sismo en esa área (Barbat y Bozzo, 2000).

Hace mención a la probabilidad de ocurrencia de diversos fenómenos físicos adversos que pueden desencadenar los terremotos, tales como movimientos del suelo, licuación de arenas, deslizamientos de ladera, inundaciones por rotura de diques o alteración de cursos fluviales, activación o reactivación de fallas, entre otros posibles efectos colaterales. La magnitud y alcance espacial de dichos efectos dependen de las condiciones geológicas, geotécnicas y climáticas propias de cada región. No obstante, los parámetros fundamentales que condicionan la amenaza también están determinados por las características propias del sismo causante, tales como la profundidad del foco,

mecanismo de falla, intensidades producidas, magnitudes, frecuencias dominantes, duración efectiva del movimiento telúrico, etc.

**Cortante basal estática.** El movimiento de la base permite analizar el sistema estructural que rige el edificio mediante la relación (expresada como porcentaje) de la magnitud del esfuerzo cortante de las columnas de soporte (Rupay, 2023). En ese sentido, la cortante basal estática es la excitación total que actúa en la base de un edificio debido a cargas externas, como viento o sismo; su cálculo es clave para asegurar que la edificación pueda resistir cargas laterales sin fallar.

**Espectro de respuesta.** El máximo valor de respuesta que un sistema de 1 GL puede experimentar, dependiendo de su periodo natural y un amortiguamiento relativo debido al movimiento sísmico del terreno, se muestra en una gráfica denominada espectro de respuesta. La respuesta de una edificación se mide en términos de los parámetros de respuesta de deformación o desplazamiento, velocidad y aceleración (Desena, 2016, p.15).

**Fuerza cortante mínima.** El esfuerzo cortante en el primer nivel del edificio, para cada sentido considerado en el análisis, debe ser inferior al 80 % del valor calculado para estructuras regulares o el 90 % para irregulares. Todos los demás resultados obtenidos, a excepción de los desplazamientos, se ajustarán proporcionalmente si es necesario aumentar el cortante para cumplir con los valores mínimos especificados (E.030, 2018).

**Desplazamientos.** En el análisis de estructuras se entiende por desplazamientos al movimiento de un punto específico de cada piso del edificio cuando es sometida a acciones de cargas estáticas o dinámicas.

**Derivas.** Se entiende por distorsión de entrepiso (derivas) a la relación que existe entre los desplazamientos de cada punto de la estructura, con respecto a su altura de entrepiso.

Los límites permisibles de distorsión angular para edificaciones de concreto armado no debe exceder de 7 por mil.

**Cortante basal dinámica.** El análisis de la cortante basal dinámica es de valiosa importancia porque permite distribuir las fuerzas sísmicas acumuladas en la base de los pórticos (Rivera, 2018).

**Desempeño estructural.** Determina el estado estructural del edificio después de una excitación sísmica, el cual permite determinar las dimensiones y componentes de las estructuras (Herrera, 2018).

El nivel de desempeño establece una cuantificación objetiva del daño máximo admisible que podría presentar una edificación ante un sismo.

**Resistencia sísmica.** Se fundamenta en la sinergia y trabajo conjunto de sus distintos elementos estructurales resistentes y de sus uniones o conexiones (García, 2018).

La capacidad estructural para resistir fuerzas sísmicas resulta de una interacción intrincada entre las vigas, columnas y conexiones que la conforman. Las cargas cíclicas generadas por los terremotos provocan una disminución en la resistencia de los miembros estructurales, lo que se manifiesta principalmente en una considerable disminución de la capacidad de resistencia a fuerzas cortantes axiales en toda la estructura.

Para lograr un rendimiento óptimo de un modelo estructural bajo fuerzas sísmicas, resulta esencial gestionar las deformaciones que surgen por conectar la viga y columna (conocida como Región D). Esto es crucial debido a que se pueden ocasionar daños debido a la disminución de la adherencia entre las barras y el hormigón, lo que a su vez provoca una disminución en la capacidad de soportar fuerzas cortantes en estas uniones, teniendo un impacto directo en el comportamiento estructural. Asimismo, los

desplazamientos relativos entre pisos se ven afectados de manera proporcional al grado de deterioro que presentan las conexiones en los pórticos (Marte, 2014, p.14-15).

**Acelerograma.** Un acelerograma muestra la aceleración del suelo en un punto específico durante un sismo. Los acelerógrafos, que registran la aceleración del suelo, pueden registrar los valores de aceleración, estos tienen amplitudes iniciales pequeñas que aumentan rápidamente hasta llegar a sus máximos y disminuyen hasta que el movimiento se detiene (Núñez, 2017).

**Coefficiente de amortiguamiento viscoso.** Es un índice teórico que puede explicar la disipación de energía causada por las fricciones que frenan el movimiento (Escalante et al., 2016).

**Amortiguamiento crítico.** El coeficiente de amortiguamiento crítico ( $c_{cr}$ ), que representa la línea divisoria entre oscilación y la ausencia de ella, es el valor mínimo de  $c$  que elimina por completo la vibración (Alarcón, 2015).

**Frecuencia.** Hace referencia al número de ciclos de vibración que una estructura experimenta en un determinado tiempo cuando es expuesta a un movimiento oscilatorio, como el que podría ser inducido por cargas dinámicas.

**Periodo.** Es un parámetro que se relaciona con la frecuencia de manera inversa, siendo el tiempo que demora una construcción en terminar un ciclo de vibración cuando es expuesta a un movimiento oscilatorio.

**Coefficiente de capacidad de disipación.** Este parámetro indica la cantidad de energía que una estructura puede eliminar a través de sus deformaciones inelásticas, permitiendo así la reducción de las fuerzas sísmicas en el diseño de la misma (Nebrijo y Menza, 2021).

## 2.4. Hipótesis

Los disipadores de fluido viscoso influyen en el comportamiento de la respuesta dinámica de forma significativa mediante la disipación de un porcentaje de energía incorporada a las estructuras producto de las excitaciones sísmicas, incrementando la capacidad de amortiguamiento en promedio hasta un 30.00% en ambas direcciones de análisis.

### **Variables**

#### *Variable independiente*

“Disipadores de fluido viscoso” se entiende como aquellos dispositivos que permiten eliminar la energía generada por los movimientos sísmicos, reduciendo la respuesta estructural y mejorando la capacidad de respuesta ante terremotos (Mendoza, 2023). Son dispositivos que actúan en base a la velocidad mas no del desplazamiento, por lo cual la rigidez no cambia, mucho menos se ve incrementado los esfuerzos en el conjunto de elementos resistentes (Villarreal y Díaz, 2016).

#### *Variable dependiente*

“Respuesta dinámica de las edificaciones aporticadas” se entiende como el comportamiento que presenta una estructura cuando está sometida a cargas que varían con el tiempo, como fuerzas sísmicas, viento, impactos, vibraciones mecánicas, o cualquier otro tipo de excitación dinámica, así mismo, este procedimiento mecánico se hace mediante programas de modelamiento estructural.

## 2.5. Operacionalización de variables

**Tabla 10**

*Matriz de Operacionalización de Variables en Estudio*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL			
				INDICADORES	ÍTEMS		
Variable dependiente	Hace referencia al proceso de determinar el comportamiento real que tendrá su sistema resistente cuando se vea sometido a las acciones laterales variables generadas por el movimiento telúrico en el terreno de cimentación. (Hinojoza, 2009, p. 9).	Dinámica estructural	Estudia y comprende el comportamiento vibratorio que presentará un edificio cuando se vea sometida a fuerzas variables en el tiempo (Hernández et al., 2021).	Fuerzas dinámicas	Ton		
				Aceleración sísmica	m/s <sup>2</sup>		
				Peligro sísmico	Probabilidad de ocurrencia		
		Respuesta dinámica de las edificaciones aporticadas	Análisis sísmico estático	Consiste en representar la excitación sísmica mediante un conjunto de fuerzas estáticas que son proporcionales a las cargas gravitacionales (Chang y Suárez, 2015)	Cortante basal estática	Ton	
					Espectro de respuesta	Gráfico	
		Respuesta dinámica de las edificaciones aporticadas	Análisis sísmico dinámico modal espectral	Estudia el comportamiento de sistemas en movimiento y su evolución a lo largo del tiempo para entender cómo cambian y se desarrollan (Hernández et al., 2021).	Fuerza cortante mínima	Ton	
					Desplazamientos	mm	
					Derivas inelásticas	mm	
					Análisis Dinámico tiempo historia	Implica calcular la respuesta dinámica de una estructura en distintos intervalos de tiempo, usando registros de acelerogramas reales (Núñez, 2017, p.14)	Desempeño estructural
		Resistencia sísmica	Adimensional				
Desplazamientos	mm						
Variable independiente	Constituyen elementos estructurales efectivos para reducir las deformaciones y fuerzas vivas generadas en una construcción ante un sismo. (Villarreal et al., 2009).	Amortiguamiento viscoso	Modelo mecánico simplificado más usado para representar el comportamiento amortiguador del sistema estructural sometido a vibraciones. (Sandoval, 2017).	Derivas inelásticas	mm		
				Coefficiente de amortiguamiento viscoso	ton*/s/m		
		Disipadores de fluido viscoso		Vibración	Fenómeno que es producido cuando un cuerpo o un sistema se mueve de forma repetida y rítmica alrededor de un punto de equilibrio (Corratgé et al., 2020).	Amortiguamiento efectivo	%
						Amortiguamiento inherente de la estructura	%
						Frecuencia	Hz
		Disipadores de fluido viscoso		Disipación de energía sísmica	El proceso por el cual la energía liberada por un terremoto se transforma en otras formas de energía, como calor o deformación de estructuras (Chaparro et al., 2021).	Periodo	S
Porcentaje de disipación de energía	%						

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

Según la estrategia o enfoque metodológico del estudio será cuantitativo, los datos que se adquirirán serán valores numéricos, como desplazamientos horizontales, distorsiones angulares, cortante basal estática y dinámica, espectros de respuesta, que se han adquirido mediante un procesamiento metódico de modelamiento estructural en el software ETABS V19.1.0, ahí se modelará la estructura con amortiguadores y sin amortiguadores. También la investigación según su finalidad, será básica, porque se orientará a solucionar un problema en las edificaciones: la deficiente respuesta dinámica frente a solicitaciones sísmicas; se utilizarán normas nacionales e internacionales como guía para el procesamiento del estudio. Además, según la profundidad u objetivos de estudio, será descriptiva, porque la investigación iniciará con la observación y luego se describirán los procedimientos, escenarios, propiedades de los objetos en estudio, o fenómenos implicados en el estudio de mejoramiento.

Según el paradigma, la investigación será positivista, los datos obtenidos estarán fundamentados por la filosofía positivista, el enfoque científico y la metodología científica de causa – efecto. También según la temporalidad, es transversal (sincrónica), porque se realizará en un corto tiempo, en una fracción del año 2025. Así mismo, según el control del diseño de prueba pertenece a los estudios no experimentales, porque se trabaja y manipula una variable independiente: los amortiguadores viscosos para cambiar el comportamiento de una variable dependiente: la respuesta dinámica de las edificaciones, de manera teórica.

### 3.2. Diseño de investigación

No experimental – descriptivo, se usará un software computacional para incluir un tratamiento en la variable dependiente, sin necesidad de alertar en el medio real. Así mismo, según Hernández y Mendoza (2018), indica que un diseño no experimental es empleado para describir o diferenciar asociaciones sin encontrar semejanzas directas entre las variables. Por lo que la investigación, no radica en la manipulación de variables, debido a que solo se realizará una observación sobre los modelos a elaborar.

Diseño causal comparativo

$M_1 \longrightarrow O_1X$

$M_2 \longrightarrow O_2X$

Donde:

$M_1$  = Muestra (Edificación con disipadores de energía)

$M_2$  = Muestra (Edificación sin disipadores de energía)

$O_{1,2}$  = Información de interés de las diversas muestras

$X$  = Variable dependiente (Respuesta dinámica)

### 3.3. Métodos de investigación

#### 3.3.1. Método científico

Para Hernández y Mendoza (2018), “El método científico consiste en establecer unos lineamientos o procesos generales que garanticen una indagación científicamente significativa”. Este método se emplea para la observación y la experimentación, porque permitirá validar o refutar hipótesis y teorías.

#### 3.3.2. Método inductivo – deductivo

Según Hernández y Mendoza (2018), parte de la observación y el análisis de casos individuales para llegar a una teoría general. Por lo que, el método deductivo

permitirá partir de una teoría general y utilizar la lógica y la razón para llegar a conclusiones específicas.

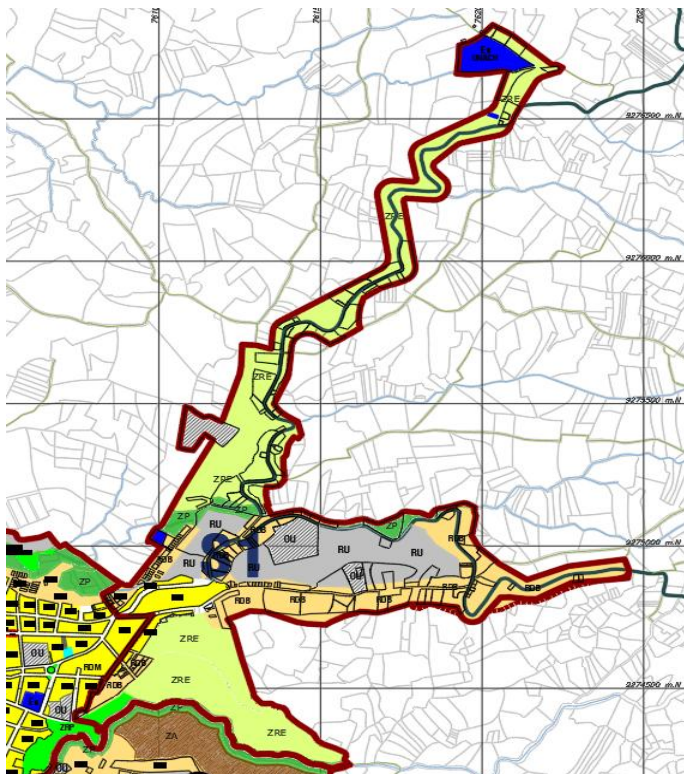
### 3.4. Población, muestra y muestreo

#### 3.4.1. Población

Para Condori (2020), se define como el conjunto de todos aquellos casos que se relacionan con una serie de características específicas. La población en estudio serán las edificaciones aporticadas del distrito de Chota, sector N°1.

**Figura 27**

*Ubicación del Sector N° 1*



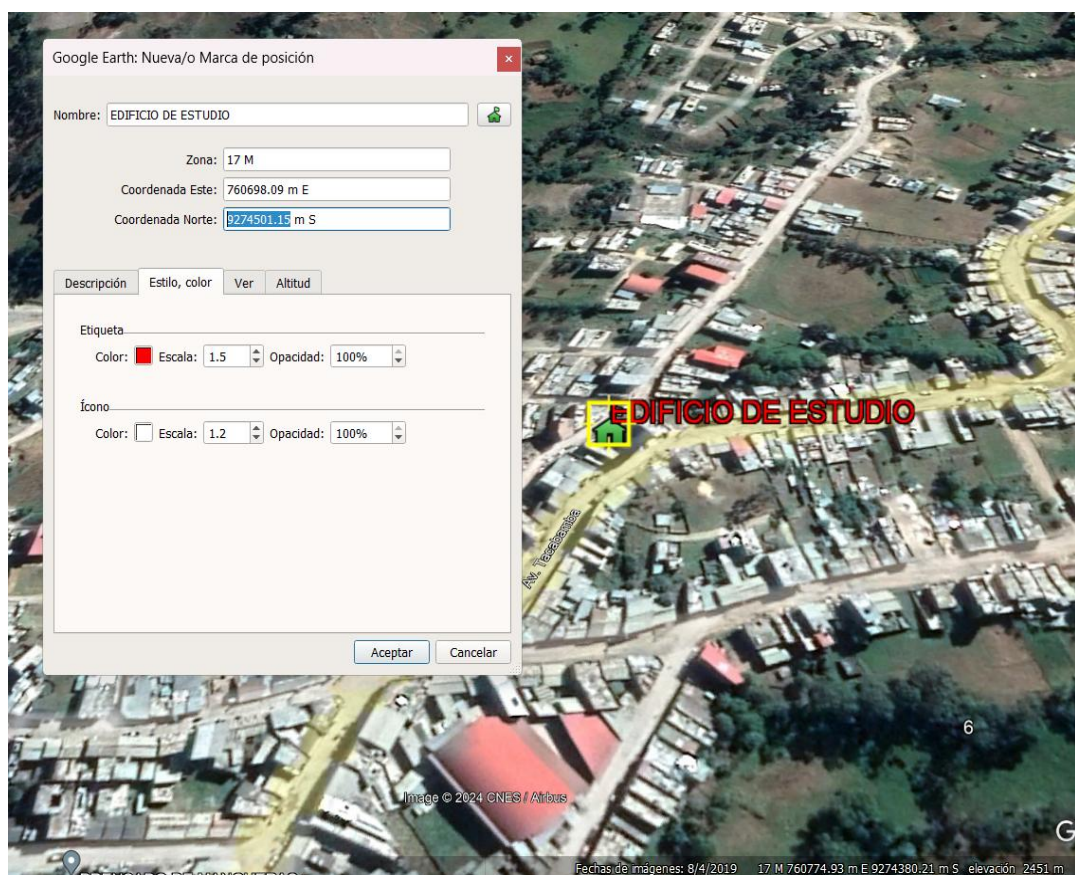
*Nota:* Información adaptada del PDU de la Ciudad de Chota 2017 – 2027

### 3.4.2. Muestra

Para Condori (2020), suele definirse como un subgrupo de la población, cuyas características se delimitan en atención a la población a la que representa de manera impersonal. La muestra en estudio será una edificación aporricada, ubicada en el sector N°1 – Chota (Hotel El Tigre) con coordenadas UTM E: 760698.09m y N: 9274501.15m.

## Figura 28

### Ubicación de la Edificación en Análisis



Fuente: Información adaptada de Google Earth

## Figura 29

### *Edificio en Estudio (Hotel El Tigre)*



### **3.4.3. Muestreo**

Condori (2020) se refiere a obtener una porción de una población o universo que sirva para representar de manera impersonal a esa población, de tal manera que, se tomará en cuenta un muestreo no probabilístico, por conveniencia que radica en que el investigador considere la muestra necesaria, en este caso el edificio del sector 1, siendo esta, aporticada.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de recolección**

**Observación.** Método mediante el cual el investigador registra información a través de la observación impersonal de personas, eventos o procesos (González et al., 2021). En el estudio se emplea esta técnica para registrar la información en el mismo instante en el que suceden los hechos.

#### **3.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

**Ficha de observación.** Es un documento que se utiliza como base para desarrollar una investigación. En la investigación, se tendrán en cuenta fichas en las que se recopile la información, empleando además las normas nacionales e internacionales, el formato de ficha para la recolección de información se encuentra en el apartado de anexos.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.6.1. Proceso de obtención de los datos**

##### **3.6.1.1. Diagnóstico y situación actual**

**a) Descripción de la estructura en estudio.** Para el dimensionamiento desarrollado en esta investigación, se consideró la distribución de ambientes de la planta de un edificio destinado a funcionar como hotel, el cual emplea un sistema estructural de pórticos y se sitúa en el distrito de Chota, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. El edificio evaluado consta de 13 pisos, alcanzando una altura total de 37.60 metros desde el nivel del primer piso. En cuanto a sus dimensiones en planta, presenta 7.80 metros en el eje X y 13.00 metros en el eje Y.

Los ambientes proyectados en el primer y segundo nivel en conjunto es un local comercial, un mezzanine (segundo nivel), un pasillo, una escalera de acceso al mezzanine y una escalera de acceso al tercer nivel; el tercer nivel está conformado por un dormitorio principal, dos dormitorios auxiliares, un hall, dos servicios higiénicos, una sala – comedor, una cocina y una escalera; el cuarto y quinto nivel está compuesto por un mezzanine (quinto nivel), dos

servicios higiénicos, un local comercial, una escalera de acceso al mezzanine y una escalera de acceso al sexto nivel; la planta del sexto piso hasta el piso número 13 es típico formado por cuatro habitaciones con servicios higiénicos propios, una recepción, un baño público y una escalera, además, se tiene una azotea con parapetos de una altura de 1.20 metros.

**b) Predimensionamiento de elementos estructurales.** Este procedimiento consiste en asignar valores iniciales, tentativos y aproximados a las medidas de los diferentes componentes estructurales de la estructura en estudio, con el objetivo de verificar su cumplimiento con las normas peruanas y evaluar el desempeño dinámico de la edificación bajo dichas especificaciones. Para realizar este proceso se toma en consideración los criterios y fórmulas del libro de estructuración y predimensionamiento del Ingeniero Antonio Blanco Blasco.

**-Predimensionamiento de losas aligeradas.** La Norma E.020 (2006), establece parámetros para determinar un peralte adecuado de losa, en función de las luces entre caras de los paños a dimensionar. Por ejemplo, en casos donde las luces son menores a 7.50 metros, se debe cumplir con la relación:  $h \geq L/25$ . Este parámetro fue aplicado para definir el peralte estándar en la losa aligerada, considerando la luz libre paralela a la dirección más corta del paño.

$$h(\text{espesor}) \geq \frac{\text{Luz libre}}{25}$$

$$h(\text{espesor}) \geq \frac{3.525\text{m}}{25} \geq 0.141\text{m}$$

En consecuencia, se adoptó un espesor de 20 cm para todos los niveles, las cuales funcionarán como diafragmas rígidos, permitiendo una distribución uniforme de las cargas.

**-Predimensionamiento de vigas.** La colocación de las vigas se realizó en concordancia con el modelo arquitectónico, prestando especial atención a la estructuración, ya que esto permite determinar con precisión las cargas que deberán soportar.

Según los lineamientos presentados en el libro de estructuración y predimensionamiento (Blanco, 1994), los peraltes de las vigas se determinaron como 1/10 o 1/12 de la luz entre caras del elemento. Del mismo modo, la Norma E.060 (2009) establece que las vigas que componen los pórticos deben tener como mínimo un ancho de 25 centímetros, con el propósito de prevenir el congestionamiento del refuerzo de acero y la aparición de vacíos o defectos conocidos como cangrejas.

Las vigas del edificio presentan luces grandes, por lo que las máximas luces en el eje “X” es de 5.40 metros y en el eje “Y” es de 3.30 metros. Entonces se obtiene:

$$h_{viga_x} = \frac{5.40}{10} = 0.54 \text{ m}$$

$$h_{viga_x} = \frac{5.40}{12} = 0.45 \text{ m}$$

El peralte optado para la dirección “X” es de  $h = 50 \text{ cm}$  y un ancho de  $b = 25 \text{ cm}$ .

$$h_{viga_y} = \frac{3.30}{10} = 0.33 \text{ m}$$

$$h_{viga_y} = \frac{3.30}{12} = 0.28 \text{ m}$$

El peralte asignado para la dirección Y será de  $h=40 \text{ cm}$  y un ancho de  $b=25 \text{ cm}$ .

Se presenta una excepción en la viga colocada en el eje 3-3 en la dirección X, debido a que cuenta con una luz libre de 6.80 metros. Por esta razón, se considerará un incremento en el peralte de la viga para garantizar un desempeño estructural adecuado.

$$h_{viga_x(\text{Eje } 3-3)} = \frac{6.80}{10} = 0.68 \text{ m}$$

$$h_{viga_x(\text{Eje } 3-3)} = \frac{6.80}{12} = 0.57 \text{ m}$$

El peralte asignado para la viga en el eje 3-3 es de  $h = 60 \text{ cm}$  y un ancho de  $b = 30 \text{ cm}$ .

En cuanto a las vigas chatas se optó un peralte igual al espesor de la losa aligerada y una base de 25 cm.

**-Predimensionamiento de columnas.** Para este predimensionamiento se considera la fuerza axial y el área tributaria más desfavorable; para encontrar dichas secciones se debe seguir los siguientes parámetros.

Para las columnas centrales, quienes soportan mayor fuerza axial se presenta el criterio siguiente:

$$\text{Área de la columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.45 * f'c}$$

De la misma manera, para columnas ubicadas en esquinas o con disposición excéntrica, se establece el criterio siguiente:

$$\text{Área de la columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35 * f'c}$$

$$P_{\text{servicio}} = P * A_{\text{tributaria}} * N_{\text{pisos}}$$

Donde:

$P_{\text{servicio}}$  = Carga de servicio.

$A_{\text{tributaria}}$  = Área tributaria del elemento estructural a dimensionar.

$N_{\text{pisos}}$  = Número de niveles que tiene el edificio en estudio.

$f'c$  = Resistencia a la compresión del concreto.

La edificación está destinada al uso hotelero, por lo que se clasifica como de “Tipo C” según la norma E.030 del RNE. Además, la resistencia del concreto es de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Para calcular la sección requerida de las columnas laterales del eje de las ordenadas y las columnas esquineras, se consideró el área tributaria más desfavorable. A partir de este análisis, se obtuvieron los resultados siguientes:

$$P_{\text{servicio}} = P * A_{\text{tributaria}} * N_{\text{pisos}}$$

$$P_{\text{servicio}} = 1000 \text{ kg/m}^2 * 9.76 \text{ m}^2 * 13 = 126\ 880 \text{ kg}$$

$$\text{Área de la columna} = \frac{126\ 880}{0.35 * 210} = 1726.26 \text{ cm}^2$$

La sección adoptada para las columnas laterales en la dirección de las ordenadas, así como para las columnas esquineras, es de 40 x 50 centímetros.

Para determinar la sección requerida de las columnas centrales, se consideró el área tributaria más desfavorable. Como resultado de este análisis, se obtuvieron los valores siguientes:

$$P_{\text{servicio}} = P * A_{\text{tributaria}} * N_{\text{pisos}}$$

$$P_{\text{servicio}} = 1000 \text{ kg/m}^2 * 10.94 \text{ m}^2 * 13 = 142\ 220 \text{ kg}$$

$$\text{Área de la columna} = \frac{142\ 220}{0.45 * 210} = 1504.97 \text{ cm}^2$$

La sección adoptada para las columnas centrales es de 40 x 40 centímetros.

Para determinar la sección requerida de las columnas laterales ubicadas en el eje de las abscisas, se consideró el área tributaria más desfavorable. A partir de este análisis, se obtuvieron los resultados siguientes:

$$P_{\text{servicio}} = P * A_{\text{tributaria}} * N_{\text{pisos}}$$

$$P_{\text{servicio}} = 1000 \text{ kg/m}^2 * 6.48 \text{ m}^2 * 13 = 84\ 240 \text{ kg}$$

$$\text{Área de la columna} = \frac{84\ 240}{0.35 * 210} = 1146.12 \text{ cm}^2$$

La sección adoptada para las columnas laterales en la dirección de las abscisas es de 40 x 40 centímetros.

### c) **Metrado de cargas de la edificación**

-**Metrado de cargas muertas.** Hace referencia al peso de materiales, componentes de servicio, equipos, tabiques y demás componentes que la estructura soporta. A continuación, se presenta una tabla con los pesos volumétricos de los materiales, conforme a lo establecido en la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Tabla 11**

*Pesos Unitarios de Materiales Usados en la Edificación Estudiada*

Material	Peso unitario
Unidades de albañilería huecas	1400 kg/m <sup>3</sup>
Concreto armado	2400 kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Adaptado de (E.020, 2006)

Estos valores son estimaciones empíricas basadas en las características del material utilizado; por ejemplo, el peso especificado en la ficha técnica del fabricante para los ladrillos de techo es de 70 kg/m<sup>2</sup>.

**Tabla 12**

*Cargas Muertas Aplicadas por Metro Cuadrado en la Edificación Estudiada*

Material	Peso x m <sup>2</sup>
Piso terminado (Acabados)	100 kg/m <sup>2</sup>
Ladrillo de techo (Losa Aligerada)	70 kg/m <sup>2</sup>
Tabiquería	150 kg/m <sup>2</sup>

-**Metrado de cargas vivas.** Es el peso de todos los elementos móviles que la estructura soporta. A continuación, se muestra la tabla que especifica las cargas vivas aplicadas en cada losa según la norma E.020.

**Tabla 13***Cargas Vivas Aplicadas Según la Ocupación de la Edificación*

Ocupación o Uso	Sobrecarga
Cuartos	200 kg/m <sup>2</sup>
Corredores y escaleras	400 kg/m <sup>2</sup>
Azotea	100 kg/m <sup>2</sup>

*Nota.* Adaptado de (E.020, 2006)

**-Metrado de cargas de tabiquería.** Se evidencia que la estructura presenta elementos de tabiquería aledaños a las edificaciones de los vecinos, la altura de entrepiso típica es de 2.70 metros y se le debe quitar el peralte de la viga. Así mismo, el peso volumétrico de la tabiquería es de 1400 kg/m<sup>3</sup>, el espesor típico de un muro de albañilería es de 15 centímetros, por lo que se obtuvo la fuerza distribuida lineal según la altura del ambiente.

$$CM(\text{tabiquería}) = 1400\text{kg/m}^3 * 0.15\text{m} * (2.70 - 0.40)\text{m} = 483 \text{ kg/m}$$

Además, la edificación tiene parapetos en la azotea de una altura de 1.20 metros, por lo que se calculó la carga distribuida lineal.

$$CM(\text{tabiquería}) = 1400\text{kg/m}^3 * 0.15\text{m} * 1.20\text{m} = 252 \text{ kg/m}$$

**-Metrado de cargas de escalera.** La escalera es un elemento fijo presente en todo tipo de vivienda, por lo que sí se consideró su carga muerta y viva. En algunos casos no es aconsejable modelar porque una representación incorrecta podría alterar la disposición estructural y generar resultados imprecisos durante el análisis. Asimismo, en el modelado del ETABS se busca que la idealización sea lo más limpia posible, garantizando así resultados confiables. Se consideró un espesor típico de 15 cm para la losa de la escalera, sin incluir los pasos y contrapasos, ya que estos fueron estimados como si se tratara de una losa de 7 cm de espesor; de este modo se calculó la carga por metro cuadrado, con el objetivo de distribuirla adecuadamente según el área tributaria en cada apoyo.

Peso propio (escalera) =  $2400\text{kg/m}^3 * 0.15\text{m} = 360\text{kg/m}^2$

Peso escalones (escalera) =  $2400\text{kg/m}^3 * 0.07\text{m} = 168\text{kg/m}^2$

Piso terminado (escalera) =  $100\text{kg/m}^2$

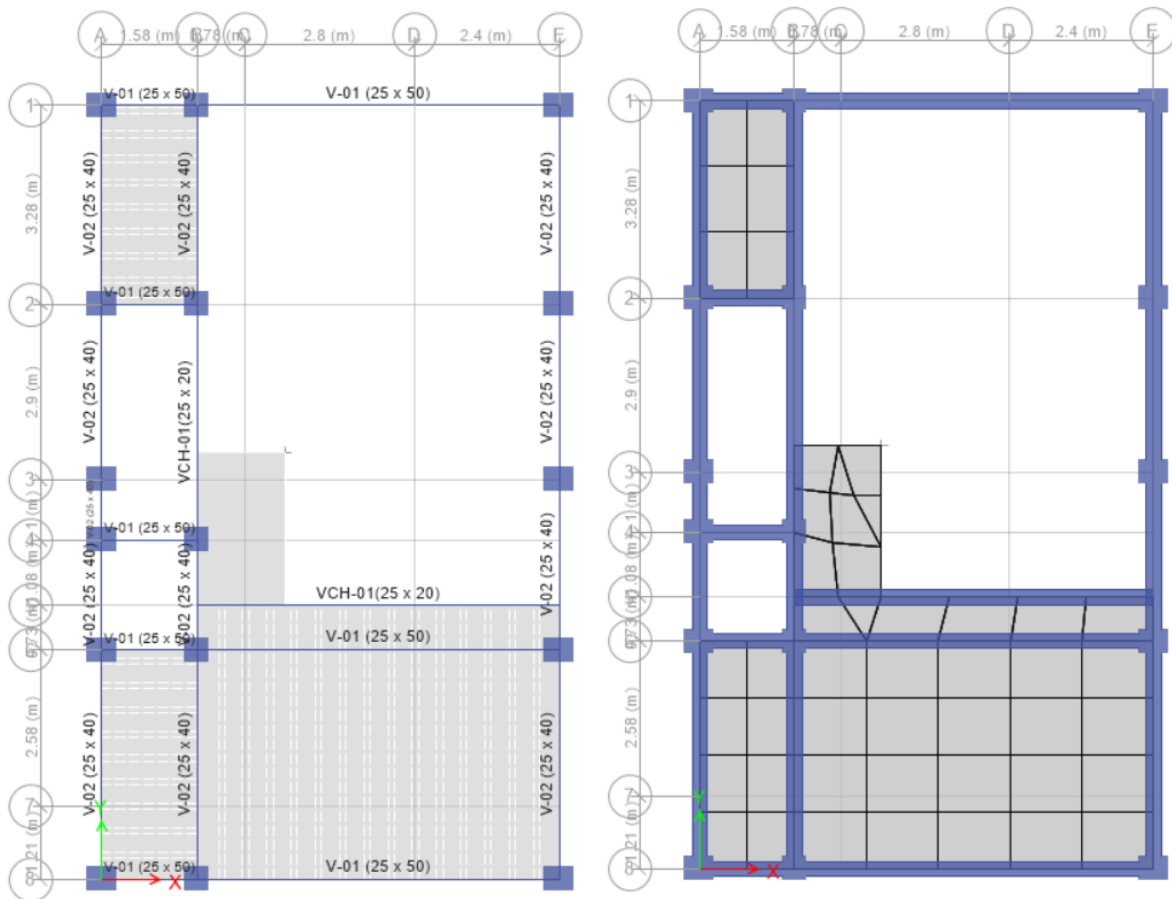
CM (escalera) =  $628\text{kg/m}^2$

CV (escalera) =  $400\text{kg/m}^2$

Con todo el predimensionamiento realizado, se muestran las plantas idealizadas de la edificación aporricada que se utilizará para la recolección de resultados posteriores.

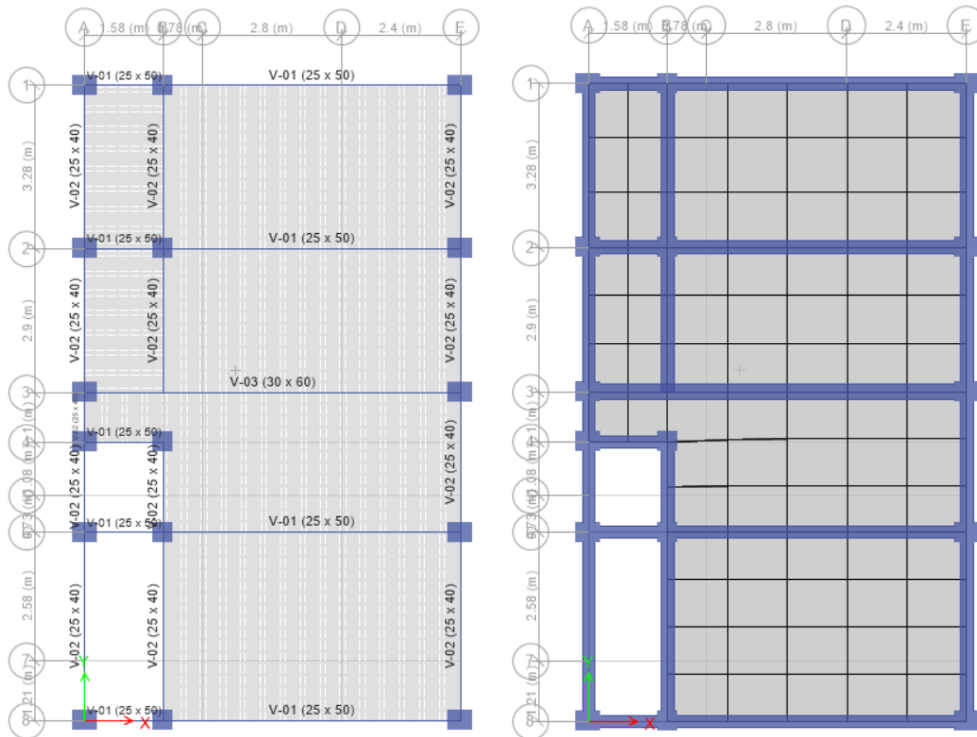
**Figura 30**

*Planta Idealizada del Mezzanine 1 (Piso 1)*



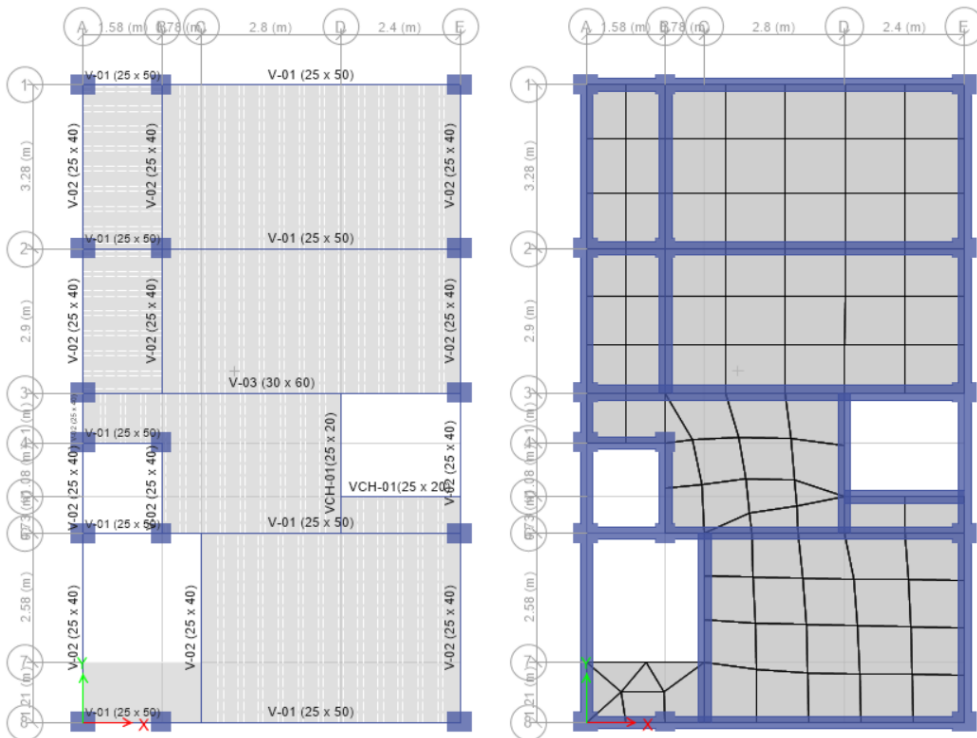
**Figura 31**

*Planta Idealizada del Piso 2*



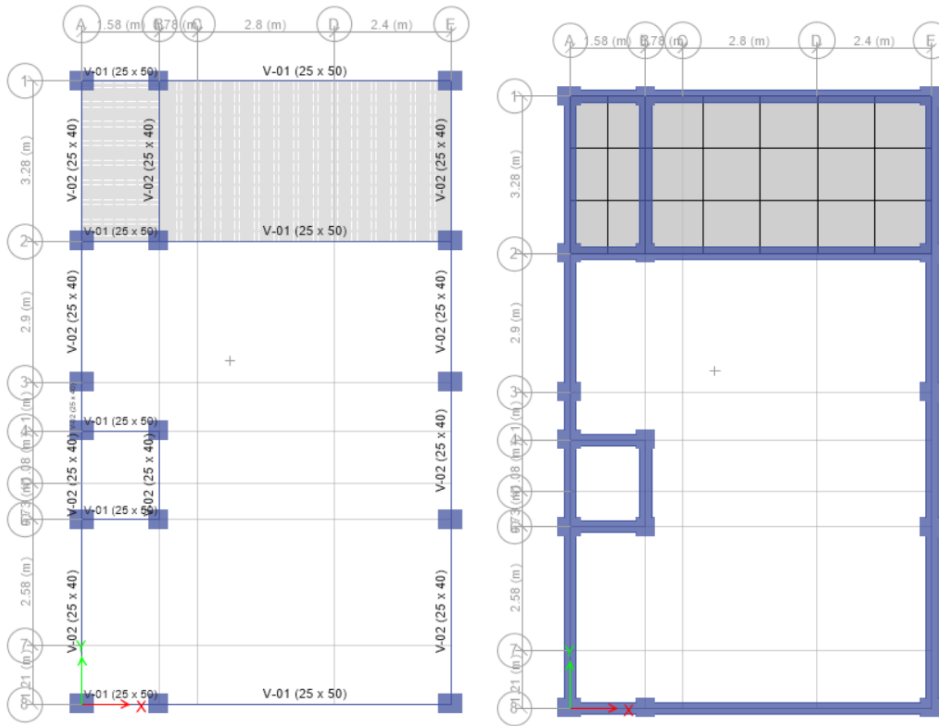
**Figura 32**

*Planta Idealizada del Piso 3*



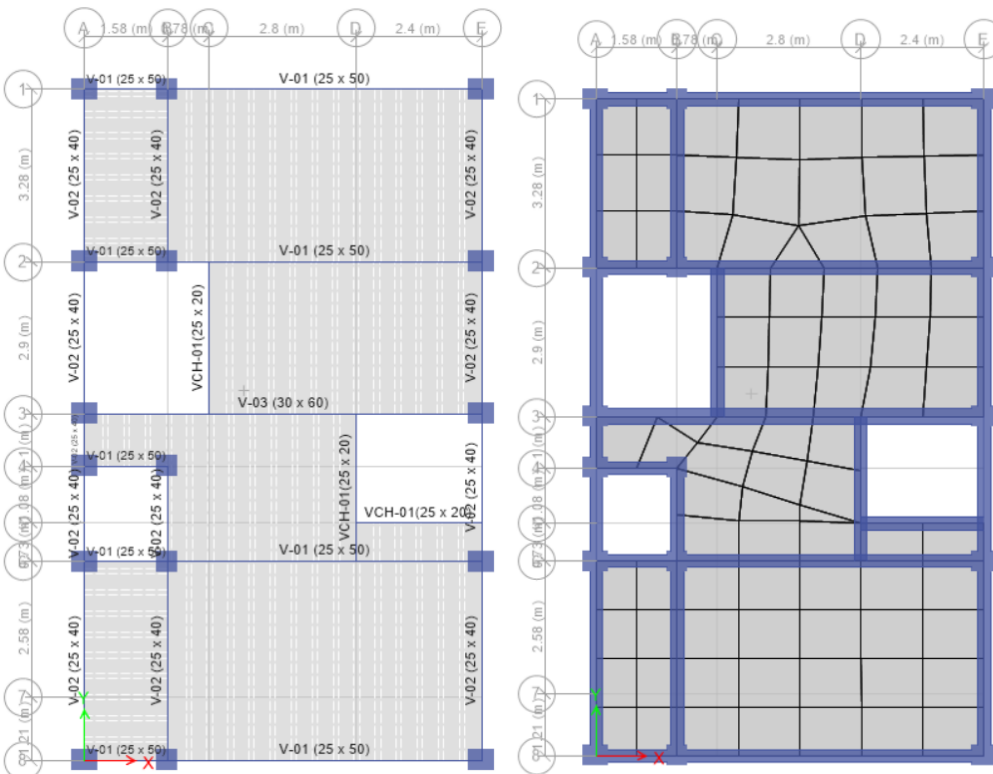
**Figura 33**

*Planta Idealizada del Mezzanine 2(Piso 4)*



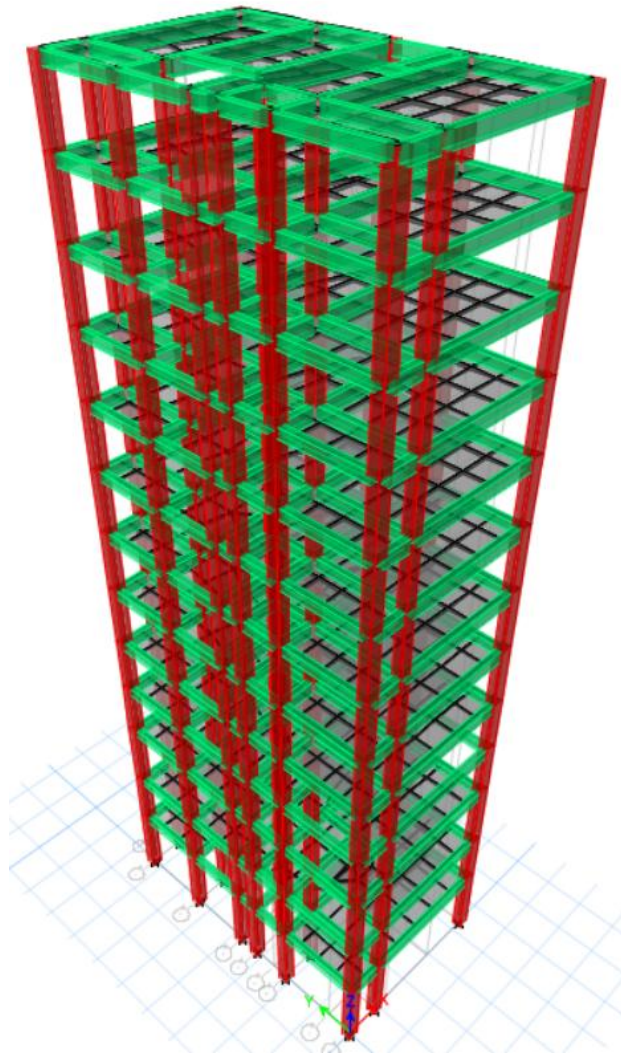
**Figura 34**

*Planta Típica Idealizada del Piso 5 hasta el Piso 13*



**Figura 35**

*Vista 3D del Modelamiento Estructural*



**3.6.1.2. Respuesta estructural de la edificación en estudio sin disipadores de fluido viscoso**

***a) Análisis estático lineal***

Permite evaluar el desempeño de una estructura o sistema ante cargas estáticas y no sufren cambios con el tiempo. Se determinarán las tensiones, deformaciones y cargas a las que una estructura o sistema está sometida en un momento determinado. Además, para calcular los desplazamientos y las fuerzas de diseño, este método representa las sollicitudes sísmicas

mediante un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masa de cada piso de la edificación (E.030, 2018).

El cálculo de la fuerza cortante en la base se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP-E.030, garantizando el cumplimiento de los parámetros normativos y la correcta aplicación de los requisitos necesarios para un análisis sísmico apropiado.

$$V_{\text{base}} = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) * P_{\text{Sismico}}$$

Siendo:

$V_{\text{base}}$  = Cortante en la base de la estructura

Z = Factor de zona, este se entiende como las aceleraciones horizontales máximas en el suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida durante un periodo de 50 años.

U = Factor de uso, representa la importancia de la estructura.

C = Coeficiente de amplificación sísmica, se refiere al incremento en la respuesta estructural en comparación con la aceleración experimentada por el suelo.

S = Perfil del suelo, determinado por la velocidad con la que se propagan las ondas de corte en el suelo.

R = Factor de reducción sísmica.

$P_{\text{Sismico}}$  = Peso sísmico de la estructura, para edificaciones de categoría "C" se estima el 100% de CM + 25% de CV.

Para determinar los parámetros de la expresión anterior, se consideraron los criterios establecidos en la NTP-E.030.

### ❖ **Zonificación sísmica (Z)**

La estructura está situada en el distrito de Chota, provincia de Chota, en el departamento de Cajamarca. Conforme a la zonificación sísmica establecida en la norma, esta ubicación pertenece a la zona 2, clasificada como de sismicidad intermedia, por lo que se asigna un factor de zona (Z) igual a 0.25.

### ❖ **Condiciones Geotécnicas: Parámetros de Sitio (S, Tp y TL)**

La ciudad de Chota se encuentra sobre suelos arcillosos cohesivos y compactos, lo que permite clasificar su perfil geotécnico como tipo S2 (suelos intermedios), conforme a las especificaciones de la norma NTP E.030. Esta clasificación implica un factor de suelo (S) igual a 1.20; además, para este tipo de perfil, se adoptan los periodos característicos  $TP = 0.6$  segundos y  $TL = 2.0$  segundos.

Es importante señalar que la estructura analizada está situada en la zona urbana de Chota, por tal motivo los terrenos adyacentes se encuentran ocupados en su totalidad por edificaciones, es por ello que no fue posible realizar calicatas para identificar directamente el tipo de suelo en el que se apoya la construcción. En consecuencia, se utilizó como referencia el EMS realizado para el proyecto de pavimentación del Jr. Camino Real y la Av. Tacabamba (Calles de acceso al edificio), denominado: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. TACABAMBA CUADRAS 5, 6 Y 7; JR. SANTA CLARA CUADRAS 1, 2 Y 3; JR. SAN FRANCISCO CUADRA 1; PASAJE SAN ANTONIO; JR. CAMINO REAL CUADRAS 1, 2 Y 3; JR. SANTA ROSA CUADRA 9; FRAY AGUSTÍN GURRIA CUADRA 5; JR. PRIMERO DE NOVIEMBRE CUADRA 2; JR. JUAN RAMÍREZ CUADRA 2; PASAJE NUEVA SANTO ROSA CUADRA 1; PASAJE EL RONDERO Y PASAJES ANEXOS DEL CENTRO POBLADO DE CHOTA – DISTRITO DE CHOTA –

PROVINCIA DE CHOTA – REGIÓN CAJAMARCA", mediante la tabla podemos identificar que se trata de un suelo arcilloso y según la NTP E.030 se clasifica como un suelo de tipo 2.

**Tabla 14**

*Propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo de Calicata 4 Correspondiente a la Av.*

*Tacabamba según EMS de Referencia*

Parámetro	Unidad	Valor	Norma de Referencia
Tipo de suelo		GC (Grava arcillosa	S.U.C.S.
	-	pobremente gradada)	A.A.S.H.T.O.
Tipo de suelo	-	A-7-6 (Suelo arcilloso)	E.030
Tipo de suelo	-	S2 (Suelo intermedio)	ASTM D2216
Contenido de humedad	%	4.41	ASTM D4318
Límite líquido (LL)	%	30.00	ASTM D4319
Límite plástico (LP)	%	24.00	ASTM D4320
Índice de plasticidad (IP)	%	6.00	

**Tabla 15**

*Propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo de Calicata 5 Correspondiente al Jr. Camino*

*Real según EMS de Referencia*

Parámetro	Unidad	Valor	Norma de Referencia
Tipo de suelo		GC (Grava arcillosa	S.U.C.S.
	-	pobremente gradada)	A.A.S.H.T.O.
Tipo de suelo	-	A-6 (Suelo arcilloso)	E.030
Tipo de suelo	-	S2 (Suelo intermedio)	ASTM D2216
Contenido de humedad	%	3.81	ASTM D4318
Límite líquido (LL)	%	29.00	ASTM D4319
Límite plástico (LP)	%	21.00	ASTM D4320
Índice de plasticidad (IP)	%	8.00	

### ❖ **Factor de Amplificación Sísmica (C)**

Este factor está relacionado con el periodo fundamental de la edificación, representa la amplificación de la aceleración que experimenta la estructura en comparación con la aceleración del suelo. Su cálculo se realiza mediante las siguientes fórmulas:

$$TP > T \quad \rightarrow \quad C = 2.5$$

$$TL > T > TP \quad \rightarrow \quad C = 2.5TP/T$$

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

### ❖ **Categoría de la edificación y Factor de Uso (U)**

La estructura analizada está destinada a uso hotelero y se clasifica en categoría C de edificaciones comunes, asignándole un factor de uso (U) igual a 1.0.

### ❖ **Sistema Estructural y Coeficiente Básico de Reducción (Ro)**

El sistema estructural considerado para la estructura en análisis corresponde a pórticos, por lo que se aplicará un coeficiente básico de reducción (Ro) de valor 8.

### ❖ **Regularidad Estructural y Factores de Irregularidad (Ia, Ip)**

El edificio analizado se considera una construcción convencional, porque no presenta discontinuidades relevantes en los componentes verticales ni irregularidades importantes en rigidez y resistencia dentro de su disposición estructural frente a las cargas horizontales en ambos sentidos analizados. Por esta razón, se asignan coeficientes Ia e Ip con un valor de 1.

### ❖ **Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)**

Este coeficiente se calcula como la multiplicación de los coeficientes Ia e Ip y coeficiente Ro, se calcula que:

$$R = R_o * I_a * I_p \quad \rightarrow \quad R = 8(1)(1) = 8$$

## ❖ **Periodo Fundamental (T) y Peso total de la edificación (P)**

Para determinar estos valores, se llevó a cabo el modelado de la edificación en el software ETABS, considerando en el cálculo del peso sísmico la incorporación del 25% de la carga viva, conforme a los lineamientos establecidos para edificaciones de categoría C según la norma NTP E.030.

De acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 28 de la Norma E.030 (2018), la aplicación del análisis sísmico estático está permitida únicamente en edificaciones que cumplan con ciertos criterios específicos; para que este método sea válido, la construcción debe estar situada en la zona sísmica Z1, contar con una altura máxima de 30 metros y presentar una configuración estructural regular.

En el caso de la edificación analizada en esta investigación, se identificó que se encuentra dentro de la zona sísmica Z2, lo que indica una mayor exposición a movimientos sísmicos, posee una altura superior a 30 metros y está construida con concreto armado, características que la excluyen del uso exclusivo del análisis estático. Debido a estos factores, la normativa vigente exige la implementación de un análisis dinámico, que permite un análisis más preciso del desempeño estructural de la edificación. No obstante, el análisis estático se utilizó como un punto de referencia, permitiendo la comparación de los cortantes basales obtenidos mediante ambos procesos de análisis, con el propósito de evaluar las discrepancias en los resultados y validar la eficacia del análisis dinámico en este tipo de estructuras.

### ***b) Análisis dinámico lineal***

#### **-Análisis modal y porcentaje de masa participativa**

Para desarrollar este análisis se consideraron 3 grados de libertad por nivel, al contar con 13 pisos, resultó un total de 39 modos de vibración evaluados.

Según la Norma E030 (2018), “los modos pueden obtenerse mediante un análisis que represente adecuadamente la distribución de las masas y características de rigidez. Además, en cada

sentido de análisis, deben incluirse aquellos modos cuya masa efectiva acumulada alcance al menos el 90% de la masa total del sistema” (p. 23). En cumplimiento de esta disposición normativa, se efectuó el análisis modal correspondiente.

### **-Aceleración espectral y el espectro inelástico**

Se desarrolló un análisis espectral con el objetivo de calcular los desplazamientos horizontales y comprobar que estos se mantengan dentro de los márgenes establecidos por la Norma E.030. Para cada sentido de análisis se empleó un espectro inelástico de pseudoaceleraciones considerando un factor de reducción  $R=8$ , lo cual implica que la edificación cuenta con una alta capacidad de disipación a través de comportamientos inelásticos, permitiendo así reducir las fuerzas sísmicas de diseño a una octava parte de las que resultan de un análisis elástico.

Se elaboró el espectro inelástico de pseudoaceleraciones para ambas direcciones utilizando una hoja de cálculo, tomando como base los parámetros previamente determinados, este procedimiento se efectuó sin incluir inicialmente el efecto de la gravedad ( $g$ ), la cual será incorporada posteriormente al momento de definir el caso de carga dinámica correspondiente. Se llevó a cabo un análisis modal utilizando la combinación cuadrática completa (CQC), mediante la cual se integraron los resultados obtenidos de cada modo de vibración definidos en el modelo estructural, generando así un único valor representativo para parámetros globales como cortante en la base, cortante de entrepiso, momentos y desplazamientos.

Asimismo, para la combinación direccional se aplicó el método SRSS (Raíz cuadrada de la suma de los cuadrados), considerando un amortiguamiento natural del 5%, propio de estructuras de concreto armado, del mismo modo que en el análisis sísmico estático, se incluyó una excentricidad accidental equivalente al 5%, conforme a lo establecido por la normativa vigente.

$$s_a = \frac{Z(U)(C)(S)}{R} * g$$

### **-Fuerza cortante mínima**

La Norma E.030 (2018) establece que, “para cada dirección analizada, la fuerza cortante en el primer piso de una estructura regular no debe ser inferior al 80% del valor determinado mediante el análisis estático” (p. 25). En base a esta indicación, y considerando que la edificación es regular, se llevó a cabo una comparación entre las fuerzas cortantes obtenidas en los análisis estático y dinámico.

### **-Desplazamientos laterales y derivas de entrepiso**

La Norma E.030 (2018) establece que, “en el caso de estructuras regulares, los desplazamientos horizontales se deben calcular multiplicando por  $0.75R$  los resultados del análisis lineal y elástico con cargas sísmicas reducidas” (p. 27). Basándonos en este criterio, se comprueba que los resultados no superen el límite de 0.007, que corresponde a la distorsión máxima permisible por entrepiso para edificaciones de concreto armado.

### **-Verificación de irregularidades de la estructura**

Las irregularidades en una estructura son variaciones o discontinuidades en su configuración geométrica, distribución de cargas, rigidez o resistencia, que pueden afectar su comportamiento ante fuerzas externas, especialmente durante un sismo, estas irregularidades pueden hacer que la estructura responda de manera impredecible o inadecuada, aumentando el riesgo de concentraciones de esfuerzos, deformaciones excesivas o incluso colapso parcial o total. Por tal motivo, se comprobó si el edificio estudiado presenta irregularidades de planta y altura siguiendo como referencia la Norma E.030.

### **Irregularidad en altura**

#### **➤ Irregularidad de rigidez – Piso blando**

Si la rigidez en una dirección determinada es inferior al 70% de la rigidez del piso inmediatamente superior, o si es menor al 80% del promedio de rigidez de los tres pisos superiores, se asignará un factor de irregularidad igual a 0.75.

**Tabla 16***Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el eje X-X*

Piso	Altura (m)	Ki (Tonf/m)	70% del piso superior	80% del promedio	Configuración
13	2.70	3878.347	---	---	---
12	2.70	7147.486	1.843	---	---
11	2.70	8918.632	1.248	---	---
10	2.70	9923.780	1.113	1.493	Regular
9	2.70	10585.137	1.067	1.222	Regular
8	2.70	11119.450	1.050	1.134	Regular
7	2.70	11653.769	1.048	1.105	Regular
6	2.70	12262.852	1.052	1.103	Regular
5	2.50	13732.025	1.120	1.176	Regular
4	2.50	14058.333	1.024	1.120	Regular
3	3.20	11957.276	0.851	0.896	Regular
2	2.60	17297.176	1.447	1.306	Regular
1	3.50	16994.573	0.983	1.177	Regular

**Tabla 17***Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando en el eje Y-Y*

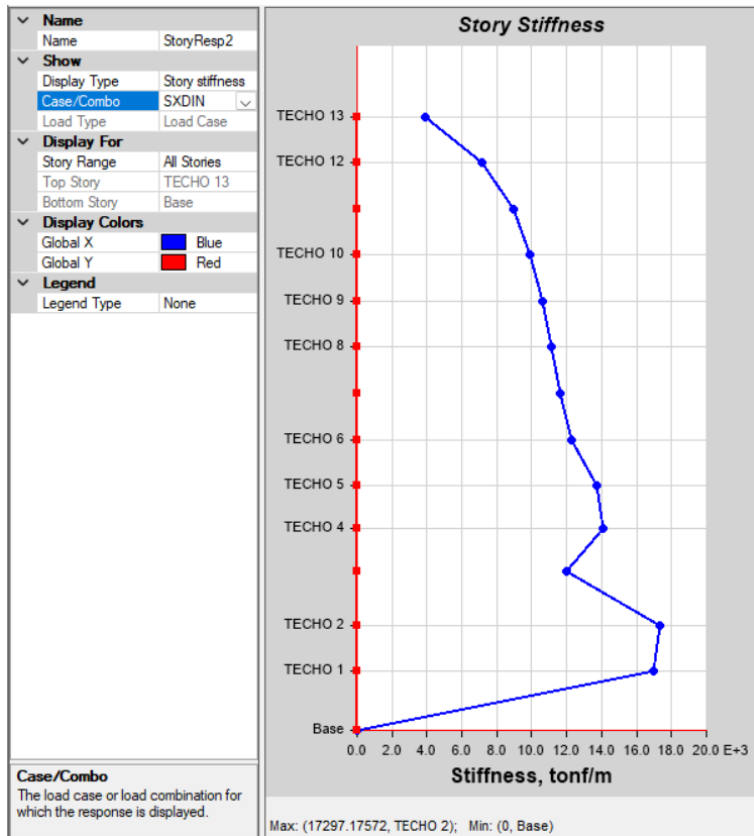
Piso	Altura (m)	Ki (Tonf/m)	70% del piso superior	80% del promedio	Configuración
13	2.70	4595.259	---	---	---
12	2.70	7581.097	1.650	---	---
11	2.70	8783.934	1.159	---	---
10	2.70	9378.117	1.068	1.342	Regular
9	2.70	9745.027	1.039	1.136	Regular
8	2.70	10037.381	1.030	1.079	Regular
7	2.70	10331.763	1.029	1.063	Regular
6	2.70	10723.268	1.038	1.068	Regular
5	2.50	12157.791	1.134	1.173	Regular

4	2.50	11874.520	0.977	1.073	Regular
3	3.20	9233.272	0.778	0.797	Regular
2	2.60	13963.569	1.512	1.259	Regular
1	3.50	13620.687	0.975	1.165	Regular

Como se observa en ambos casos los valores superan el límite establecido por la normativa, entonces no presenta irregularidad de rigidez por piso blando.

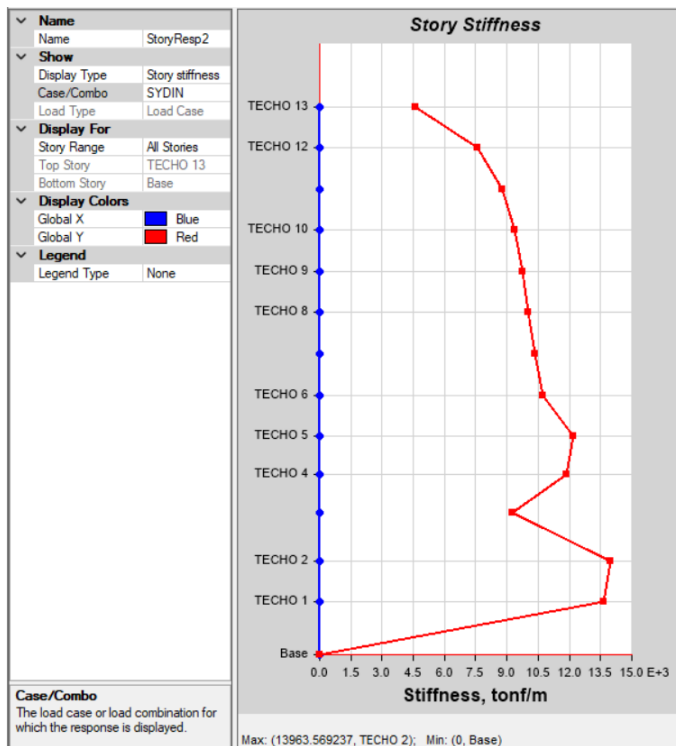
**Figura 36**

*Distribución de Rigideces Laterales por cada Piso en la Dirección X-X*



**Figura 37**

*Distribución de Rigideces Laterales por cada Piso en la Dirección Y-Y*



➤ **Irregularidad de resistencia – Piso débil**

Si en algún punto la fuerza cortante es inferior al 80% de la cortante correspondiente al piso inmediatamente superior, se deberá considerar un coeficiente de irregularidad de 0.75.

**Tabla 18**

*Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso Débil en el eje X-X*

Piso	Altura (m)	Vi (Tonf)	80% del piso superior	Configuración
13	2.70	5.888	---	---
12	2.70	12.580	2.137	Regular
11	2.70	17.810	1.416	Regular
10	2.70	21.935	1.232	Regular
9	2.70	25.302	1.154	Regular
8	2.70	28.193	1.114	Regular

7	2.70	30.822	1.093	Regular
6	2.70	33.356	1.082	Regular
5	2.50	35.828	1.074	Regular
4	2.50	37.147	1.037	Regular
3	3.20	39.074	1.052	Regular
2	2.60	40.736	1.043	Regular
1	3.50	41.520	1.019	Regular

**Tabla 19**

*Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso Débil en el eje Y-Y*

Piso	Altura (m)	Vi (Tonf)	80% del piso superior	Configuración
13	2.70	5.235	---	---
12	2.70	11.310	2.161	Regular
11	2.70	16.180	1.431	Regular
10	2.70	20.072	1.241	Regular
9	2.70	23.248	1.158	Regular
8	2.70	25.941	1.116	Regular
7	2.70	28.364	1.093	Regular
6	2.70	30.696	1.082	Regular
5	2.50	32.988	1.075	Regular
4	2.50	34.211	1.037	Regular
3	3.20	36.012	1.053	Regular
2	2.60	37.541	1.042	Regular
1	3.50	38.268	1.019	Regular

Como se observa en ambos casos los valores superan el límite establecido por la normativa, entonces no presenta irregularidad de resistencia por piso débil.

➤ **Irregularidad extrema de rigidez**

Si la rigidez en cualquier dirección es inferior al 60% respecto a la del piso inmediatamente superior, o menor al 70% del promedio de rigidez de los tres pisos superiores, se asignará un factor de irregularidad de 0.50.

Como se observa en las tablas anteriores, en ambos casos los valores superan el límite establecido por la normativa, lo que indica que la edificación no muestra irregularidad extrema de rigidez.

➤ **Irregularidad extrema de resistencia**

Si la fuerza cortante en algún nivel es inferior al 65% de la fuerza cortante del piso inmediatamente superior, se considerará un factor de irregularidad de 0.50.

Como se observa en las tablas anteriores, en ambos casos los valores superan el límite establecido por la normativa, lo que indica que la estructura no presenta irregularidad extrema de resistencia.

➤ **Irregularidad de masa o peso**

Si el peso de un piso es mayor a 1.5 veces el peso de un piso adyacente tendrá un factor de irregularidad de 0.9, este criterio no aplica en sótanos y azoteas.

**Tabla 20**

*Verificación de Irregularidad de Masa*

Piso	Altura (m)	Pi (Tonf)	$W_i > 1.5W_{i+1}$	$W_i > 1.5W_{i-1}$	Configuración
13	2.70	86.980	---	0.771	---
12	2.70	112.760	1.296	1.000	Regular
11	2.70	112.760	1.000	1.000	Regular
10	2.70	112.760	1.000	1.000	Regular
9	2.70	112.760	1.000	1.000	Regular
8	2.70	112.760	1.000	1.000	Regular
7	2.70	112.760	1.000	1.000	Regular
6	2.70	112.760	1.000	1.028	Regular

5	2.50	109.679	0.973	1.482	Regular
4	2.50	59.268	0.540	0.566	Regular
3	3.20	104.700	1.472	0.961	Regular
2	2.60	108.900	1.040	1.364	Regular
1	3.50	79.819	0.733	---	---

Como se observa en ambos casos los valores superan el límite establecido por la normativa, entonces no presenta irregularidad de masa o peso.

➤ **Irregularidad geométrica vertical**

Cuando en alguna dirección de la estructura la capacidad para resistir cargas laterales supera en más de 1.3 veces la de un nivel contiguo, se asigna un factor de irregularidad de 0.9. En el caso de la presente investigación, todos los niveles presentan una configuración típica, por lo tanto, no se identifica la presencia de irregularidades geométricas en sentido vertical

➤ **Discontinuidad en los sistemas resistentes**

La estructura no presenta esta irregularidad, porque todos los componentes estructurales que conforman el sistema resistente se mantienen de manera continua a lo largo de todos los niveles.

➤ **Discontinuidad extrema en los sistemas resistentes**

Como el edificio no presenta discontinuidad en los sistemas resistentes no tendrá discontinuidad extrema en los sistemas resistentes.

**- Irregularidad en planta**

➤ **Irregularidad torsional**

Si en alguno de los sentidos analizados, el desplazamiento relativo máximo de piso en uno de los extremos del edificio supera en 1.3 veces al promedio de los desplazamientos en ambos extremos de ese mismo piso, se considerará un coeficiente de irregularidad de 0.75. Este criterio aplica únicamente a edificaciones con

diafragmas rígidos y cuando dicho desplazamiento relativo excede el 50% del límite permitido.

**Tabla 21**

*Desplazamiento Máximo y Promedio en la Dirección X-X*

Piso	Altura (m)	Desplazamiento máximo	Desplazamiento promedio	Ratio	Configuración
13	2.70	0.003	0.003	1.033	Regular
12	2.70	0.004	0.004	1.033	Regular
11	2.70	0.005	0.004	1.033	Regular
10	2.70	0.005	0.005	1.033	Regular
9	2.70	0.005	0.005	1.033	Regular
8	2.70	0.006	0.006	1.034	Regular
7	2.70	0.006	0.006	1.034	Regular
6	2.70	0.006	0.006	1.036	Regular
5	2.50	0.007	0.006	1.043	Regular
4	2.50	0.007	0.006	1.045	Regular
3	3.20	0.006	0.006	1.036	Regular
2	2.60	0.006	0.005	1.052	Regular
1	3.50	0.004	0.004	1.062	Regular

**Tabla 22**

*Desplazamiento Máximo y Promedio en la Dirección Y-Y*

Piso	Altura (m)	Desplazamiento máximo	Desplazamiento promedio	Ratio	Configuración
13	2.70	0.003	0.002	1.097	Regular
12	2.70	0.004	0.003	1.112	Regular
11	2.70	0.005	0.004	1.120	Regular
10	2.70	0.005	0.005	1.125	Regular
9	2.70	0.006	0.005	1.130	Regular
8	2.70	0.007	0.006	1.134	Regular
7	2.70	0.007	0.006	1.138	Regular

6	2.70	0.007	0.006	1.141	Regular
5	2.50	0.007	0.007	1.141	Regular
4	2.50	0.008	0.007	1.142	Regular
3	3.20	0.008	0.007	1.150	Regular
2	2.60	0.007	0.006	1.161	Regular
1	3.50	0.006	0.005	1.161	Regular

Como se observa en ambos casos los valores superan el límite establecido por la normativa, entonces no presenta irregularidad torsional.

➤ **Irregularidad torsional extrema**

Como se observa en las tablas anteriores, en ambos casos los valores superan el límite establecido por la normativa, lo que indica que la estructura no presenta irregularidad torsional extrema.

➤ **Esquinas entrantes**

Según la configuración arquitectónica en planta no presenta esquinas entrantes porque es simétrica en ambas direcciones.

➤ **Discontinuidad del diafragma**

El edificio estudiado no presenta esta irregularidad porque las áreas de las aberturas no supera el 50% en comparación al área total.

**c) Análisis tiempo historia lineal**

Según el código de cargas y normativas de distintos países, se recomienda utilizar como mínimo 7 conjuntos de datos sísmicos, promediando sus resultados para el análisis. Sin embargo, también es válido emplear entre 3 y 6 registros, en cuyo caso el resultado estará determinado por el valor máximo obtenido entre ellos. Para este estudio, se seleccionaron cuatro registros históricos de sismos ocurridos en diversas regiones del Perú: el terremoto de 1970 en Chimbote, el de 2007 en Pisco, el de 1966 en Lima-Callao y el de 1974 en Lima. Las características de estos eventos en las dos direcciones se presentan en la Tabla 35.

### 3.6.1.3. Respuesta estructural de la edificación en estudio con disipadores de fluido

viscoso

#### a) Elección del objetivo de desempeño

Según la categorización del SEAOC, la estructura investigada en este estudio es una estructura básica. Para el diseño sísmico se seleccionó un evento sísmico con un tiempo de retorno de 475 años, bajo la premisa de aceptar daños moderados tras su ocurrencia.

Conforme al acápite 5 de “Multihazard Loss Estimation Methodology” en la tabla 5.1 denominada Specific Building types se detallan los diferentes sistemas estructurales y su categorización basada en la altura del edificio. En el caso particular del modelo estudiado, que corresponde a una construcción aporricada de 13 pisos, se asigna la clasificación C1H (Concrete Moment Frame) dentro de la categoría de edificios altos (High-Rise).

Finalmente, con el propósito de garantizar daños moderados tras un sismo raro, y considerando que el diseño se efectuó bajo un modelo sísmico de nivel moderado, la tabla 5.19 del mismo manual establece un límite máximo permisible de deriva de **5%** para esta tipología estructural.

**Tabla 23**

*Relación Daño - Deriva según Metodología HAZUS*

Edificación	Características			Distorsión máxima			
	Etiqueta	Tipo	Pisos	Leve	Moderado	Extenso	Completo
Pórticos de concreto armado	C1L	Bajo	01-03	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800
	C1M	Medio	04-07	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533
	C1H	Alto	8+	0.0025	<b>0.0050</b>	0.0150	0.0400
Muros de concreto armado	C2L	Bajo	01-03	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800
	C2M	Medio	04-07	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533
	C2H	Alto	8+	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400

*Nota.* Adoptado de (FEMA, 2003)

### ***b) Amortiguamiento efectivo***

Basandose en las derivas máximas calculadas en el análisis tiempo historia lineal, se obtiene la reducción de la respuesta:

$$B_{x,y} = \frac{D_{\text{máx}}(x,y)}{D_{\text{objetivo}}}$$

Donde:

$B_{X,Y}$  = Coeficiente de reducción por amortiguamiento de los disipadores en X e Y.

$D_{\text{máx}X,Y}$  = Máxima distorsión obtenida del análisis dinámico tiempo historia con el sismo elegido.

$D_{\text{objetivo}}$  = Relación daño – distorsión de acuerdo a metodología HAZUS.

Por lo tanto, se obtiene:

$$B_x = \frac{0.00946}{0.0050} = 1.892$$

$$B_y = \frac{0.01136}{0.0050} = 2.272$$

Luego, se definió el amortiguamiento efectivo  $\beta_{\text{eff}}$ , relacionando la ecuación anterior con la que se menciona a continuación:

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{\text{eff}})}$$

Siendo:

$B$  = Coeficiente de reducción por amortiguamiento de los disipadores.

$\beta_0$  = Amortiguamiento crítico de la estructura

$\beta_{\text{eff}}$  = Amortiguamiento efectivo

Tomando en cuenta un amortiguamiento inherente de la estructura ( $\beta_0$ ) de 5%, conforme a lo establecido en el acápite IV de la Norma E.030, se obtuvieron los valores de amortiguamiento efectivo ( $\beta_{\text{eff}}$ ) para las direcciones X e Y.

$$B_x = 1.892 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{\text{eff}})} \rightarrow \beta_{\text{effx}} = 33.35\%$$

$$B_y = 2.272 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{\text{eff}})} \rightarrow \beta_{\text{effy}} = 47.60\%$$

### ***c) Amortiguamiento viscoso***

Una vez determinado el amortiguamiento efectivo ( $\beta_{\text{eff}}$ ), se calculó el amortiguamiento viscoso ( $\beta_{\text{visc.}}$ ), restando el amortiguamiento crítico ( $\beta_0$ ) al valor del amortiguamiento efectivo obtenido.

$$\beta_{\text{visc.X}} = \beta_{\text{effx}} - 5\% = 28.35\%$$

$$\beta_{\text{visc.Y}} = \beta_{\text{effy}} - 5\% = 42.60\%$$

Considerando las recomendaciones del fabricante, el aporte de amortiguamiento proporcionado por los disipadores diseñados debe encontrarse entre el 20% y el 40%. Por ello, para la dirección X-X se adoptó un amortiguamiento viscoso del 29%, mientras que para la dirección Y-Y se asumió un valor del 40%

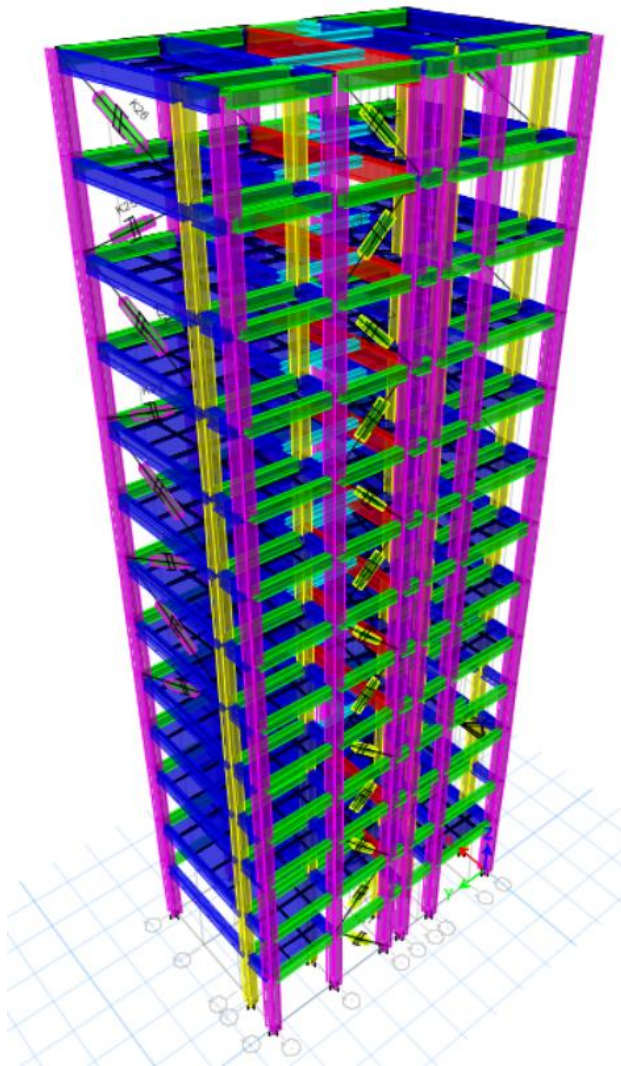
### ***d) Ubicación de los dispositivos de disipación de energía***

Para determinar la configuración de los disipadores, se siguieron las directrices establecidas en la Norma ASCE/SEI 7-10, la cual sugiere instalar como mínimo 2 dispositivos por cada sentido de análisis en cada nivel, asegurando que su disposición evite la generación de torsión.

El número y ubicación de los disipadores se realiza mediante un procedimiento iterativo; en este estudio, se evaluaron dos propuestas: la primera contempla la ubicación de 4 dispositivos por nivel (2 por cada dirección) en una configuración diagonal, mientras que la segunda considera 8 dispositivos por nivel (4 por cada dirección) en una disposición de Chevron Brace Mejorado, ubicándolos en los pórticos laterales, ya que en estas zonas se alcanzan las mayores velocidades, optimizando así su efectividad.

**Figura 38**

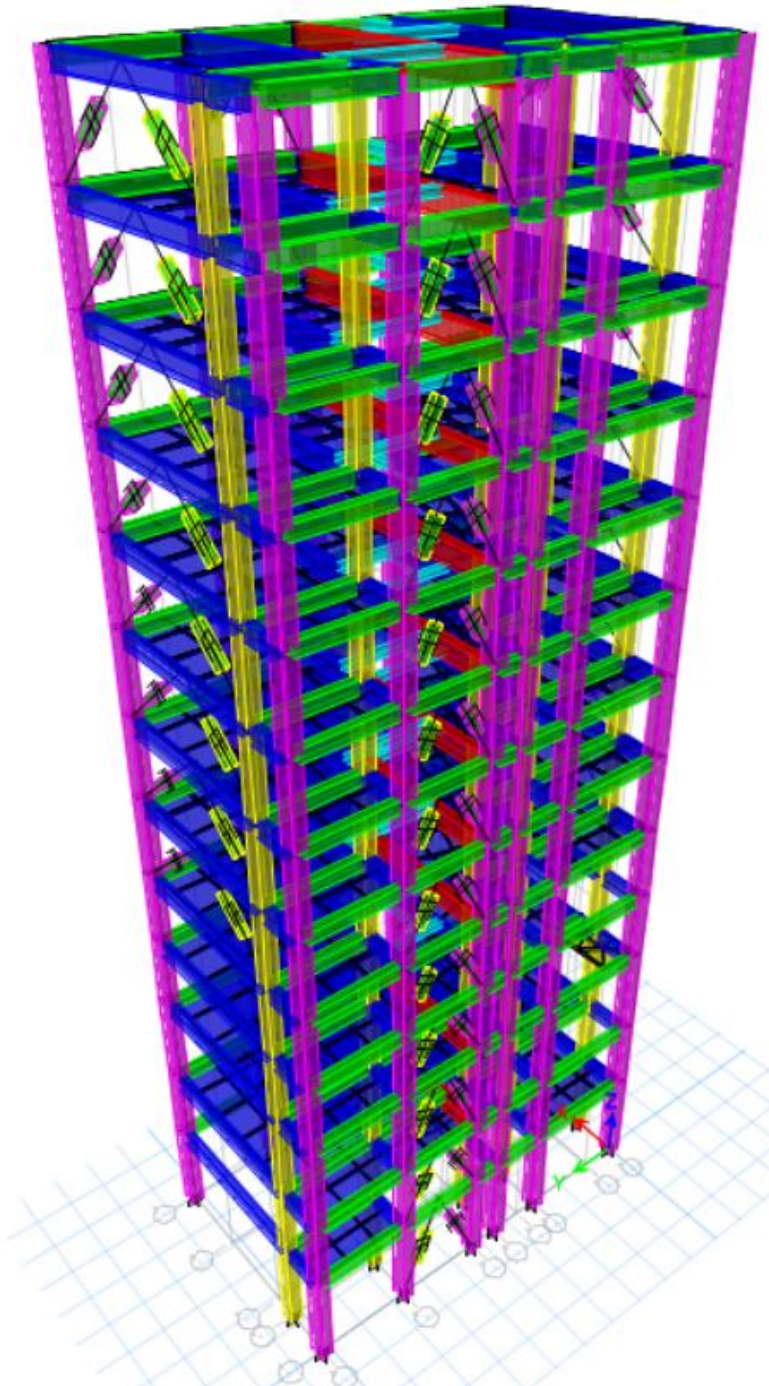
*Ubicación de Disipadores en Configuración Diagonal, 2 Dispositivos por cada Dirección*



*Nota.* El modelado se realizó en el software ETABS V 19.1.0. con la incorporación de disipadores de fluido viscoso en disposición diagonal en los pórticos laterales.

**Figura 39**

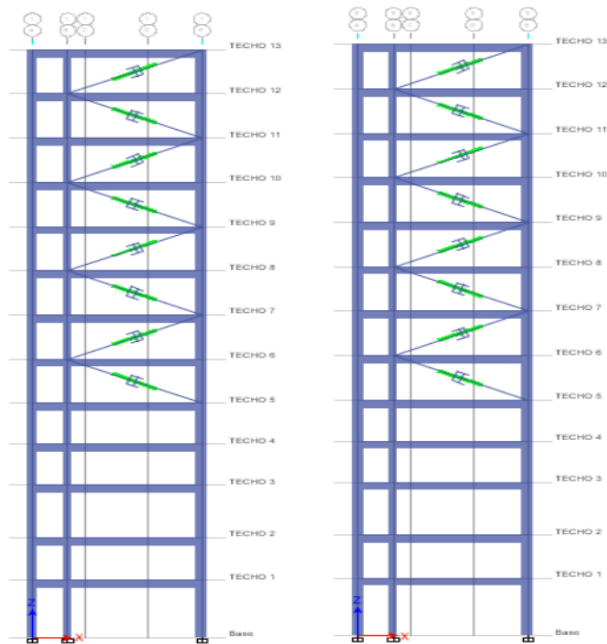
*Ubicación de Disipadores en Configuración Chevron Brace Mejorado, 4 Dispositivos por cada Dirección*



*Nota.* El modelado se realizó en el software ETABS V 19.1.0. con la adición de DFV en ubicación chevron brace mejorado en los pórticos laterales.

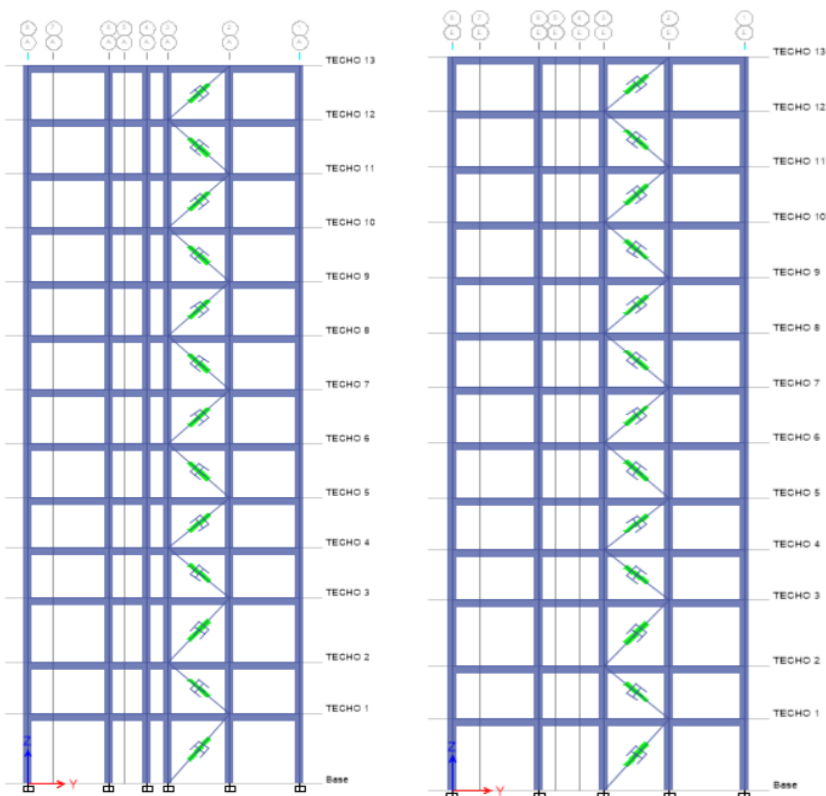
**Figura 40**

*Ubicación de Disipadores en el Eje 1 y 8 en la Dirección X-X (Configuración Diagonal)*



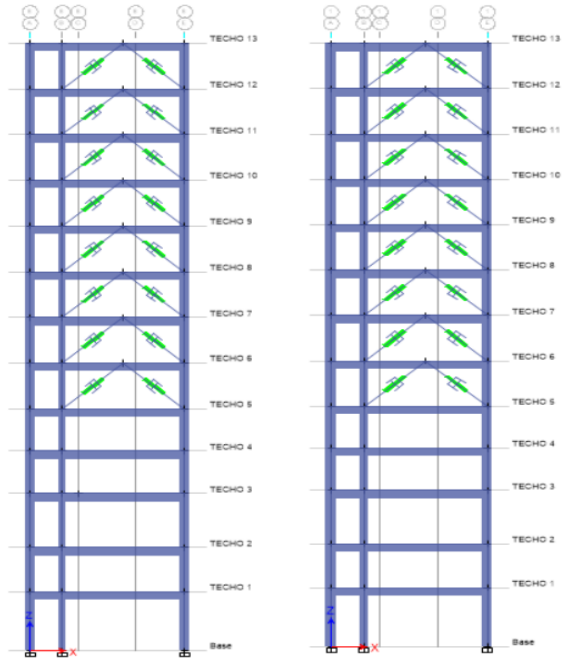
**Figura 41**

*Ubicación de Disipadores en el Eje A y E en la Dirección Y-Y (Configuración Diagonal)*



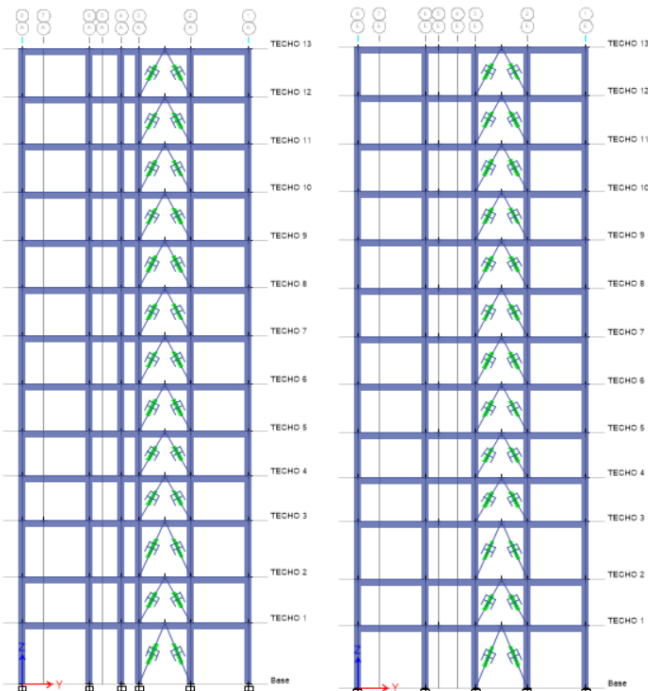
**Figura 42**

*Ubicación de Disipadores en el Eje 1 y 8 en la Dirección X-X (Configuración Chevron Brace Mejorado)*



**Figura 43**

*Ubicación de Disipadores en el Eje A y E en la Dirección Y-Y (Configuración Chevron Brace Mejorado)*



### ***e) Comparación de resultados para la elección de la propuesta definitiva***

Se llevó a cabo la evaluación de los resultados para cada una de las alternativas consideradas (disposición diagonal y chevron brace mejorado), abarcando disipadores tanto lineales como no lineales con distintos valores del exponente de velocidad alfa. Esta comparación se realizó en relación con los eventos sísmicos en el eje X-X, tomando como referencia el sismo de Lima de 1974 (Caso 2), y en el eje Y-Y, considerando el sismo de Lima de 1974 (Caso 1). Cabe destacar que, como se ha demostrado previamente, estos casos representan los escenarios que generan la mayor respuesta en la estructura produciendo las mayores distorsiones de entrepiso y verificando que estas cumplan con la deriva objetivo propuesta según HAZUS.

#### **-Derivas de entrepiso**

Se muestra las distorsiones para el modelamiento con 2 dispositivos por dirección en la disposición diagonal y 4 disipadores por dirección en la disposición chevron brace mejorado con los diferentes exponentes de velocidad tanto lineales como no lineales y verificar cuales de ellos genera una mayor respuesta en el comportamiento de la edificación y, poder tomar la decisión para la propuesta definitiva. Asimismo, se llevó a cabo un análisis comparativo entre ambas propuestas para determinar cuál de ellas presenta un desempeño más eficiente en función del exponente de velocidad.

#### **-Desplazamiento de entrepiso**

Se presenta los desplazamientos de cada nivel para el modelamiento con 2 dispositivos por dirección en la disposición diagonal y 4 disipadores por dirección en la disposición chevron brace mejorado con los diferentes exponentes de velocidad  $\alpha=0.25$ ,  $\alpha=0.50$ ,  $\alpha=0.75$  y, verificar cuales de ellos genera una mayor respuesta en el comportamiento de la edificación.

### **-Balance energético**

De acuerdo con el balance de energía previamente presentado para los amortiguadores tanto lineales como no lineales, el porcentaje de disipación energética depende directamente del número de dispositivos instalados por nivel y su ubicación en la estructura.

### **-Velocidad y aceleración del centro de masa**

Mediante la incorporación de amortiguadores viscosos al edificio, al disipar la energía de movimiento de la estructura, estos limitan la amplitud, la rapidez de los desplazamientos oscilatorios y disminuyen la respuesta inercial; la disminución de aceleraciones y velocidades es resultado de que los disipadores influyen significativamente en el comportamiento de la estructura.

### **-Fuerzas internas en elementos estructurales**

#### **• Esfuerzos internos en columnas**

Una columna estructural es un componente esencial que principalmente trabaja ante esfuerzos de compresión axial y flexión, lo que la hace fundamental para la estabilidad de la edificación. En el modelo analizado, se seleccionaron los esfuerzos internos máximos en las columnas del primer nivel, ya que son las más exigidas al soportar la mayor parte de la carga gravitacional y transmitir fuerzas laterales a la cimentación.

#### **• Esfuerzos internos en vigas**

En el modelo analizado, se seleccionaron las vigas de un piso típico para comparar los esfuerzos internos en tres configuraciones: sin disipadores, con disposición diagonal y con chevron brace mejorado.

### **-Fuerzas cortantes de entrepiso**

Se analiza el impacto de la instalación de amortiguadores viscosos en la disminución de la fuerza cortante de entrepiso, evaluando su desempeño en dos configuraciones: amortiguadores en disposición diagonal y en chevron brace mejorado; esta comparación

permite determinar la eficiencia de cada sistema en la disipación de energía y en la optimización del comportamiento estructural ante cargas dinámicas.

#### ***f) Diseño de los brazos metálicos con los disipadores de fluido viscoso***

A partir de los análisis lineales y no lineal en las disposiciones diagonal y chevron brace mejorado, se seleccionó la alternativa que presenta el comportamiento más favorable, siendo el caso de ( $\alpha = 0.25$ ) para Chevron brace mejorado, donde se procede a calcular los valores necesarios para el diseño final.

#### **-Fuerzas en los disipadores**

En primer lugar, se obtuvieron los esfuerzos de tracción y compresión máximas originadas en los amortiguadores, por lo que se utilizaron los modelos proporcionados por Taylor Devices Inc., que cuentan con valores de esfuerzos estandarizados considerados en el proceso de selección de los disipadores.

#### ***g) Máximo stroke***

Se llevó a cabo la determinación de la deformación máxima experimentada por uno de los dispositivos disipadores de energía, para lo cual se consideró el límite establecido por la empresa CDV Representaciones, el cual fija un valor máximo permitido de 50 milímetros, este parámetro es crucial en el diseño y selección de los disipadores, ya que el stroke máximo constituye un criterio fundamental para la fabricación de la cámara de acumulación de silicona, la cual es un componente esencial en el funcionamiento del disipador. Asimismo, este límite es un requisito técnico indispensable que debe cumplirse para poder proceder con la adquisición y correcta implementación de los dispositivos en la estructura, garantizando su desempeño óptimo ante solicitaciones sísmicas o dinámicas.

### ***h) Velocidades máximas***

Se procedió a calcular la máxima velocidad en cada tipo de disipador considerando la fuerza máxima interna de los disipadores.

$$V_{\text{máx}} = \alpha \sqrt{\frac{F}{C}}$$

Donde:

$V_{\text{máx}}$ = Velocidad máxima relativa de deformación entre extremos del disipador.

$\alpha$ = Exponente de no linealidad del disipador.

F= Fuerza en tracción o compresión de amortiguamiento en el dispositivo.

C= Coeficiente de amortiguamiento del disipador.

### ***i) Diseño de los disipadores de fluido viscoso***

Una vez clasificados los amortiguadores en función de su capacidad máxima de fuerza interna, se procedió a determinar sus dimensiones y características mecánicas, tanto del amortiguador como de la placa base. Este proceso se realizó utilizando las especificaciones y tablas de diseño proporcionadas por la empresa Taylor Devices Inc.

### ***j) Diseño de los elementos de acero***

#### **-Diseño de los brazos metálicos**

Según lo indicado en el acápite 18 de la Norma ASCE/SEI 7-10, en lo referente al diseño de componentes de acero utilizados en sistemas de disipación, se establece que la fuerza de diseño debe ser igual al 150% de la capacidad máxima del disipador obtenida en el análisis. Este requisito tiene como objetivo asegurar que el elemento de acero opere dentro del rango

elástico lineal, evitando deformaciones inelásticas que podrían afectar negativamente su desempeño estructural.

Se realizó el diseño de los brazos metálicos siguiendo la configuración de Chevron Brace Mejorado, incorporando dos elementos por pórtico, el dimensionamiento se realizó considerando las fuerzas axiales inducidas en los brazos debido a la acción de un sismo máximo esperado, equivalente a 1.5 veces el sismo de diseño según el Caso 2 Lima 1974 para la dirección X-X, y el Caso 1 Lima 1974 para la dirección Y-Y.

$$S_{MS} = \frac{3}{2} S_{DS}$$

Donde:

$S_{MS}$ = Sismo máximo esperado

$S_{DS}$ = Sismo de diseño

A partir de la selección preliminar del perfil metálico, se empleó la norma AISC Steel Construction Manual, 14<sup>a</sup> edición, para verificar su adecuación y efectuar el diseño del brazo metálico considerando las propiedades que dicha normativa establece.

#### ***-Diseño del perno de la barra de conexión***

El perno que une la cartela con la barra de conexión debe presentar alta resistencia a elevados esfuerzos de corte, por tal motivo se usó pernos ASTM F3125 con grado A490 porque estos presentan alta resistencia a la tracción, se consideró un perno de 1 1/2", con apoyo de las tablas descritas anteriormente se obtuvo las medidas del perno, arandelas y tuerca; para el grip se usó las siguientes dimensiones de la cartela, por lo cual se verificó si satisface el diseño.

### ***-Diseño de viga de acero***

Para diseñar la viga de acero, se seleccionó el pórtico que presenta mayores esfuerzos, donde la variación de fuerzas axiales es más significativa, esto genera una resultante mayor, lo que permitirá un diseño estándar aplicable a todos los pórticos equipados con disipadores. La viga de acero cuenta con un límite de fluencia de  $F_y=50$  ksi, y sus propiedades se han extraído de las tablas del manual AISC Steel Construction, 14ª edición.

#### ***3.6.2. Procesamiento de datos***

El procesamiento de los datos se realizó mediante un enfoque sistemático que integró diversas herramientas informáticas, optimizando tanto el análisis como la representación gráfica de los resultados obtenidos; se emplearon técnicas de análisis computacional avanzadas, destacando el uso de Microsoft Excel 2022 para la organización, estructuración y síntesis de la información relacionada con el comportamiento dinámico de la edificación estudiada, a través de esta herramienta se elaboraron hojas de cálculo para el predimensionamiento de los disipadores de fluido viscoso y el análisis de su influencia en la respuesta estructural. Asimismo, se generaron tablas y gráficos que permitieron visualizar y comparar de forma clara los efectos de las distintas configuraciones de disipación sobre el desempeño sísmico de las estructuras analizadas.

AutoCAD 2021 se utilizó con el fin de visualizar y comprender en detalle los planos arquitectónicos y estructurales; esta herramienta permitió identificar con precisión la configuración geométrica de la estructura, las dimensiones de los elementos estructurales, así como la distribución de cargas y niveles. La interpretación adecuada de estos planos fue fundamental para el modelado estructural y el desarrollo del análisis dinámico correspondiente.

Etabs se empleo para desarrollar el modelo estructural y el análisis dinámico de la edificación aporticada de 13 niveles el cual fue fundamental para simular el comportamiento sísmico de la estructura con y sin la incorporación de disipadores de fluido viscoso; mediante esta herramienta se definieron las propiedades geométricas y mecánicas de los elementos estructurales, las condiciones de borde, las cargas gravitacionales y sísmicas, así como los parámetros de diseño sismorresistente según la normativa vigente. Este software permitió obtener resultados precisos en términos de desplazamientos, derivas, esfuerzos internos y periodos de vibración, los cuales fueron clave para evaluar la efectividad de los sistemas de disipación propuestos.

Otro programa utilizado fue SeismoSignal que permitió realizar la corrección de línea base y el filtrado del ruido contenido en los registros históricos seleccionados; dicho procesamiento permitió obtener señales más limpias y representativas, adecuadas para su posterior ingreso como carga dinámica en el modelo estructural desarrollado en ETABS, el uso de este software garantizó una interpretación más precisa del movimiento sísmico y una mayor fiabilidad en los resultados del análisis estructural.

Mientras que SeismoMatch se utilizó para realizar el escalamiento de los registros sísmicos corregidos al espectro de respuesta elástico definido por la normativa vigente, esta herramienta permitió ajustar los acelerogramas seleccionados de manera que su espectro de respuesta coincidiera, dentro de un rango de periodos específico, con el espectro objetivo correspondiente a la zona de estudio. De este modo, se garantizó que los registros empleados en el análisis dinámico no solo conservaran sus características reales, sino que también fueran compatibles con los requisitos de diseño sísmico establecidos, asegurando así la validez y representatividad de los resultados obtenidos.

### **3.6.3. *Análisis de datos***

Para el análisis de la información, se empleó una metodología comparativa utilizando Microsoft Excel 2022, con el propósito de evaluar de manera detallada el comportamiento estructural de la edificación en sus dos modelos: una convencional (sin disipación) y otra implementada con disipadores de fluido viscoso. Los resultados obtenidos a partir del modelamiento en ETABS fueron organizados en hojas de cálculo, lo que permitió comparar variables clave como desplazamientos laterales, derivas de entrepiso, fuerzas internas y porcentajes de disipación de energía. Esta comparación facilitó la identificación de mejoras en el desempeño sísmico de la estructura al incorporar los disipadores, y sirvió como base para interpretar la efectividad de dichos dispositivos en la reducción de la respuesta dinámica frente a sismos.

### **3.7. Aspectos éticos**

Dentro de los principios éticos, se tendrán en cuenta los derechos humanos, los cuales se deben respetar de igual manera para todos los organismos involucrados en el desarrollo de la investigación, promoviendo proyectos que beneficien a toda la población del lugar. Se permitirá libremente la participación de cualquier individuo en el desarrollo de investigación, respetando su elección. Además, se enfocará en solucionar un problema y no a perjudicar dicho caso de estudio.

El proceso de investigación no perjudicará la vida de los animales, vegetales y personas pretendiendo respetar la biodiversidad y cuidar las especies del medio ambiente, se presentará una verdad objetiva, valor universal, justicia y bien común; cumpliendo con las normas éticas, desarrollando una investigación original, respetando la propiedad intelectual, empleando la responsabilidad, ética y moral. Se considerará la difusión y publicación del resultado final de la investigación en un ambiente de ética.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de resultados

#### 4.1.1. Respuesta estructural de la edificación en estudio sin disipadores de fluido viscoso

##### 4.1.1.1. Análisis sísmico estático o de fuerzas estáticas equivalentes

**Tabla 24**

*Modos de Vibración y Masas Participativas*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ
Modal	1	1.574	0.0046	0.7882	0.0046	0.7882	0.0372
Modal	2	1.451	0.805	0.0048	0.8096	0.793	0.0001
Modal	3	1.162	0.0002	0.0335	0.8098	0.8265	0.7887
Modal	4	0.482	0.00003412	0.0954	0.8099	0.9219	0.003
Modal	5	0.417	0.1165	0.00002345	0.9264	0.922	0.0004
Modal	6	0.355	0.0004	0.0051	0.9267	0.9271	0.0987
Modal	7	0.26	0.0001	0.034	0.9268	0.9611	0.0014
Modal	8	0.211	0.04	1.295E-06	0.9668	0.9611	9.944E-06
Modal	9	0.189	0.0006	0.0021	0.9674	0.9631	0.0348
Modal	10	0.179	0.0001	0.0179	0.9675	0.981	0.0007

En el primer modo de vibración, la masa participativa predominante es traslacional en la dirección Y, con un 78.82%, por lo que se considera el periodo fundamental en Y igual a 1.574 segundos; en el segundo modo, la participación predominante corresponde a la traslación en la dirección X, con un 80.96%, adoptándose un periodo fundamental en X de 1.451 segundos y, para el tercer modo, la mayor participación es rotacional en el eje Z, alcanzando un 78.87%, por lo que el periodo correspondiente en Z es de 1.162 segundos.

Cabe destacar que cada diafragma rígido presenta tres grados de libertad: dos traslacionales (en X e Y) y uno rotacional (en Z), esto implica que se generan tres modos de vibración por piso, razón por la cual se han definido 39 modos en total para la edificación analizada. No obstante,

la Norma E.030 establece que deben considerarse, en cada dirección, los modos de vibración cuya masa participativa acumulada sea al menos del 90% de la masa total; según los resultados obtenidos, esta condición se cumple en el modo 5, por lo que bastó utilizar los cinco primeros modos en el análisis sísmico mediante la combinación modal.

**Tabla 25**

*Resumen de Parámetros de Diseño Sismorresistente*

Parámetro	Símbolo	Valor		Observación
		X	Y	
Zona	Z	0.25	0.25	Chota
Uso	U	1.00	1.00	C
Suelo	S	1.20	1.20	S2
Coefficiente de reducción	Ro	8	8	Aporticado
Irregularidad	Altura	Ia	1.00	No hay irregularidad
	Planta	Ip	1.00	No hay irregularidad
Gravedad	g	9.81 m/s <sup>2</sup>	9.81 m/s <sup>2</sup>	
Periodo de la zona de espectro	TL	2	2	
Periodo de espectro	TP	0.6	0.6	
Periodo fundamental	T	1.451	1.574	
Coefficiente para evaluar el periodo	CT	35	35	
Elevación	Hn	35.90	35.90	Desde el nivel +0.000

**Tabla 26***Peso Sísmico por Piso en Toneladas*

Piso	Peso (Ton)
Nivel 13	86.98
Nivel 12	112.76
Nivel 11	112.76
Nivel 10	112.76
Nivel 9	112.76
Nivel 8	112.76
Nivel 7	112.76
Nivel 6	112.76
Nivel 5	109.68
Nivel 4	59.27
Nivel 3	104.70
Nivel 2	108.90
Nivel 1	79.82
Peso total de la edificación	1338.66

**Tabla 27***Periodos Fundamentales y Coeficientes de Amplificación Sísmica (C) en cada Dirección*

Dirección	Periodo fundamental (T)	Coeficiente de amplificación sísmica (C)	C/R $\geq$ 0.11
X-X	1.451	1.034	0.1293
Y-Y	1.574	0.953	0.1191

Con los parámetros previamente determinados, se calculó la fuerza cortante en la base, obteniéndose un valor de 51.90 toneladas para la dirección X-X y 47.84 toneladas para la dirección Y-Y.

**Tabla 28***Fuerza Cortante en la Base y en cada Piso en la Dirección X-X*

PISO	Pi (tonf)	hei (m)	hi (m)	Pi*hi <sup>k</sup>	αi	Fi (tonf)	Vi (Tonf)
PISO 13	86.980	2.70	35.90	17138.06	0.139	7.23	7.23
PISO 12	112.760	2.70	33.20	19796.77	0.161	8.35	15.58
PISO 11	112.760	2.70	30.50	17467.84	0.142	7.37	22.94
PISO 10	112.760	2.70	27.80	15235.02	0.124	6.42	29.37
PISO 9	112.760	2.70	25.10	13103.08	0.106	5.53	34.89
PISO 8	112.760	2.70	22.40	11077.61	0.090	4.67	39.56
PISO 7	112.760	2.70	19.70	9165.15	0.074	3.86	43.43
PISO 6	112.760	2.70	17.00	7373.64	0.060	3.11	46.54
PISO 5	109.679	2.50	14.30	5556.75	0.045	2.34	48.88
PISO 4	59.268	2.50	11.80	2261.42	0.018	0.95	49.83
PISO 3	104.700	3.20	9.30	2811.53	0.023	1.19	51.02
PISO 2	108.900	2.60	6.10	1569.57	0.013	0.66	51.68
PISO 1	79.819	3.50	3.50	506.85	0.004	0.21	51.90

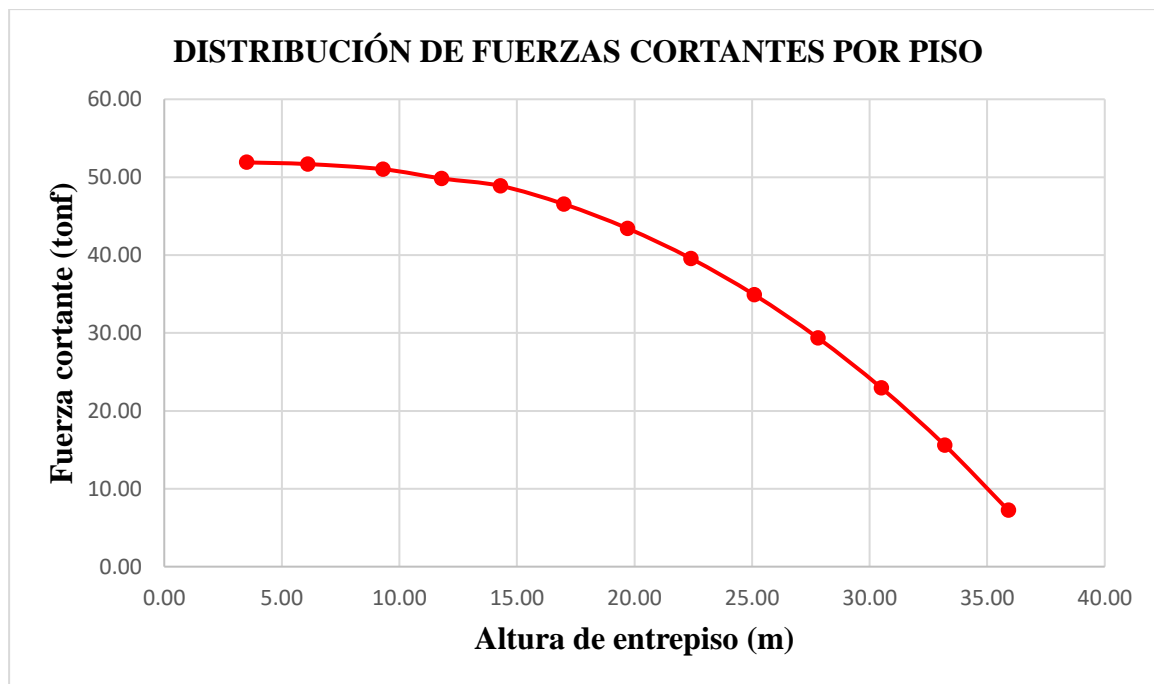
**Tabla 29***Fuerza Cortante en la Base y en cada Piso en la Dirección Y-Y*

PISO	Pi (tonf)	hei (m)	hi (m)	Pi*hi <sup>k</sup>	αi	Fi (tonf)	Vi (Tonf)
PISO 13	86.980	2.70	35.90	21359.94	0.142	6.81	6.81
PISO 12	112.760	2.70	33.20	24555.25	0.164	7.83	14.64
PISO 11	112.760	2.70	30.50	21553.78	0.144	6.87	21.51
PISO 10	112.760	2.70	27.80	18691.83	0.125	5.96	27.47
PISO 9	112.760	2.70	25.10	15975.45	0.106	5.09	32.57
PISO 8	112.760	2.70	22.40	13411.78	0.089	4.28	36.84
PISO 7	112.760	2.70	19.70	11009.04	0.073	3.51	40.35
PISO 6	112.760	2.70	17.00	8777.17	0.058	2.80	43.15
PISO 5	109.679	2.50	14.30	6544.46	0.044	2.09	45.24
PISO 4	59.268	2.50	11.80	2632.10	0.018	0.84	46.08
PISO 3	104.700	3.20	9.30	3224.81	0.021	1.03	47.11

PISO 2	108.900	2.60	6.10	1754.20	0.012	0.56	47.67
PISO 1	79.819	3.50	3.50	547.44	0.004	0.17	47.84

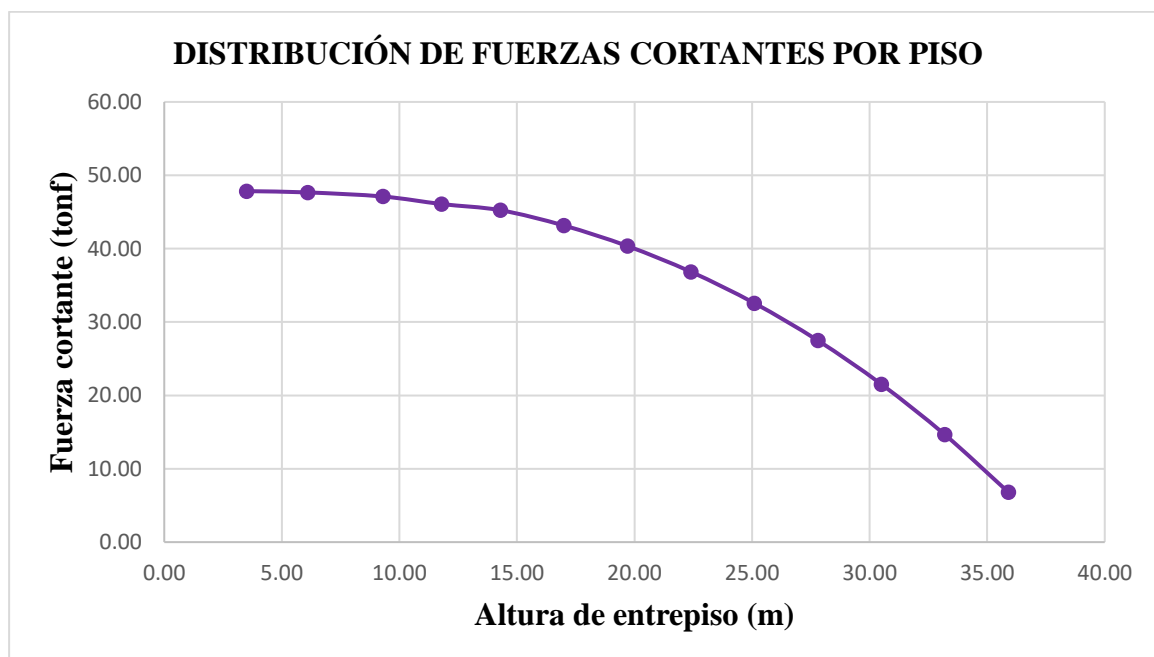
**Figura 44**

*Distribución de Fuerzas Cortantes por Piso en X-X*



**Figura 45**

*Distribución de Fuerzas Cortantes por Piso en Y-Y*



#### 4.1.1.2. Análisis sísmico dinámico o análisis modal espectral

##### a) Análisis modal y porcentaje de masa participativa

**Tabla 30**

*Modos de Vibración de la Estructura*

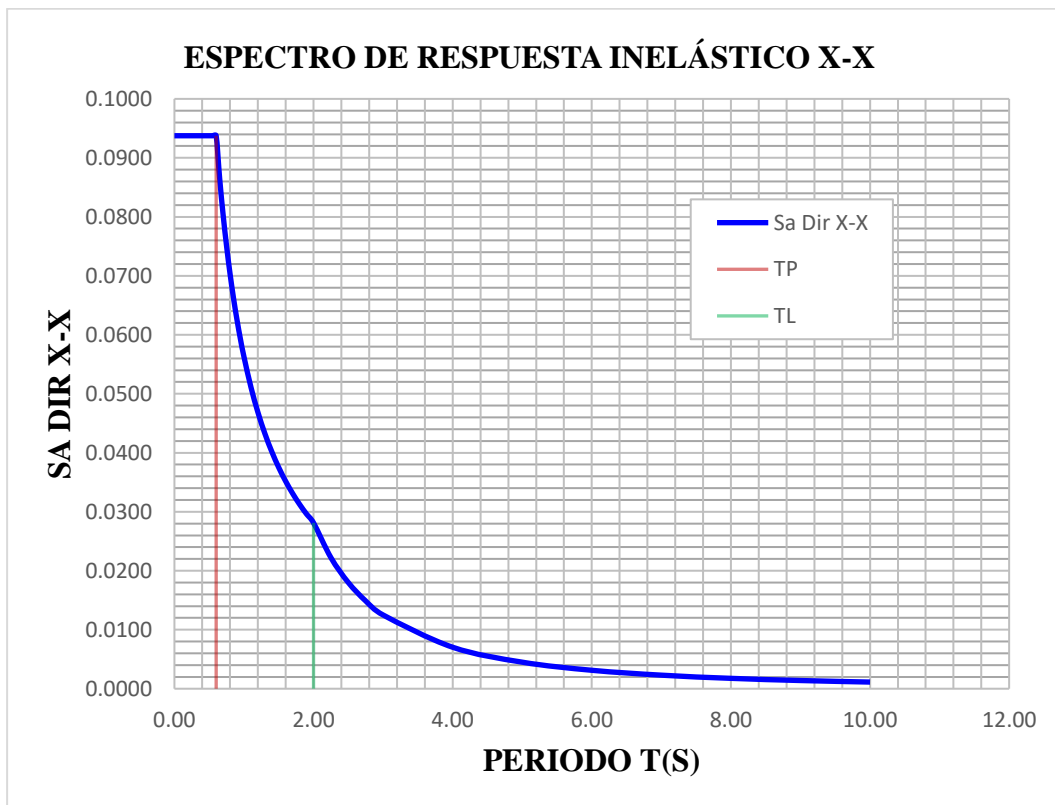
Mode	Period (Sec)	UX (m)	UY (m)	Sum UX (m)	Sum UY (m)
1	1.574	0.00460	0.78820	0.00460	0.78820
2	1.451	0.80500	0.00480	0.80960	0.79300
3	1.162	0.00020	0.03350	0.80980	0.82650
4	0.482	0.00003	0.09540	0.80990	0.92190
5	0.417	0.11650	0.00002	0.92640	0.92200
6	0.355	0.00040	0.00510	0.92670	0.92710
7	0.260	0.00010	0.03400	0.92680	0.96110
8	0.211	0.04000	0.00000	0.96680	0.96110
9	0.189	0.00060	0.00210	0.96740	0.96310
10	0.179	0.00010	0.01790	0.96750	0.98100
11	0.141	0.01730	0.00002	0.98470	0.98110
12	0.131	0.00001	0.00750	0.98470	0.98850
13	0.127	0.00000	0.00080	0.98480	0.98930
14	0.101	0.00500	0.00070	0.98980	0.99000
15	0.100	0.00120	0.00330	0.99100	0.99330
16	0.094	0.00002	0.00040	0.99100	0.99370
17	0.081	0.00001	0.00200	0.99110	0.99570
18	0.077	0.00370	0.00000	0.99470	0.99570
19	0.073	0.00002	0.00020	0.99470	0.99590
20	0.065	0.00001	0.00070	0.99470	0.99660
21	0.063	0.00160	0.00001	0.99630	0.99660
22	0.059	0.00002	0.00010	0.99630	0.99670
23	0.053	0.00000	0.00050	0.99630	0.99720
24	0.051	0.00050	0.00000	0.99680	0.99720
25	0.048	0.00001	0.00010	0.99690	0.99730
26	0.046	0.00000	0.00200	0.99690	0.99920

27	0.043	0.00002	0.00060	0.99690	0.99980
28	0.042	0.00040	0.00002	0.99730	0.99980
29	0.040	0.00000	0.00002	0.99730	0.99980
30	0.038	0.00003	0.00002	0.99730	0.99990
31	0.037	0.00180	0.00003	0.99920	0.99990
32	0.036	0.00020	0.00005	0.99930	0.99990
33	0.035	0.00050	0.00000	0.99990	0.99990
34	0.033	0.00010	0.00002	0.99990	1.00000
35	0.032	0.00001	0.00003	0.99990	1.00000
36	0.031	0.00002	0.00000	1.00000	1.00000
37	0.030	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000
38	0.027	0.00003	0.00000	1.00000	1.00000
39	0.025	0.00001	0.00000	1.00000	1.00000

## b) Aceleración espectral y el espectro inelástico

**Figura 46**

*Espectro Inelástico de Pseudo-aceleraciones en la Dirección X-X con R=8*



**Figura 47**

*Espectro Inelástico de Pseudo-aceleraciones en la Dirección Y-Y con R=8*



La curva azul representa la aceleración espectral en función del período de vibración (T); se observa la tendencia típica de los espectros de respuesta, donde la aceleración espectral es máxima en períodos cortos y disminuye a medida que el período aumenta, lo que indica que las estructuras más rígidas (con menor período) experimentan mayores aceleraciones sísmicas.

**c) Fuerza cortante mínima**

**Tabla 31**

*Verificación de las Cortantes Mínimas*

Dirección	Cortante	F (Ton)	$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	Verificación	Factor de escalamiento
X	Estática	51.90			
X	Dinámica	39.77	76.63%	No cumple	1.04
Y	Estática	47.84			
Y	Dinámica	35.77	74.77%	No cumple	1.07

Se observa que la fuerza cortante calculada en el análisis dinámico no alcanza el 80% de la cortante del análisis estático, por lo que se aplicó un escalamiento.

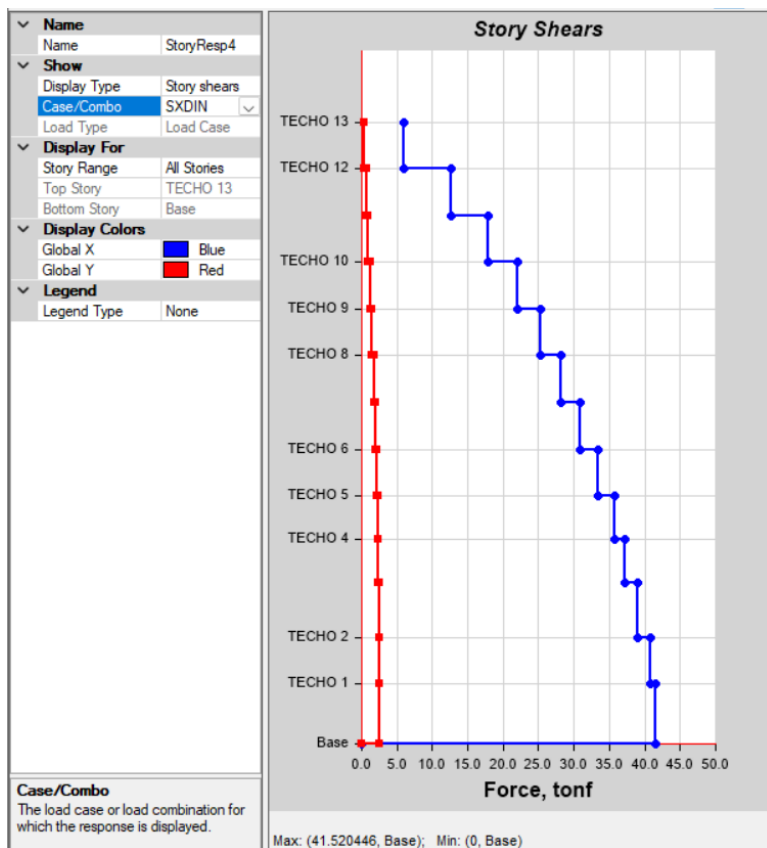
**Tabla 32**

*Verificación de las Cortantes Mínimas con Factor de Escalamiento*

Dirección	Cortante	F (Ton)	$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	Verificación
X	Estática	51.90		
X	Dinámica	41.52	80.00%	Cumple
Y	Estática	47.84		
Y	Dinámica	38.27	80.00%	Cumple

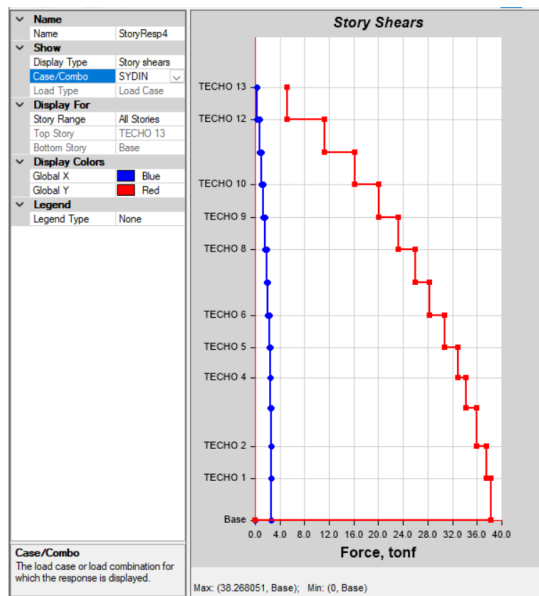
**Figura 48**

*Cortante Basal Dinámica Distribuida por cada Piso en la Dirección X-X*



**Figura 49**

*Cortante Basal Dinámica Distribuidas por cada Piso en la Dirección Y-Y*



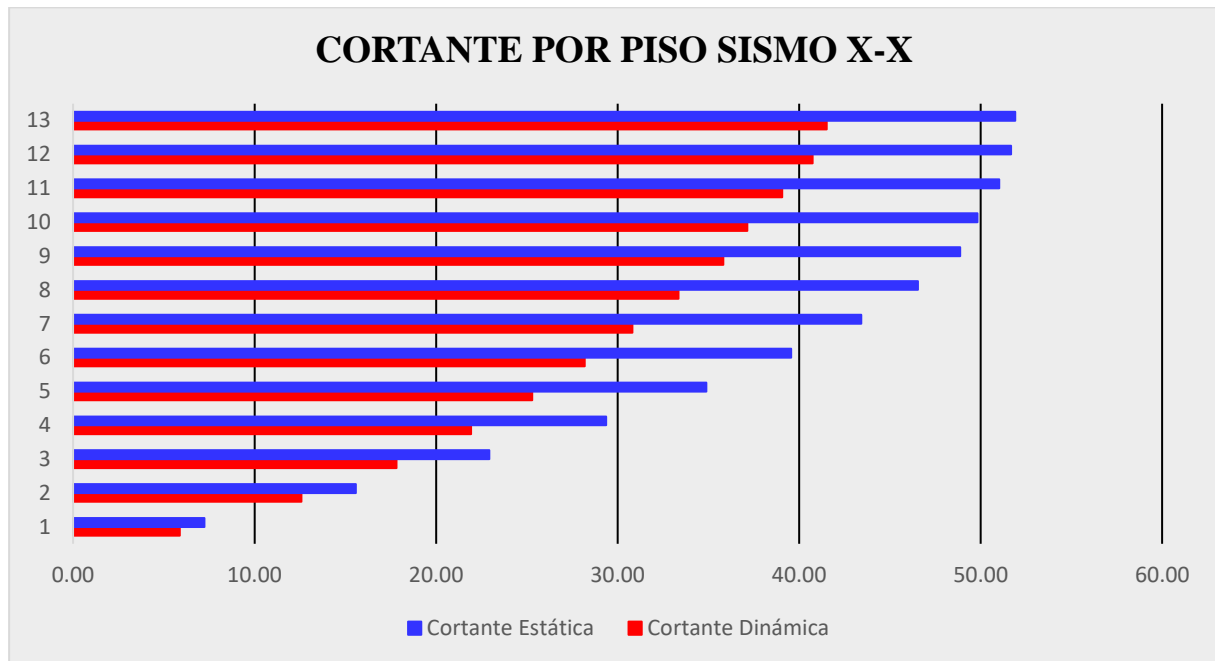
**Tabla 33**

*Fuerza Cortante Dinámica en Ambas Direcciones de Análisis*

PISO	h (m)	V <sub>din</sub> X-X	V <sub>din</sub> Y-Y
13	2.7	5.89	5.23
12	2.7	12.58	11.31
11	2.7	17.81	16.18
10	2.7	21.93	20.07
9	2.7	25.30	23.25
8	2.7	28.19	25.94
7	2.7	30.82	28.36
6	2.7	33.36	30.70
5	2.5	35.83	32.99
4	2.5	37.15	34.21
3	3.2	39.07	36.01
2	2.6	40.74	37.54
1	3.5	41.52	38.27

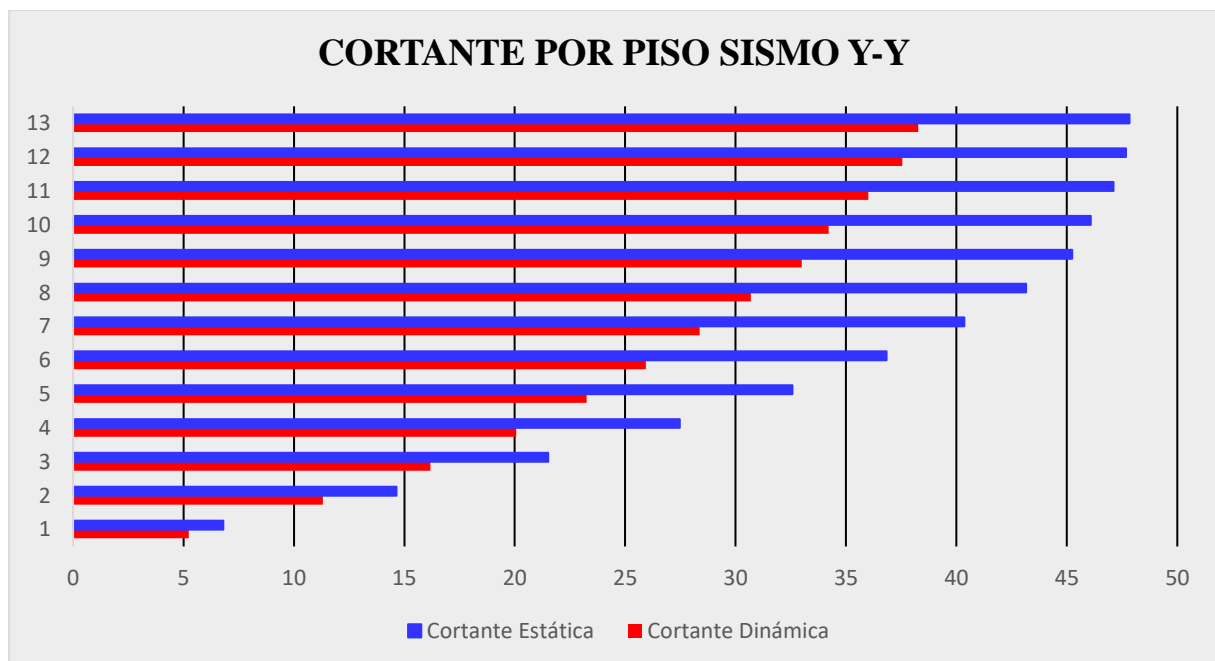
**Figura 50**

*Cortante de Sismo en la Dirección X-X*



**Figura 51**

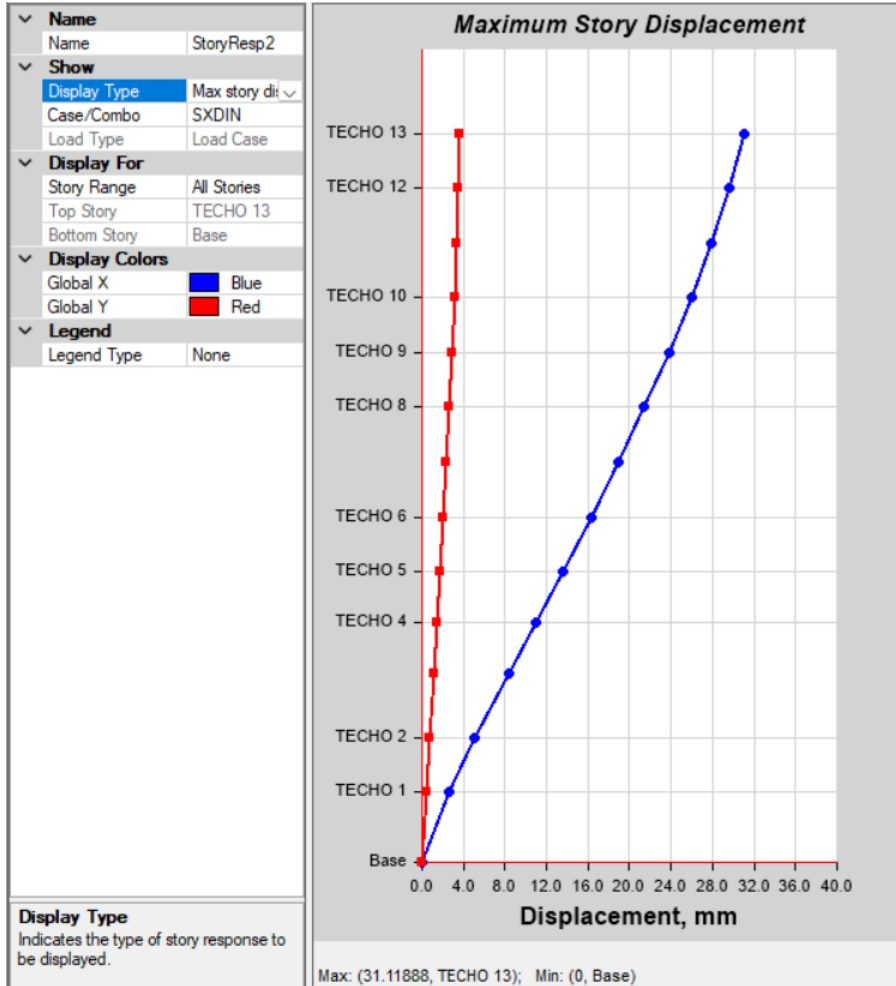
*Cortante de Sismo en la Dirección Y-Y*



### d) Desplazamientos laterales y derivas de entrepiso

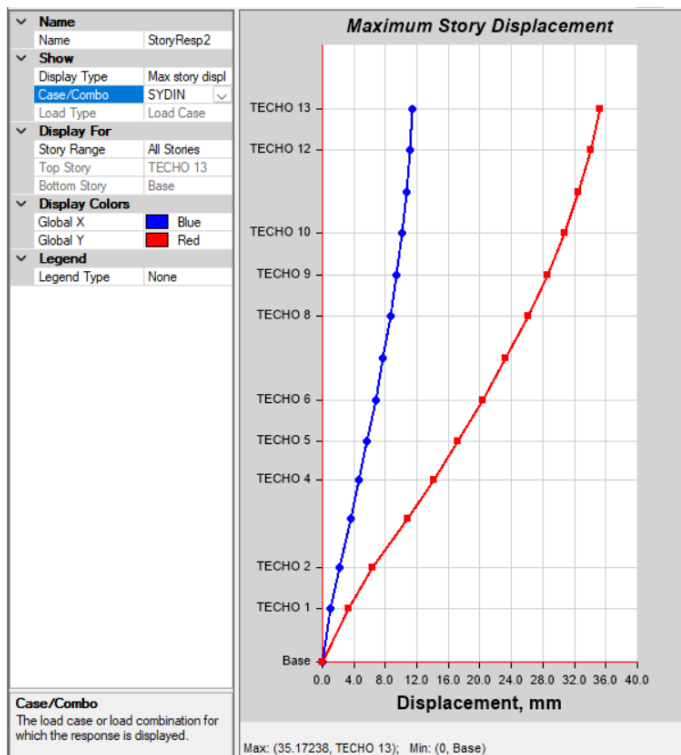
Figura 52

*Desplazamientos Máximos Totales en la Dirección X-X*



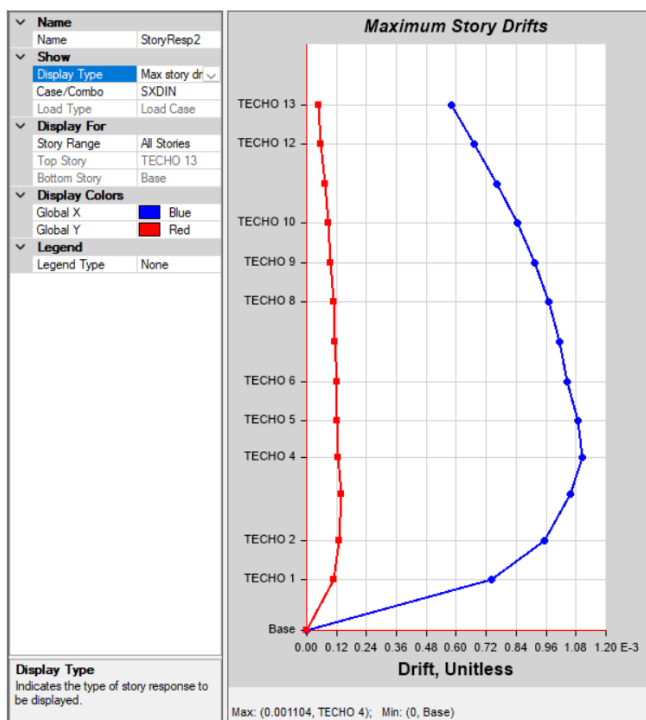
**Figura 53**

*Desplazamientos Máximos Totales en la Dirección Y-Y*



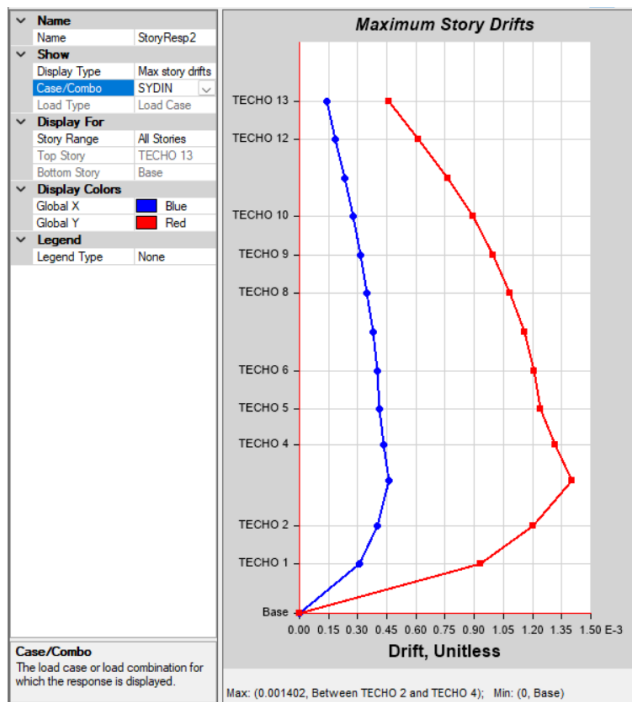
**Figura 54**

*Derivas Elásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección X-X*



**Figura 55**

*Derivas Elásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección Y-Y*



**Tabla 34**

*Derivas Inelásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección X-X con R=8*

Piso	Altura (m)	Sismo X-X	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007)
13	2.70	SXDIN	0.00058	0.00348	Cumple
12	2.70	SXDIN	0.00067	0.00404	Cumple
11	2.70	SXDIN	0.00076	0.00458	Cumple
10	2.70	SXDIN	0.00085	0.00507	Cumple
9	2.70	SXDIN	0.00092	0.00549	Cumple
8	2.70	SXDIN	0.00097	0.00582	Cumple
7	2.70	SXDIN	0.00101	0.00608	Cumple
6	2.70	SXDIN	0.00104	0.00626	Cumple
5	2.50	SXDIN	0.00109	0.00653	Cumple
4	2.50	SXDIN	0.00111	0.00663	Cumple
3	3.20	SXDIN	0.00106	0.00635	Cumple
2	2.60	SXDIN	0.00095	0.00572	Cumple
1	3.50	SXDIN	0.00074	0.00445	Cumple

Se evidencia que en la dirección X-X los resultados no supera el límite de distorsión del entrepiso que menciona la norma Norma E.030, siendo la incidencia mayor en el 4to nivel con una distorsión angular inelástica de 0.00663.

**Tabla 35**

*Derivas Inelásticas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección Y-Y con R=8*

Piso	Altura (m)	Sismo Y-Y	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007)
13	2.7	SYDIN	0.00046	0.00278	Cumple
12	2.7	SYDIN	0.00062	0.00369	Cumple
11	2.7	SYDIN	0.00076	0.00458	Cumple
10	2.7	SYDIN	0.00089	0.00535	Cumple
9	2.7	SYDIN	0.00100	0.00599	Cumple
8	2.7	SYDIN	0.00109	0.00651	Cumple
7	2.7	SYDIN	0.00116	0.00694	Cumple
6	2.7	SYDIN	0.00121	0.00726	No cumple
5	2.5	SYDIN	0.00124	0.00743	No cumple
4	2.5	SYDIN	0.00132	0.00789	No cumple
3	3.2	SYDIN	0.00140	0.00841	No cumple
2	2.6	SYDIN	0.00120	0.0072	No cumple
1	3.5	SYDIN	0.00093	0.00559	Cumple

Se observa que, para ciertos números de los niveles, en la dirección Y-Y, supera el límite de distorsión del entrepiso que menciona la norma Norma E.030, siendo la incidencia mayor en el 3er nivel con una distorsión angular inelástica de 0.00841.

### 4.1.1.3. Análisis Tiempo – historia lineal

**Tabla 36**

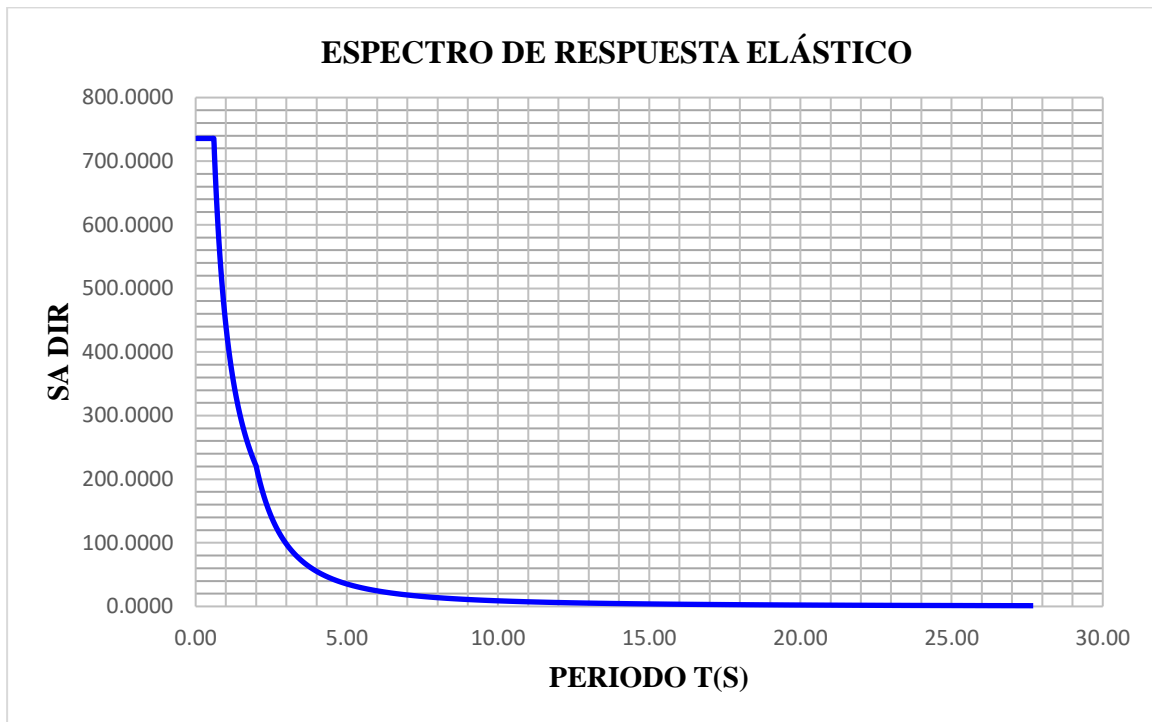
*Características de los Registros Históricos de Sismos*

Año	Ubicación	Componentes	Duración (Seg)	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )	Profundidad focal (km)	Magnitud (mb)	N° de muestras
1970	Chimbote	E-O	45.16	-104.80	64.00	6.6	2259
		N-S		-97.70			
2007	Ica	E-O	218.06	-272.20	40.00	7.9	21806
		N-S		334.10			
1966	Lima - Callao	E-O	197.64	-180.59	37.30	6.4	9882
		N-S		-269.34			
1974	Lima	E-O	97.96	-192.50	13.00	6.6	4899
		N-S		179.00			

En base a esta información, se realizó una corrección de línea base y un filtrado del ruido para los cuatro pares de registros sísmicos utilizando el software SeismoSignal 2024. Paralelamente, se desarrolló el escalamiento mediante el programa SeismoMatch 2024. Para dicho escalamiento, se consideró un intervalo de periodos comprendido entre 0.20T y 1.50T, y se utilizó como espectro objetivo un coeficiente de reducción sísmica (R) igual a 1.

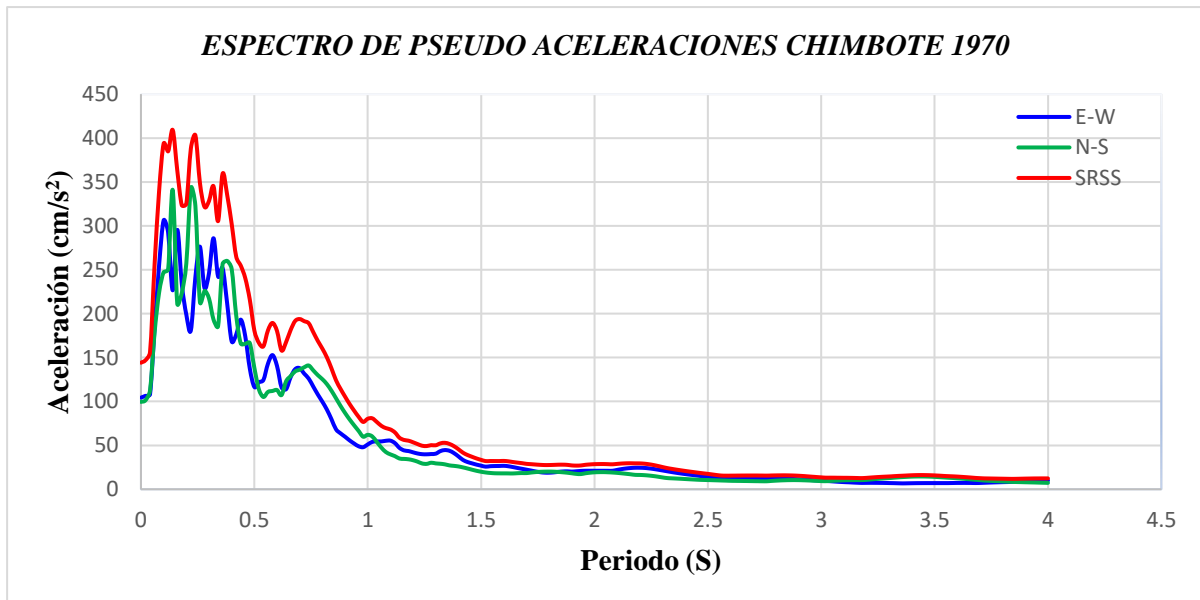
**Figura 56**

*Espectro Objetivo con  $R=1$*



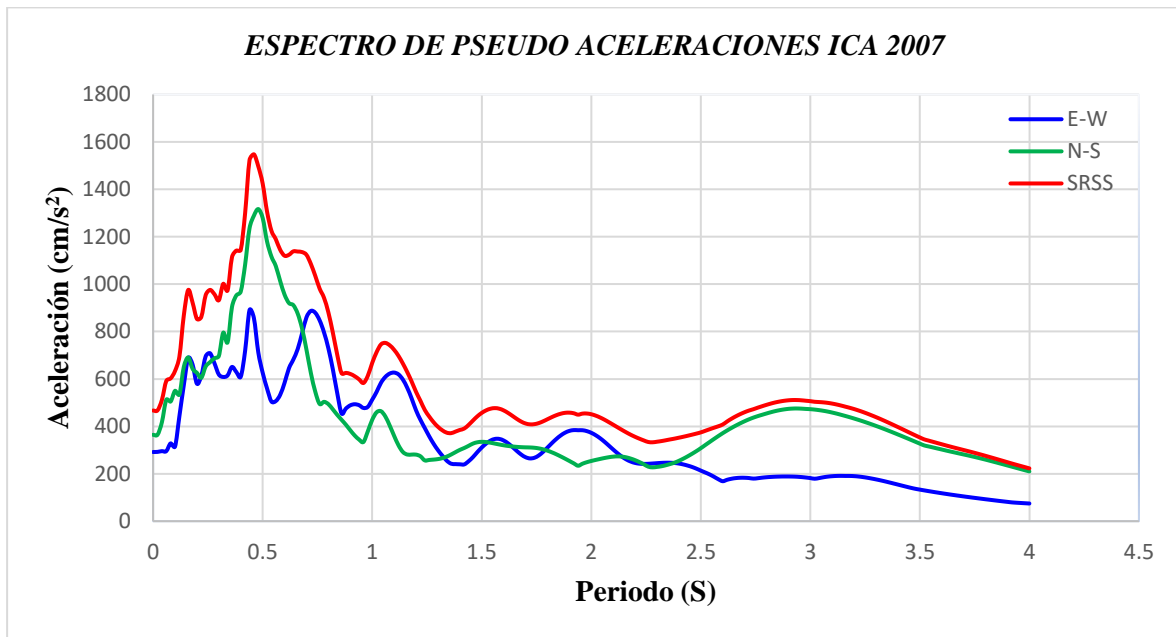
**Figura 57**

*Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Chimbote 1970*



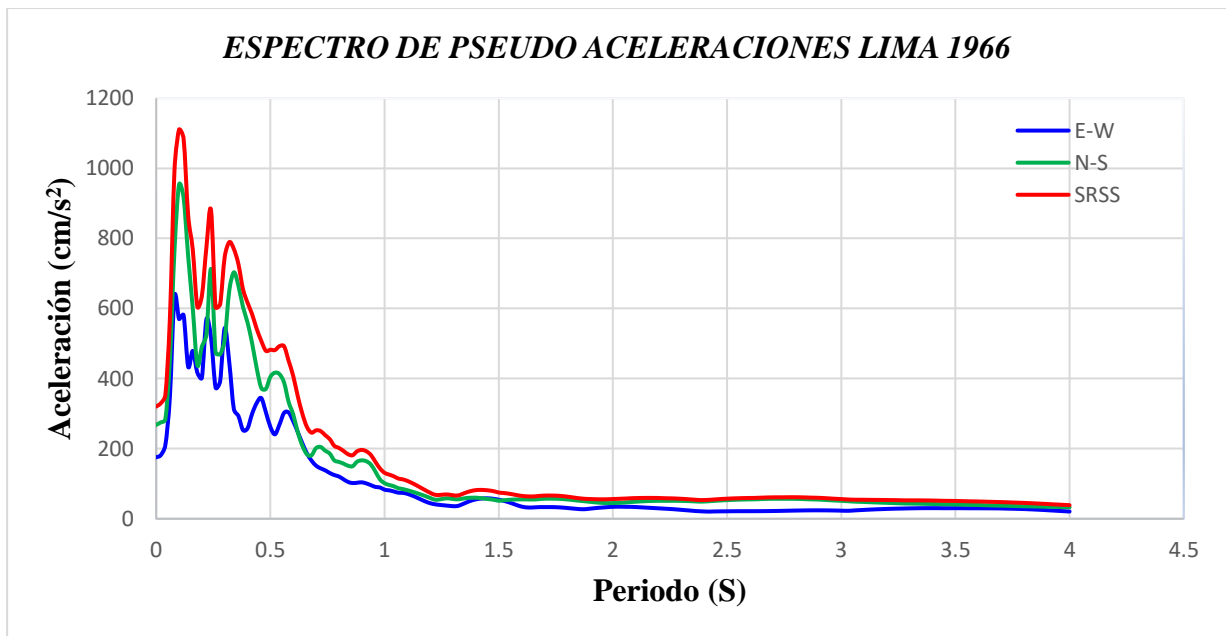
**Figura 58**

*Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Ica 2007*



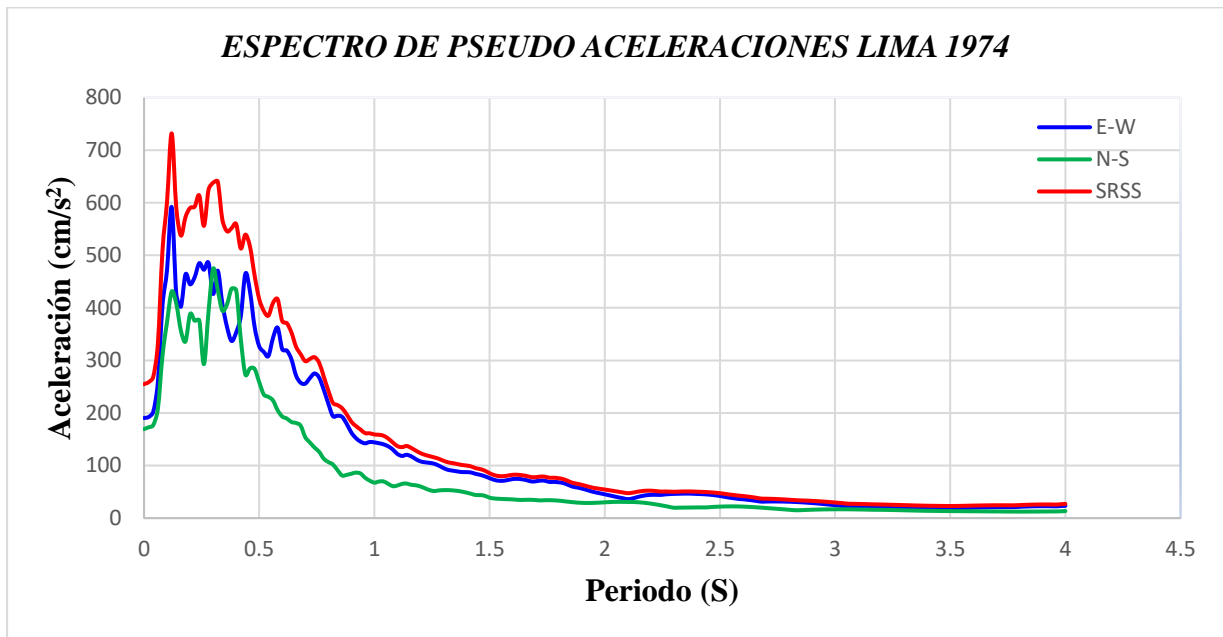
**Figura 59**

*Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Lima - Callao 1966*



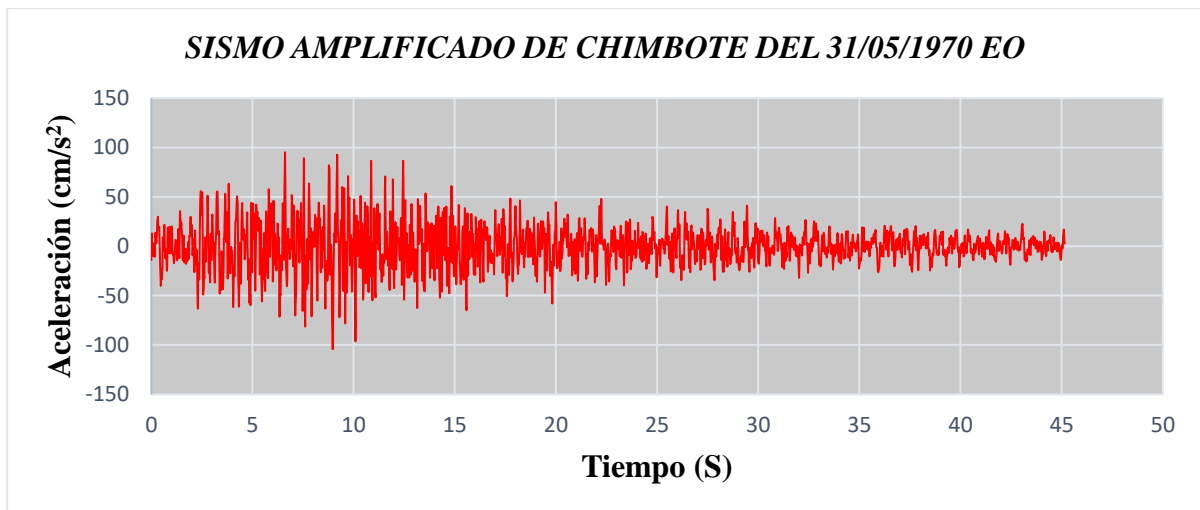
**Figura 60**

*Espectro de Pseudo-aceleraciones del Sismo de Lima 1974*



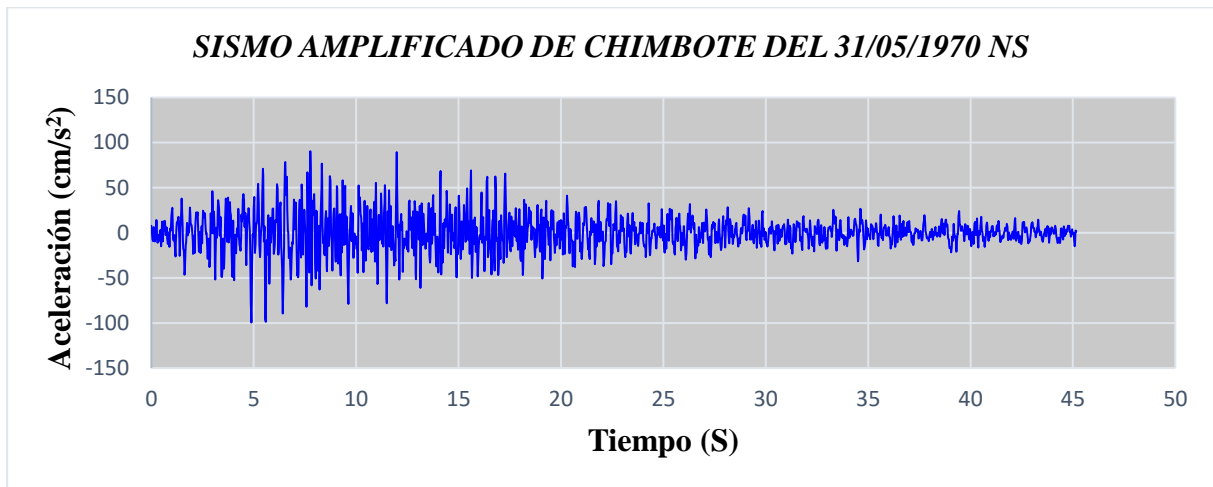
**Figura 61**

*Sismo Amplificado de Chimbote 1970 en su Componente E-O*



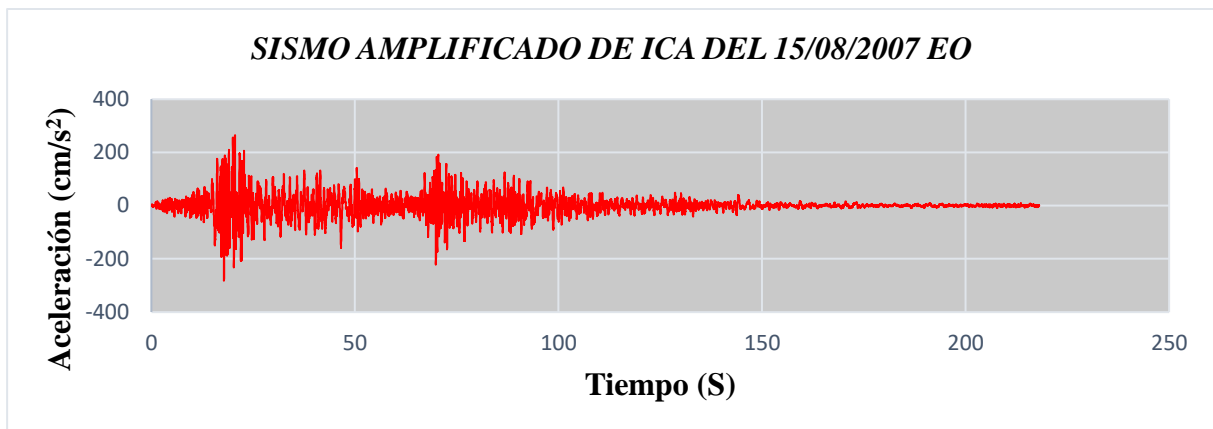
**Figura 62**

*Sismo Amplificado de Chimbote 1970 en su Componente N-S*



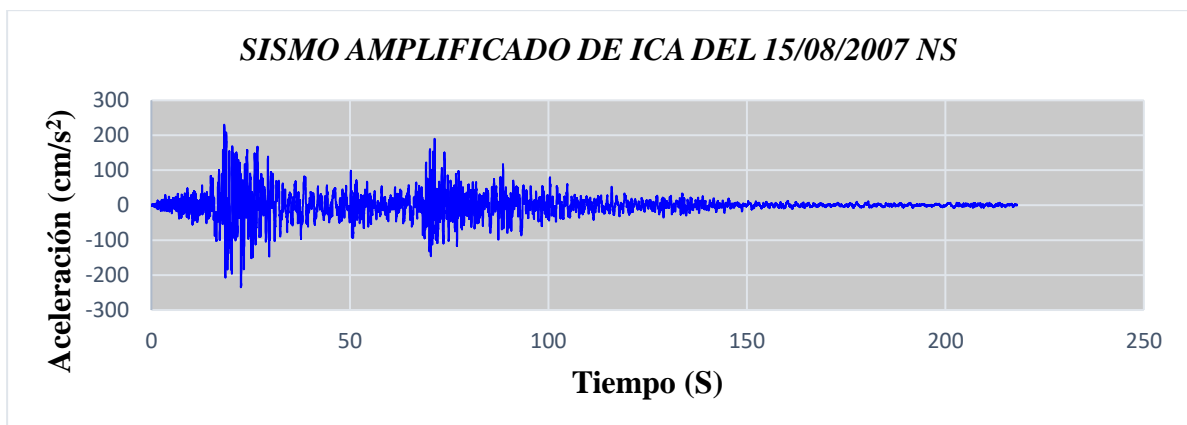
**Figura 63**

*Sismo Amplificado de Ica 2007 en su Componente E-O*



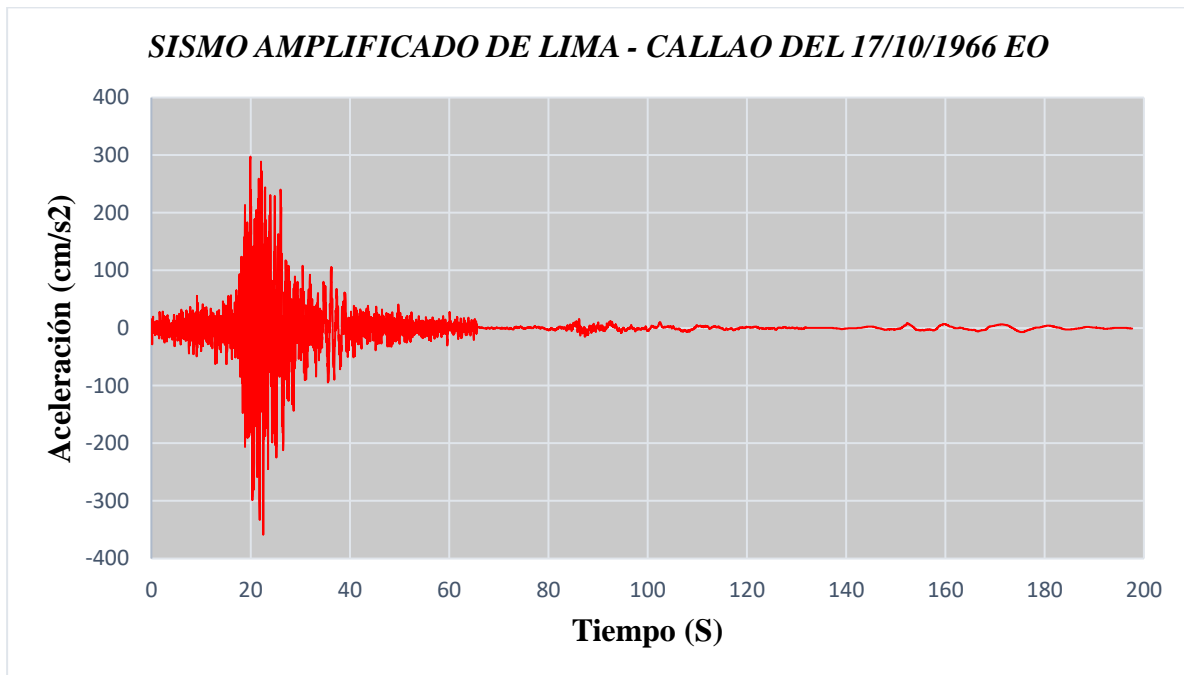
**Figura 64**

*Sismo Amplificado de Ica 2007 en su Componente N-S*



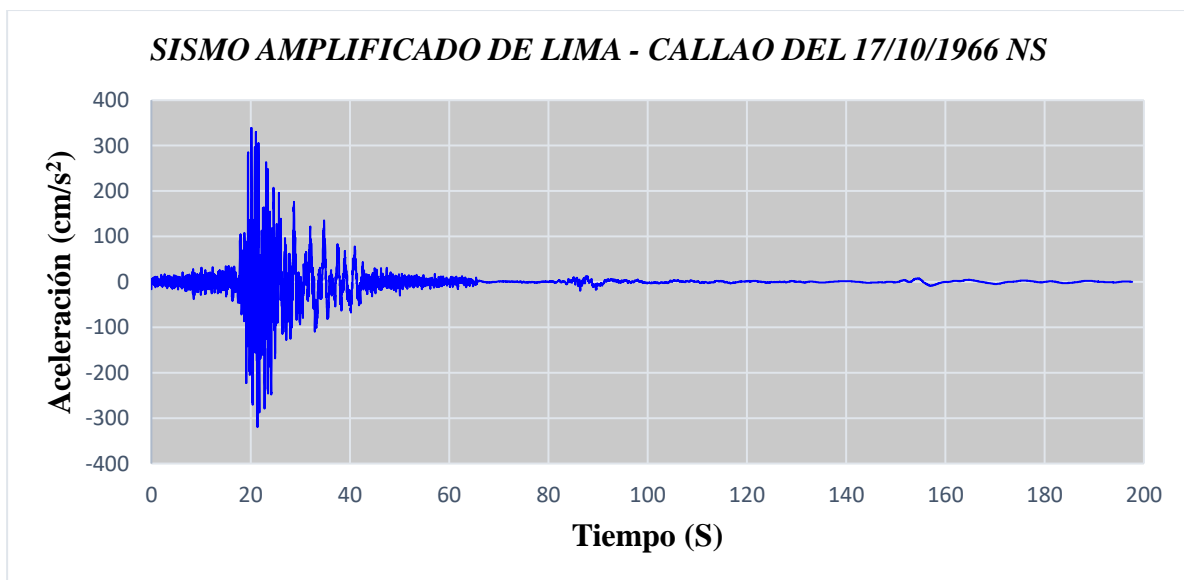
**Figura 65**

*Sismo Amplificado de Lima - Callao 1966 en su Componente E-O*



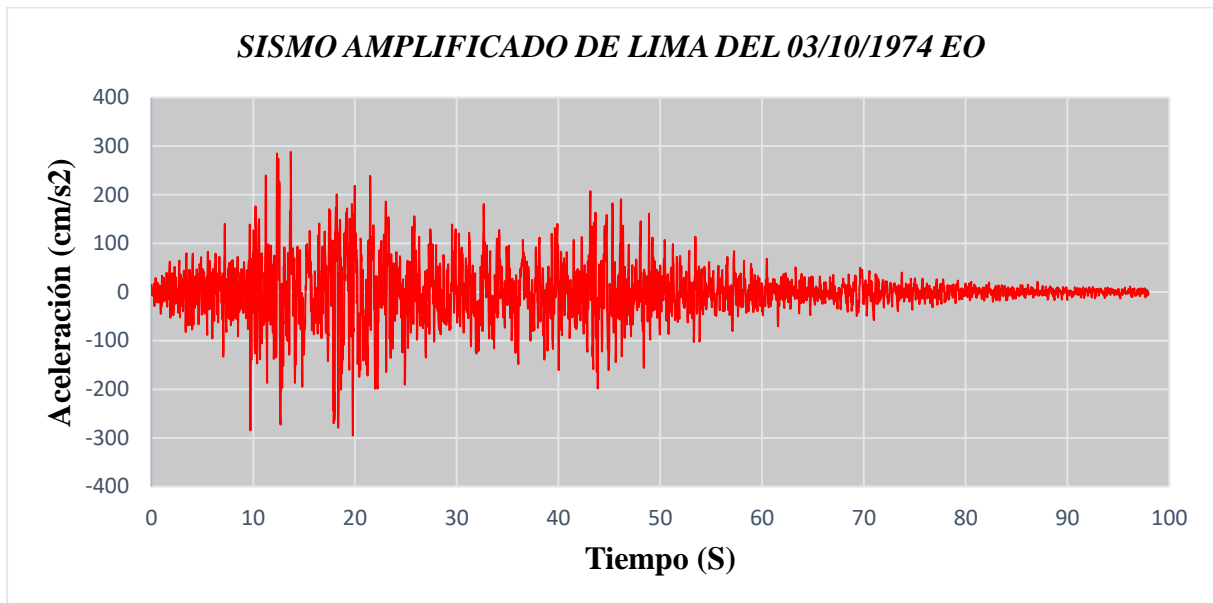
**Figura 66**

*Sismo Amplificado de Lima - Callao 1966 en su Componente N-S*



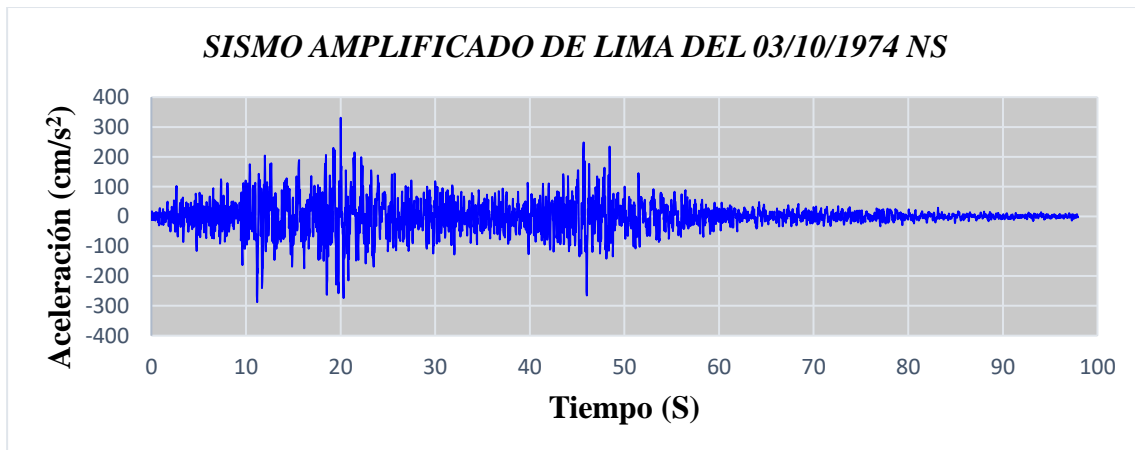
**Figura 67**

*Sismo Amplificado de Lima 1974 en su Componente E-O*



**Figura 68**

*Sismo Amplificado de Lima 1974 en su Componente N-S*



**a) Distorsiones laterales mediante el espectro de diseño**

Mediante las tablas mostradas se puede observar las derivas y desplazamiento de cada nivel sin la reducción de fuerzas sísmicas debido a la disipación de energía por comportamiento inelástico; en este caso, las derivas calculadas reflejan el desempeño real de la edificación bajo la acción de un sismo sin considerar la ductilidad ni los factores de reducción de resistencia. En la dirección X-X se presenta cuatro derivas elásticas que no supera el máximo límite de

distorsión estipulado por la norma E.030, la mayor deformación lateral ocurre en el cuarto nivel con una deriva de 0.00777 y, en la dirección Y-Y se presentan cinco derivas elásticas por encima del límite máximo de distorsión, la mayor deformación lateral en este sentido de análisis ocurre en el tercer piso con una deriva elástica de 0.00873; esto simboliza que la estructura no cumple los lineamientos de la normativa aplicada.

**Tabla 37**

*Derivas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección X-X con R=1*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación (E.030<0.007)
13	0.22121	0.0107	2.7	0.00398	Cumple
12	0.21046	0.0122	2.7	0.00452	Cumple
11	0.19825	0.0138	2.7	0.00511	Cumple
10	0.18446	0.0153	2.7	0.00567	Cumple
9	0.16913	0.0167	2.7	0.00619	Cumple
8	0.15243	0.0179	2.7	0.00663	Cumple
7	0.13454	0.0189	2.7	0.00698	Cumple
6	0.11568	0.0196	2.7	0.00724	No cumple
5	0.09612	0.0184	2.5	0.00737	No cumple
4	0.07768	0.0194	2.5	0.00777	No cumple
3	0.05826	0.0238	3.2	0.00744	No cumple
2	0.03446	0.0170	2.6	0.00655	Cumple
1	0.01743	0.0174	3.5	0.00498	Cumple

**Tabla 38**

*Derivas de la Edificación sin Disipadores en la Dirección Y-Y con R=1*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación (E.030<0.007)
13	0.22228	0.0080	2.7	0.00298	Cumple
12	0.21425	0.0096	2.7	0.00357	Cumple
11	0.20461	0.0119	2.7	0.00439	Cumple

10	0.19276	0.0139	2.7	0.00515	Cumple
9	0.17885	0.0158	2.7	0.00583	Cumple
8	0.16309	0.0174	2.7	0.00644	Cumple
7	0.14571	0.0188	2.7	0.00697	Cumple
6	0.12689	0.0198	2.7	0.00732	No cumple
5	0.10713	0.0192	2.5	0.00767	No cumple
4	0.08795	0.0208	2.5	0.00834	No cumple
3	0.06711	0.0279	3.2	0.00873	No cumple
2	0.03919	0.0192	2.6	0.00740	No cumple
1	0.01994	0.0199	3.5	0.00570	Cumple

### b) Distorsiones laterales del análisis tiempo historia lineal para cada registro sísmico

Con las funciones definidas para el análisis tiempo-historia lineal, se calculó las derivas para cada componente Caso I (100% N-S, 100% E-O) y Caso II (100% E-O, 100% N-S). La elección del sismo de diseño se ha elegido aquel sismo que sus características se asemejen al espectro de diseño, variando su similitud entre 0.90 y 1.40 obteniendo resultados para la dirección X e Y.

**Tabla 39**

*Análisis Tiempo Historia Lineal en la Dirección X-X*

PISOS	ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA LINEAL EN LA DIRECCIÓN X-X							
	Chimbote 1970		Ica 2007		Lima - Callao 1966		Lima 1974	
	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
13	0.00435	0.00402	0.00447	0.00482	0.00415	0.00415	0.00377	0.00451
12	0.00502	0.00475	0.00523	0.00573	0.00486	0.00483	0.00435	0.00532
11	0.00570	0.00550	0.00595	0.00655	0.00556	0.00556	0.00494	0.00613
10	0.00633	0.00621	0.00656	0.00717	0.00617	0.00629	0.00551	0.00687
9	0.00689	0.00683	0.00703	0.00751	0.00668	0.00697	0.00608	0.00751
8	0.00736	0.00729	0.00762	0.00761	0.00720	0.00757	0.00652	0.00810
7	0.00773	0.00756	0.00807	0.00780	0.00760	0.00805	0.00682	0.00862

6	0.00797	0.00761	0.00834	0.00803	0.00788	0.00841	0.00701	0.00897
5	0.00825	0.00764	0.00851	0.00799	0.00820	0.00879	0.00739	0.00933
4	0.00829	0.00777	0.00874	0.00799	0.00826	0.00895	0.00759	0.00946
3	0.00785	0.00755	0.00866	0.00811	0.00776	0.00863	0.00730	0.00905
2	0.00669	0.00663	0.00772	0.00712	0.00660	0.00728	0.00614	0.00771
1	0.00534	0.00517	0.00592	0.00546	0.00517	0.00548	0.00458	0.00580

**Tabla 40**

*Análisis Tiempo Historia Lineal en la Dirección Y-Y*

PISOS	ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA LINEAL EN LA DIRECCIÓN Y-Y							
	Chimbote 1970		Ica 2007		Lima - Callao 1966		Lima 1974	
	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
13	0.00354	0.00314	0.00408	0.00336	0.00288	0.00312	0.00340	0.00367
12	0.00471	0.00410	0.00543	0.00443	0.00374	0.00407	0.00450	0.00490
11	0.00589	0.00518	0.00664	0.00556	0.00472	0.00501	0.00566	0.00605
10	0.00693	0.00620	0.00752	0.00664	0.00570	0.00586	0.00674	0.00693
9	0.00773	0.00719	0.00806	0.00762	0.00663	0.00676	0.00769	0.00742
8	0.00822	0.00809	0.00832	0.00844	0.00751	0.00766	0.00834	0.00771
7	0.00844	0.00878	0.00853	0.00904	0.00829	0.00833	0.00866	0.00820
6	0.00855	0.00922	0.00890	0.00933	0.00885	0.00882	0.00949	0.00850
5	0.00868	0.00935	0.00952	0.00932	0.00909	0.00906	0.01000	0.00847
4	0.00920	0.00980	0.01040	0.00969	0.00963	0.00957	0.01071	0.00898
3	0.00978	0.01009	0.01119	0.00998	0.01016	0.01006	0.01136	0.00962
2	0.00844	0.00828	0.00950	0.00837	0.00863	0.00849	0.00958	0.00822
1	0.00658	0.00621	0.00730	0.00648	0.00667	0.00654	0.00737	0.00633

**Tabla 41***Similitud de Distorsiones al Espectro de Diseño, Dirección X-X*

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO HISTORIA X-X								
PISOS	Chimbote 1970		Ica 2007		Lima - Callao 1966		Lima 1974	
	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
13	1.09	1.01	1.12	1.21	1.04	1.04	0.95	1.13
12	1.11	1.05	1.16	1.27	1.08	1.07	0.96	1.18
11	1.12	1.08	1.16	1.28	1.09	1.09	0.97	1.20
10	1.12	1.10	1.16	1.26	1.09	1.11	0.97	1.21
9	1.11	1.10	1.14	1.21	1.08	1.13	0.98	1.21
8	1.11	1.10	1.15	1.15	1.09	1.14	0.98	1.22
7	1.11	1.08	1.16	1.12	1.09	1.15	0.98	1.23
6	1.10	1.05	1.15	1.11	1.09	1.16	0.97	1.24
5	1.12	1.04	1.15	1.08	1.11	1.19	1.00	1.27
4	1.07	1.00	1.12	1.03	1.06	1.15	0.98	1.22
3	1.06	1.01	1.16	1.09	1.04	1.16	0.98	1.22
2	1.02	1.01	1.18	1.09	1.01	1.11	0.94	1.18
1	1.07	1.04	1.19	1.10	1.04	1.10	0.92	1.16

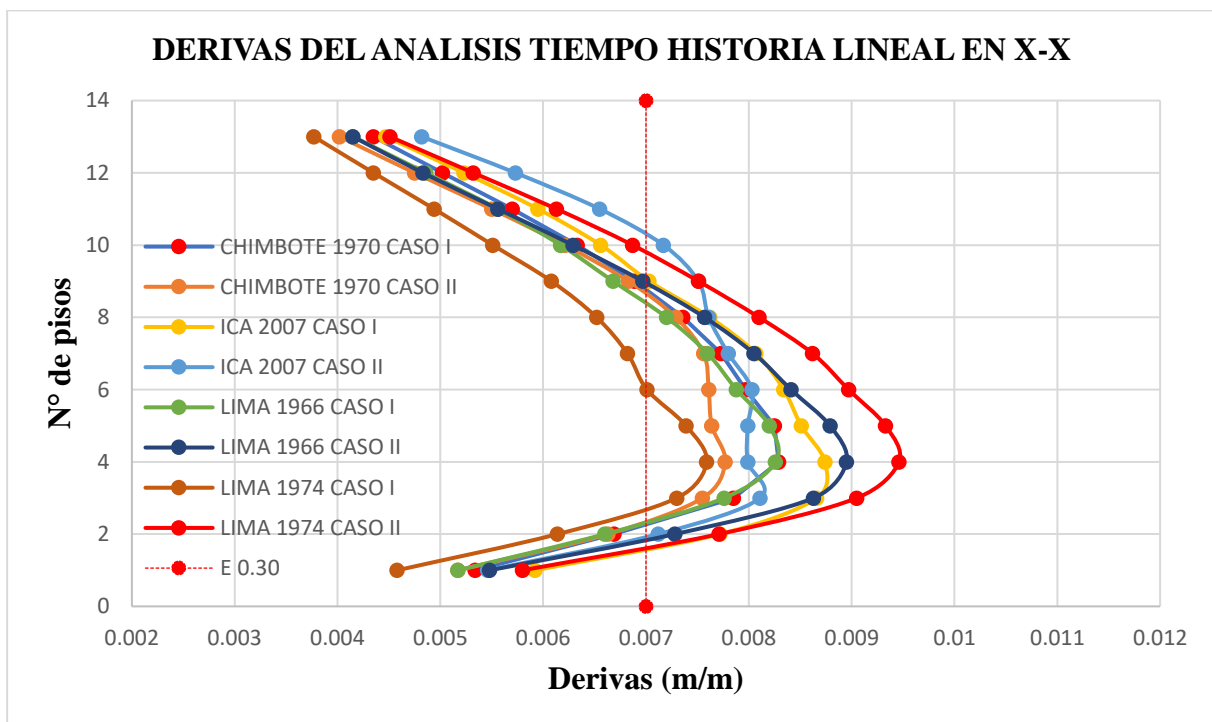
**Tabla 42***Similitud de Distorsiones al Espectro de Diseño, Dirección Y-Y*

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO HISTORIA Y-Y								
PISOS	Chimbote 1970		Ica 2007		Lima - Callao 1966		Lima 1974	
	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
13	1.19	1.05	1.37	1.13	0.97	1.05	1.14	1.23
12	1.32	1.15	1.52	1.24	1.05	1.14	1.26	1.37
11	1.34	1.18	1.51	1.27	1.08	1.14	1.29	1.38
10	1.35	1.20	1.46	1.29	1.11	1.14	1.31	1.35
9	1.33	1.23	1.38	1.31	1.14	1.16	1.32	1.27

8	1.28	1.26	1.29	1.31	1.17	1.19	1.30	1.20
7	1.21	1.26	1.22	1.30	1.19	1.20	1.24	1.18
6	1.17	1.26	1.22	1.27	1.21	1.20	1.30	1.16
5	1.13	1.22	1.24	1.22	1.19	1.18	1.30	1.10
4	1.10	1.18	1.25	1.16	1.15	1.15	1.28	1.08
3	1.12	1.16	1.28	1.14	1.16	1.15	1.30	1.10
2	1.14	1.12	1.28	1.13	1.17	1.15	1.29	1.11
1	1.15	1.09	1.28	1.14	1.17	1.15	1.29	1.11

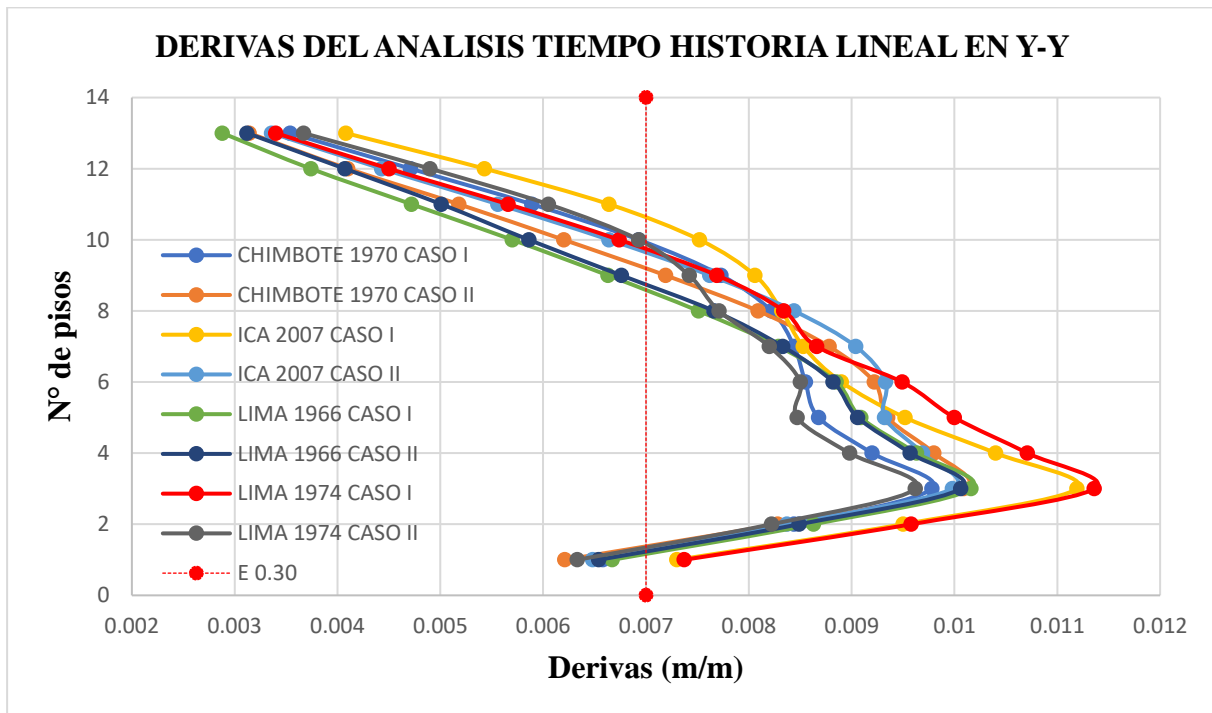
**Figura 69**

*Distribución de Derivas del Análisis Tiempo Historia en X-X*



**Figura 70**

*Distribución de Derivas del Análisis Tiempo Historia en Y-Y*



Se observa en las tablas que todos los registros sísmicos se acercan al espectro objetivo encontrándose dentro de los límites de análisis (0.90 – 1.40), por ese motivo se eligió como sismo de diseño el que genera mayor distorsión de entrepiso; la incidencia mayor sucede para el sismo de Lima en 1974, afectando en mayor proporción al 4to nivel en el eje X-X con una distorsión angular de 0.00946 y al 3er piso en la dirección Y-Y con una distorsión angular de 0.01136, es por ello que para el diseño de los amortiguadores viscosos se ha elegido como sismo de diseño el de Lima sucedido el 03 de octubre de 1974.

#### **4.1.2. Respuesta estructural de la edificación en estudio con disipadores de fluido viscoso**

##### **4.1.2.1. Respuesta sísmica con disipadores en la configuración diagonal**

###### **a) Cálculo inicial del dispositivo “K” – Rigidez del brazo metálico**

Como un predimensionamiento, se seleccionó un brazo metálico de tipo Round HSS 7.50 x 0.50 para alojar el disipador, cuyas propiedades se detallan a continuación.

**Tabla 43***Medidas y Características del Perfil Tipo HSS 7.50 x 0.50*

DIMENSIONES ROUND HSS 7.50 X 0.50				
D. ext. (in)	D. int. (in)	Inercia (in <sup>4</sup> )	Espesor(in)	Área (in <sup>2</sup> )
7.50	7.035	63.9	0.465	10.3

*Nota.* Datos tomados de AISC- Steel Construction Manual 14th Edition

Se usó la siguiente expresión para obtener la rigidez del brazo metálico:

$$K = \frac{EA}{L}$$

Donde:

K= Rigidez del brazo metálico

E= Módulo de elasticidad del acero =  $20.4 \times 10^6 \text{ ton/m}^2 = 29000 \text{ ksi}$ 

A= Área de la sección del brazo metálico

L= Longitud del brazo metálico

En consecuencia, se determinaron las rigideces correspondientes, basándose en las propiedades y medidas anteriormente definidas.

➤ Para el sentido X-X se tiene una longitud de brazo metálico de 5.77 m para todos los niveles.

➤ Para el sentido Y-Y se tiene una longitud de brazo metálico de 3.17 m para todos los niveles.

$$K_x = \frac{20.4 * 10^6(0.006645)}{5.77} = 23478.3215 \text{ ton/m}$$

$$K_y = \frac{20.4 * 10^6(0.006645)}{3.17} = 42697.4255 \text{ ton/m}$$

**b) Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso lineal ( $\alpha=1$ )**➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**Para un proceso de análisis lineal ( $\alpha = 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$B_{\text{visc}} = \frac{T \sum C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum m_i \phi_i^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la siguiente fórmula, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{B_{visc} 4\pi \sum m_i \phi_i^2}{T(\sum \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j)}$$

Esta fórmula representa la suma total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 2 por cada sentido de análisis.

**Tabla 44**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	Cos $\theta^{2*}$ $\theta_{rj}^2$	m* $\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	24.2994	0.6724		0.0013	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	24.2994	0.6724		0.0017	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	24.2994	0.6724		0.0021	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	24.2994	0.6724		0.0026	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	24.2994	0.6724		0.0031	0.429
8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	24.2994	0.6724		0.0035	0.349
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	24.2994	0.6724		0.0037	0.271
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	24.2994	0.6724		0.0034	0.199
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	24.2994	0.6724		0.0035	0.134
4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	24.2994	0.6724	1.00	0.0054	0.048
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	24.2994	0.6724		0.0026	0.044
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	24.2994	0.6724		0.0026	0.016
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	24.2994	0.6724		0.0000	0.003
$\Sigma$								0.0355	3.744

**Tabla 45**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\frac{\text{Cos}\theta^{2*}}{\theta_{rj}^2}$	$m*\theta_i^2$
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	42.9546	0.5168		0.0004	0.538
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	42.9546	0.5168		0.0006	0.718
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	42.9546	0.5168		0.0009	0.662
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	42.9546	0.5168		0.0012	0.595
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	42.9546	0.5168		0.0015	0.521
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	42.9546	0.5168		0.0020	0.441
7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	42.9546	0.5168	1.00	0.0023	0.358
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	42.9546	0.5168		0.0022	0.274
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	42.9546	0.5168		0.0016	0.191
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	42.9546	0.5168		0.0030	0.072
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	42.9546	0.5168		0.0051	0.068
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	42.9546	0.5168		0.0088	0.025
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	42.9546	0.5168		0.0000	0.005
$\Sigma$								0.0296	4.470

**Tabla 46***Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente Lineal ( $\alpha = 1$ )*

	X-X	Y-Y
$\alpha$	1.00	1.00
$\sum C$	26514.074	48249.917
DFV en las direcciones	2	2
C (Coef. de amortiguamiento)	13257.03721	24124.95855
C de diseño	13260.00	24125.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores lineales ( $\alpha = 1$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 47**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.13104	0.00301	2.7	0.001115	0.000836	Cumple
12	0.12803	0.00335	2.7	0.001241	0.000931	Cumple
11	0.12468	0.00394	2.7	0.001460	0.001095	Cumple
10	0.12074	0.00451	2.7	0.001672	0.001254	Cumple
9	0.11622	0.00511	2.7	0.001891	0.001418	Cumple
8	0.11112	0.00579	2.7	0.002144	0.001608	Cumple
7	0.10533	0.00640	2.7	0.002370	0.001778	Cumple
6	0.09893	0.00832	2.7	0.003082	0.002311	Cumple
5	0.09061	0.01551	2.5	0.006202	0.004652	Cumple
4	0.07510	0.01641	2.5	0.006566	0.004924	Cumple

3	0.05869	0.02382	3.2	0.007445	0.005584	No cumple
2	0.03487	0.01687	2.6	0.006489	0.004867	Cumple
1	0.01799	0.01799	3.5	0.005141	0.003856	Cumple

**Tabla 48**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.08853	0.00362	2.7	0.001339	0.001004	Cumple
12	0.08492	0.00414	2.7	0.001531	0.001149	Cumple
11	0.08078	0.00491	2.7	0.001817	0.001363	Cumple
10	0.07587	0.00567	2.7	0.002101	0.001576	Cumple
9	0.07020	0.00633	2.7	0.002344	0.001758	Cumple
8	0.06387	0.00689	2.7	0.002553	0.001915	Cumple
7	0.05698	0.00741	2.7	0.002744	0.002058	Cumple
6	0.04957	0.00776	2.7	0.002873	0.002155	Cumple
5	0.04181	0.00756	2.5	0.003023	0.002267	Cumple
4	0.03425	0.00771	2.5	0.003084	0.002313	Cumple
3	0.02654	0.00996	3.2	0.003114	0.002335	Cumple
2	0.01658	0.00731	2.6	0.002811	0.002108	Cumple
1	0.00927	0.00927	3.5	0.002649	0.001986	Cumple

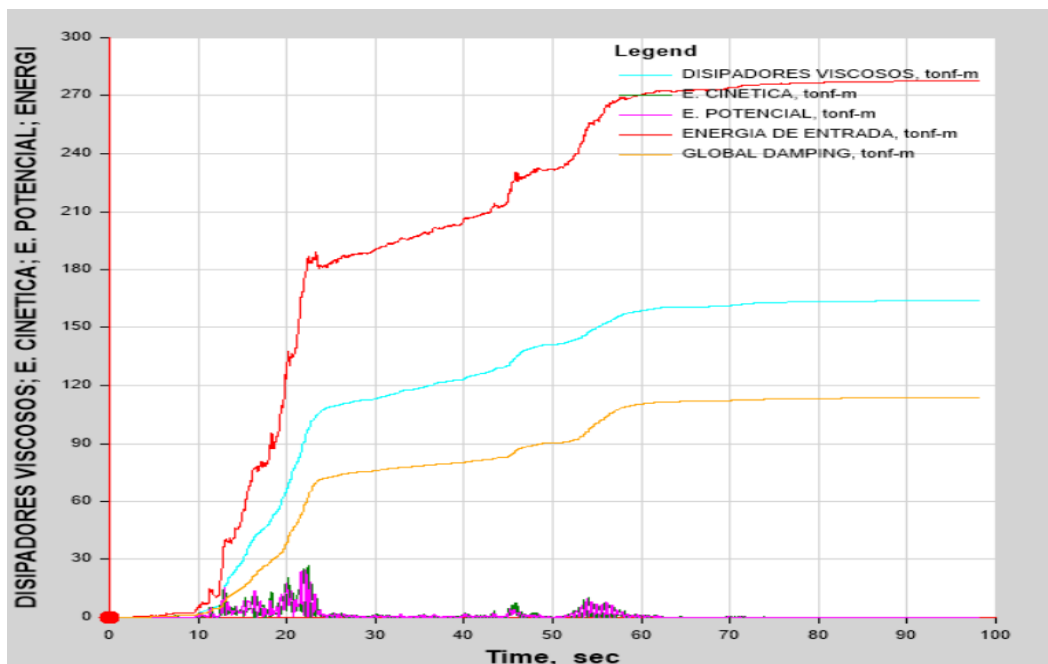
Según las tablas mostradas, se evidencia que la máxima deriva en “X” es de 0.005584 y ocurre en el tercer piso, no cumple con la normativa HAZUS, pero si cumple con la norma E.030. Por otro lado, se evidencia que la deriva máxima en la dirección Y-Y es de 0.002335 y ocurre en el nivel 3, cumpliendo con las dos normativas utilizadas para el control de distorsiones de entrepiso.

## ➤ Balance de energía

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores viscosos absorben un 59.00% de la energía, dejando para la estructura un 41.00% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 57.04% dejando para la estructura 42.96% de la energía total sísmica.

**Figura 71**

*Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

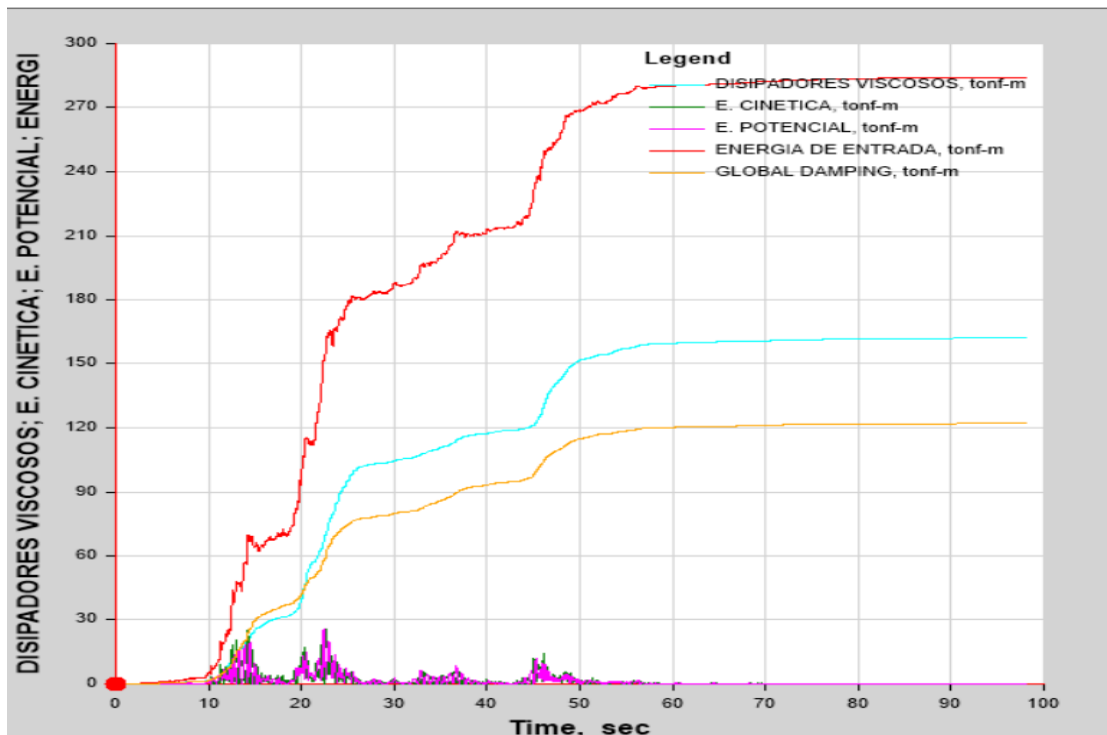


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 1) = \frac{163.6723}{277.4535} = 59.00\%$$

**Figura 72**

*Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y}(\alpha = 1) = \frac{161.9483}{283.9865} = 57.03\%$$

**c) Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso no lineal ( $\alpha=0.25$ )**

➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**

Para un proceso de análisis no lineal ( $\alpha < 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$B_{\text{visc}} = \frac{\sum \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la fórmula siguiente, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

Esta fórmula representa la sumatoria total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 2 por cada sentido de análisis.

**Tabla 49**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	Cos $\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	m* $\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	24.2994	0.6724		0.0126	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	24.2994	0.6724		0.0155	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	24.2994	0.6724		0.0184	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	24.2994	0.6724		0.0211	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	24.2994	0.6724		0.0242	0.429
8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	24.2994	0.6724		0.0269	0.349
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	24.2994	0.6724	0.25	0.0291	0.271
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	24.2994	0.6724		0.0303	0.199
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	24.2994	0.6724		0.0289	0.134
4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	24.2994	0.6724		0.0293	0.048
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	24.2994	0.6724		0.0382	0.044
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	24.2994	0.6724		0.0241	0.016
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	24.2994	0.6724		0.0245	0.003
$\Sigma$								0.3230	3.744

**Tabla 50**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	42.9546	0.5168		0.0074	0.538
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	42.9546	0.5168		0.0100	0.718
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	42.9546	0.5168		0.0121	0.662
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	42.9546	0.5168		0.0147	0.595
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	42.9546	0.5168		0.0175	0.521
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	42.9546	0.5168		0.0203	0.441
7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	42.9546	0.5168	0.25	0.0226	0.358
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	42.9546	0.5168		0.0219	0.274
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	42.9546	0.5168		0.0239	0.191
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	42.9546	0.5168		0.0349	0.072
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	42.9546	0.5168		0.0219	0.068
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	42.9546	0.5168		0.0229	0.025
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	42.9546	0.5168		0.0000	0.005
$\Sigma$								0.2301	4.470

**Tabla 51**

*Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) para Configuración Diagonal*

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	0.25	0.25
$\Sigma C$	334.441	626.868
DFV en las direcciones	2	2
C (Coef. de amortiguamiento)	167.220	313.434
C de diseño	170.00	315.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores no lineales ( $\alpha = 0.25$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 52**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluidos Viscosos No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS (<0.005)
13	0.12186	0.00312	2.7	0.001156	0.000867	Cumple
12	0.11874	0.00365	2.7	0.001351	0.001013	Cumple
11	0.11509	0.00451	2.7	0.001670	0.001253	Cumple
10	0.11058	0.00556	2.7	0.002059	0.001544	Cumple
9	0.10502	0.00672	2.7	0.002489	0.001867	Cumple
8	0.09830	0.00792	2.7	0.002932	0.002199	Cumple
7	0.09038	0.00914	2.7	0.003386	0.002539	Cumple
6	0.08124	0.01070	2.7	0.003962	0.002971	Cumple
5	0.07055	0.01318	2.5	0.005272	0.003954	Cumple
4	0.05737	0.01355	2.5	0.005419	0.004064	Cumple
3	0.04382	0.01803	3.2	0.005634	0.004226	Cumple
2	0.02579	0.01261	2.6	0.004852	0.003639	Cumple
1	0.01318	0.01318	3.5	0.003764	0.002823	Cumple

**Tabla 53**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluidos viscosos No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el*

*Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.06942	0.00197	2.7	0.000730	0.000547	Cumple
12	0.06745	0.00228	2.7	0.000846	0.000634	Cumple
11	0.06516	0.00280	2.7	0.001037	0.000777	Cumple
10	0.06236	0.00337	2.7	0.001247	0.000936	Cumple
9	0.05900	0.00377	2.7	0.001396	0.001047	Cumple
8	0.05523	0.00433	2.7	0.001602	0.001202	Cumple
7	0.05090	0.00502	2.7	0.001858	0.001393	Cumple
6	0.04588	0.00567	2.7	0.002100	0.001575	Cumple
5	0.04022	0.00601	2.5	0.002403	0.001802	Cumple
4	0.03421	0.00685	2.5	0.002739	0.002054	Cumple
3	0.02736	0.01017	3.2	0.003178	0.002383	Cumple
2	0.01719	0.00778	2.6	0.002992	0.002244	Cumple
1	0.00941	0.00941	3.5	0.002689	0.002017	Cumple

De las tablas mostradas, se evidencia que la deriva máxima en “X” es de 0.004226 y ocurre en el nivel 3 y, en la dirección Y-Y es de 0.002383 produciéndose en el piso 3, cumpliendo con ambas normativas utilizadas para el control de distorsiones.

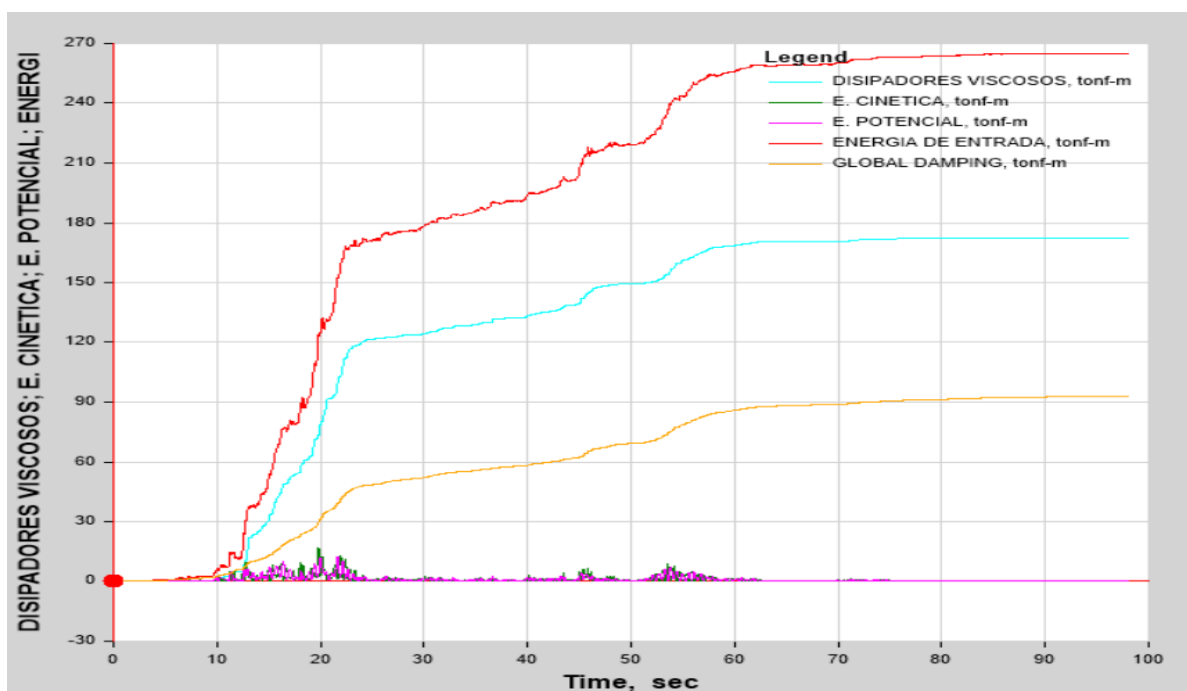
#### ➤ **Balance de energía**

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de

tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores de fluido viscoso absorben un 64.36% de la energía, dejando para la estructura únicamente un 35.64% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 62.76% dejando para la estructura 37.24% de la energía total sísmica.

**Figura 73**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

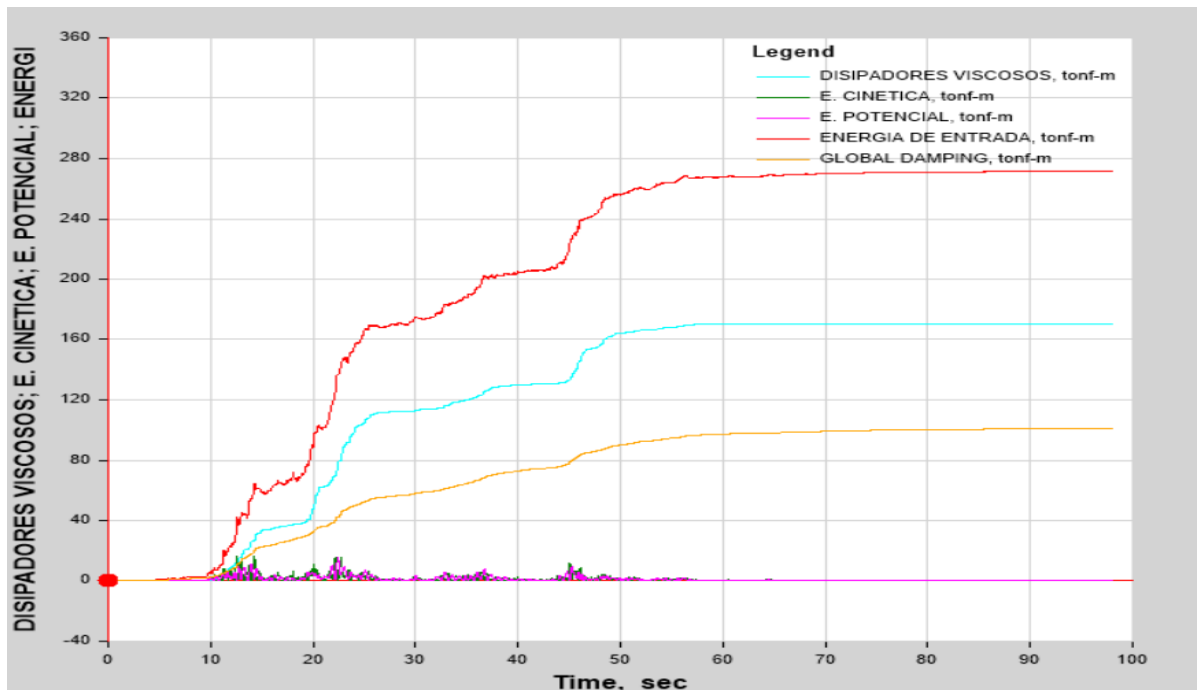


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 0.25) = \frac{170.5632}{265.0315} = 64.36\%$$

**Figura 74**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

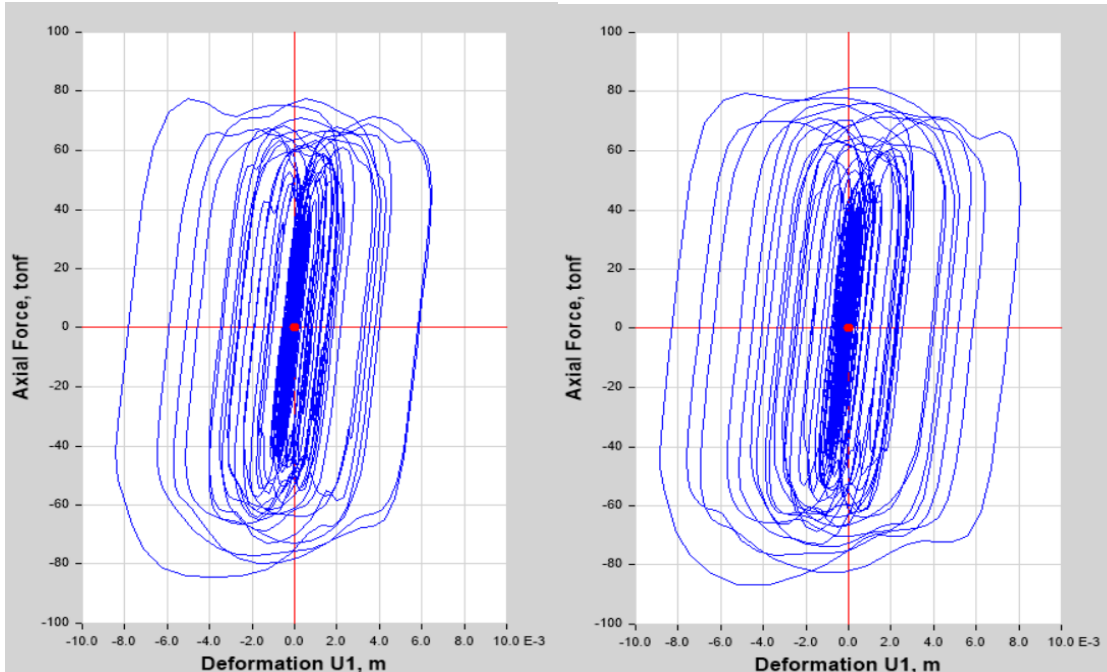
$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y } (\alpha = 0.25) = \frac{170.2240}{271.2373} = 62.76\%$$

➤ **Respuesta histórica de los disipadores de fluido viscoso**

Se observan los bucles histeréticos para verificar el adecuado funcionamiento del disipador y su eficiencia. A continuación, se muestran los bucles histeréticos del disipador K6 y K19 en el eje 1 y 8 (Dirección X-X) y del disipador K27 y K40 en el eje A y E (Dirección Y-Y).

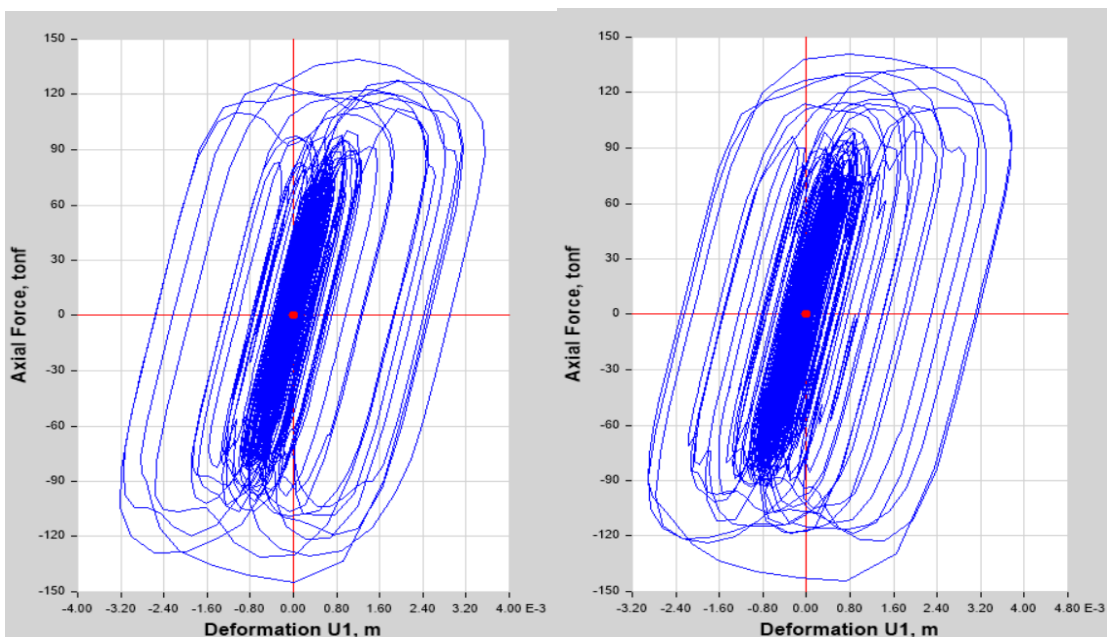
**Figura 75**

*Comportamiento Histerético del Disipador K6 y K19 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.25$  Dirección X-X para Configuración Diagonal*



**Figura 76**

*Comportamiento Histerético del Disipador K27 y K40 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.25$  Dirección Y-Y para Configuración Diagonal*



**d) Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso no lineal ( $\alpha=0.50$ )**

➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**

Para un proceso de análisis no lineal ( $\alpha < 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$B_{\text{visc}} = \frac{\sum \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la fórmula siguiente, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

Esta fórmula representa la sumatoria total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 2 por cada sentido de análisis.

**Tabla 54**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	Cos $\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	m* $\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	24.2994	0.6724		0.0053	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	24.2994	0.6724		0.0067	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	24.2994	0.6724		0.0083	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	24.2994	0.6724		0.0097	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	24.2994	0.6724		0.0115	0.429
8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	24.2994	0.6724	0.50	0.0131	0.349
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	24.2994	0.6724		0.0143	0.271
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	24.2994	0.6724		0.0151	0.199
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	24.2994	0.6724		0.0142	0.134

4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	24.2994	0.6724	0.0144	0.048
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	24.2994	0.6724	0.0199	0.044
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	24.2994	0.6724	0.0115	0.016
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	24.2994	0.6724	0.0117	0.003
$\Sigma$							0.1556	3.744

**Tabla 55**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido*

*Y-Y para Configuración Diagonal*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	42.9546	0.5168		0.003	0.538
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	42.9546	0.5168		0.004	0.718
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	42.9546	0.5168		0.005	0.662
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	42.9546	0.5168		0.006	0.595
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	42.9546	0.5168		0.008	0.521
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	42.9546	0.5168		0.009	0.441
7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	42.9546	0.5168	0.50	0.011	0.358
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	42.9546	0.5168		0.010	0.274
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	42.9546	0.5168		0.011	0.191
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	42.9546	0.5168		0.018	0.072
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	42.9546	0.5168		0.010	0.068
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	42.9546	0.5168		0.011	0.025
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	42.9546	0.5168		0.000	0.005
$\Sigma$								0.106	4.470

**Tabla 56**

*Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) para Configuración Diagonal*

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	0.50	0.50
$\Sigma C$	1429.628	2921.570
DFV en las direcciones	2	2
C (Coef. de amortiguamiento)	714.814	1460.785
C de diseño	715.00	1465.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores no lineales ( $\alpha = 0.50$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 57**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el sentido X-X para Configuración Diagonal*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.12524	0.00321	2.7	0.001188	0.000891	Cumple
12	0.12203	0.00378	2.7	0.001401	0.001051	Cumple
11	0.11825	0.00444	2.7	0.001643	0.001232	Cumple
10	0.11381	0.00518	2.7	0.001917	0.001438	Cumple
9	0.10863	0.00590	2.7	0.002185	0.001639	Cumple
8	0.10273	0.00666	2.7	0.002466	0.001849	Cumple
7	0.09608	0.00734	2.7	0.002720	0.002040	Cumple
6	0.08873	0.00925	2.7	0.003426	0.002569	Cumple
5	0.07948	0.01366	2.5	0.005466	0.004099	Cumple

4	0.06582	0.01523	2.5	0.006092	0.004569	Cumple
3	0.05059	0.02041	3.2	0.006377	0.004782	Cumple
2	0.03018	0.01470	2.6	0.005655	0.004242	Cumple
1	0.01548	0.01548	3.5	0.004422	0.003317	Cumple

**Tabla 58**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido*

*Y-Y para Configuración Diagonal*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.07315	0.00286	2.7	0.001059	0.000794	Cumple
12	0.07029	0.00344	2.7	0.001274	0.000956	Cumple
11	0.06685	0.00404	2.7	0.001495	0.001121	Cumple
10	0.06282	0.00466	2.7	0.001727	0.001296	Cumple
9	0.05815	0.00521	2.7	0.001928	0.001446	Cumple
8	0.05295	0.00568	2.7	0.002102	0.001577	Cumple
7	0.04727	0.00611	2.7	0.002264	0.001698	Cumple
6	0.04116	0.00582	2.7	0.002154	0.001616	Cumple
5	0.03534	0.00573	2.5	0.002294	0.001720	Cumple
4	0.02961	0.00619	2.5	0.002475	0.001856	Cumple
3	0.02342	0.00861	3.2	0.002690	0.002017	Cumple
2	0.01481	0.00656	2.6	0.002523	0.001892	Cumple
1	0.00825	0.00825	3.5	0.002358	0.001768	Cumple

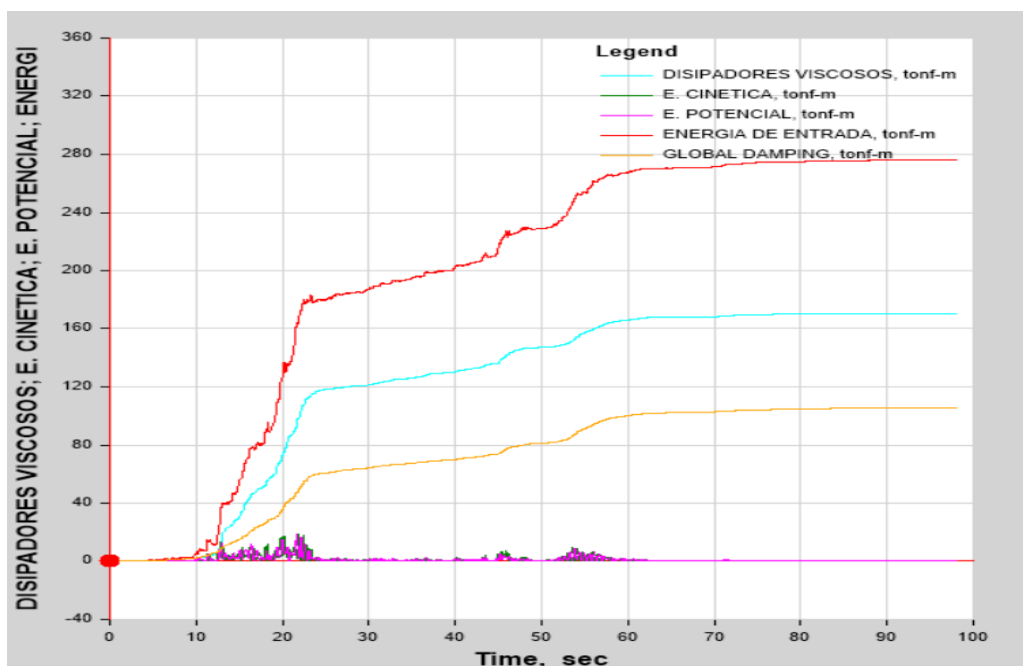
De las tablas mostradas, se evidencia que la deriva máxima en “X” es de 0.004782 y ocurre en el nivel 3 y, en el sentido Y-Y es de 0.002017 produciéndose en el piso 3, cumpliendo con ambas normativas utilizadas para el control de distorsiones.

### ➤ Balance de energía

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores de fluido viscoso absorben un 61.64% de la energía, dejando para la estructura únicamente un 38.36% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 60.41% dejando para la estructura 39.59% de la energía total sísmica.

**Figura 77**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

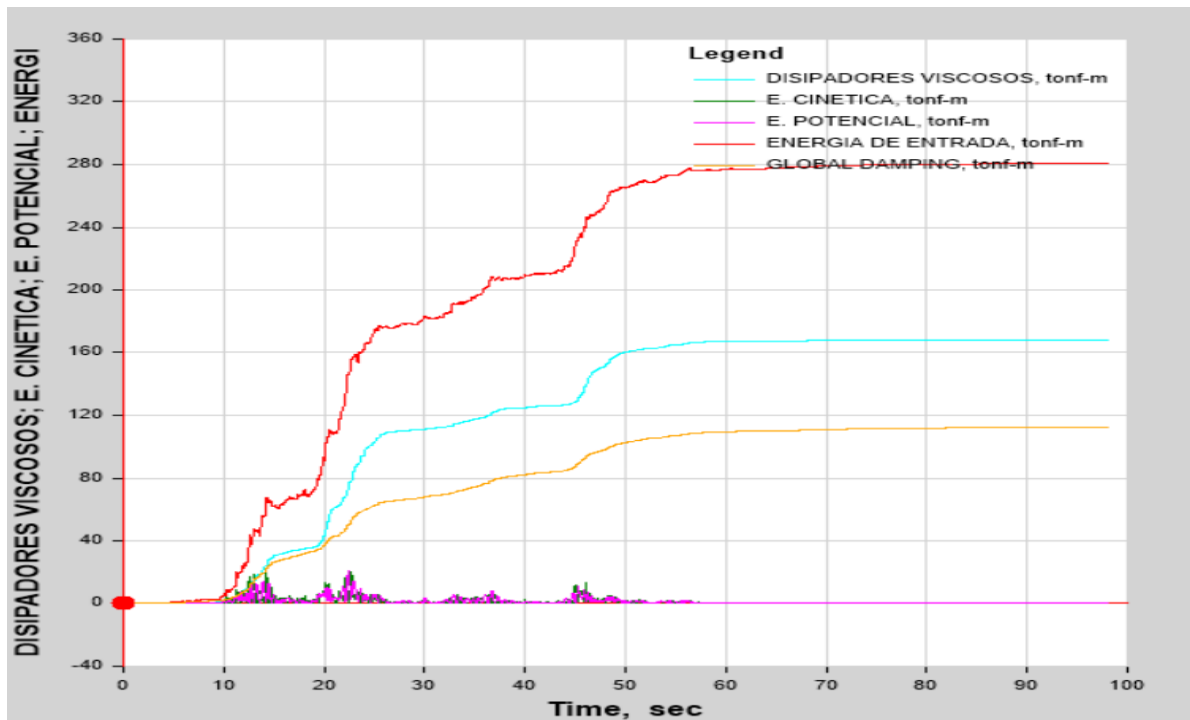


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 0.50) = \frac{170.1643}{276.0694} = 61.64\%$$

**Figura 78**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

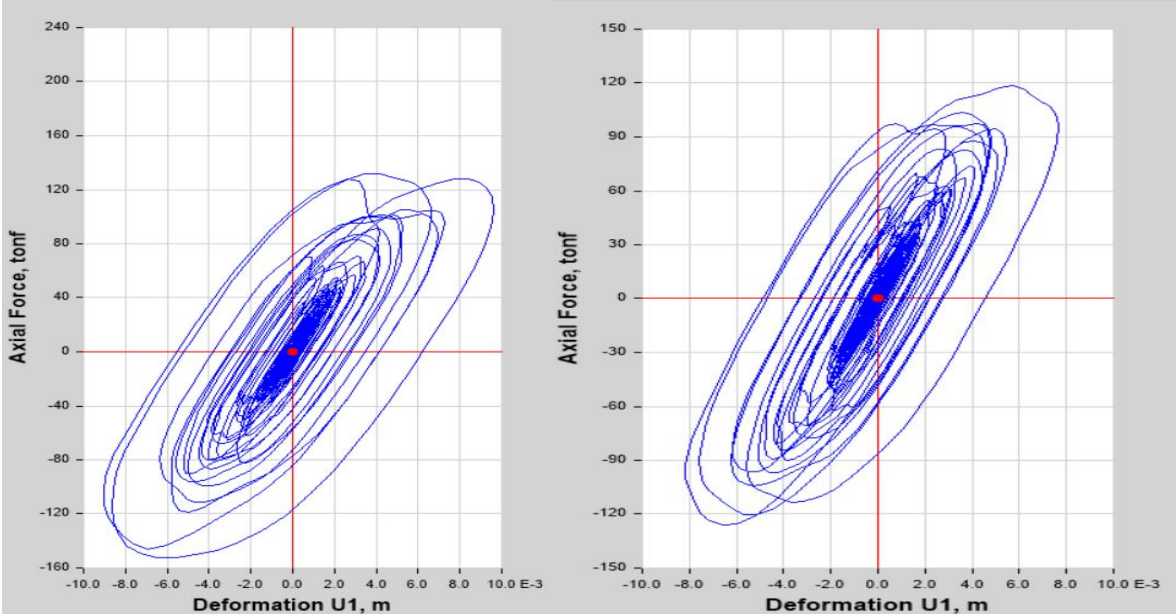
$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y } (\alpha = 0.50) = \frac{167.1351}{276.66} = 60.41\%$$

➤ **Respuesta histórica de los disipadores de fluido viscoso**

Se observan los bucles histéricos para verificar el adecuado funcionamiento del disipador y su eficiencia. A continuación, se muestran los bucles histéricos del disipador K6 y K19 en el eje 1 y 8 (Dirección X-X) y del disipador K27 y K40 en el eje A y E (Dirección Y-Y).

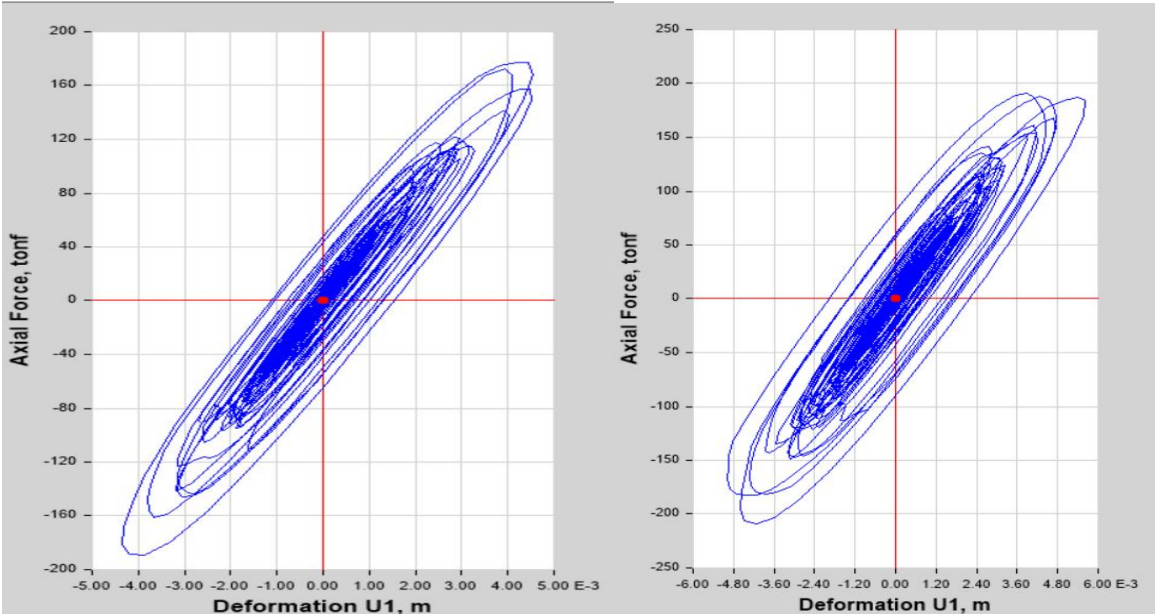
**Figura 79**

*Comportamiento Histerético del Disipador K6 y K19 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.50$  Dirección X-X para Configuración Diagonal*



**Figura 80**

*Comportamiento Histerético del Disipador K27 y K40 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.50$  Dirección Y-Y para Configuración Diagonal*



e) **Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso no lineal ( $\alpha=0.75$ )**

➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**

Para un proceso de análisis no lineal ( $\alpha < 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$B_{\text{visc}} = \frac{\sum \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la fórmula siguiente, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

Esta fórmula representa la sumatoria total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 2 por cada sentido de análisis.

**Tabla 59**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	Cos $\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	m* $\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	24.2994	0.6724		0.0022	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	24.2994	0.6724		0.0029	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	24.2994	0.6724		0.0037	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	24.2994	0.6724		0.0045	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	24.2994	0.6724		0.0055	0.429
8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	24.2994	0.6724		0.0063	0.349
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	24.2994	0.6724	0.75	0.0071	0.271
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	24.2994	0.6724		0.0075	0.199
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	24.2994	0.6724		0.0070	0.134

4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	24.2994	0.6724	0.0071	0.048
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	24.2994	0.6724	0.0104	0.044
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	24.2994	0.6724	0.0054	0.016
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	24.2994	0.6724	0.0056	0.003
$\Sigma$							0.0752	3.744

**Tabla 60**

Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	42.9546	0.5168		0.001	0.538
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	42.9546	0.5168		0.002	0.718
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	42.9546	0.5168		0.002	0.662
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	42.9546	0.5168		0.003	0.595
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	42.9546	0.5168		0.003	0.521
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	42.9546	0.5168		0.004	0.441
7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	42.9546	0.5168	0.75	0.005	0.358
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	42.9546	0.5168		0.005	0.274
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	42.9546	0.5168		0.005	0.191
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	42.9546	0.5168		0.009	0.072
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	42.9546	0.5168		0.005	0.068
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	42.9546	0.5168		0.005	0.025
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	42.9546	0.5168		0.000	0.005
$\Sigma$								0.049	4.470

**Tabla 61**

*Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) para Configuración Diagonal*

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	0.75	0.75
$\Sigma C$	6115.469	13595.025
DFV en las direcciones	2	2
C (Coef. de amortiguamiento)	3057.735	6797.513
C de diseño	3060.00	6800.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores no lineales ( $\alpha = 0.75$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 62**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.12834	0.00330	2.7	0.001224	0.000918	Cumple
12	0.12503	0.00392	2.7	0.001450	0.001088	Cumple
11	0.12112	0.00465	2.7	0.001721	0.001291	Cumple
10	0.11647	0.00532	2.7	0.001971	0.001478	Cumple
9	0.11115	0.00589	2.7	0.002180	0.001635	Cumple
8	0.10527	0.00643	2.7	0.002381	0.001786	Cumple
7	0.09884	0.00611	2.7	0.002264	0.001698	Cumple
6	0.09272	0.00789	2.7	0.002921	0.002191	Cumple

5	0.08484	0.01459	2.5	0.005837	0.004378	Cumple
4	0.07024	0.01547	2.5	0.006187	0.004640	Cumple
3	0.05478	0.02227	3.2	0.006959	0.005219	No cumple
2	0.03251	0.01573	2.6	0.006050	0.004538	Cumple
1	0.01678	0.01678	3.5	0.004793	0.003595	Cumple

**Tabla 63**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.08886	0.00344	2.7	0.001276	0.000957	Cumple
12	0.08542	0.00408	2.7	0.001512	0.001134	Cumple
11	0.08134	0.00492	2.7	0.001822	0.001366	Cumple
10	0.07642	0.00569	2.7	0.002109	0.001581	Cumple
9	0.07072	0.00636	2.7	0.002356	0.001767	Cumple
8	0.06436	0.00693	2.7	0.002568	0.001926	Cumple
7	0.05743	0.00746	2.7	0.002764	0.002073	Cumple
6	0.04997	0.00782	2.7	0.002894	0.002171	Cumple
5	0.04215	0.00761	2.5	0.003046	0.002284	Cumple
4	0.03454	0.00777	2.5	0.003110	0.002332	Cumple
3	0.02676	0.01007	3.2	0.003147	0.002360	Cumple
2	0.01670	0.00737	2.6	0.002835	0.002126	Cumple
1	0.00933	0.00933	3.5	0.002664	0.001998	Cumple

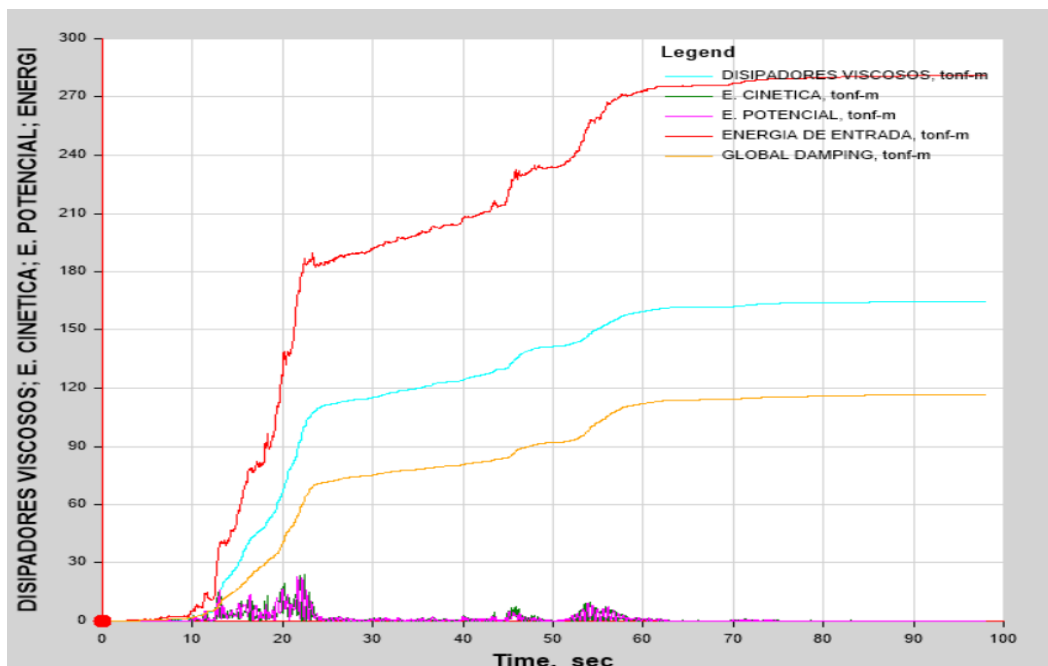
De las tablas mostradas, se evidencia que la deriva máxima en “X” es de 0.005219 y ocurre en el nivel 3 y, en el sentido Y-Y es de 0.002360 produciéndose en el piso 3, cumpliendo con ambas normativas utilizadas para el control de distorsiones.

### ➤ Balance de energía

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores de fluido viscoso absorben un 58.52% de la energía, dejando para la estructura únicamente un 41.48% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 56.84% dejando para la estructura 43.52% de la energía total sísmica.

**Figura 81**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Configuración Diagonal*

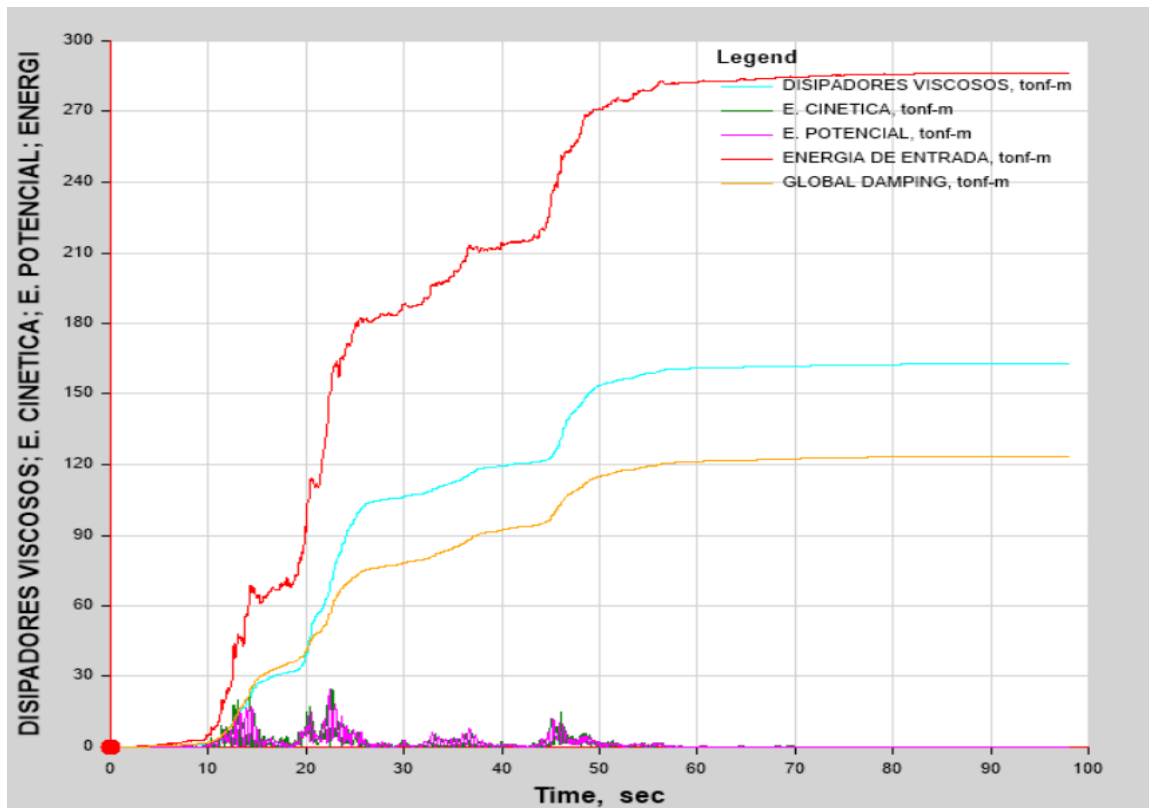


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 0.75) = \frac{164.4198}{280.9514} = 58.52\%$$

**Figura 82**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Configuración Diagonal*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

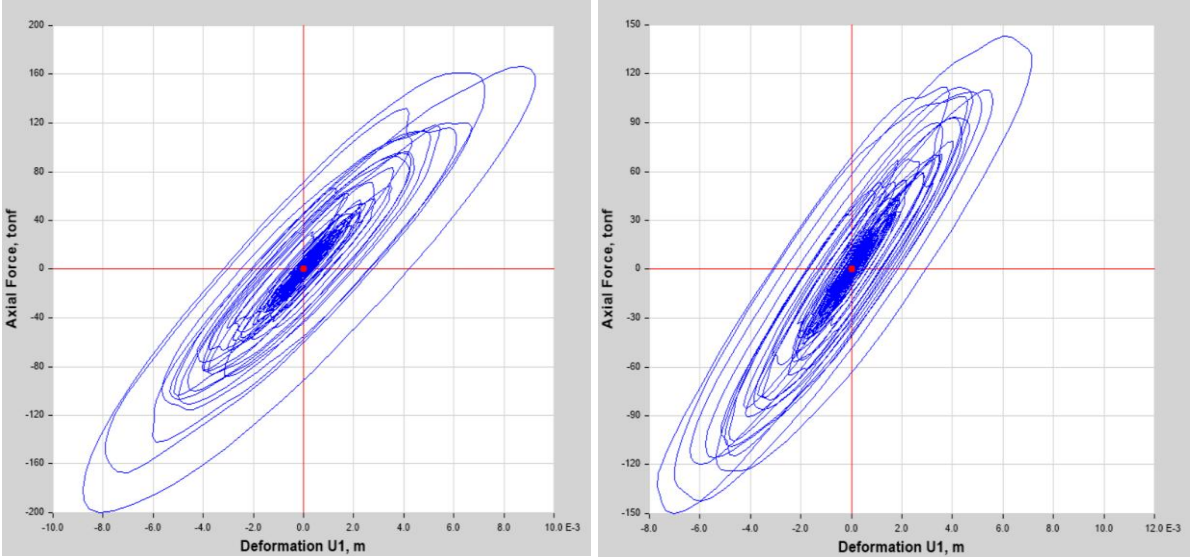
$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y } (\alpha = 0.75) = \frac{162.8095}{286.4380} = 56.84\%$$

➤ **Respuesta histórica de los disipadores de fluido viscoso**

Se observan los bucles histeréticos para verificar el adecuado funcionamiento del disipador y su eficiencia. A continuación, se muestran los bucles histeréticos del disipador K6 y K19 en el eje 1 y 8 (Dirección X-X) y del disipador K27 y K40 en el eje A y E (Dirección Y-Y).

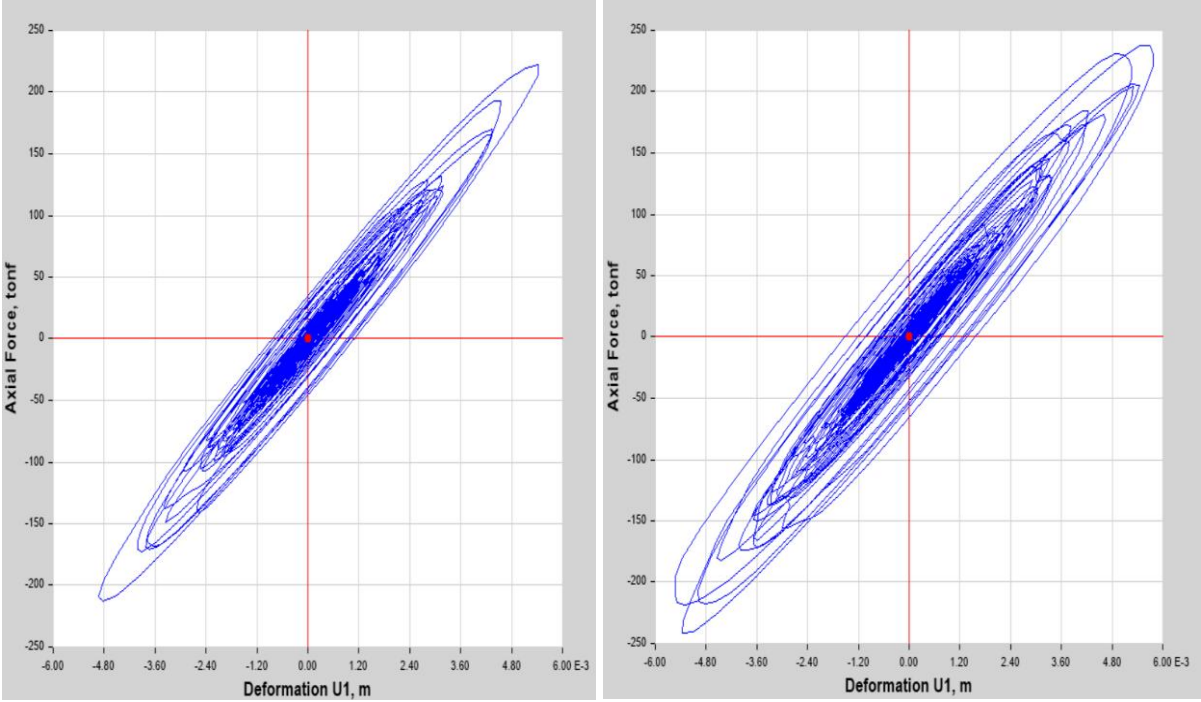
**Figura 83**

*Comportamiento Histerético del Disipador K6 y K19 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.75$  Dirección X-X para Configuración Diagonal*



**Figura 84**

*Comportamiento Histerético del Disipador K27 y K40 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.75$  Dirección Y-Y para Configuración Diagonal*



#### ***4.1.2.2. Respuesta sísmica con disipadores en la configuración Chevron brace mejorado o doble diagonal***

##### **a) Cálculo inicial del dispositivo “K” – Rigidez del brazo metálico**

Como un predimensionamiento, se seleccionó un brazo metálico de tipo Round HSS 7.50 x 0.50 para alojar el dispositivo, cuyas propiedades se detallan anteriormente.

En consecuencia, se determinaron las rigideces correspondientes, basándose en las propiedades y dimensiones previamente definidas.

- Para el sentido X-X se tiene una longitud de brazo metálico de 3.24 m para todos los niveles.
- Para el sentido Y-Y se tiene una longitud de brazo metálico de 2.27 m para todos los niveles.

$$K_x = \frac{20.4 * 10^6 * 0.006645}{3.24} = 41823.5583 \text{ ton/m}$$

$$K_y = \frac{20.4 * 10^6 * 0.006645}{2.27} = 59526.5942 \text{ ton/m}$$

##### **b) Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso lineal ( $\alpha=1$ )**

###### ➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**

Para un proceso de análisis lineal ( $\alpha = 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$\beta_{\text{visc.}} = \frac{T \sum C_j \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum m_i \phi^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la siguiente fórmula, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{4\pi \sum m_i \phi^2}{T \sum \phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}$$

Esta fórmula representa la suma total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 4 por cada sentido de análisis.

**Tabla 64**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	43.00	0.5551		0.0009	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	43.00	0.5551		0.0011	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	43.00	0.5551		0.0014	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	43.00	0.5551		0.0018	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	43.00	0.5551		0.0021	0.429
8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	43.00	0.5551		0.0024	0.349
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	43.00	0.5551	1.00	0.0025	0.271
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	43.00	0.5551		0.0023	0.199
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	43.00	0.5551		0.0024	0.134
4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	43.00	0.5551		0.0037	0.048
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	43.00	0.5551		0.0018	0.044
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	43.00	0.5551		0.0018	0.016
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	43.00	0.5551		0.0000	0.003
$\Sigma$								0.0242	3.744

**Tabla 65**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	61.76	0.4807		0.0003	0.538
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	61.76	0.4807		0.0005	0.718
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	61.76	0.4807		0.0007	0.662
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	61.76	0.4807		0.0010	0.595
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	61.76	0.4807		0.0013	0.521
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	61.76	0.4807		0.0017	0.441

7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	61.76	0.4807	1.00	0.0020	0.358	
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	61.76	0.4807		0.0019	0.274	
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	61.76	0.4807		0.0022	0.191	
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	61.76	0.4807		0.0040	0.072	
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	61.76	0.4807		0.0019	0.068	
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	61.76	0.4807		0.0021	0.025	
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	61.76	0.4807		0.0000	0.005	
								$\Sigma$	0.0198	4.470

**Tabla 66**

*Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente Lineal ( $\alpha = 1$ ) para Chevron*

*Brace Mejorado*

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	1.00	1.00
$\Sigma C$	38903.709	72073.076
DFV en las direcciones	4	4
C (Coef. de amortiguamiento)	9725.927231	18018.269
C de diseño	9730.00	18020.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores lineales ( $\alpha = 1$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 67**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X  
para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.10322	0.00163	2.7	0.000603	0.000453	Cumple
12	0.10159	0.00181	2.7	0.000671	0.000504	Cumple
11	0.09977	0.00212	2.7	0.000784	0.000588	Cumple
10	0.09766	0.00240	2.7	0.000889	0.000666	Cumple
9	0.09526	0.00268	2.7	0.000991	0.000743	Cumple
8	0.09258	0.00296	2.7	0.001097	0.000823	Cumple
7	0.08962	0.00319	2.7	0.001183	0.000887	Cumple
6	0.08643	0.00465	2.7	0.001721	0.001291	Cumple
5	0.08178	0.01217	2.5	0.004868	0.003651	Cumple
4	0.06961	0.01534	2.5	0.006137	0.004603	Cumple
3	0.05427	0.02138	3.2	0.006680	0.005010	No cumple
2	0.03289	0.01577	2.6	0.006065	0.004549	Cumple
1	0.01712	0.01712	3.5	0.004891	0.003669	Cumple

**Tabla 68**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso Lineal ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y  
para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.06730	0.00267	2.7	0.000987	0.000740	Cumple
12	0.06463	0.00309	2.7	0.001146	0.000859	Cumple
11	0.06154	0.00364	2.7	0.001346	0.001010	Cumple
10	0.05791	0.00426	2.7	0.001576	0.001182	Cumple
9	0.05365	0.00482	2.7	0.001786	0.001339	Cumple

8	0.04883	0.00530	2.7	0.001964	0.001473	Cumple
7	0.04353	0.00568	2.7	0.002103	0.001577	Cumple
6	0.03785	0.00588	2.7	0.002177	0.001633	Cumple
5	0.03197	0.00545	2.5	0.002180	0.001635	Cumple
4	0.02652	0.00564	2.5	0.002258	0.001693	Cumple
3	0.02088	0.00781	3.2	0.002441	0.001830	Cumple
2	0.01307	0.00568	2.6	0.002185	0.001639	Cumple
1	0.00739	0.00739	3.5	0.002110	0.001583	Cumple

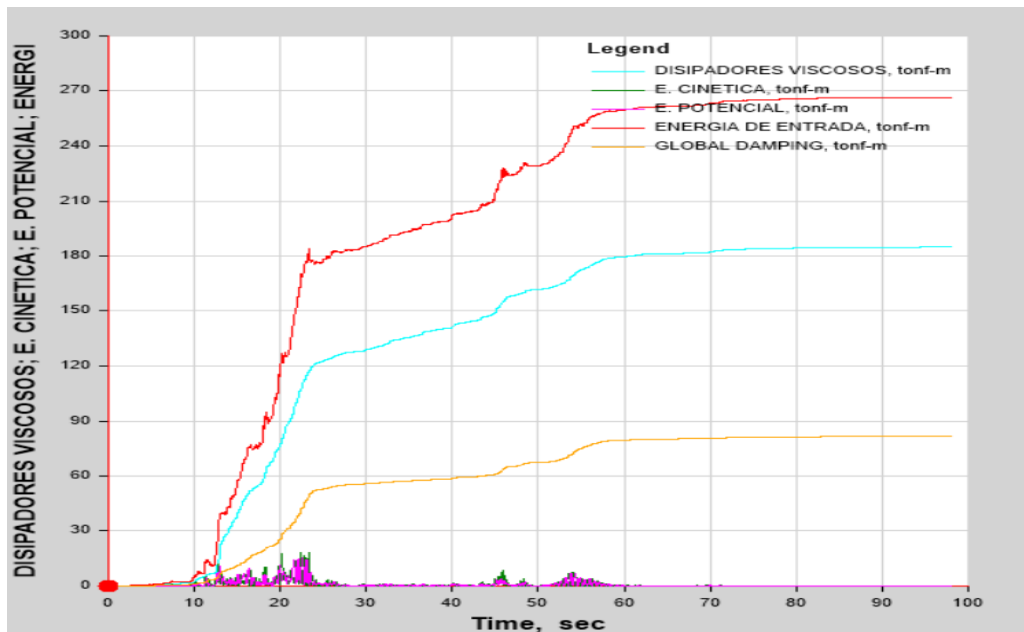
Según las tablas mostradas, se evidencia que la máxima deriva en “X” es de 0.005010 y ocurre en el tercer piso, no cumple con la normativa HAZUS, pero si cumple con la normativa E.030. Por otro lado, se evidencia que la deriva máxima en la dirección Y-Y es de 0.001830 y ocurre en el nivel 3, cumpliendo con las dos normativas utilizadas para el control de distorsiones de entrepiso.

#### ➤ **Balance de energía**

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores de fluido viscoso absorben un 69.30% de la energía, dejando para la estructura un 30.70% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 67.93% dejando para la estructura 32.07% de la energía total sísmica.

**Figura 85**

*Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

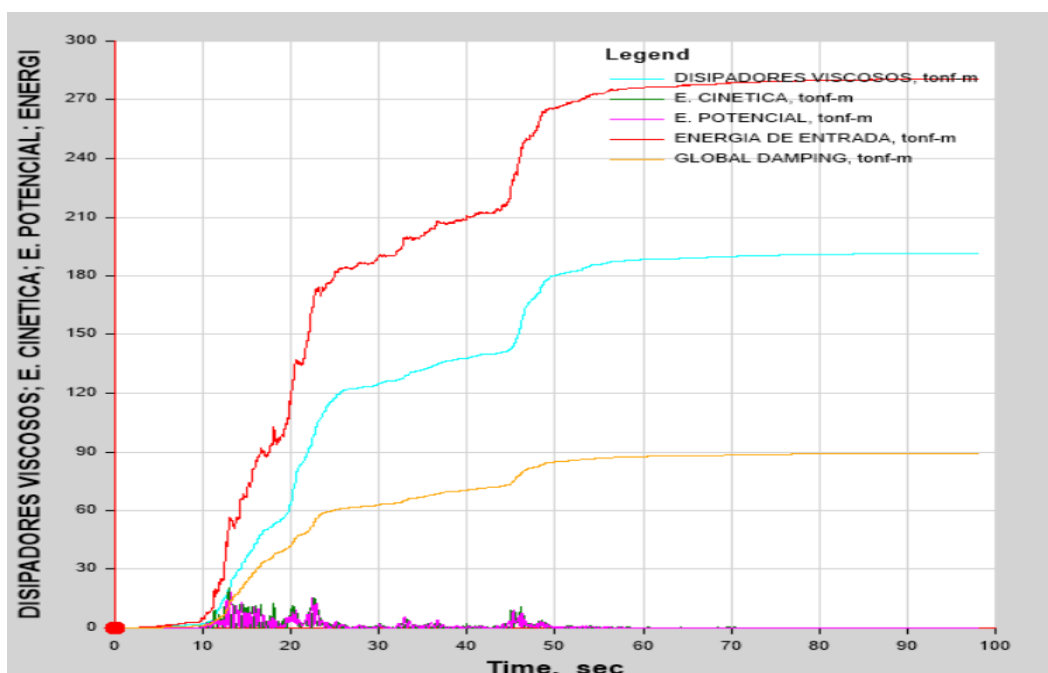


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 1) = \frac{184.4916}{266.2309} = 69.30\%$$

**Figura 86**

*Balance de Energía ( $\alpha = 1$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y } (\alpha = 1) = \frac{190.3384}{280.1777} = 67.93\%$$

**c) Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso no lineal ( $\alpha=0.25$ )**

➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**

Para un proceso de análisis no lineal ( $\alpha < 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$B_{\text{visc}} = \frac{\sum \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la fórmula siguiente, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

Esta fórmula representa la sumatoria total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 4 por cada sentido de análisis.

**Tabla 69**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	Cos $\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	43.00	0.5551		0.0099	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	43.00	0.5551		0.0122	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	43.00	0.5551		0.0144	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	43.00	0.5551		0.0166	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	43.00	0.5551		0.0190	0.429

8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	43.00	0.5551		0.0212	0.349	
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	43.00	0.5551	0.25	0.0229	0.271	
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	43.00	0.5551		0.0239	0.199	
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	43.00	0.5551		0.0227	0.134	
4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	43.00	0.5551		0.0230	0.048	
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	43.00	0.5551		0.0301	0.044	
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	43.00	0.5551		0.0190	0.016	
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	43.00	0.5551		0.0193	0.003	
								$\Sigma$	0.2542	3.744

**Tabla 70**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$	
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	61.76	0.4807		0.0068	0.538	
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	61.76	0.4807		0.0091	0.718	
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	61.76	0.4807		0.0111	0.662	
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	61.76	0.4807		0.0134	0.595	
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	61.76	0.4807		0.0160	0.521	
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	61.76	0.4807		0.0185	0.441	
7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	61.76	0.4807	0.25	0.0207	0.358	
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	61.76	0.4807		0.0200	0.274	
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	61.76	0.4807		0.0218	0.191	
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	61.76	0.4807		0.0319	0.072	
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	61.76	0.4807		0.0200	0.068	
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	61.76	0.4807		0.0210	0.025	
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	61.76	0.4807		0.0000	0.005	
								$\Sigma$	0.2103	4.470

**Tabla 71**

*Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) para Chevron Brace Mejorado*

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	0.25	0.25
$\Sigma C$	425.002	686.160
DFV en las direcciones	4	4
C (Coef. de amortiguamiento)	106.250	171.540
C de diseño	110.00	175.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores no lineales ( $\alpha = 0.25$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 72**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.10544	0.00211	2.7	0.000782	0.000587	Cumple
12	0.10332	0.00252	2.7	0.000931	0.000699	Cumple
11	0.10081	0.00337	2.7	0.001247	0.000936	Cumple
10	0.09744	0.00445	2.7	0.001648	0.001236	Cumple
9	0.09299	0.00545	2.7	0.002017	0.001513	Cumple
8	0.08755	0.00657	2.7	0.002433	0.001825	Cumple
7	0.08098	0.00781	2.7	0.002894	0.002171	Cumple
6	0.07316	0.00942	2.7	0.003488	0.002616	Cumple
5	0.06374	0.01150	2.5	0.004598	0.003449	Cumple

4	0.05225	0.01232	2.5	0.004928	0.003696	Cumple
3	0.03993	0.01627	3.2	0.005084	0.003813	Cumple
2	0.02366	0.01159	2.6	0.004458	0.003343	Cumple
1	0.01207	0.01207	3.5	0.003449	0.002586	Cumple

**Tabla 73**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido*

*Y-Y para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.06304	0.00170	2.7	0.000629	0.000471	Cumple
12	0.06135	0.00204	2.7	0.000756	0.000567	Cumple
11	0.05931	0.00257	2.7	0.000953	0.000715	Cumple
10	0.05673	0.00311	2.7	0.001152	0.000864	Cumple
9	0.05362	0.00366	2.7	0.001354	0.001016	Cumple
8	0.04996	0.00405	2.7	0.001499	0.001124	Cumple
7	0.04592	0.00453	2.7	0.001677	0.001258	Cumple
6	0.04139	0.00490	2.7	0.001814	0.001361	Cumple
5	0.03649	0.00513	2.5	0.002052	0.001539	Cumple
4	0.03136	0.00586	2.5	0.002343	0.001757	Cumple
3	0.02551	0.00949	3.2	0.002964	0.002223	Cumple
2	0.01602	0.00714	2.6	0.002746	0.002059	Cumple
1	0.00888	0.00888	3.5	0.002538	0.001903	Cumple

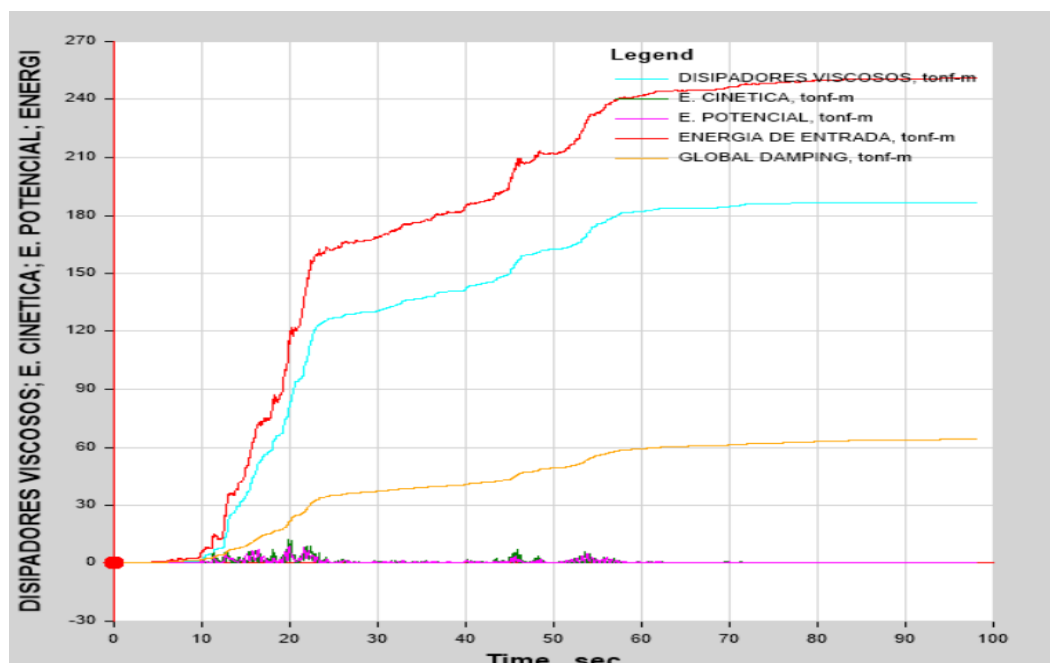
De las tablas mostradas, se evidencia que la deriva máxima en “X” es de 0.003813 y ocurre en el nivel 3 y, en el sentido Y-Y es de 0.002223 produciéndose en el piso 3, cumpliendo con ambas normativas utilizadas para el control de distorsiones.

### ➤ Balance de energía

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores de fluido viscoso absorben un 74.46% de la energía, dejando para la estructura únicamente un 25.54% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 72.65% dejando para la estructura 27.35% de la energía total sísmica.

**Figura 87**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

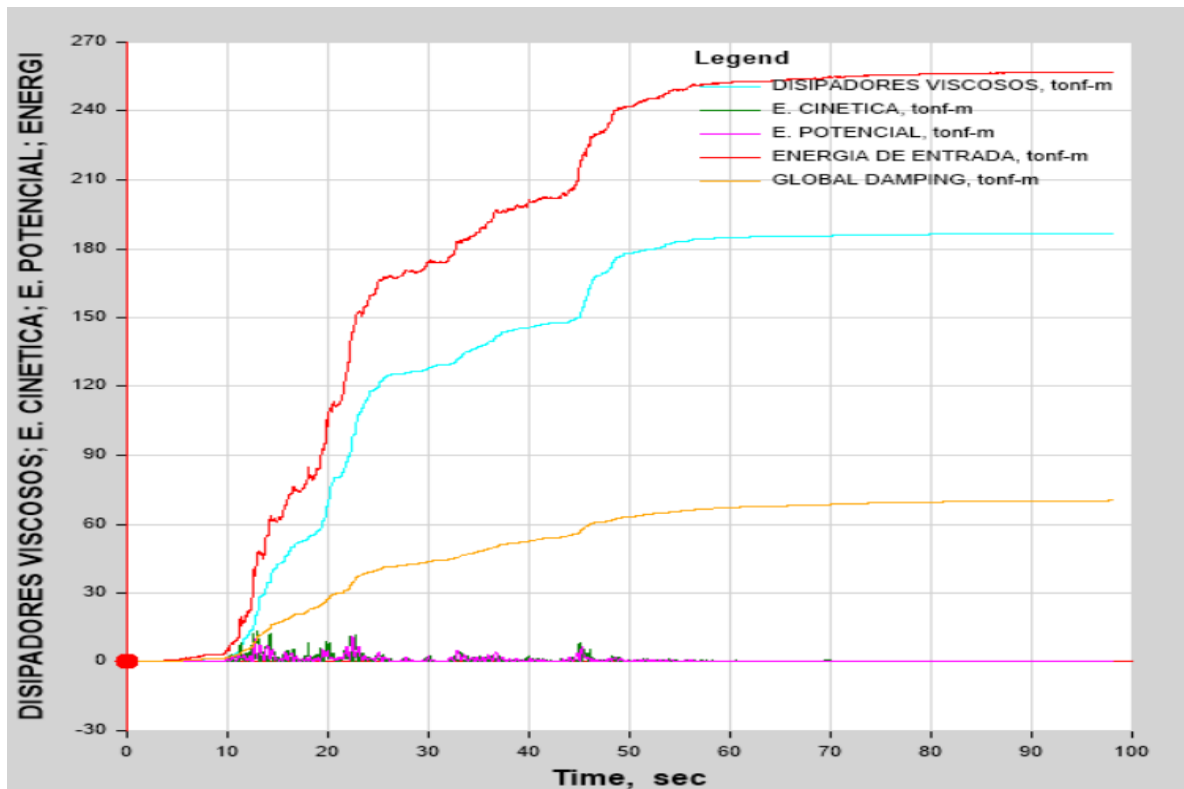


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 0.25) = \frac{186.6541}{250.6813} = 74.46\%$$

**Figura 88**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

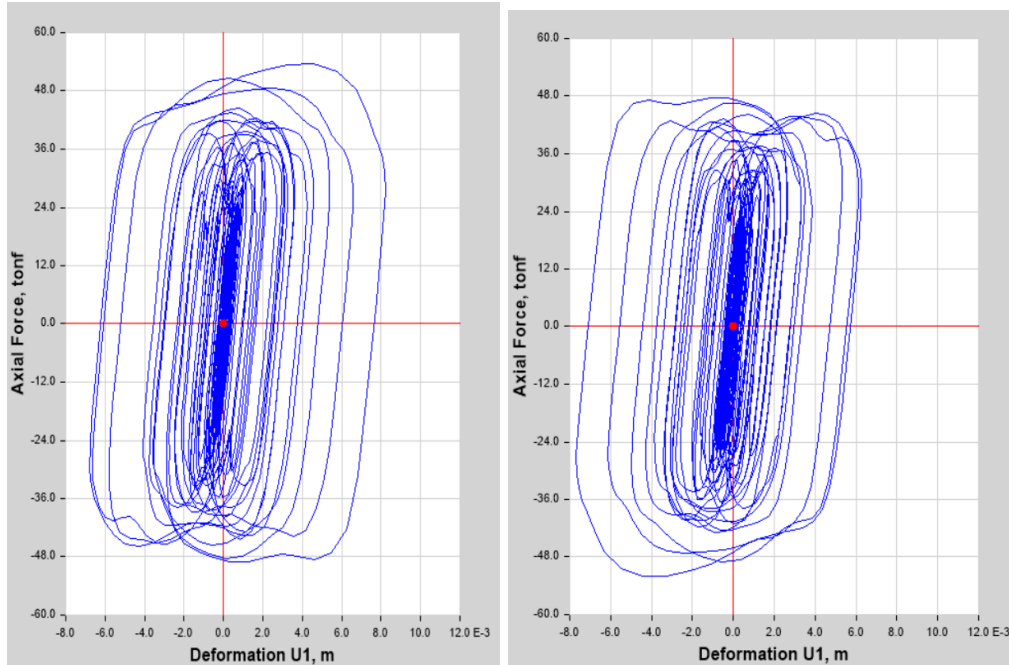
$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y } (\alpha = 0.25) = \frac{186.4782}{256.6900} = 72.65\%$$

➤ **Respuesta histórica de los disipadores de fluido viscoso**

Se observan los bucles histeréticos para verificar el adecuado funcionamiento del disipador y su eficiencia. A continuación, se muestran los bucles histeréticos del disipador K1, K2, K17 y K18 en el eje 1 y 8 (Dirección X-X) y del disipador K33, K34, K59 y K60 en el eje A y E (Dirección Y-Y).

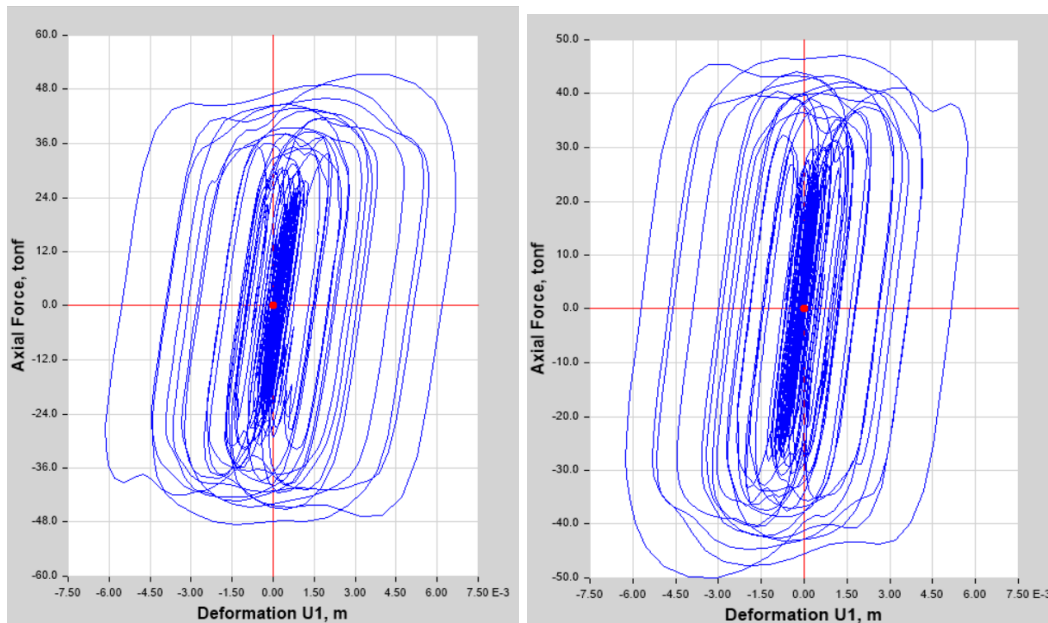
**Figura 89**

*Comportamiento Histerético del Disipador K1 y K2 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.25$  Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado*



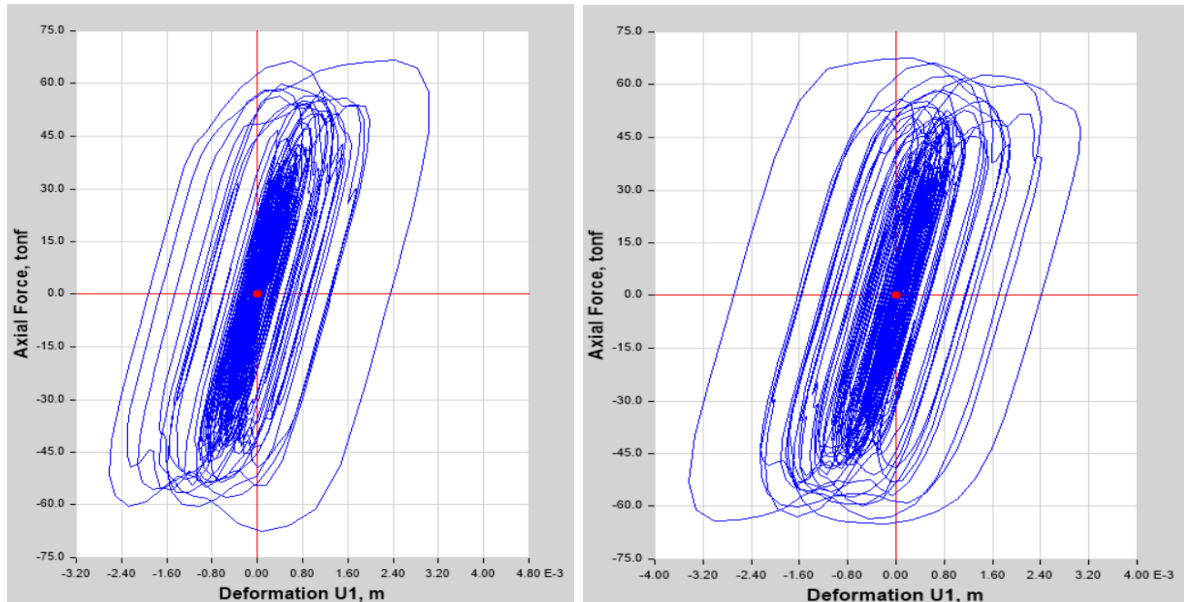
**Figura 90**

*Comportamiento Histerético del Disipador K17 y K18 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.25$  Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado*



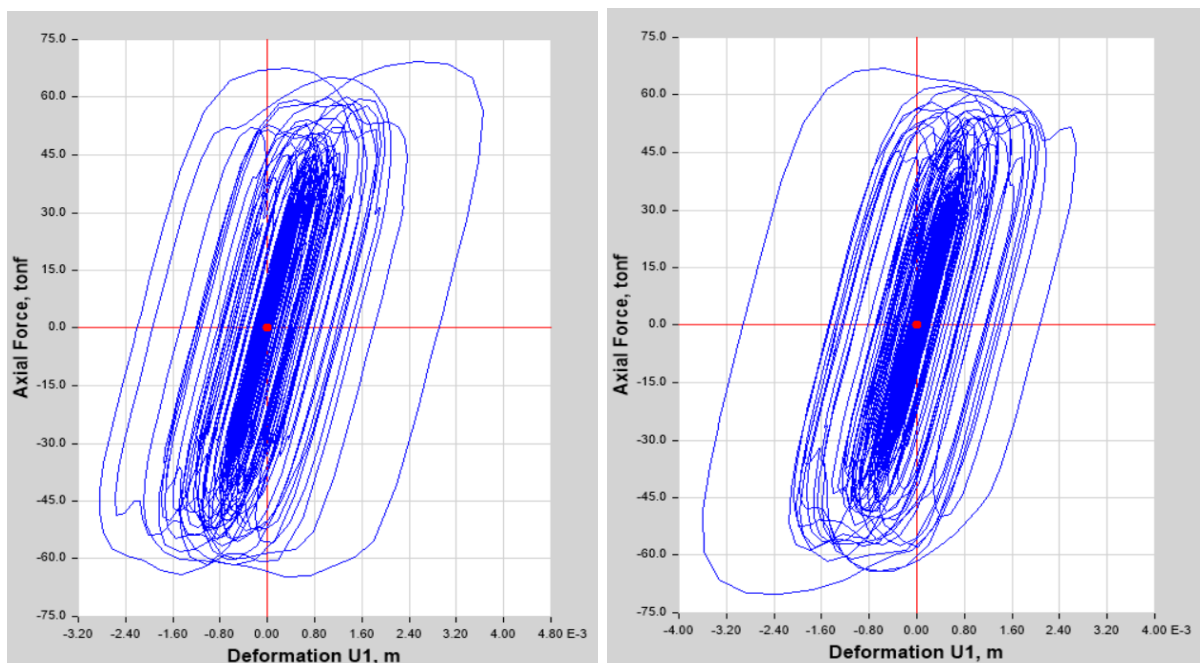
**Figura 91**

*Comportamiento Histerético del Disipador K33 y K34 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.25$  Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



**Figura 92**

*Comportamiento Histerético del Disipador K59 y K60 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.25$  Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



**d) Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso no lineal ( $\alpha=0.50$ )**

➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**

Para un proceso de análisis no lineal ( $\alpha < 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$B_{\text{visc}} = \frac{\sum \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la fórmula siguiente, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

Esta fórmula representa la sumatoria total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 4 por cada sentido de análisis.

**Tabla 74**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	Cos $\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	43.00	0.5551		0.0040	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	43.00	0.5551		0.0051	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	43.00	0.5551		0.0062	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	43.00	0.5551		0.0073	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	43.00	0.5551	0.50	0.0086	0.429
8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	43.00	0.5551		0.0098	0.349
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	43.00	0.5551		0.0107	0.271
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	43.00	0.5551		0.0113	0.199
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	43.00	0.5551		0.0107	0.134

4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	43.00	0.5551	0.0108	0.048
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	43.00	0.5551	0.0149	0.044
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	43.00	0.5551	0.0086	0.016
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	43.00	0.5551	0.0087	0.003
$\Sigma$							0.1167	3.744

**Tabla 75**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido*

*Y-Y para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	61.76	0.4807		0.002	0.538
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	61.76	0.4807		0.004	0.718
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	61.76	0.4807		0.004	0.662
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	61.76	0.4807		0.006	0.595
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	61.76	0.4807		0.007	0.521
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	61.76	0.4807		0.008	0.441
7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	61.76	0.4807	0.50	0.010	0.358
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	61.76	0.4807		0.009	0.274
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	61.76	0.4807		0.010	0.191
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	61.76	0.4807		0.016	0.072
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	61.76	0.4807		0.009	0.068
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	61.76	0.4807		0.010	0.025
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	61.76	0.4807		0.000	0.005
$\Sigma$								0.095	4.470

**Tabla 76**

Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) para Chevron Brace Mejorado

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	0.50	0.50
$\sum C$	1905.939	3256.236
DFV en las direcciones	4	4
C (Coef. de amortiguamiento)	476.48	814.06
C de diseño	480.00	815.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores no lineales ( $\alpha = 0.50$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 77**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.09885	0.00178	2.7	0.000660	0.000495	Cumple
12	0.09707	0.00203	2.7	0.000752	0.000564	Cumple
11	0.09504	0.00247	2.7	0.000914	0.000686	Cumple
10	0.09257	0.00296	2.7	0.001095	0.000821	Cumple
9	0.08961	0.00351	2.7	0.001301	0.000976	Cumple
8	0.08610	0.00416	2.7	0.001541	0.001156	Cumple
7	0.08194	0.00486	2.7	0.001801	0.001351	Cumple
6	0.07708	0.00689	2.7	0.002553	0.001915	Cumple
5	0.07018	0.01135	2.5	0.004540	0.003405	Cumple

4	0.05883	0.01326	2.5	0.005306	0.003979	Cumple
3	0.04557	0.01816	3.2	0.005675	0.004256	Cumple
2	0.02741	0.01327	2.6	0.005102	0.003826	Cumple
1	0.01415	0.01415	3.5	0.004041	0.003031	Cumple

**Tabla 78**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido*

*Y-Y para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.05831	0.00185	2.7	0.000686	0.000514	Cumple
12	0.05646	0.00223	2.7	0.000827	0.000620	Cumple
11	0.05422	0.00265	2.7	0.000983	0.000737	Cumple
10	0.05157	0.00302	2.7	0.001119	0.000839	Cumple
9	0.04855	0.00358	2.7	0.001327	0.000996	Cumple
8	0.04497	0.00418	2.7	0.001547	0.001161	Cumple
7	0.04079	0.00445	2.7	0.001649	0.001237	Cumple
6	0.03634	0.00481	2.7	0.001783	0.001337	Cumple
5	0.03152	0.00476	2.5	0.001902	0.001427	Cumple
4	0.02677	0.00509	2.5	0.002034	0.001526	Cumple
3	0.02168	0.00771	3.2	0.002411	0.001808	Cumple
2	0.01397	0.00599	2.6	0.002305	0.001729	Cumple
1	0.00797	0.00797	3.5	0.002278	0.001709	Cumple

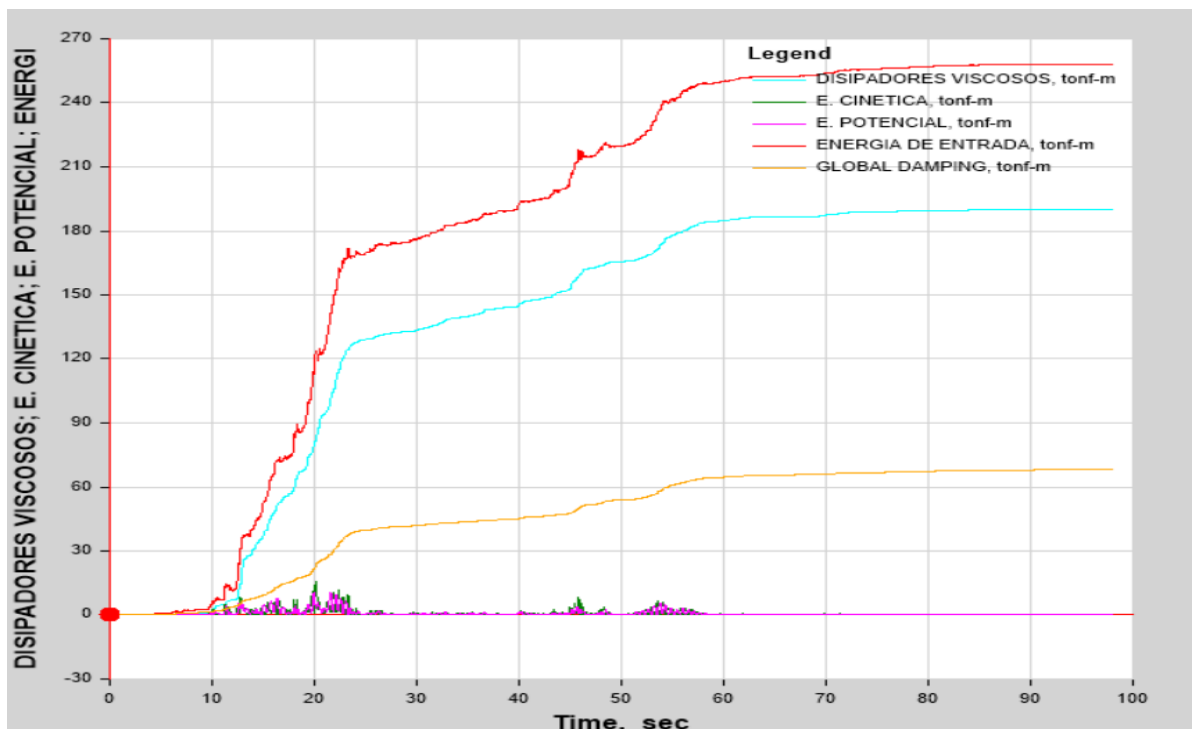
De las tablas mostradas, se evidencia que la deriva máxima en “X” es de 0.004256 y ocurre en el nivel 3 y, en el sentido Y-Y es de 0.001808 produciéndose en el piso 3, cumpliendo con ambas normativas utilizadas para el control de distorsiones.

### ➤ Balance de energía

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores de fluido viscoso absorben un 73.64% de la energía, dejando para la estructura únicamente un 26.36% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 72.18% dejando para la estructura 27.82% de la energía total sísmica.

**Figura 93**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

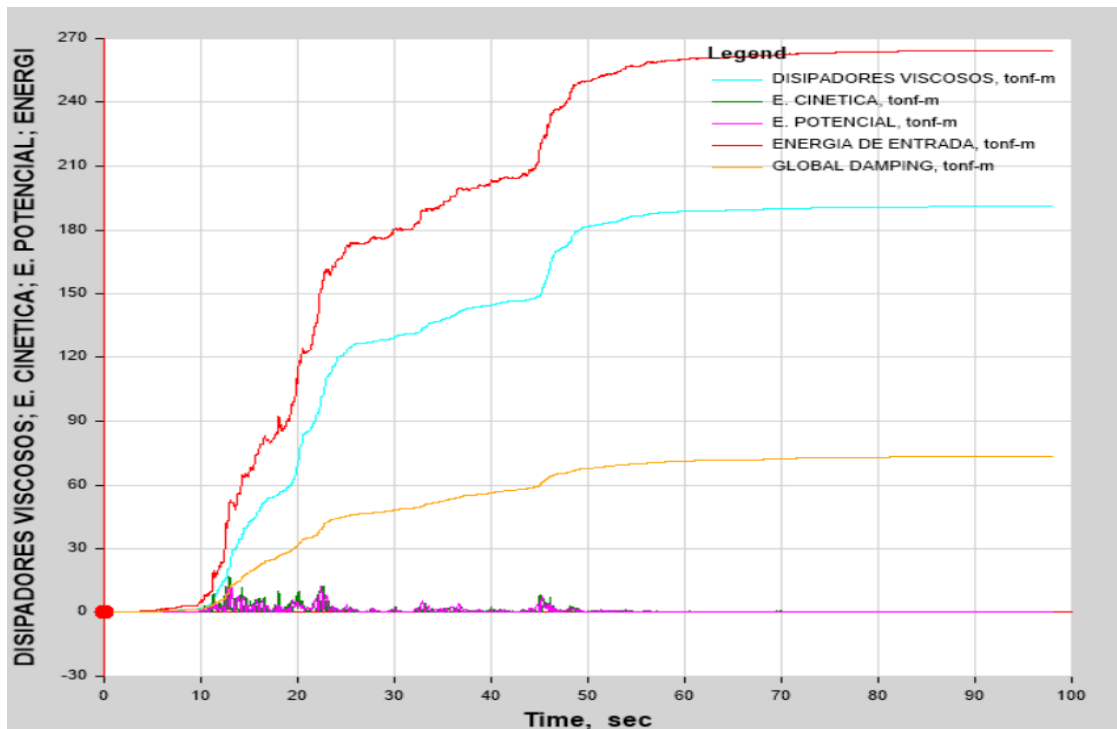


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 0.50) = \frac{189.7206}{257.6450} = 73.64\%$$

**Figura 94**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

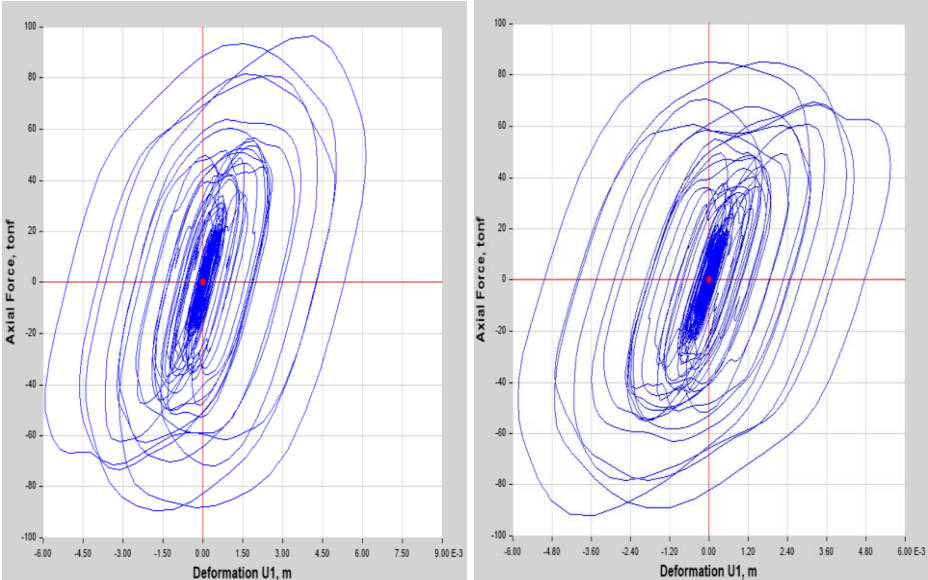
$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y } (\alpha = 0.50) = \frac{190.9168}{264.5050} = 72.18\%$$

➤ **Respuesta histórica de los disipadores de fluido viscoso**

Se observan los bucles histeréticos para verificar el adecuado funcionamiento del disipador y su eficiencia. A continuación, se muestran los bucles histeréticos del disipador K1, K2, K17 y K18 en el eje 1 y 8 (Dirección X-X) y del disipador K33, K34, K59 y K60 en el eje A y E (Dirección Y-Y).

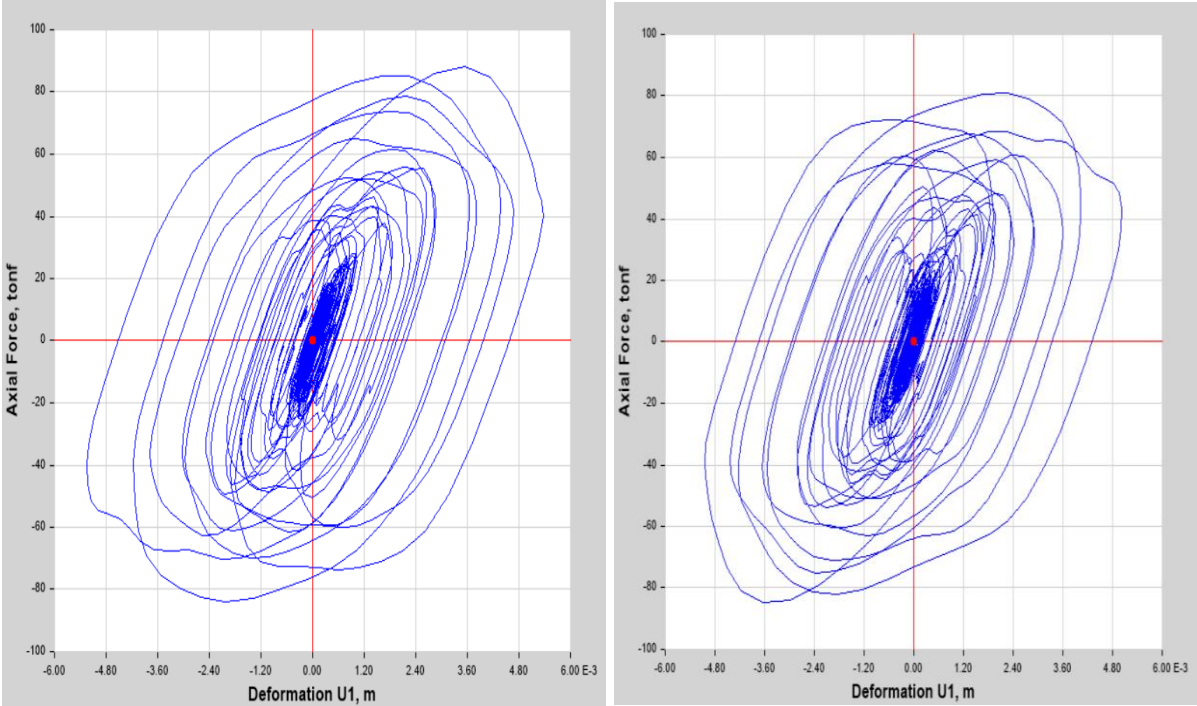
**Figura 95**

*Comportamiento Histerético del Disipador K1 y K2 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.50$  Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado*



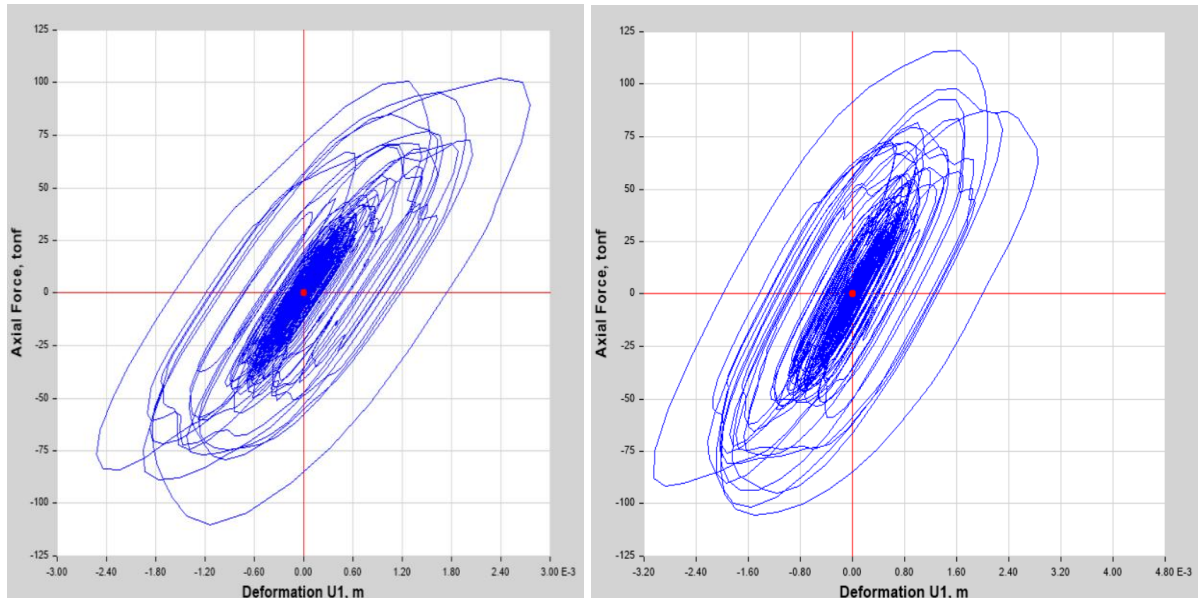
**Figura 96**

*Comportamiento Histerético del Disipador K17 y K18 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.50$  Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado*



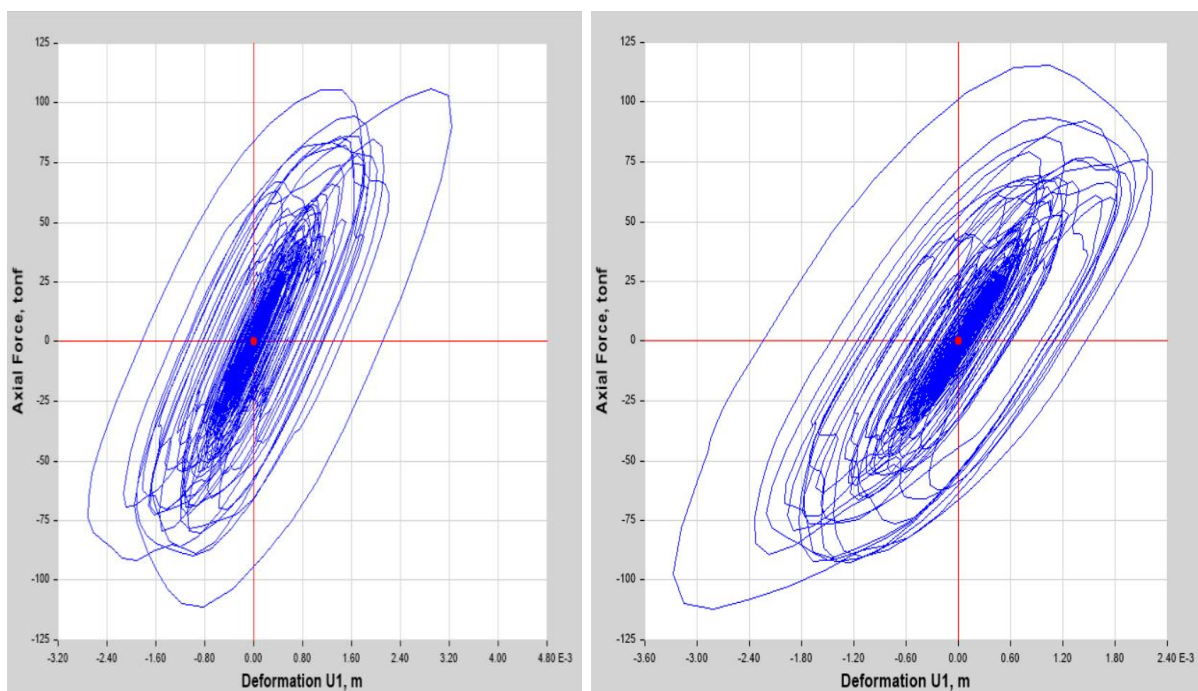
**Figura 97**

*Comportamiento Histerético del Disipador K33 y K34 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.50$  Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



**Figura 98**

*Comportamiento Histerético del Disipador K59 y K60 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.50$  Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



**e) Diseño estructural y cálculo con disipadores de fluido viscoso no lineal ( $\alpha=0.75$ )**

➤ **Coefficiente de amortiguamiento del disipador (C)**

Para un proceso de análisis no lineal ( $\alpha < 1$ ), se usó la siguiente fórmula extraída del FEMA 274.

$$B_{\text{visc}} = \frac{\sum \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}$$

Despejando el amortiguamiento del disipador (C), se obtuvo la fórmula siguiente, la cual se utilizó para calcular los resultados correspondientes.

$$\sum C_j = \frac{B_{\text{visc}} 2\pi A^{1+\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum m_i \phi_i^2}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)}$$

Esta fórmula representa la sumatoria total de los valores de C por piso; por lo tanto, para determinar el amortiguamiento en cada dirección se divide esta suma entre el número de dispositivos instalados por nivel, que en este caso es de 4 por cada sentido de análisis.

**Tabla 79**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	Cos $\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	m* $\theta_i^2$
13	0.26517	1.000	0.045	7.20188	43.00	0.5551	0.75	0.0016	0.506
12	0.25322	0.955	0.053	10.19648	43.00	0.5551		0.0021	0.654
11	0.23915	0.902	0.061	10.19648	43.00	0.5551		0.0027	0.583
10	0.22305	0.841	0.068	10.19648	43.00	0.5551		0.0032	0.507
9	0.20507	0.773	0.076	10.19648	43.00	0.5551		0.0039	0.429
8	0.18501	0.698	0.082	10.19648	43.00	0.5551		0.0045	0.349
7	0.16314	0.615	0.088	10.19648	43.00	0.5551		0.0051	0.271
6	0.13987	0.527	0.091	10.19648	43.00	0.5551		0.0054	0.199
5	0.11580	0.437	0.087	10.00457	43.00	0.5551		0.0050	0.134

4	0.09268	0.350	0.088	5.61894	43.00	0.5551	0.0051	0.048
3	0.06930	0.261	0.109	9.06718	43.00	0.5551	0.0074	0.044
2	0.04033	0.152	0.076	9.9179	43.00	0.5551	0.0039	0.016
1	0.02028	0.076	0.076	7.08721	43.00	0.5551	0.0040	0.003
$\Sigma$							0.0537	3.744

**Tabla 80**

*Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido*

*Y-Y para Chevron Brace Mejorado*

Nivel	$\theta_i$	$\theta_i$ normal	$\theta_{rj}$	Masa (Ton*s <sup>2</sup> /m)	$\theta$	Cos( $\theta$ )	$\alpha$	$\text{Cos}\theta^{(1+\alpha)}$ * $\theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m*\theta_i^2$
13	0.27333	1.000	0.029	7.20188	61.76	0.4807		0.001	0.538
12	0.26533	0.971	0.038	10.19648	61.76	0.4807		0.001	0.718
11	0.25487	0.932	0.049	10.19648	61.76	0.4807		0.002	0.662
10	0.24160	0.884	0.057	10.19648	61.76	0.4807		0.002	0.595
9	0.22613	0.827	0.066	10.19648	61.76	0.4807		0.003	0.521
8	0.20805	0.761	0.076	10.19648	61.76	0.4807		0.004	0.441
7	0.18727	0.685	0.086	10.19648	61.76	0.4807	0.75	0.004	0.358
6	0.16389	0.600	0.093	10.19648	61.76	0.4807		0.004	0.274
5	0.13835	0.506	0.091	10.00457	61.76	0.4807		0.005	0.191
4	0.11350	0.415	0.098	5.61894	61.76	0.4807		0.008	0.072
3	0.08685	0.318	0.132	9.06718	61.76	0.4807		0.004	0.068
2	0.05070	0.186	0.091	9.9179	61.76	0.4807		0.004	0.025
1	0.02581	0.094	0.094	7.08721	61.76	0.4807		0.000	0.005
$\Sigma$								0.043	4.470

**Tabla 81**

*Resumen de Coeficiente de Amortiguamiento con Exponente No Lineal ( $\alpha = 0.50$ ) para Chevron Brace Mejorado*

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	0.75	0.75
$\Sigma C$	8553.227	15428.708
DFV en las direcciones	4	4
C (Coef. de amortiguamiento)	2138.307	3857.177
C de diseño	2140.00	3860.00

➤ **Verificación y control de la reducción de distorsiones**

Se llevó a cabo el modelado de la edificación incorporando amortiguadores no lineales ( $\alpha = 0.75$ ), lo que permitió obtener las nuevas distorsiones y verificar que estas cumplieran los límites máximos establecidos por la NTP-E030 y HAZUS para estructuras aporticadas.

**Tabla 82**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.09647	0.00173	2.7	0.000640	0.000480	Cumple
12	0.09474	0.00198	2.7	0.000733	0.000550	Cumple
11	0.09276	0.00235	2.7	0.000871	0.000653	Cumple
10	0.09041	0.00270	2.7	0.000999	0.000749	Cumple
9	0.08772	0.00303	2.7	0.001121	0.000841	Cumple
8	0.08469	0.00336	2.7	0.001243	0.000932	Cumple
7	0.08133	0.00360	2.7	0.001333	0.000999	Cumple
6	0.07773	0.00438	2.7	0.001621	0.001216	Cumple
5	0.07336	0.01071	2.5	0.004284	0.003213	Cumple

4	0.06265	0.01341	2.5	0.005362	0.004022	Cumple
3	0.04924	0.01920	3.2	0.005998	0.004499	Cumple
2	0.03005	0.01439	2.6	0.005535	0.004152	Cumple
1	0.01565	0.01565	3.5	0.004473	0.003354	Cumple

**Tabla 83**

*Control de las Derivas con Disipadores de Fluido Viscoso No Lineal ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido*

*Y-Y para Chevron Brace Mejorado*

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Deriva inelástica	Verificación (E.030<0.007) HAZUS <0.005)
13	0.05730	0.00215	2.7	0.000796	0.000597	Cumple
12	0.05515	0.00264	2.7	0.000978	0.000733	Cumple
11	0.05251	0.00321	2.7	0.001189	0.000891	Cumple
10	0.04930	0.00368	2.7	0.001361	0.001021	Cumple
9	0.04563	0.00360	2.7	0.001334	0.001001	Cumple
8	0.04203	0.00403	2.7	0.001493	0.001119	Cumple
7	0.03800	0.00450	2.7	0.001666	0.001250	Cumple
6	0.03350	0.00457	2.7	0.001691	0.001268	Cumple
5	0.02893	0.00430	2.5	0.001720	0.001290	Cumple
4	0.02463	0.00472	2.5	0.001888	0.001416	Cumple
3	0.01991	0.00704	3.2	0.002201	0.001651	Cumple
2	0.01287	0.00545	2.6	0.002097	0.001572	Cumple
1	0.00742	0.00742	3.5	0.002119	0.001589	Cumple

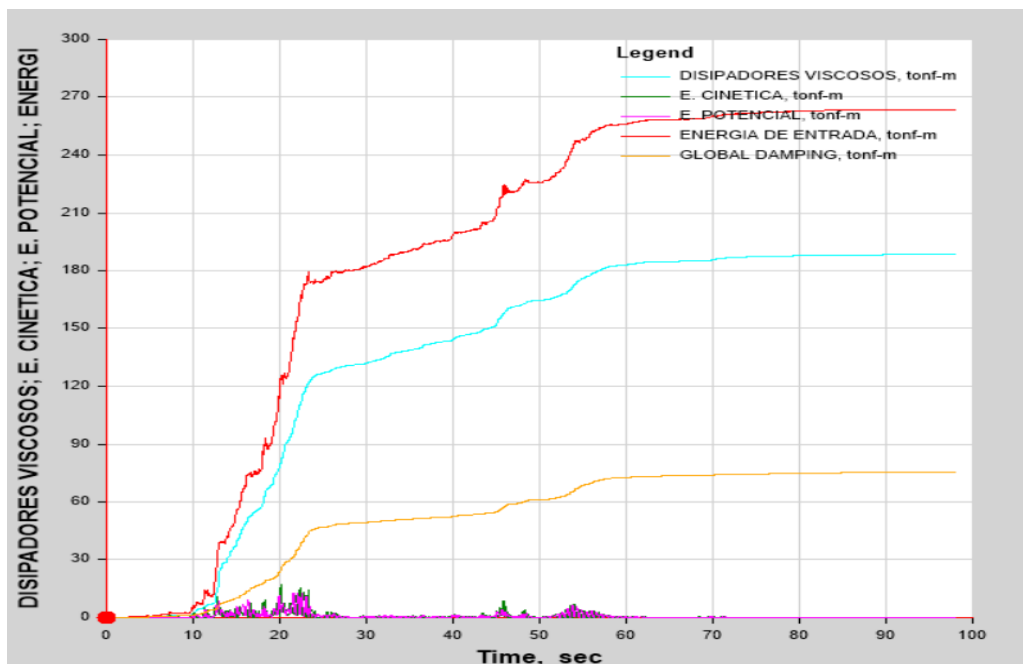
De las tablas mostradas, se evidencia que la deriva máxima en “X” es de 0.004499 y ocurre en el nivel 3 y, en el sentido Y-Y es de 0.001651 produciéndose en el piso 3, cumpliendo con ambas normativas utilizadas para el control de distorsiones.

## ➤ Balance de energía

Con el propósito de evaluar la incidencia del sistema de disipación y cuantificar la cantidad de energía disipada por la edificación, se llevó a cabo un balance energético utilizando el software previamente mencionado; este análisis se realizó mediante el ploteo comparativo de la energía de entrada y la energía disipada por los dispositivos a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Las Figuras mostradas indican que en el sentido X-X, de toda la energía que ingresa a causa del sismo que simboliza el 100%, los disipadores de fluido viscoso absorben un 73.64% de la energía, dejando para la estructura únicamente un 26.36% de la energía total sísmica. Por otro lado, en el sentido Y-Y la energía que absorben los dispositivos de amortiguamiento viscoso es de 72.18% dejando para la estructura 27.82% de la energía total sísmica.

### Figura 99

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido X-X para Chevron Brace Mejorado*

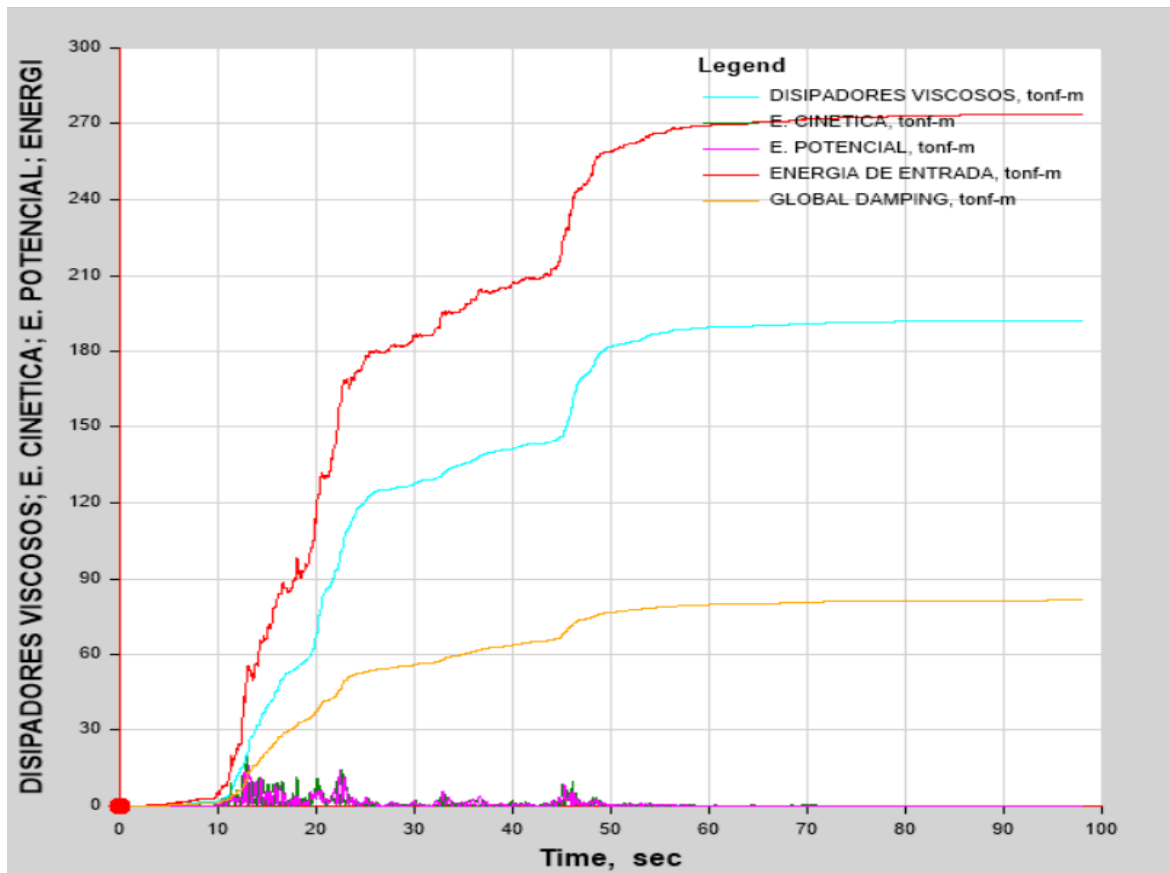


En el sentido X-X, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

$$\text{Porcentaje de disipación en X - X } (\alpha = 0.75) = \frac{188.3335}{263.6057} = 71.44\%$$

**Figura 100**

*Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ) en el Sentido Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



En el sentido Y-Y, el sistema estructural logró disipar un porcentaje de energía equivalente a:

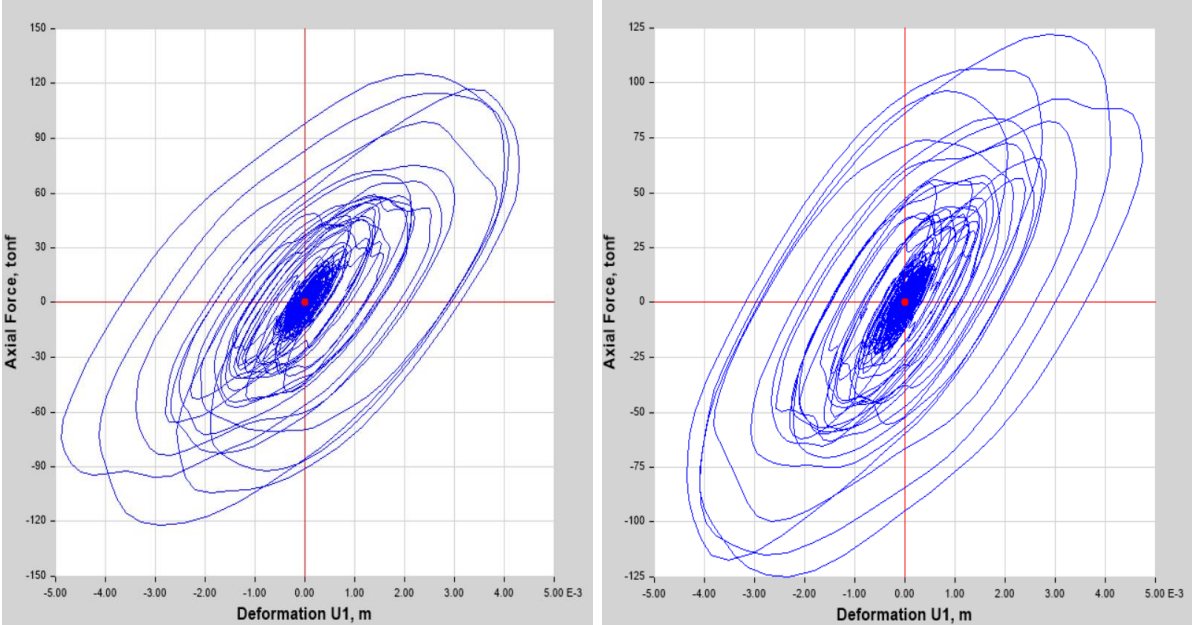
$$\text{Porcentaje de disipación en Y - Y } (\alpha = 0.75) = \frac{192.1461}{273.6464} = 70.22\%$$

➤ **Respuesta histórica de los disipadores de fluido viscoso**

Se observan los bucles histeréticos para verificar el adecuado funcionamiento del disipador y su eficiencia. A continuación, se muestran los bucles histeréticos del disipador K1, K2, K17 y K18 en el eje 1 y 8 (Dirección X-X) y del disipador K33, K34, K59 y K60 en el eje A y E (Dirección Y-Y).

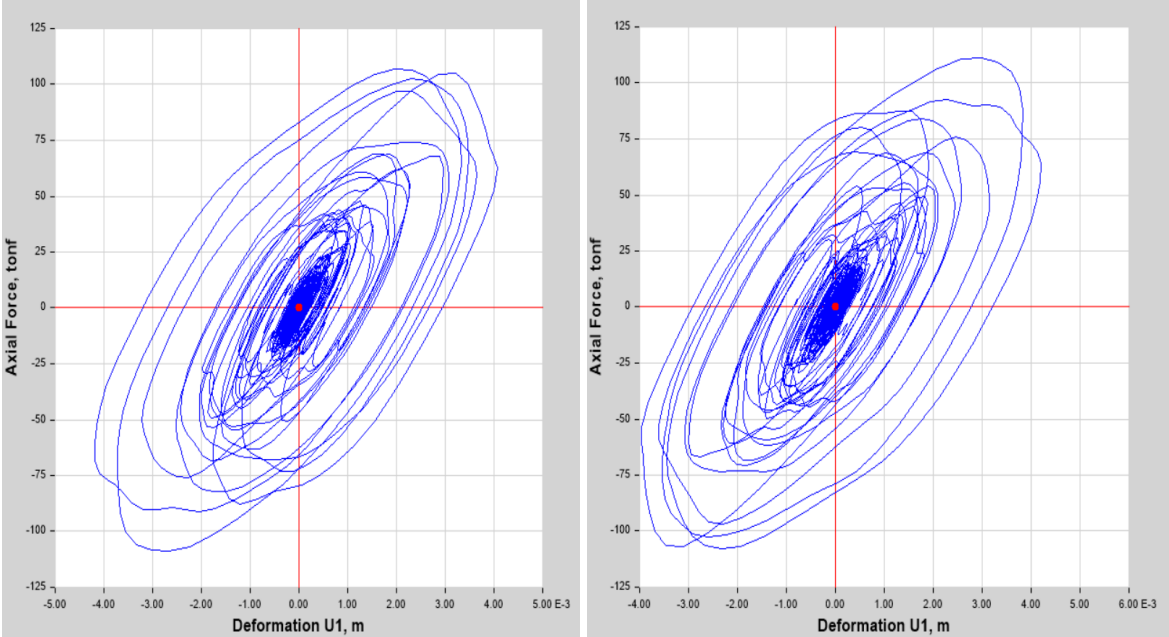
**Figura 101**

*Comportamiento Histerético del Disipador K1 y K2 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.75$  Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado*



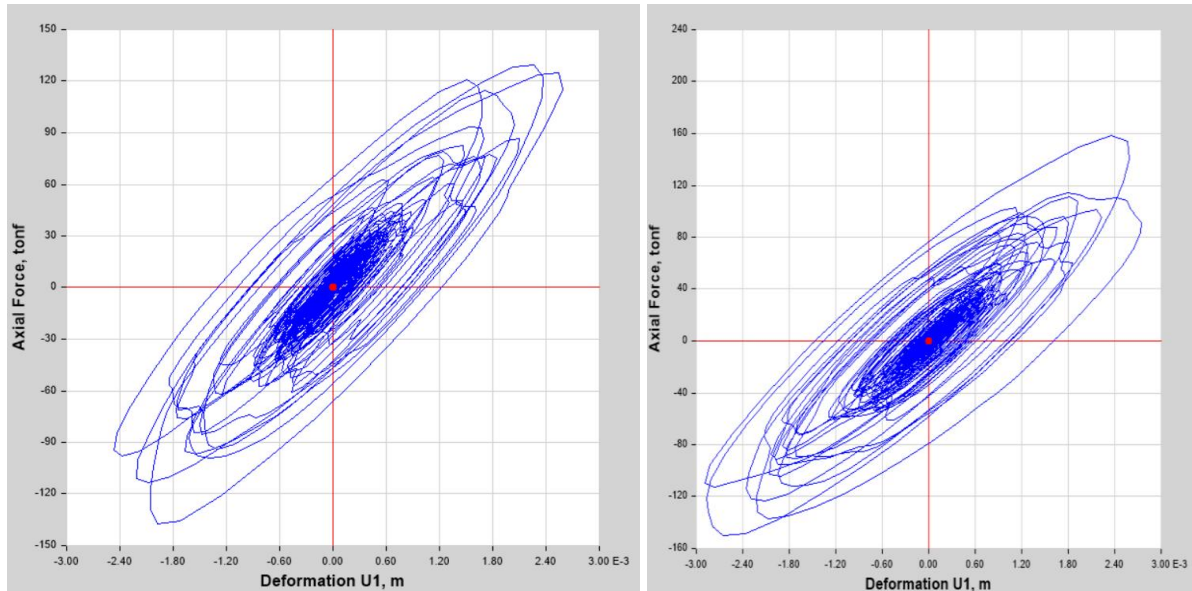
**Figura 102**

*Comportamiento Histerético del Disipador K17 y K18 Ubicado en el Sexto Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.75$  Dirección X-X para Chevron Brace Mejorado*



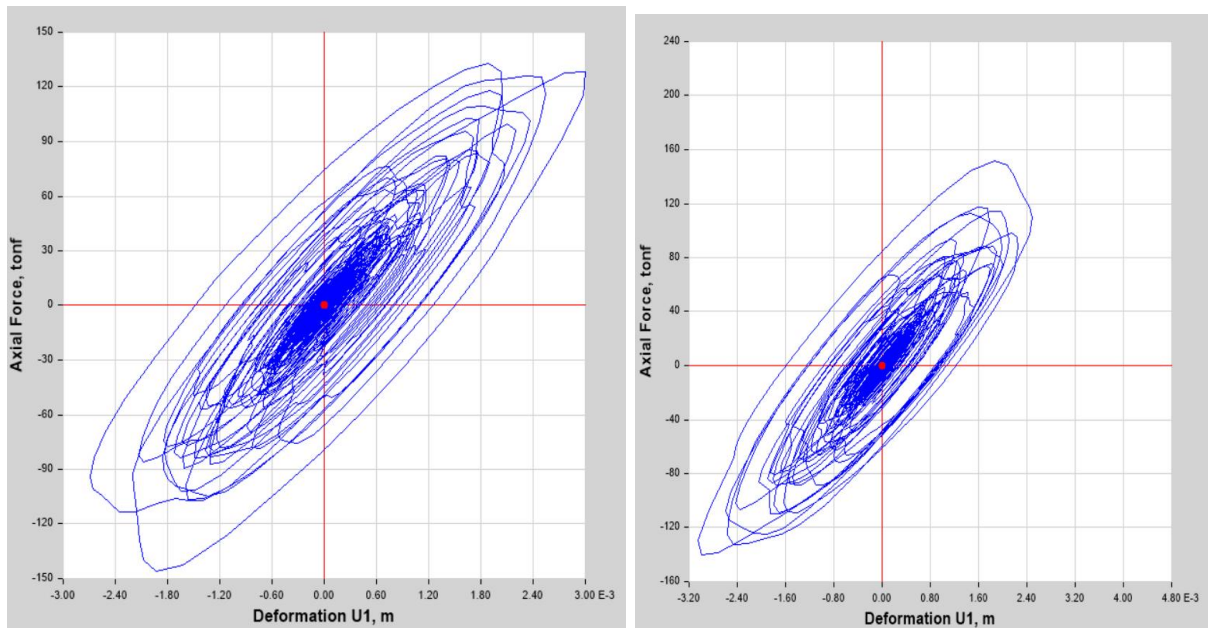
**Figura 103**

*Comportamiento Histerético del Disipador K33 y K34 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.75$  Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



**Figura 104**

*Comportamiento Histerético del Disipador K59 y K60 Ubicado en el Primer Nivel para Amortiguadores No Lineales con  $\alpha = 0.75$  Dirección Y-Y para Chevron Brace Mejorado*



### 4.1.2.3. Comparación de resultados para la elección de la propuesta definitiva

#### a) Derivas de entrepiso

La disposición que presenta el mejor comportamiento es el chevron brace mejorado con un exponente de velocidad de 0.25, ya que genera menores derivas en ambas direcciones de análisis. En el sentido X-X, la mayor deriva inelástica calculada es de 0.00423, mientras que en la dirección Y-Y es de 0.00238, valores que se ubican por debajo del límite establecido por HAZUS y la norma E.030 del RNE.

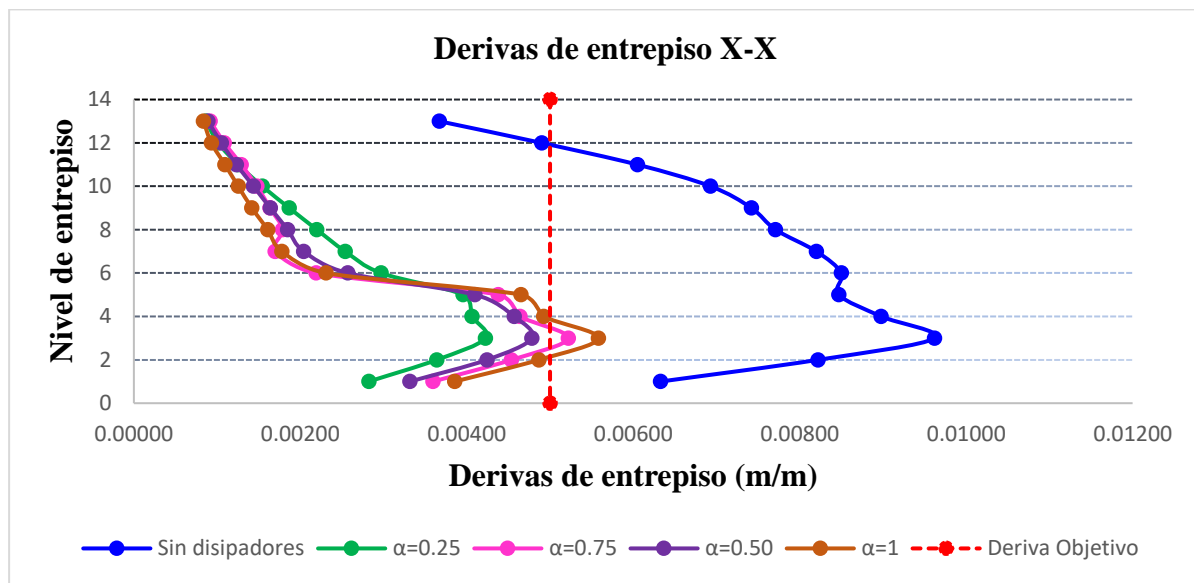
**Tabla 84**

*Derivas para el Modelo con Disposición Diagonal en la Dirección X-X*

Nivel	Derivas sin disipadores	Derivas ( $\alpha=0.25$ )	Derivas ( $\alpha=0.50$ )	Derivas ( $\alpha=0.75$ )	Derivas ( $\alpha=1$ )
13	0.00367	0.00087	0.000891	0.000918	0.00084
12	0.00490	0.00101	0.001051	0.001088	0.00093
11	0.00605	0.00125	0.001232	0.001291	0.00110
10	0.00693	0.00154	0.001438	0.001478	0.00125
9	0.00742	0.00187	0.001639	0.001635	0.00142
8	0.00771	0.00220	0.001849	0.001786	0.00161
7	0.00820	0.00254	0.00204	0.001698	0.00178
6	0.00850	0.00297	0.002569	0.002191	0.00231
5	0.00847	0.00395	0.004099	0.004378	0.00465
4	0.00898	0.00406	0.004569	0.004640	0.00492
3	0.00962	0.00423	0.004782	0.005219	0.00558
2	0.00822	0.00364	0.004242	0.004538	0.00487
1	0.00633	0.00282	0.003317	0.003595	0.00386

**Figura 105**

*Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Diagonal en X-X*



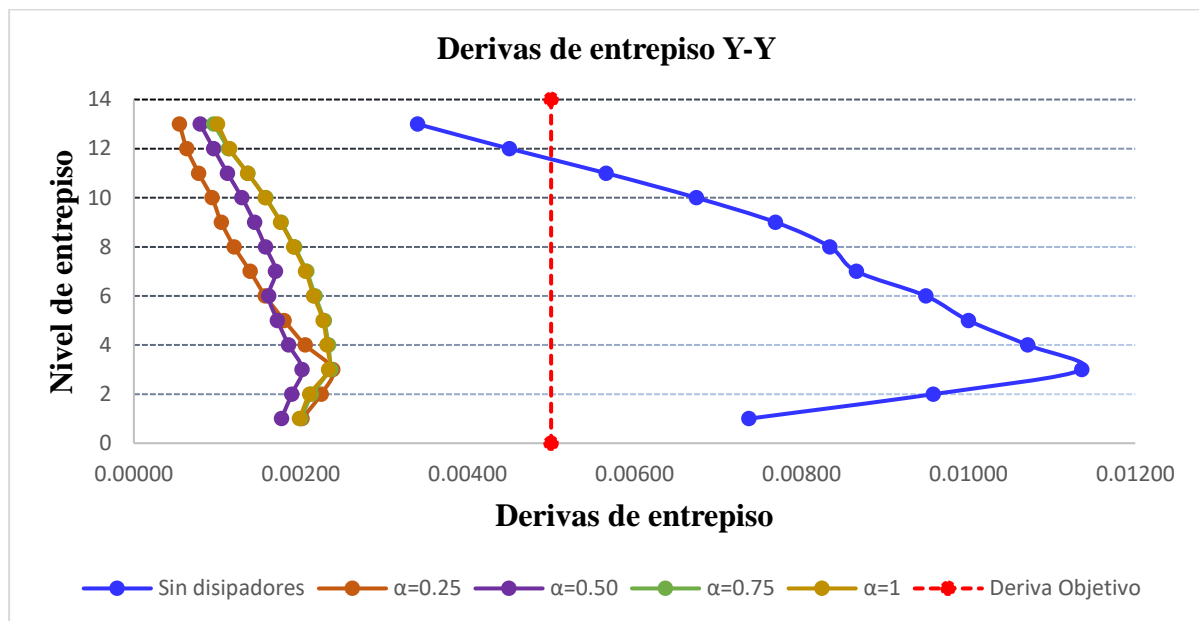
**Tabla 85**

*Derivas para el Modelo con Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y*

Nivel	Derivas sin disipadores	Derivas ( $\alpha=0.25$ )	Derivas ( $\alpha=0.50$ )	Derivas ( $\alpha=0.75$ )	Derivas ( $\alpha=1$ )
13	0.00340	0.00055	0.000794	0.000957	0.00100
12	0.00450	0.00063	0.000956	0.001134	0.00115
11	0.00566	0.00078	0.001121	0.001366	0.00136
10	0.00674	0.00094	0.001296	0.001581	0.00158
9	0.00769	0.00105	0.001446	0.001767	0.00176
8	0.00834	0.00120	0.001577	0.001926	0.00192
7	0.00866	0.00139	0.001698	0.002073	0.00206
6	0.00949	0.00158	0.001616	0.002171	0.00216
5	0.01000	0.00180	0.00172	0.002284	0.00227
4	0.01071	0.00205	0.001856	0.002332	0.00231
3	0.01136	0.00238	0.002017	0.002360	0.00234
2	0.00958	0.00224	0.001892	0.002126	0.00211
1	0.00737	0.00202	0.001768	0.001998	0.00199

**Figura 106**

*Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Diagonal en Y-Y*



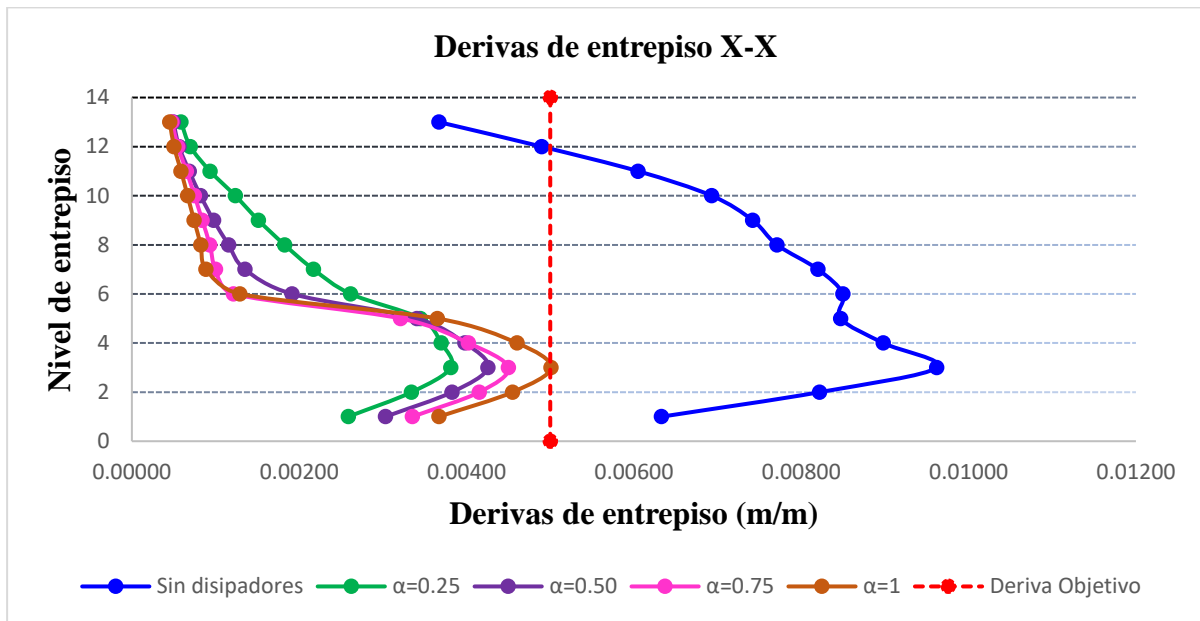
**Tabla 86**

*Derivas para el Modelo con Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X-X*

Nivel	Derivas sin disipadores	Derivas ( $\alpha=0.25$ )	Derivas ( $\alpha=0.50$ )	Derivas ( $\alpha=0.75$ )	Derivas ( $\alpha=1$ )
13	0.00367	0.00059	0.000495	0.000480	0.00045
12	0.00490	0.00070	0.000564	0.000550	0.00050
11	0.00605	0.00094	0.000686	0.000653	0.00059
10	0.00693	0.00124	0.000821	0.000749	0.00067
9	0.00742	0.00151	0.000976	0.000841	0.00074
8	0.00771	0.00183	0.001156	0.000932	0.00082
7	0.00820	0.00217	0.001351	0.000999	0.00089
6	0.00850	0.00262	0.001915	0.001216	0.00129
5	0.00847	0.00345	0.003405	0.003213	0.00365
4	0.00898	0.00370	0.003979	0.004022	0.00460
3	0.00962	0.00381	0.004256	0.004499	0.00501
2	0.00822	0.00334	0.003826	0.004152	0.00455
1	0.00633	0.00259	0.003031	0.003354	0.00367

**Figura 107**

*Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en X-X*



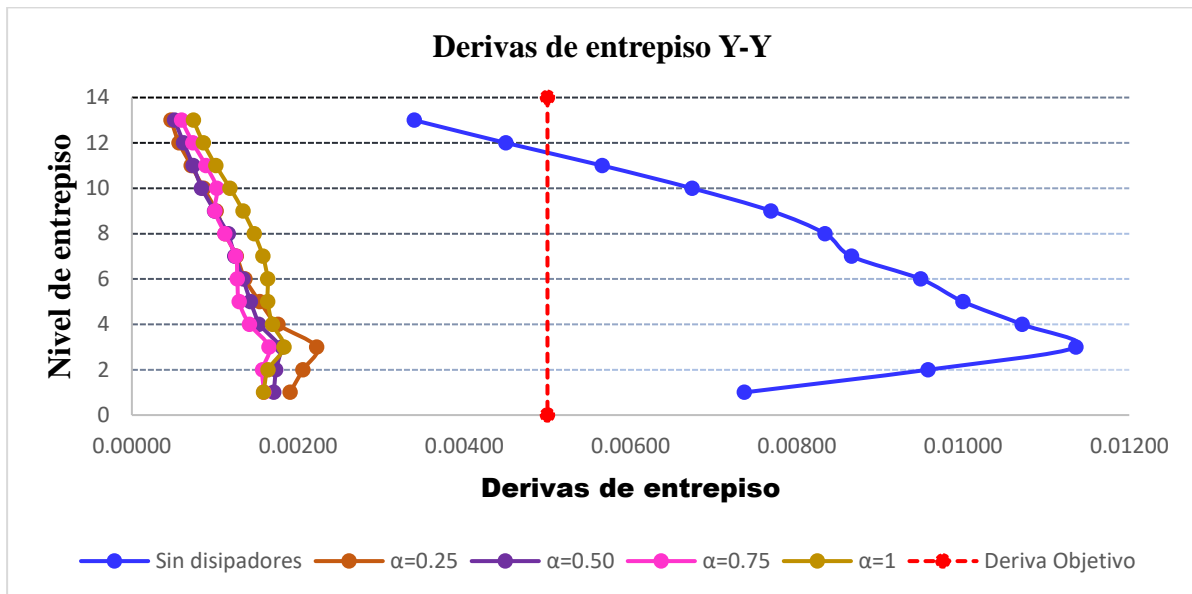
**Tabla 87**

*Derivas para el Modelo con Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y-Y*

Nivel	Derivas sin disipadores	Derivas ( $\alpha=0.25$ )	Derivas ( $\alpha=0.50$ )	Derivas ( $\alpha=0.75$ )	Derivas ( $\alpha=1$ )
13	0.00340	0.00047	0.000514	0.000597	0.00074
12	0.00450	0.00057	0.00062	0.000733	0.00086
11	0.00566	0.00072	0.000737	0.000891	0.00101
10	0.00674	0.00086	0.000839	0.001021	0.00118
9	0.00769	0.00102	0.000996	0.001001	0.00134
8	0.00834	0.00112	0.001161	0.001119	0.00147
7	0.00866	0.00126	0.001237	0.001250	0.00158
6	0.00949	0.00136	0.001337	0.001268	0.00163
5	0.01000	0.00154	0.001427	0.001290	0.00164
4	0.01071	0.00176	0.001526	0.001416	0.00169
3	0.01136	0.00222	0.001808	0.001651	0.00183
2	0.00958	0.00206	0.001729	0.001572	0.00164
1	0.00737	0.00190	0.001709	0.001589	0.00158

**Figura 108**

*Comparación de Derivas de Entrepiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en Y-Y*



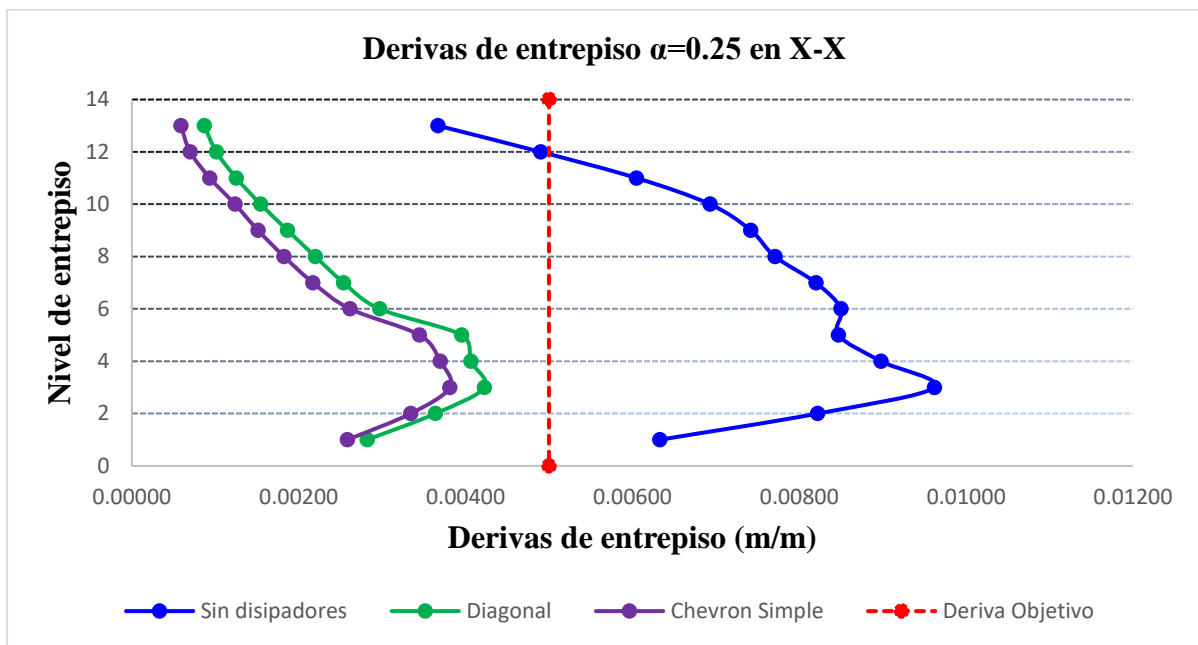
**Tabla 88**

*Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con  $\alpha=0.25$  en la Dirección X-X*

Nivel	Derivas sin disipadores	Diagonal	% de reducción	Chevron simple	% de reducción
13	0.00367	0.00087	76.38%	0.000587	84.01%
12	0.00490	0.00101	79.33%	0.000699	85.73%
11	0.00605	0.00125	79.29%	0.000936	84.53%
10	0.00693	0.00154	77.72%	0.001236	82.16%
9	0.00742	0.00187	74.84%	0.001513	79.61%
8	0.00771	0.00220	71.48%	0.001825	76.33%
7	0.00820	0.00254	69.04%	0.002171	73.52%
6	0.00850	0.00297	65.05%	0.002616	69.22%
5	0.00847	0.00395	53.32%	0.003449	59.28%
4	0.00898	0.00406	54.74%	0.003696	58.84%
3	0.00962	0.00423	56.07%	0.003813	60.36%
2	0.00822	0.00364	55.73%	0.003343	59.33%
1	0.00633	0.00282	55.40%	0.002586	59.15%

**Figura 109**

*Desempeño Estructural para  $\alpha=0.25$  en la Dirección X-X*



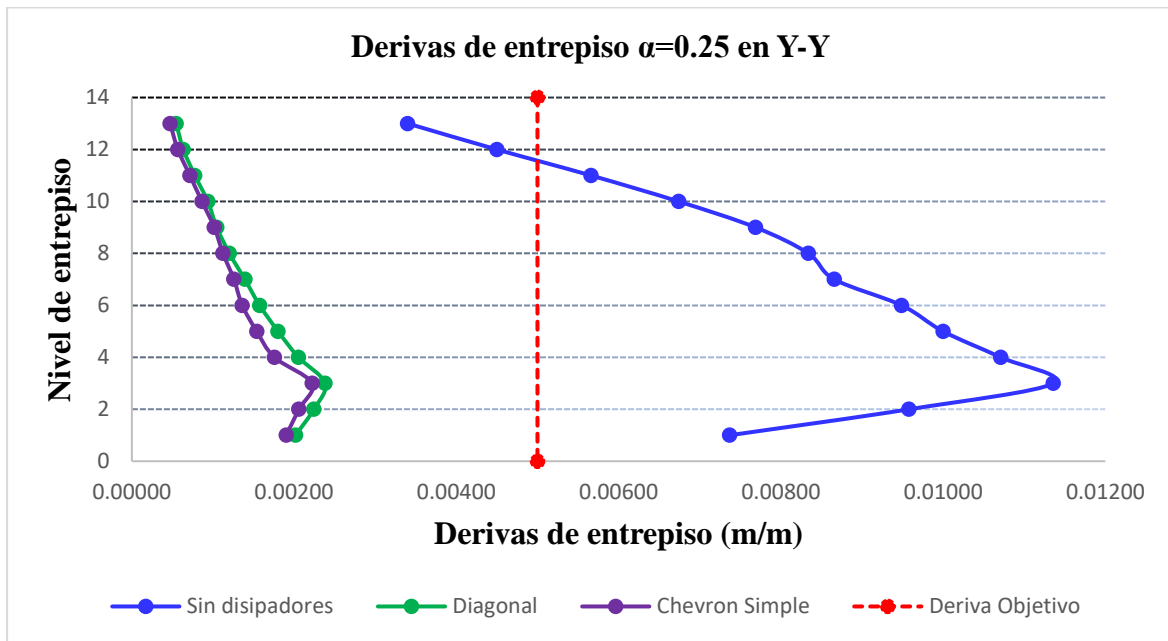
**Tabla 89**

*Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con  $\alpha=0.25$  en la Dirección Y-Y*

Nivel	Derivas sin disipadores	Diagonal	% de reducción	Chevron brace mejorado	% de reducción
13	0.00340	0.00055	83.91%	0.000471	86.15%
12	0.00450	0.00063	85.91%	0.000567	87.40%
11	0.00566	0.00078	86.27%	0.000715	87.37%
10	0.00674	0.00094	86.11%	0.000864	87.18%
9	0.00769	0.00105	86.38%	0.001016	86.79%
8	0.00834	0.00120	85.59%	0.001124	86.52%
7	0.00866	0.00139	83.91%	0.001258	85.47%
6	0.00949	0.00158	83.40%	0.001361	85.66%
5	0.01000	0.00180	81.98%	0.001539	84.61%
4	0.01071	0.00205	80.82%	0.001757	83.59%
3	0.01136	0.00238	79.02%	0.002223	80.43%
2	0.00958	0.00224	76.58%	0.002059	78.51%
1	0.00737	0.00202	72.63%	0.001903	74.18%

**Figura 110**

*Desempeño Estructural para  $\alpha=0.25$  en la Dirección Y-Y*



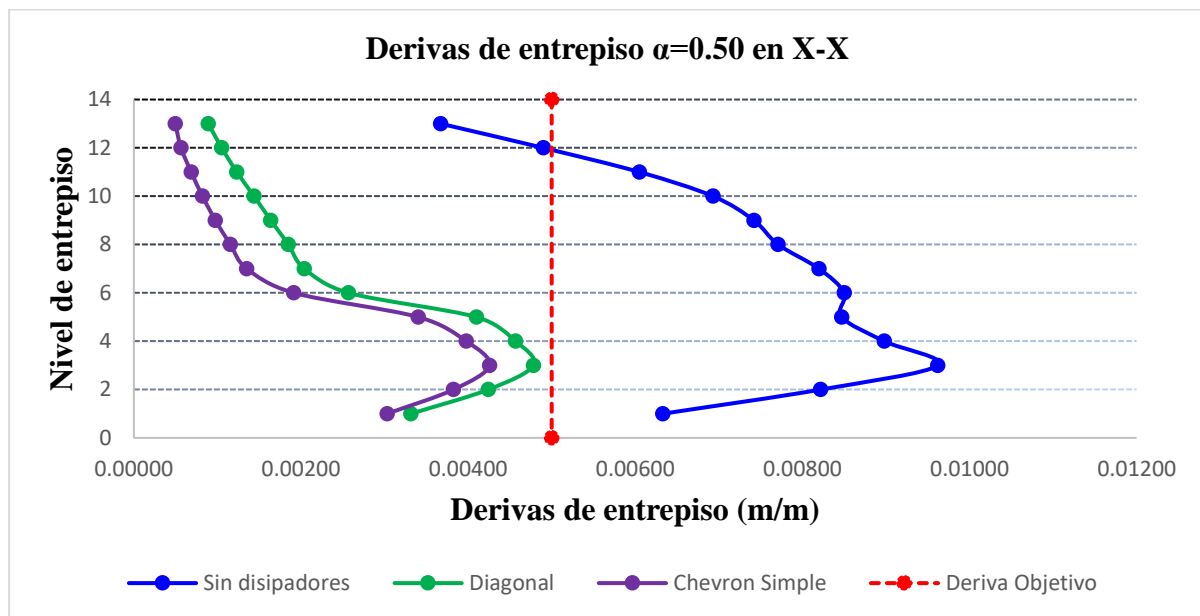
**Tabla 90**

*Derivas de Entrespiso para Ambas Propuestas con  $\alpha=0.50$  en la Dirección X-X*

Nivel	Derivas sin disipadores	Diagonal	% de reducción	Chevron brace mejorado	% de reducción
13	0.00367	0.00089	75.72%	0.000495	86.51%
12	0.00490	0.00105	78.55%	0.000564	88.49%
11	0.00605	0.00123	79.64%	0.000686	88.66%
10	0.00693	0.00144	79.25%	0.000821	88.15%
9	0.00742	0.00164	77.91%	0.000976	86.85%
8	0.00771	0.00185	76.02%	0.001156	85.01%
7	0.00820	0.00204	75.12%	0.001351	83.52%
6	0.00850	0.00257	69.78%	0.001915	77.47%
5	0.00847	0.00410	51.61%	0.003405	59.80%
4	0.00898	0.00457	49.12%	0.003979	55.69%
3	0.00962	0.00478	50.29%	0.004256	55.76%
2	0.00822	0.00424	48.39%	0.003826	53.45%
1	0.00633	0.00332	47.60%	0.003031	52.12%

**Figura 111**

*Desempeño Estructural para  $\alpha=0.50$  en la Dirección X-X*



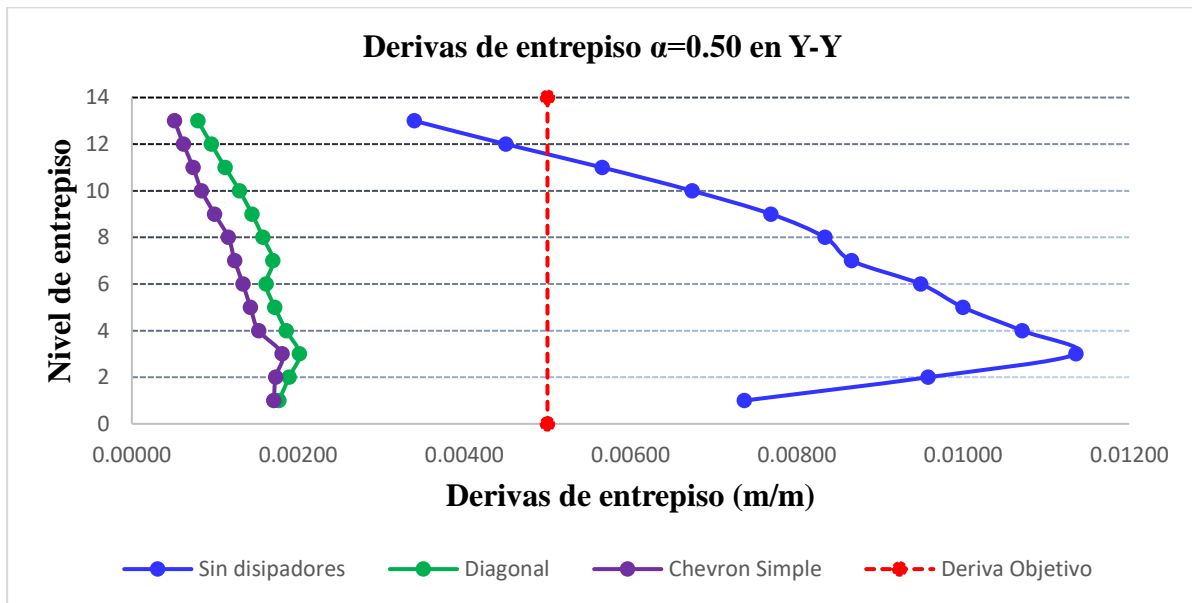
**Tabla 91**

*Derivas de Entrespiso para Ambas Propuestas con  $\alpha=0.50$  en la Dirección Y-Y*

Nivel	Derivas sin disipadores	Diagonal	% de reducción	Chevron brace mejorado	% de reducción
13	0.00340	0.00079	76.65%	0.000514	84.88%
12	0.00450	0.00096	78.76%	0.00062	86.22%
11	0.00566	0.00112	80.19%	0.000737	86.98%
10	0.00674	0.00130	80.77%	0.000839	87.55%
9	0.00769	0.00145	81.20%	0.000996	87.05%
8	0.00834	0.00158	81.09%	0.001161	86.08%
7	0.00866	0.00170	80.39%	0.001237	85.72%
6	0.00949	0.00162	82.97%	0.001337	85.91%
5	0.01000	0.00172	82.80%	0.001427	85.73%
4	0.01071	0.00186	82.67%	0.001526	85.75%
3	0.01136	0.00202	82.24%	0.001808	84.08%
2	0.00958	0.00189	80.25%	0.001729	81.95%
1	0.00737	0.00177	76.01%	0.001709	76.81%

**Figura 112**

*Desempeño Estructural para  $\alpha=0.50$  en la Dirección Y-Y*



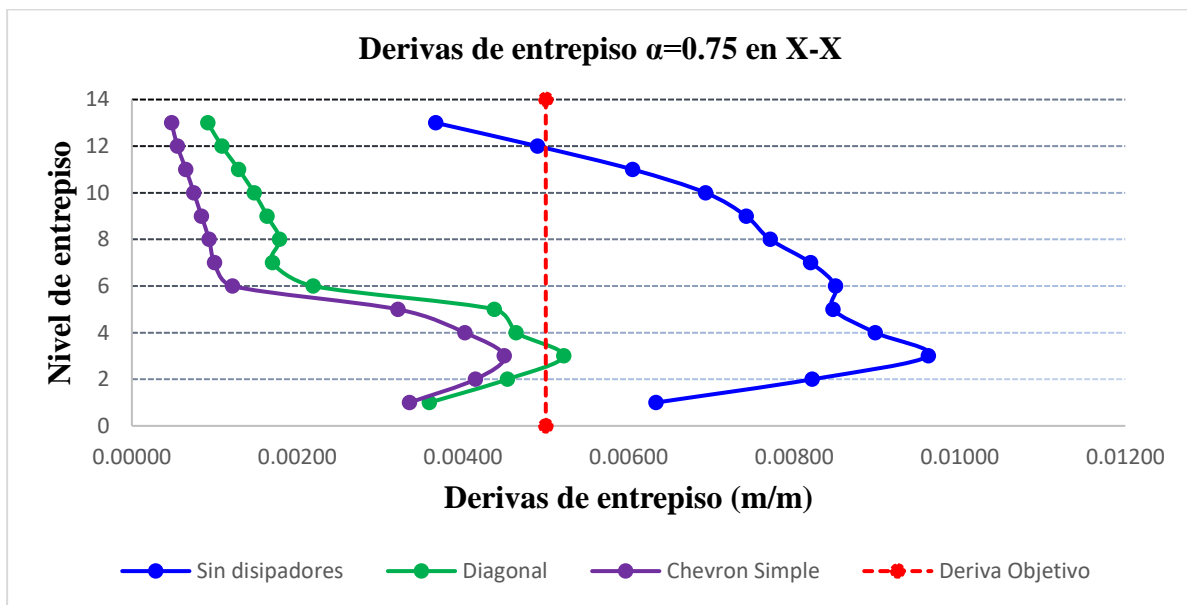
**Tabla 92**

*Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con  $\alpha=0.75$  en la Dirección X-X*

Nivel	Derivas sin disipadores	Diagonal	% de reducción	Chevron brace mejorado	% de reducción
13	0.00367	0.00092	74.99%	0.00048	86.91%
12	0.00490	0.00109	77.80%	0.00055	88.78%
11	0.00605	0.00129	78.66%	0.00065	89.21%
10	0.00693	0.00148	78.67%	0.00075	89.19%
9	0.00742	0.00163	77.97%	0.00084	88.66%
8	0.00771	0.00179	76.84%	0.00093	87.91%
7	0.00820	0.00170	79.30%	0.00010	87.81%
6	0.00850	0.00219	74.22%	0.00122	85.70%
5	0.00847	0.00438	48.31%	0.00321	62.07%
4	0.00898	0.00464	48.33%	0.00402	55.22%
3	0.00962	0.00522	45.75%	0.00441	53.23%
2	0.00822	0.00454	44.80%	0.00415	49.49%
1	0.00633	0.00359	43.21%	0.00335	47.01%

**Figura 113**

*Desempeño Estructural para  $\alpha=0.75$  en la Dirección X-X*



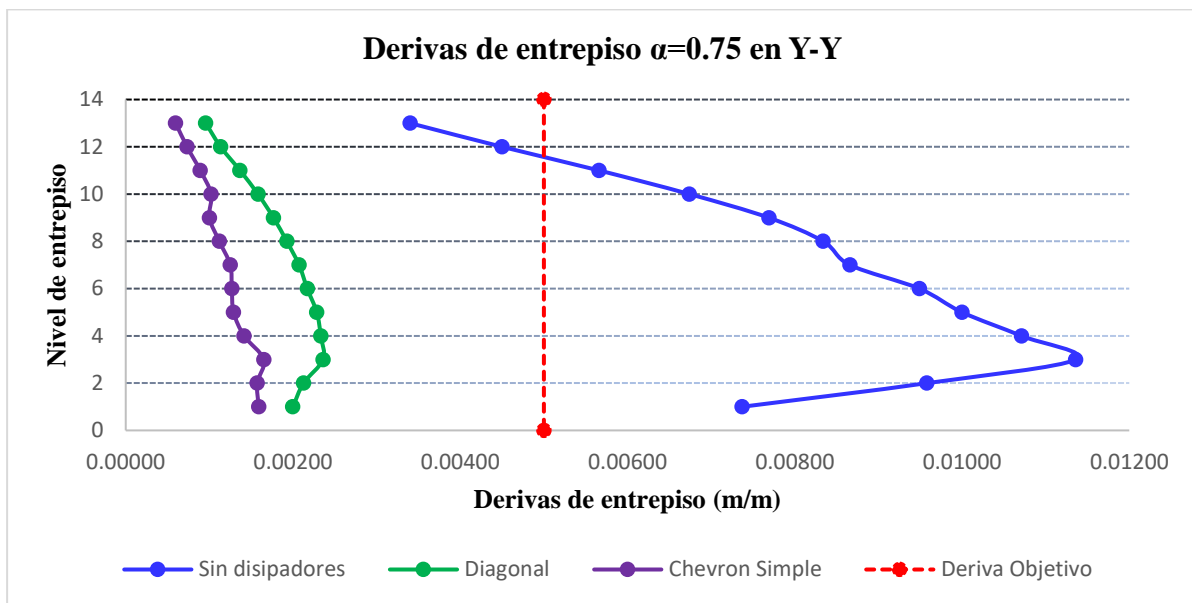
**Tabla 93**

*Derivas de Entrepiso para Ambas Propuestas con  $\alpha=0.75$  en la Dirección Y-Y*

Nivel	Derivas sin disipadores	Diagonal	% de reducción	Chevron simple	% de reducción
13	0.00340	0.00096	71.86%	0.00060	82.44%
12	0.00450	0.00113	74.80%	0.00073	83.70%
11	0.00566	0.00137	75.86%	0.00089	84.25%
10	0.00674	0.00158	76.54%	0.00102	84.85%
9	0.00769	0.00177	77.03%	0.00100	86.99%
8	0.00834	0.00193	76.91%	0.00112	86.58%
7	0.00866	0.00207	76.06%	0.00125	85.57%
6	0.00949	0.00217	77.13%	0.00127	86.64%
5	0.01000	0.00228	77.16%	0.00129	87.10%
4	0.01071	0.00233	78.22%	0.00142	86.78%
3	0.01136	0.00236	79.23%	0.00165	85.47%
2	0.00958	0.00213	77.81%	0.00157	83.59%
1	0.00737	0.00200	72.89%	0.00159	78.44%

**Figura 114**

*Desempeño Estructural para  $\alpha=0.75$  en la Dirección Y-Y*



**b) Desplazamiento de entrespiso**

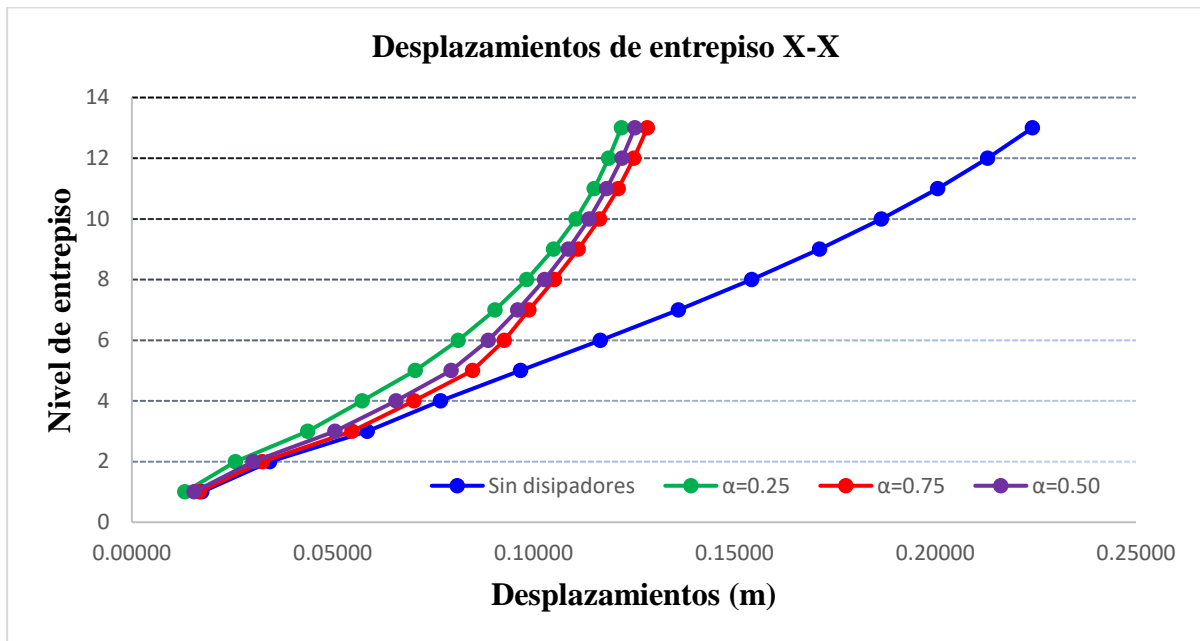
**Tabla 94**

*Desplazamientos de Entrespiso para Disposición Diagonal en la Dirección X-X*

Nivel	Desplazamientos sin disipadores	Desplazamientos ( $\alpha=0.25$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.50$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.75$ )
13	0.22423	0.12186	0.12524	0.128338
12	0.21308	0.11874	0.12203	0.125034
11	0.20061	0.11509	0.11825	0.121118
10	0.18657	0.11058	0.11381	0.116471
9	0.17125	0.10502	0.10863	0.111150
8	0.15434	0.09830	0.10273	0.105265
7	0.13611	0.09038	0.09608	0.098836
6	0.11665	0.08124	0.08873	0.092724
5	0.09676	0.07055	0.07948	0.084836
4	0.07684	0.05737	0.06582	0.070243
3	0.05864	0.04382	0.05059	0.054775
2	0.03432	0.02579	0.03018	0.032507
1	0.01743	0.01318	0.01548	0.016776

**Figura 115**

*Desplazamientos para la Disposición Diagonal en la Dirección X-X*



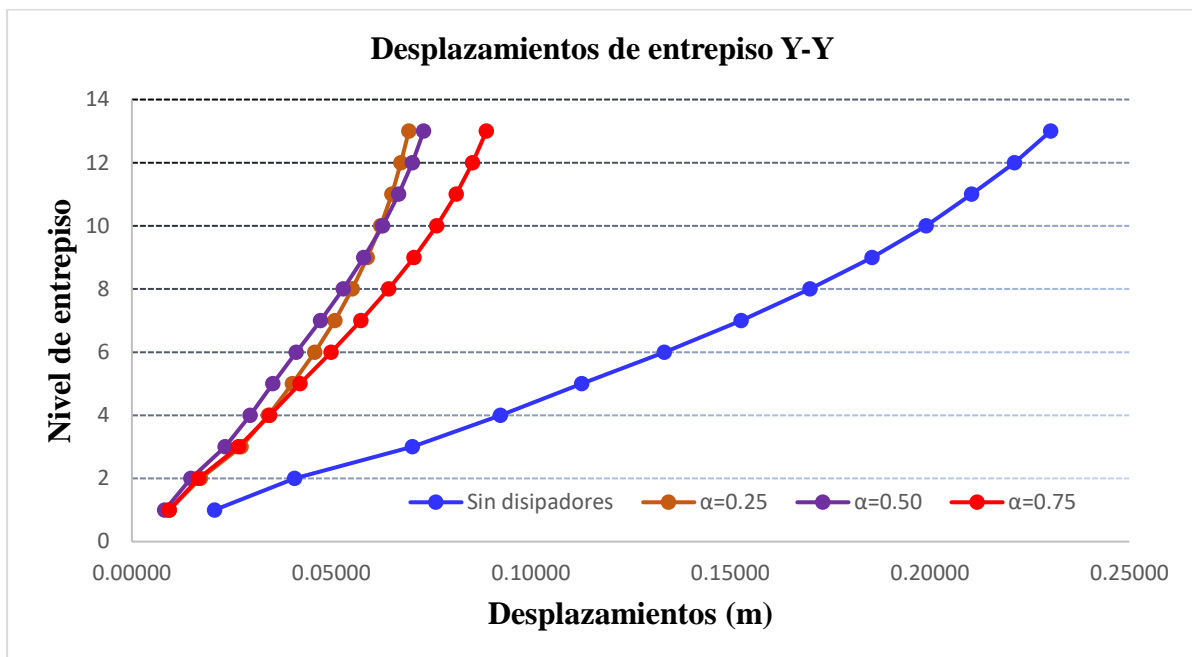
**Tabla 95**

*Desplazamientos de Entepiso para Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y*

Nivel	Desplazamientos sin disipadores	Desplazamientos ( $\alpha=0.25$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.50$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.75$ )
13	0.23027	0.06942	0.07315	0.088862
12	0.22123	0.06745	0.07029	0.085418
11	0.21046	0.06516	0.06685	0.081335
10	0.19907	0.06236	0.06282	0.076416
9	0.18556	0.05900	0.05815	0.070723
8	0.16998	0.05523	0.05295	0.064363
7	0.15273	0.05090	0.04727	0.057429
6	0.13349	0.04588	0.04116	0.049967
5	0.11279	0.04022	0.03534	0.042152
4	0.09235	0.03421	0.02961	0.034538
3	0.07029	0.02736	0.02342	0.026764
2	0.04083	0.01719	0.01481	0.016695
1	0.02070	0.00941	0.00825	0.009325

**Figura 116**

*Desplazamientos para la Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y*



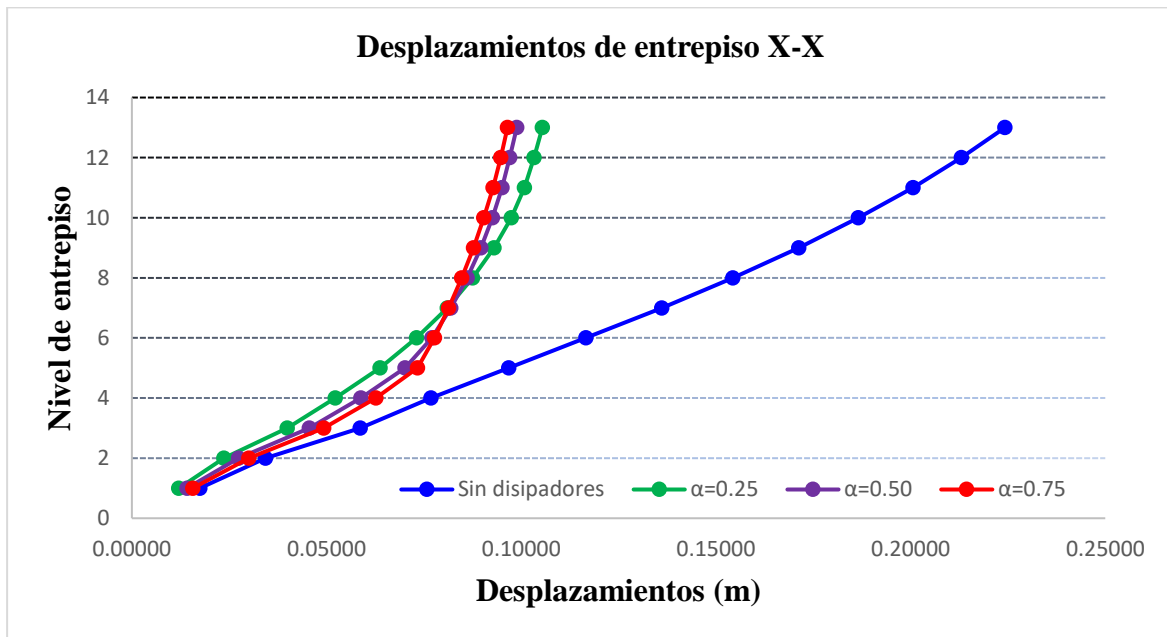
**Tabla 96**

*Desplazamientos de Entrespiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X*

Nivel	Desplazamientos sin disipadores	Desplazamientos ( $\alpha=0.25$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.50$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.75$ )
13	0.22423	0.10544	0.098849	0.096471
12	0.21308	0.10332	0.097066	0.094742
11	0.20061	0.10081	0.095036	0.092763
10	0.18657	0.09744	0.092568	0.090412
9	0.17125	0.09299	0.089611	0.087715
8	0.15434	0.08755	0.086099	0.084687
7	0.13611	0.08098	0.081937	0.081331
6	0.11665	0.07316	0.077075	0.077733
5	0.09676	0.06374	0.070182	0.073356
4	0.07684	0.05225	0.058833	0.062646
3	0.05864	0.03993	0.045569	0.049241
2	0.03432	0.02366	0.02741	0.030046
1	0.01743	0.01207	0.014145	0.015654

**Figura 117**

*Desplazamientos para la Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X-X*



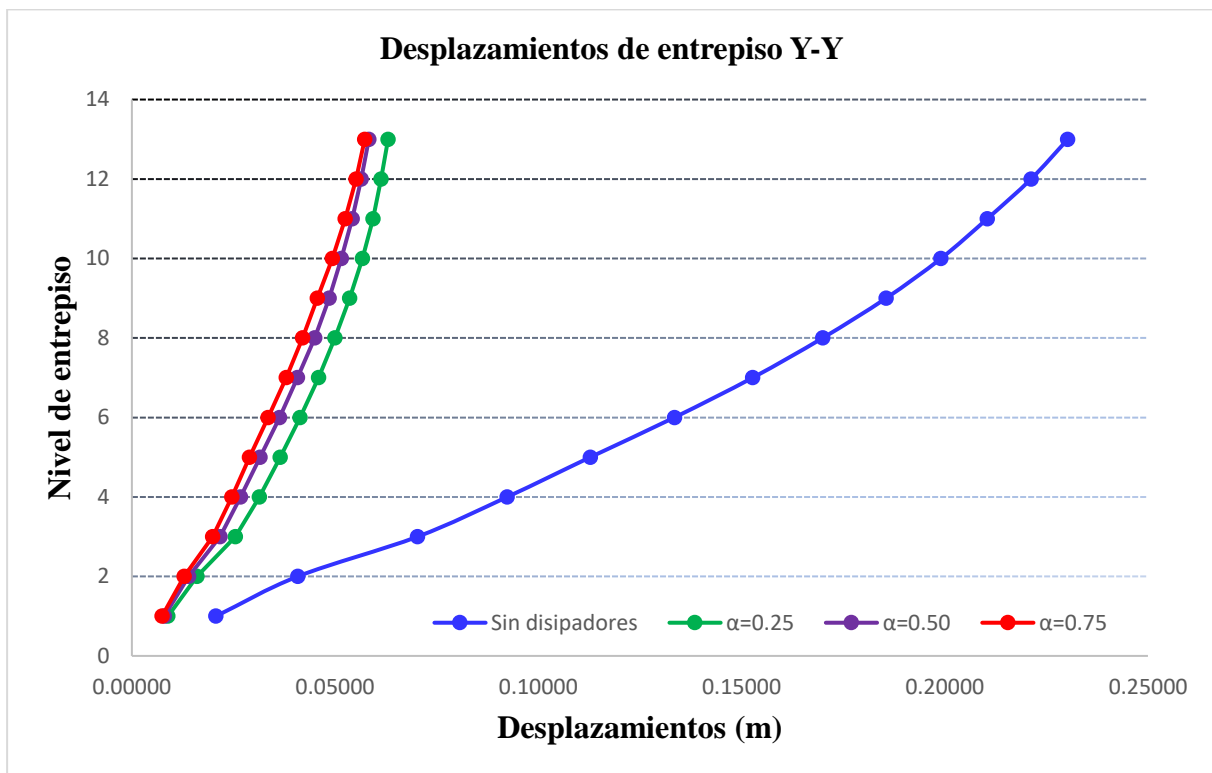
**Tabla 97**

*Desplazamientos de Entepiso para Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y*

Nivel	Desplazamientos sin disipadores	Desplazamientos ( $\alpha=0.25$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.50$ )	Desplazamientos ( $\alpha=0.75$ )
13	0.23027	0.06304	0.058307	0.057301
12	0.22123	0.06135	0.056455	0.055152
11	0.21046	0.05931	0.054223	0.052512
10	0.19907	0.05673	0.05157	0.049303
9	0.18556	0.05362	0.048549	0.045628
8	0.16998	0.04996	0.044965	0.042025
7	0.15273	0.04592	0.040787	0.037995
6	0.13349	0.04139	0.036335	0.033496
5	0.11279	0.03649	0.031522	0.028930
4	0.09235	0.03136	0.026767	0.024630
3	0.07029	0.02551	0.021682	0.019911
2	0.04083	0.01602	0.013968	0.012867
1	0.02070	0.00888	0.007974	0.007416

**Figura 118**

*Desplazamientos para la Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y-Y*

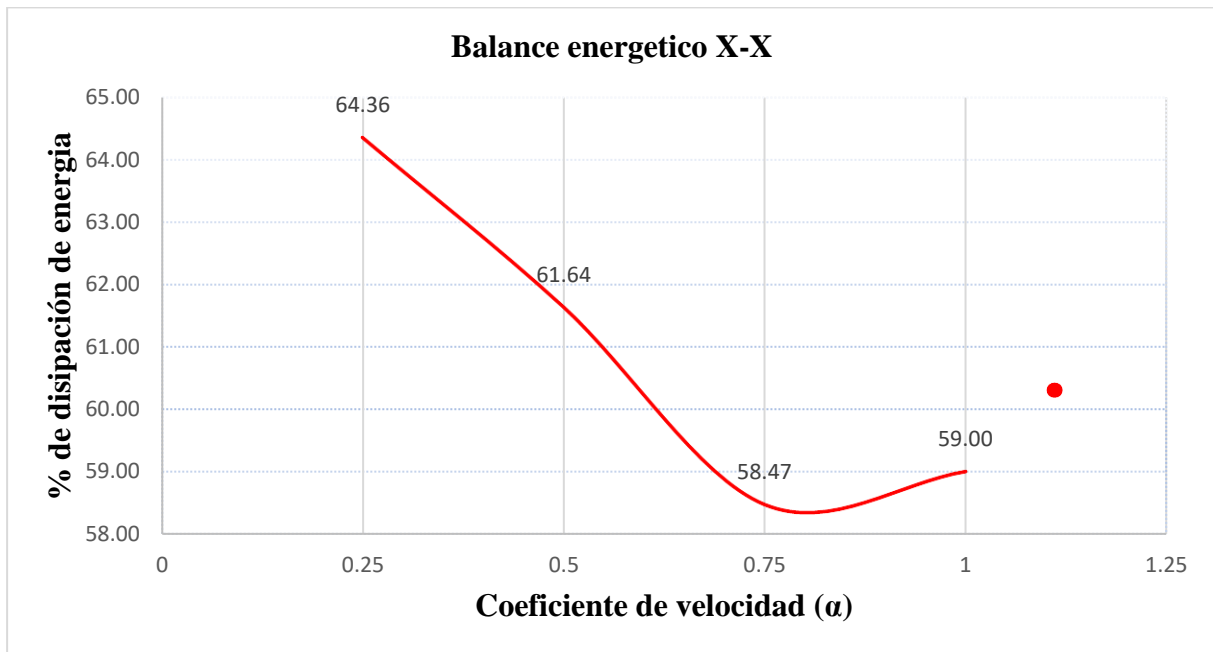


**c) Balance energético**

El promedio de disipación energética para la configuración diagonal con 2 dispositivos por dirección es de 58% en disipadores lineales y 61% en disipadores no lineales; Por otro lado, para la disposición chevron brace mejorado con 4 disipadores por dirección, los valores promedio de disipación energética ascienden a 69% en disipadores lineales y 73% en disipadores no lineales.

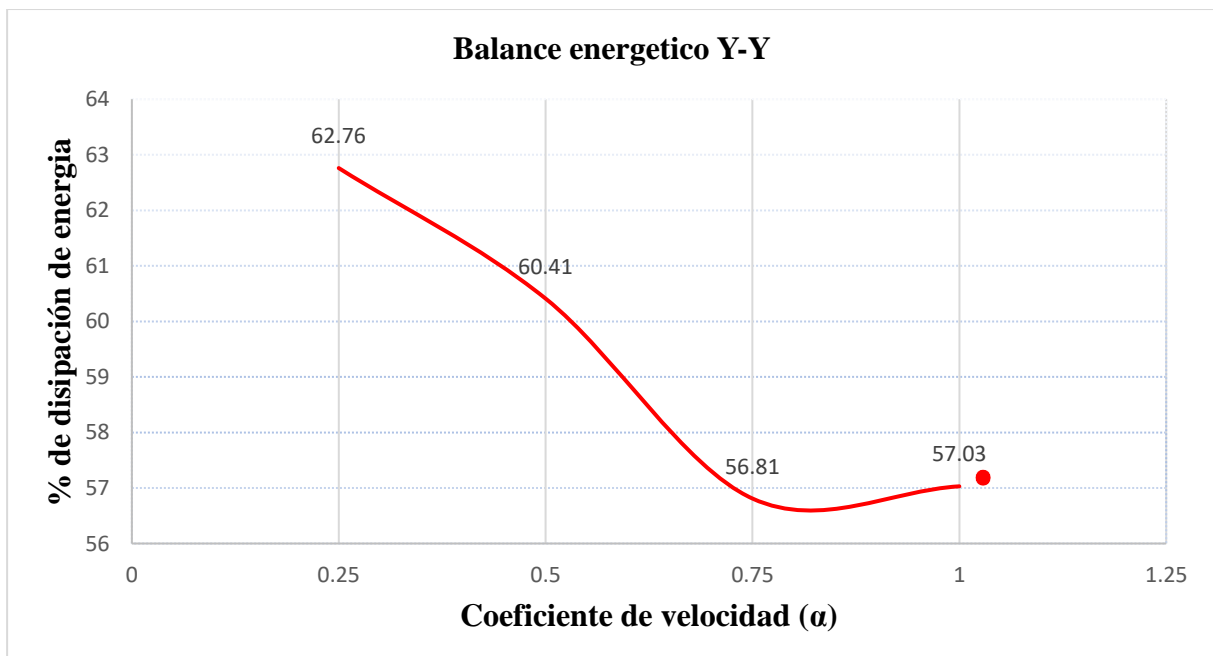
**Figura 119**

*Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Diagonal en la Dirección X-X*



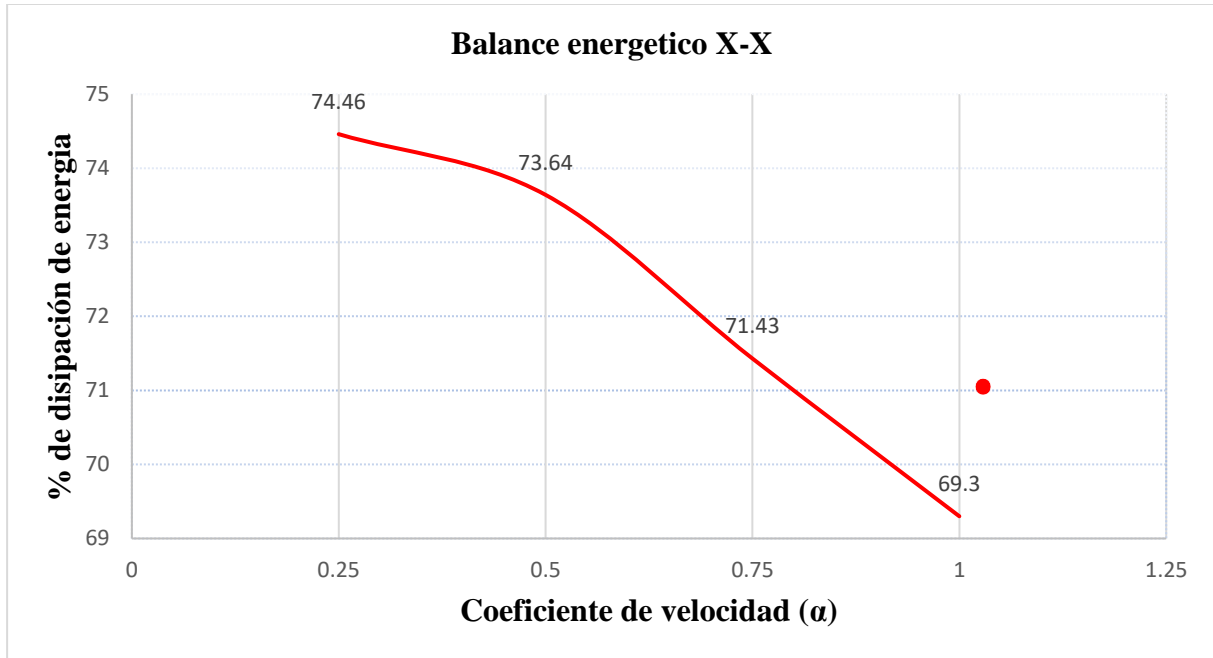
**Figura 120**

*Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Diagonal en la Dirección Y-Y*



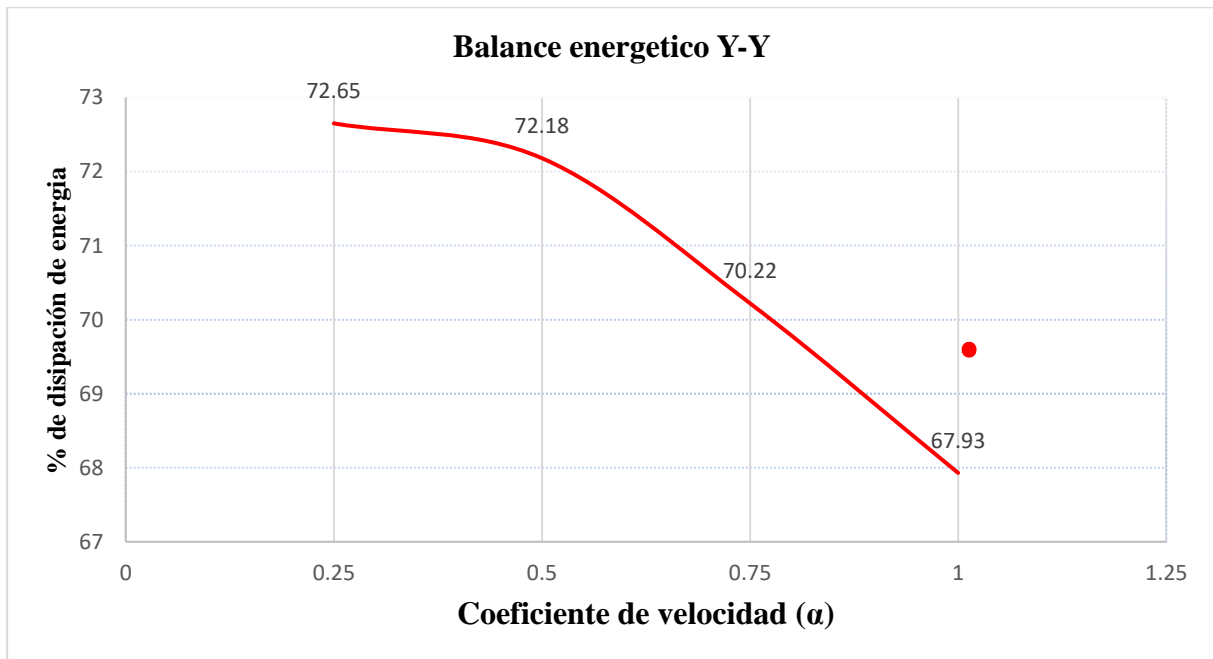
**Figura 121**

*Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección X-X*



**Figura 122**

*Energía Absorbida por los Disipadores en Disposición Chevron Brace Mejorado en la Dirección Y-Y*



#### d) Velocidad y aceleración del centro de masa

Mediante la instalación de dispositivos en disposición diagonal resultó una disminución máxima de la aceleración del centro de masa del 26.40%, disminuyendo de 4.294 m/s<sup>2</sup> a 3.161 m/s<sup>2</sup>; en cuanto a las velocidades del centro de masa, la reducción máxima fue de 45.38%, pasando de 0.992 m/s a 0.542 m/s<sup>2</sup>. Por otro lado, los disipadores en disposición chevron brace mejorado presentó un desempeño superior, logrando una reducción máxima en la aceleración del centro de masa del 32.22%, disminuyendo de 6.44 m/s<sup>2</sup> a 4.365 m/s<sup>2</sup>; las velocidades se redujeron en 49.25% como máximo, pasando de 0.992 m/s a 0.504 m/s.

**Tabla 98**

*Velocidad y Aceleración Máxima del C.M. en cada Piso sin Disipadores*

Piso	Valor	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )
13	Máx.	0.992	6.440
12	Máx.	0.932	5.263
11	Máx.	0.866	4.368
10	Máx.	0.800	3.915
9	Máx.	0.736	3.825
8	Máx.	0.673	3.916
7	Máx.	0.611	4.066
6	Máx.	0.548	4.215
5	Máx.	0.481	4.310
4	Máx.	0.413	4.294
3	Máx.	0.337	4.153
2	Máx.	0.224	3.634
1	Máx.	0.124	2.752

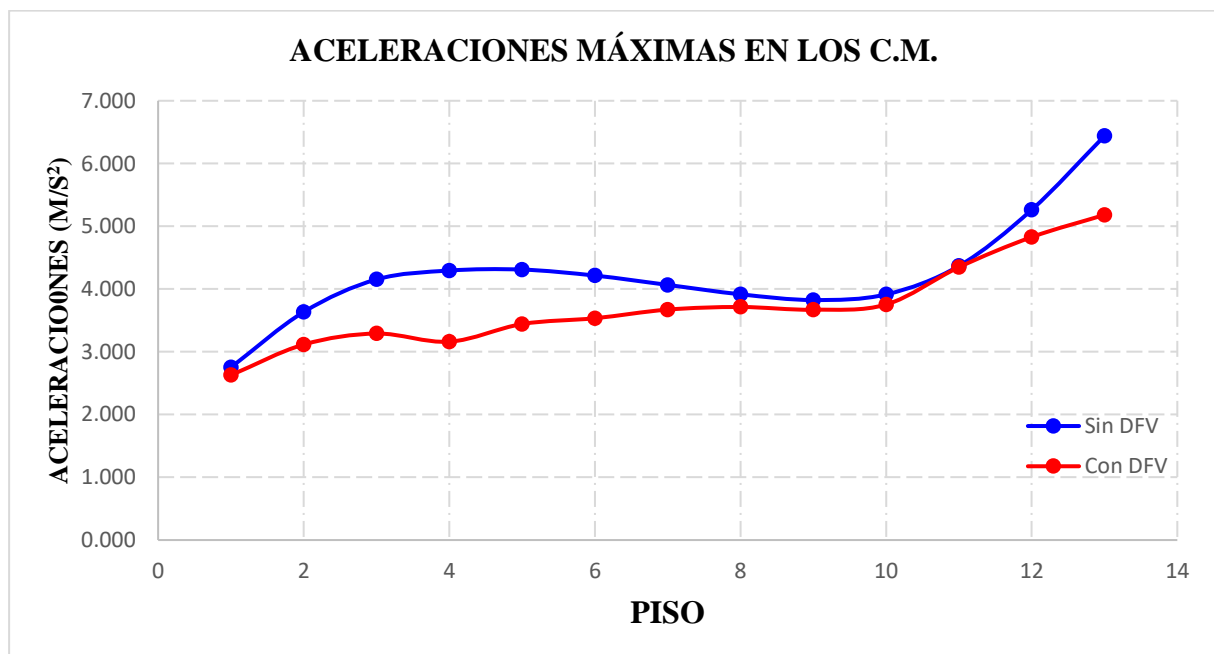
**Tabla 99**

*Velocidad y Aceleración Máxima del C.M. en cada Piso con Disipadores en Diagonal*

Piso	Valor	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )
13	Máx.	0.542	5.181
12	Máx.	0.532	4.828
11	Máx.	0.525	4.348
10	Máx.	0.519	3.753
9	Máx.	0.510	3.670
8	Máx.	0.498	3.714
7	Máx.	0.489	3.672
6	Máx.	0.471	3.535
5	Máx.	0.434	3.443
4	Máx.	0.371	3.161
3	Máx.	0.293	3.291
2	Máx.	0.183	3.115
1	Máx.	0.096	2.628

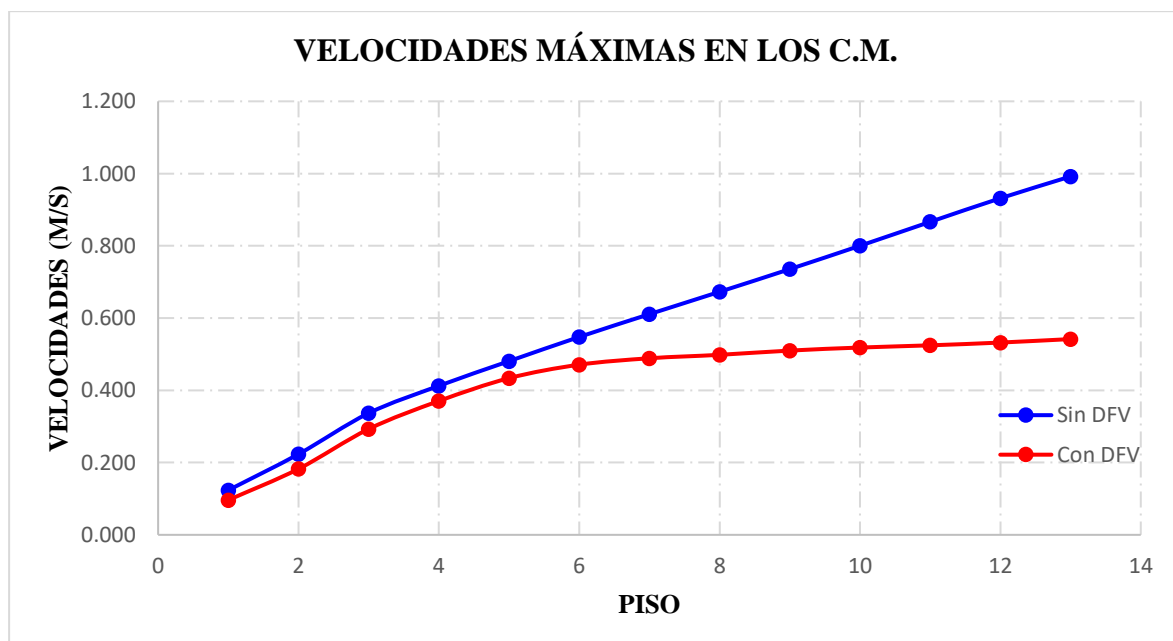
**Figura 123**

*Comparación de las Aceleraciones Máximas en los C.M. en Diagonal*



**Tabla 100***Porcentaje de Reducción de las Aceleraciones Máximas en los C.M en Diagonal*

Piso	Sin DFV	Con DFV	% Reducción
13	6.440	5.181	19.54
12	5.263	4.828	8.27
11	4.368	4.348	0.44
10	3.915	3.753	4.12
9	3.825	3.670	4.04
8	3.916	3.714	5.16
7	4.066	3.672	9.68
6	4.215	3.535	16.13
5	4.310	3.443	20.13
4	4.294	3.161	26.40
3	4.153	3.291	20.77
2	3.634	3.115	14.28
1	2.752	2.628	4.51
		Máx.	26.40

**Figura 124***Comparación de las Velocidades Máximas en los C.M. en Diagonal*

**Tabla 101***Porcentaje de Reducción de las Velocidades Máximas en los C.M en Diagonal*

Piso	Sin DFV	Con DFV	% Reducción
13	0.992	0.542	45.38
12	0.932	0.532	42.87
11	0.866	0.525	39.45
10	0.800	0.519	35.20
9	0.736	0.510	30.66
8	0.673	0.498	25.94
7	0.611	0.489	19.99
6	0.548	0.471	14.02
5	0.481	0.434	9.80
4	0.413	0.371	10.18
3	0.337	0.293	13.03
2	0.224	0.183	18.30
1	0.124	0.096	22.09
		Máx.	45.38

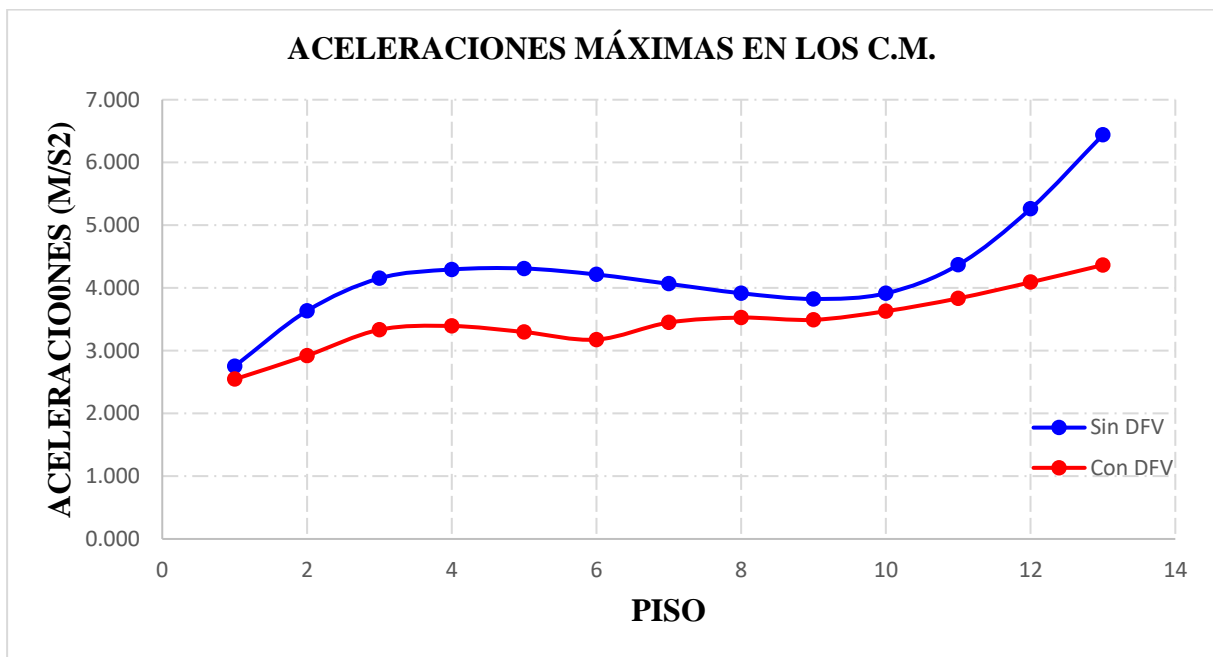
**Tabla 102***Velocidad y Aceleración Máxima del C.M. en cada Piso con Disipadores en Chevron Brace**Mejorado*

Piso	Valor	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )
13	Máx.	0.504	4.365
12	Máx.	0.494	4.091
11	Máx.	0.483	3.834
10	Máx.	0.470	3.630
9	Máx.	0.455	3.492
8	Máx.	0.441	3.527
7	Máx.	0.427	3.449
6	Máx.	0.401	3.177
5	Máx.	0.363	3.298

4	Máx.	0.319	3.394
3	Máx.	0.265	3.334
2	Máx.	0.176	2.922
1	Máx.	0.095	2.545

**Figura 125**

*Comparación de las Aceleraciones Máximas en los C.M. en Chevron Brace Mejorado*



**Tabla 103**

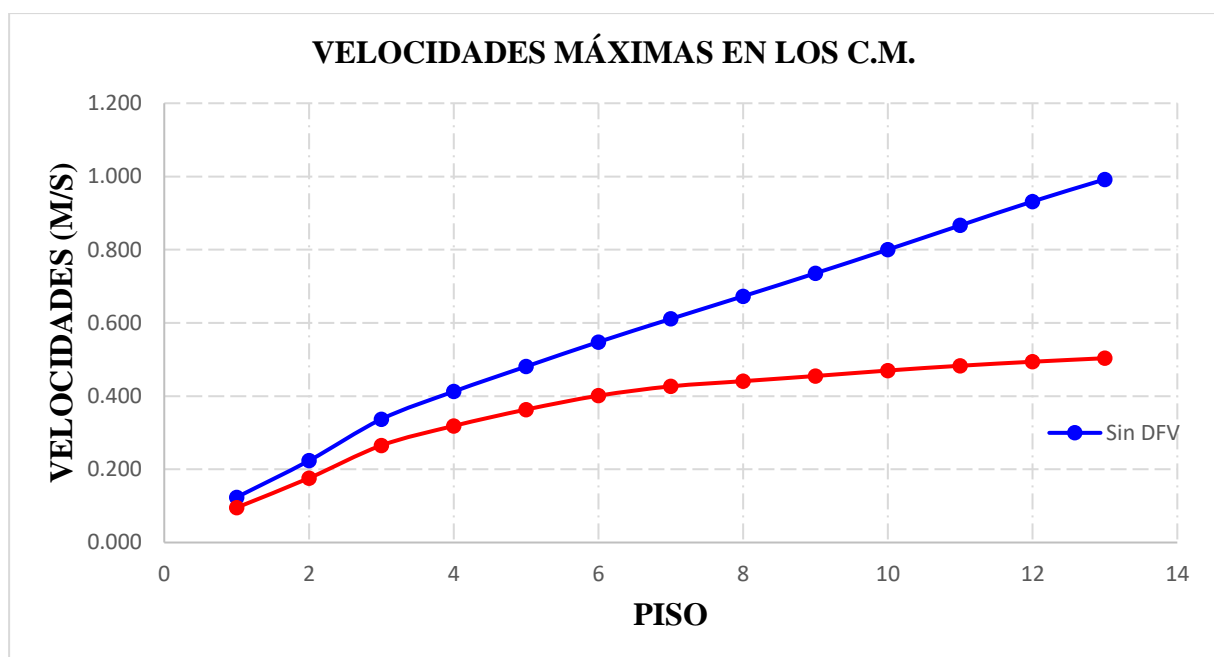
*Porcentaje de Reducción de las Aceleraciones Máximas en los C.M en CBM*

Piso	Sin DFV	Con DFV	% Reducción
13	6.440	4.365	32.22
12	5.263	4.091	22.27
11	4.368	3.834	12.21
10	3.915	3.630	7.27
9	3.825	3.492	8.69
8	3.916	3.527	9.93
7	4.066	3.449	15.18
6	4.215	3.177	24.62
5	4.310	3.298	23.49

4	4.294	3.394	20.98
3	4.153	3.334	19.73
2	3.634	2.922	19.60
1	2.752	2.545	7.51
		Máx.	32.22

**Figura 126**

*Comparación de las Velocidades Máximas en los C.M. en Chevron Brace Mejorado*



**Tabla 104**

*Porcentaje de Reducción de las Velocidades Máximas en los C.M en Chevron Brace*

*Mejorado*

Piso	Sin DFV	Con DFV	% Reducción
13	0.992	0.504	49.25
12	0.932	0.494	46.99
11	0.866	0.483	44.26
10	0.800	0.470	41.29
9	0.736	0.455	38.16
8	0.673	0.441	34.48

7	0.611	0.427	30.17
6	0.548	0.401	26.80
5	0.481	0.363	24.46
4	0.413	0.319	22.79
3	0.337	0.265	21.29
2	0.224	0.176	21.30
1	0.124	0.095	22.90
Máx.			49.25

### e) Fuerzas internas en elementos estructurales

- **Esfuerzos internos en columnas**

Los resultados evidenciaron una reducción significativa en los esfuerzos internos, alcanzando una disminución en fuerzas axiales del 57.09% en configuración diagonal y 67.21% en configuración chevron brace mejorado, en fuerzas cortantes hubo una disminución del 38.42% en diagonal y 35.15% en chevron brace mejorado y, en cuanto a momentos flectores hubo una reducción de 38.37% en disposición diagonal y 36.58% en chevron brace mejorado. Estas mejoras demuestran la efectividad del sistema de disipación implementado, aliviando la demanda en los componentes verticales y aumentando la capacidad de la estructura para soportar solicitaciones extremas sin comprometer su integridad.

**Tabla 105**

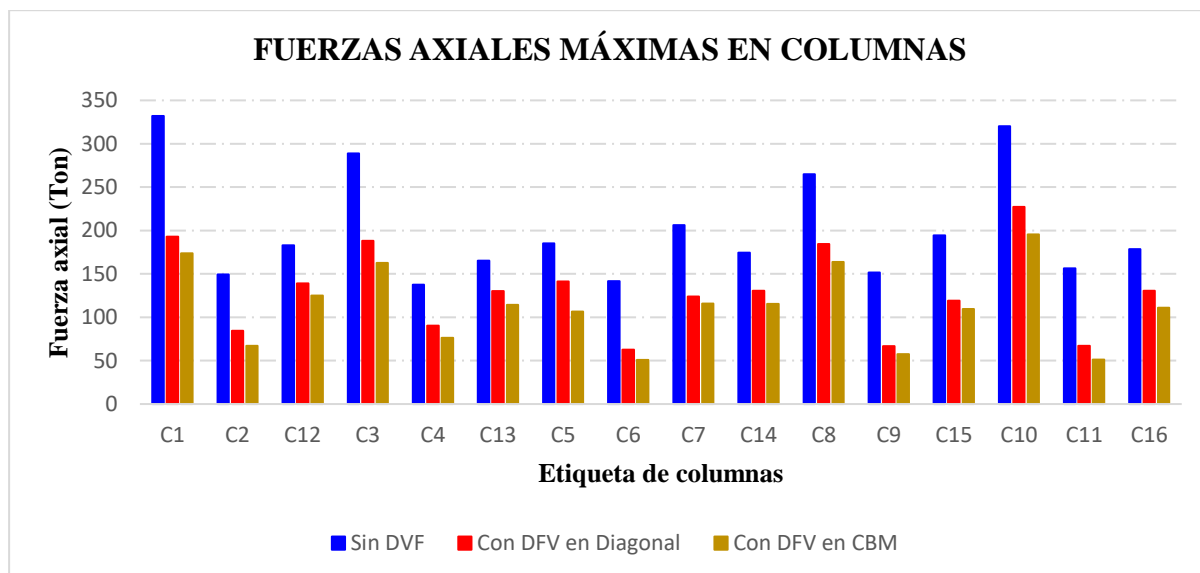
*Fuerzas Axiales en Columnas del Primer Nivel*

Descripción	Sin disipadores (ton)	C. Diagonal (ton)	% Reducción	C. Chevron brace mejorado (ton)	% Reducción
C1	331.88	192.82	41.90	173.87	47.61
C2	149.38	84.38	43.51	67.14	55.05
C12	182.84	139.1	23.92	124.85	31.72
C3	288.7	188.15	34.83	162.77	43.62
C4	137.46	90.45	34.20	76.38	44.43
C13	165.23	130.22	21.19	114.31	30.82
C5	185.3	141.09	23.86	106.54	42.50

C6	141.5	62.66	55.72	50.77	64.12
C7	206.16	124.1	39.80	115.68	43.89
C14	174.56	130.51	25.23	115.5	33.83
C8	265.05	184.52	30.38	163.78	38.21
C9	151.73	66.78	55.99	57.33	62.22
C15	194.39	119.14	38.71	109.53	43.65
C10	320.08	227.13	29.04	195.46	38.93
C11	156.39	67.1	57.09	51.28	67.21
C16	178.38	130.7	26.73	110.82	37.87

**Figura 127**

*Reducción de Fuerzas Axiales en Columnas del Primer Nivel*



**Tabla 106**

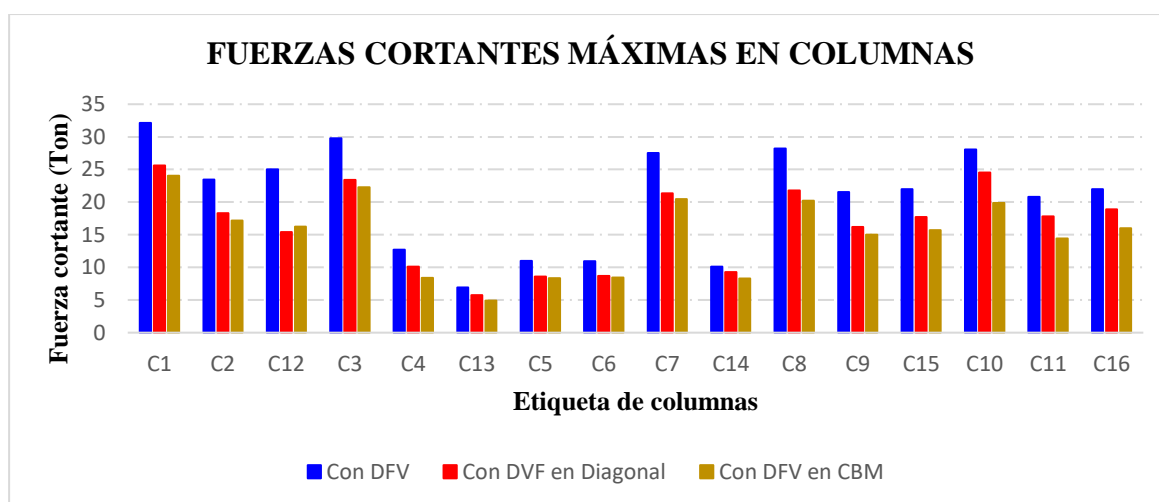
*Fuerzas Cortantes en Columnas del Primer Nivel*

Descripción	Sin disipadores (ton)	C. Diagonal (ton)	% Reducción	C. Chevron brace mejorado (ton)	% Reducción
C1	32.15	25.61	20.34	24.04	25.23
C2	23.47	18.3	22.03	17.16	26.89
C12	25.01	15.4	38.42	16.22	35.15
C3	29.77	23.39	21.43	22.3	25.09
C4	12.69	10.11	20.33	8.39	33.88

C13	6.91	5.74	16.93	4.9	29.09
C5	10.98	8.57	21.95	8.36	23.86
C6	10.96	8.68	20.80	8.44	22.99
C7	27.53	21.35	22.45	20.46	25.68
C14	10.09	9.29	7.93	8.3	17.74
C8	28.22	21.77	22.86	20.22	28.35
C9	21.53	16.21	24.71	15.02	30.24
C15	21.96	17.72	19.31	15.72	28.42
C10	28.07	24.54	12.58	19.87	29.21
C11	20.82	17.81	14.46	14.41	30.79
C16	21.99	18.9	14.05	16	27.24

**Figura 128**

*Reducción de Fuerzas Cortantes en Columnas del Primer Nivel*



**Tabla 107**

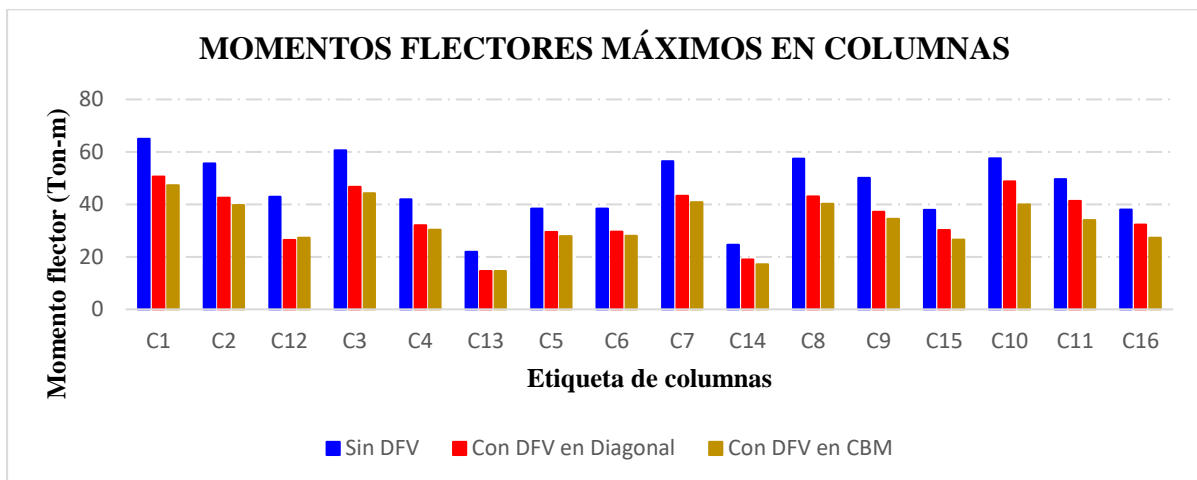
*Momentos Flectores en Columnas del Primer Nivel*

Descripción	Sin disipadores (ton-m)	C. Diagonal (ton-m)	% Reducción	C. Chevron brace mejorado (ton-m)	% Reducción
C1	65.06	50.56	22.29	47.26	27.36
C2	55.56	42.53	23.45	39.72	28.51
C12	42.95	26.47	38.37	27.24	36.58
C3	60.67	46.64	23.13	44.23	27.10

C4	41.91	32.02	23.60	30.4	27.46
C13	21.99	14.57	33.74	14.6	33.61
C5	38.46	29.47	23.37	27.92	27.41
C6	38.43	29.59	23.00	28.02	27.09
C7	56.5	43.33	23.31	40.88	27.65
C14	24.64	19	22.89	17.19	30.24
C8	57.42	43.07	24.99	40.19	30.01
C9	50.11	37.18	25.80	34.5	31.15
C15	37.87	30.28	20.04	26.57	29.84
C10	57.6	48.72	15.42	39.97	30.61
C11	49.67	41.35	16.75	33.99	31.57
C16	38.08	32.35	15.05	27.28	28.36

**Figura 129**

*Reducción de Momentos Flectores en Columnas del Primer Nivel*



- **Esfuerzos internos en vigas**

Los resultados obtenidos evidencian una reducción significativa en los esfuerzos internos al incorporar sistemas de disipación; en cuanto a fuerzas cortantes, se observó una disminución máxima del 56.34% en la disposición diagonal y del 61.12% en la configuración chevron brace mejorado. Por otro lado, los momentos flectores se redujeron en un 55.62% para la disposición diagonal y un 60.54% para el chevron brace mejorado, lo que demuestra la efectividad de estos

sistemas en la optimización del desempeño estructural y la reducción de las demandas internas en las vigas.

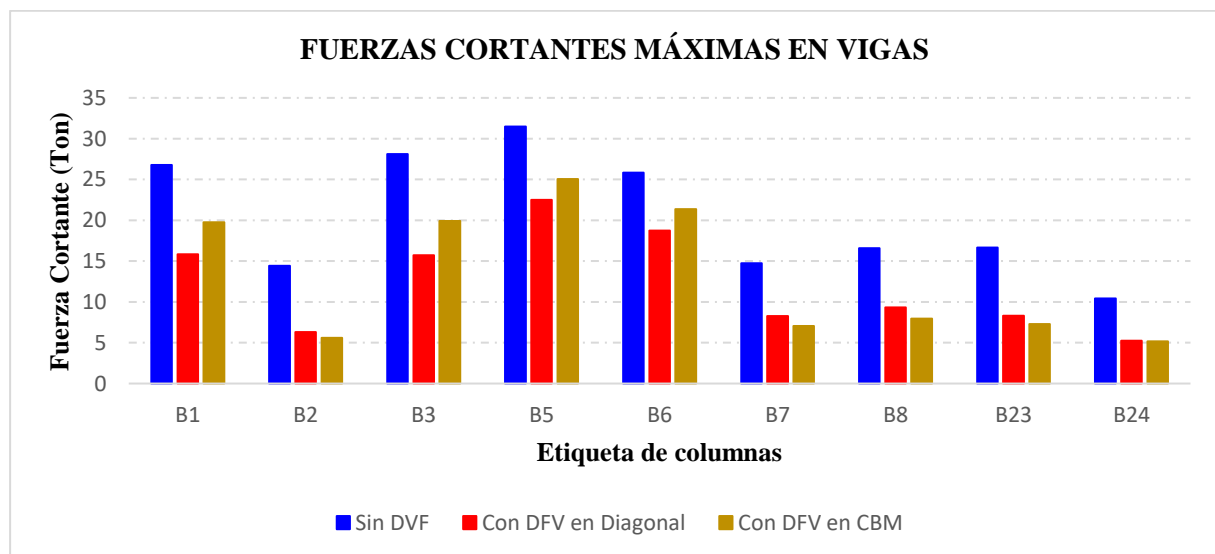
**Tabla 108**

*Fuerzas Cortantes en Vigas de la Edificación*

Descripción	Sin disipadores (tonf)	C. Diagonal (tonf)	% Reducción	C. Chevron brace mejorado (tonf)	% Reducción
B1	26.76	15.85	40.77	19.76	26.16
B2	14.43	6.30	56.34	5.61	61.12
B3	28.13	15.71	44.15	19.91	29.22
B5	31.48	22.51	28.49	25.06	20.39
B6	25.85	18.73	27.54	21.36	17.37
B7	14.75	8.28	43.86	7.06	52.14
B8	16.59	9.33	43.76	7.97	51.96
B23	16.65	8.29	50.21	7.28	56.28
B24	10.44	5.24	49.81	5.16	50.57

**Figura 130**

*Reducción de Fuerzas Cortantes en Vigas*



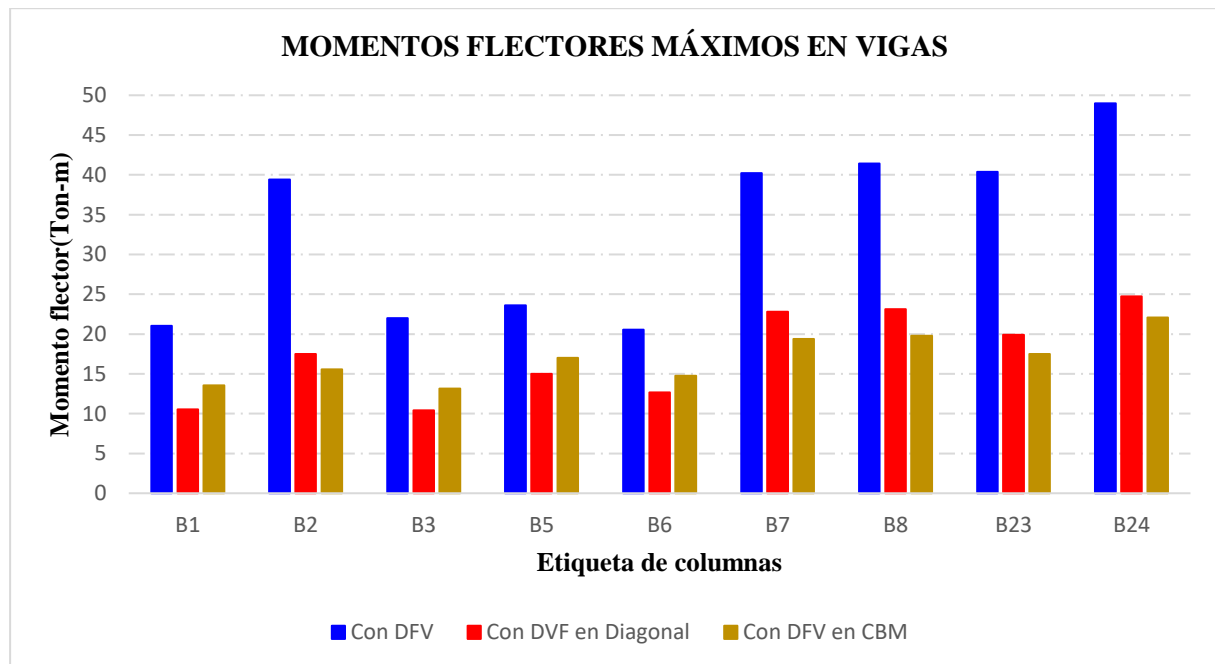
**Tabla 109**

*Momentos Flectores en Vigas de la Edificación*

Descripción	Sin disipadores (tonf)	C. Diagonal (tonf)	% Reducción	C. Chevron brace mejorado (tonf)	% Reducción
B1	21.02	10.55	49.81	13.55	35.54
B2	39.43	17.5	55.62	15.56	60.54
B3	22.00	10.42	52.64	13.13	40.32
B5	23.61	15.00	36.47	17.02	27.91
B6	20.54	12.65	38.41	14.77	28.09
B7	40.22	22.8	43.31	19.38	51.82
B8	41.42	23.12	44.18	19.8	52.20
B23	40.37	19.89	50.73	17.49	56.68
B24	48.99	24.72	49.54	22.06	54.97

**Figura 131**

*Reducción de Momentos Flectores en Vigas*



**f) Fuerzas cortantes de entrepiso**

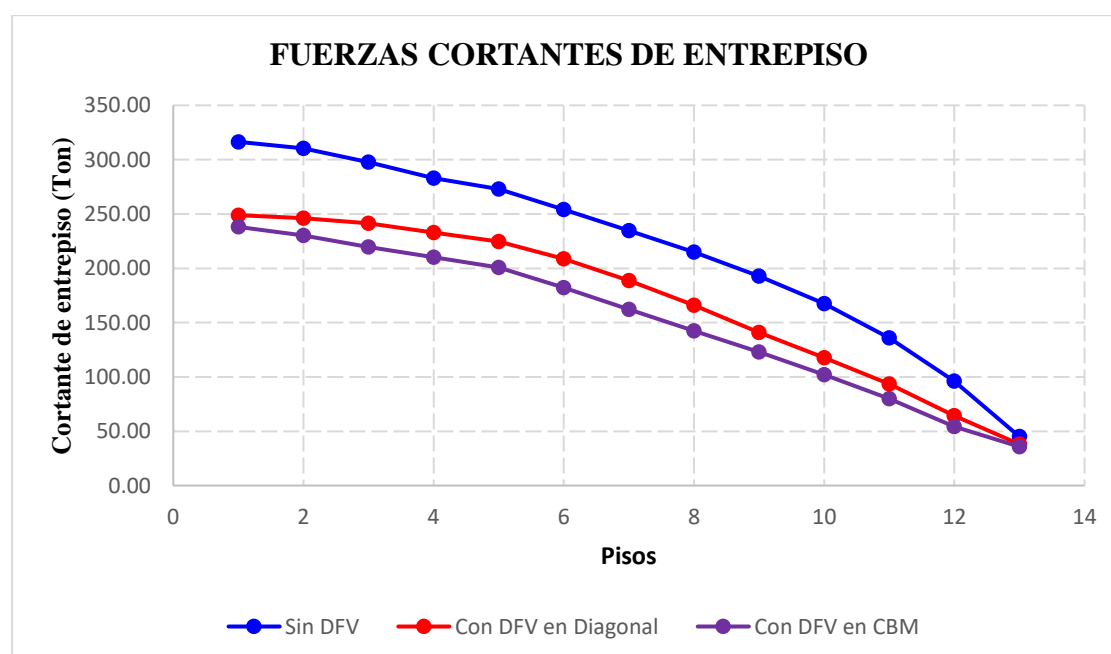
**Tabla 110**

*Fuerza Cortante de Entrepiso con la Incorporación de DFV*

Nivel	Sin Disipadores (Ton)	C. Diagonal (Ton)	% Reducción	C. Chevron brace mejorado (Ton)	% Reducción
13	45.00	38.02	15.50	35.78	20.49
12	96.09	64.33	33.05	54.19	43.60
11	135.95	93.37	31.32	79.94	41.20
10	167.31	117.55	29.74	101.95	39.07
9	192.87	140.80	27.00	122.97	36.24
8	214.80	166.08	22.68	142.27	33.76
7	234.74	188.60	19.66	162.01	30.98
6	254.00	208.76	17.81	182.10	28.31
5	272.83	224.48	17.72	200.61	26.47
4	282.90	232.74	17.73	210.19	25.70
3	297.63	241.49	18.86	219.58	26.22
2	310.38	246.08	20.71	230.24	25.82
1	316.40	248.89	21.34	238.10	24.75

**Figura 132**

*Reducción de Fuerzas Cortantes de Entrepiso*



#### ***4.1.2.4. Diseño de los brazos metálicos con los disipadores de fluido viscoso***

##### **a) Fuerzas en los disipadores**

La tabla siguiente presenta los datos ofrecidos por esta empresa, indicando el peso de cada disipador en relación con el esfuerzo máximo que estos pueden soportar.

**Tabla 111**

*Especificaciones de Peso y Esfuerzo de cada Disipador*

Fuerza (Kip)	Fuerza (KN)	Peso (lbs)
55	250	98
110	500	215
165	750	400
220	1000	560
330	1500	675
440	2000	1000
675	3000	1750
900	4000	2400
1450	6500	Consultor
1800	8000	Consultor

*Nota.* Adaptado de (Taylor Devices Inc., 2021)

Se muestran los esfuerzos axiales en cada uno de los dispositivos incorporados a la edificación idealizada, en la dirección X-X el mayor esfuerzo que se genera es de 53.63 ton, ubicado en el disipador con nomenclatura K1 ubicado en el sexto nivel, mientras que para la dirección Y-Y la mayor fuerza axial que se genera es 159.01 ton, ubicado el disipador con nomenclatura K38 ubicado en el tercer piso.

**Tabla 112***Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje 8-8 para el Sentido X-X*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)
K1	6	53.63	118.24	165
k2	6	47.69	105.13	110
k3	7	52.29	115.28	165
k4	7	45.74	100.85	110
k5	8	50.24	110.77	165
k6	8	44.44	97.97	110
k7	9	47.96	105.73	110
k8	9	42.01	92.61	110
k9	10	45.11	99.46	110
k10	10	38.10	84.00	110
k11	11	40.46	89.20	110
k12	11	32.30	71.21	110
k13	12	32.74	72.17	110
k14	12	27.62	60.88	110
k15	13	23.32	51.40	110
k16	13	23.34	51.45	110

**Tabla 113***Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje 1-1 para el Sentido X-X*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)
K17	6	51.42	113.37	165
k18	6	47.12	103.88	110
K19	7	50.11	110.48	165
K20	7	45.78	100.92	110
K21	8	47.76	105.29	110
K22	8	43.06	94.94	110
K23	9	44.16	97.36	110
K24	9	38.71	85.34	110

K25	10	39.62	87.34	110
K26	10	32.98	72.71	110
K27	11	33.22	73.25	110
K28	11	27.69	61.04	110
K29	12	25.02	55.17	110
K30	12	23.29	51.34	110
K31	13	17.98	39.64	110
K32	13	19.36	42.68	110

**Tabla 114**

*Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje A-A para el Sentido Y-Y*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)
K33	1	66.83	147.34	165
k34	1	67.65	149.15	165
K35	2	68.77	151.62	165
K36	2	69.32	152.82	165
K37	3	69.03	152.19	165
K38	3	72.13	159.01	165
K39	4	62.01	136.70	165
K40	4	67.01	147.73	165
K41	5	58.90	129.85	165
K42	5	64.44	142.06	165
K43	6	59.67	131.54	165
K44	6	63.49	139.97	165
K45	7	59.55	131.29	165
K46	7	61.19	134.91	165
K47	8	58.29	128.51	165
K48	8	58.25	128.43	165
K49	9	55.67	122.72	165
K50	9	55.01	121.28	165
K51	10	52.30	115.30	165
K52	10	51.75	114.09	165

K53	11	47.06	103.76	110
K54	11	45.96	101.32	110
K55	12	38.26	84.36	110
K56	12	35.73	78.76	110
K57	13	25.17	55.50	110
K58	13	27.45	60.52	110

**Tabla 115**

*Fuerzas Internas en los Disipadores en el Eje E-E para el Sentido Y-Y*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)
K59	1	69.26	152.70	165
k60	1	66.92	147.53	165
K61	2	69.43	153.08	165
K62	2	68.34	150.67	165
K63	3	69.51	153.24	165
K64	3	71.12	156.80	165
K65	4	62.28	137.30	165
K66	4	64.75	142.75	165
K67	5	59.07	130.24	165
K68	5	61.01	134.50	165
K69	6	57.69	127.18	165
K70	6	57.76	127.34	165
K71	7	55.44	122.22	165
K72	7	54.36	119.85	165
K73	8	52.62	116.01	165
K74	8	49.63	109.42	110
K75	9	48.31	106.50	110
K76	9	43.13	95.08	110
K77	10	43.29	95.43	110
K78	10	39.57	87.23	110
K79	11	37.08	81.75	110
K80	11	35.00	77.15	110

K81	12	27.55	60.74	110
K82	12	28.14	62.04	110
K83	13	17.18	37.88	110
K84	13	18.57	40.95	110

De los valores obtenidos, la tabla siguiente resume el número de cada tipo de disipador a utilizar respecto a los proporcionados por la empresa Taylor Devices Inc.

**Tabla 116**

*Número de Disipadores Respecto a su Esfuerzo Interno Máximo*

Fuerza (kip)	N° de dispositivos		Total de disipadores
	X-X	Y-Y	
110	27	17	44
165	5	35	40

#### **4.1.2.5. Verificación del periodo y masa participativa**

Al incorporar disipadores viscosos, únicamente cambia el amortiguamiento en la ecuación de movimiento de la edificación, ya que estos dispositivos no incrementan la rigidez. Por lo tanto, se espera que las masas participativas y los periodos permanezcan inalterados en comparación con el modelo que no dispone de dispositivos.

**Tabla 117**

*Periodo y Masa Participativa del Sistema sin Disipadores*

Mode	Period (Sec)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1.574	0.00460	0.78820	0.46%	78.82%
2	1.451	0.80500	0.00480	80.96%	79.30%
3	1.162	0.00020	0.03350	80.98%	82.65%
4	0.482	0.00003	0.09540	80.99%	92.19%
5	0.417	0.11650	0.00002	92.64%	92.20%
6	0.355	0.00040	0.00510	92.67%	92.71%

7	0.26	0.00010	0.03400	92.68%	96.11%
8	0.211	0.04000	0.00000	96.68%	96.11%
9	0.189	0.00060	0.00210	96.74%	96.31%
10	0.179	0.00010	0.01790	96.75%	98.10%

**Tabla 118**

*Periodo y Masa Participativa del Sistema con Disipadores*

Mode	Period (Sec)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1.574	0.00460	0.78820	0.46%	78.82%
2	1.451	0.80500	0.00480	80.96%	79.30%
3	1.162	0.00020	0.03350	80.98%	82.65%
4	0.482	0.00003	0.09540	80.99%	92.19%
5	0.417	0.11650	0.00002	92.64%	92.20%
6	0.355	0.00040	0.00510	92.67%	92.71%
7	0.26	0.00010	0.03400	92.68%	96.11%
8	0.211	0.04000	0.00000	96.68%	96.11%
9	0.189	0.00060	0.00210	96.74%	96.31%
10	0.179	0.00010	0.01790	96.75%	98.10%

#### **4.1.2.6. Máximo stroke**

Se extrajo exactamente el lazo histerético del disipador K59 situado en el primer nivel, ya que presenta la mayor relación fuerza axial vs deformación de trabajo en la edificación. Las tablas muestran una máxima deformación de 27.33 mm, estando muy debajo del límite de 50 mm, por lo tanto, la estructura trabaja con eficiencia en perfectas condiciones estructura – disipador ante sismo severo.

**Tabla 119***Deformaciones Máximas de los Disipadores en los Pórticos 1-1 y 8-8 en el Eje X-X*

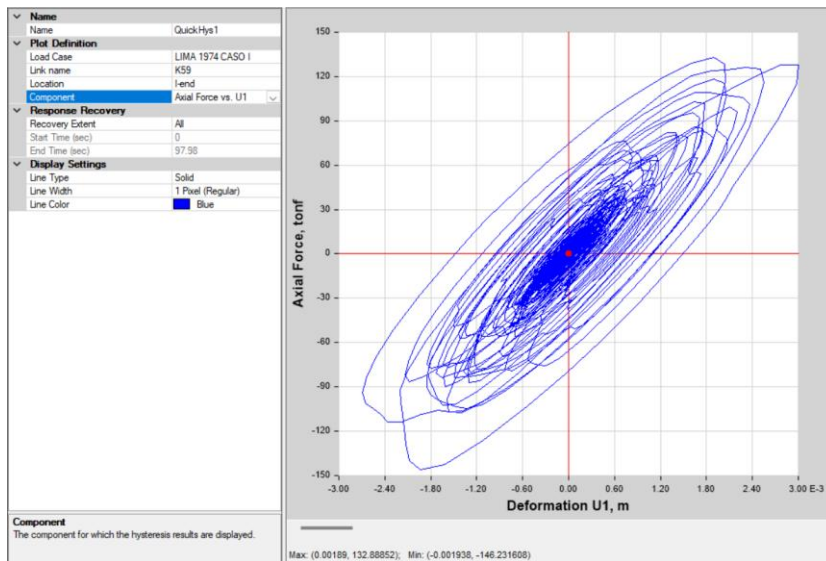
NIVEL	DISIPADOR PORTICO 8-8 EJE X-X	DEFORMACIÓN MÁXIMA (m)	DISIPADOR PORTICO 1-1 EJE X-X	DEFORMACIÓN MÁXIMA (m)
6	K1	0.012824	K17	0.011542
6	K2	0.015699	K18	0.014152
7	K3	0.007787	K19	0.007290
7	K4	0.006954	K20	0.006190
8	K5	0.005788	K21	0.005445
8	K6	0.005924	K22	0.004863
9	K7	0.004701	K23	0.004473
9	K8	0.004978	K24	0.004016
10	K9	0.003866	K25	0.003723
10	K10	0.004162	K26	0.003272
11	K11	0.003161	K27	0.003067
11	K12	0.003379	K28	0.002590
12	K13	0.002551	K29	0.002512
12	K14	0.002744	K30	0.002122
13	K15	0.001936	K31	0.001904
13	K16	0.002186	K32	0.001696
	Máx.	0.015699	Máx.	0.014152

**Tabla 120***Deformaciones Máximas de los Disipadores en los Pórticos A-A y E-E en el Eje Y-Y*

NIVEL	DISIPADOR PORTICO A- A EJE Y-Y	DEFORMACIÓN MÁXIMA (m)	DISIPADOR PORTICO 1-1 EJE X-X	DEFORMACIÓN MÁXIMA (m)
1	K33	0.026933	K59	<b>0.027332</b>
1	K34	0.025748	K60	0.026258
2	K35	0.006406	K61	0.005823
2	K36	0.006579	K62	0.005650
3	K37	0.009529	K63	0.009308
3	K38	0.008159	K64	0.008519
4	K39	0.004787	K65	0.004857
4	K40	0.004613	K66	0.003297
5	K41	0.006432	K67	0.006446
5	K42	0.003568	K68	0.004131
6	K43	0.005906	K69	0.005599
6	K44	0.007387	K70	0.006872
7	K45	0.002957	K71	0.002591
7	K46	0.003611	K72	0.002718
8	K47	0.002478	K73	0.002055
8	K48	0.003026	K74	0.002014
9	K49	0.002287	K75	0.001789
9	K50	0.002652	K76	0.001819
10	K51	0.002132	K77	0.001548
10	K52	0.002297	K78	0.001517
11	K53	0.001870	K79	0.001268
11	K54	0.001988	K80	0.001281
12	K55	0.001622	K81	0.001036
12	K56	0.001651	K82	0.000996
13	K57	0.001224	K83	0.000714
13	K58	0.001371	K84	0.000720
	Máx.	0.026933	Máx.	0.027332

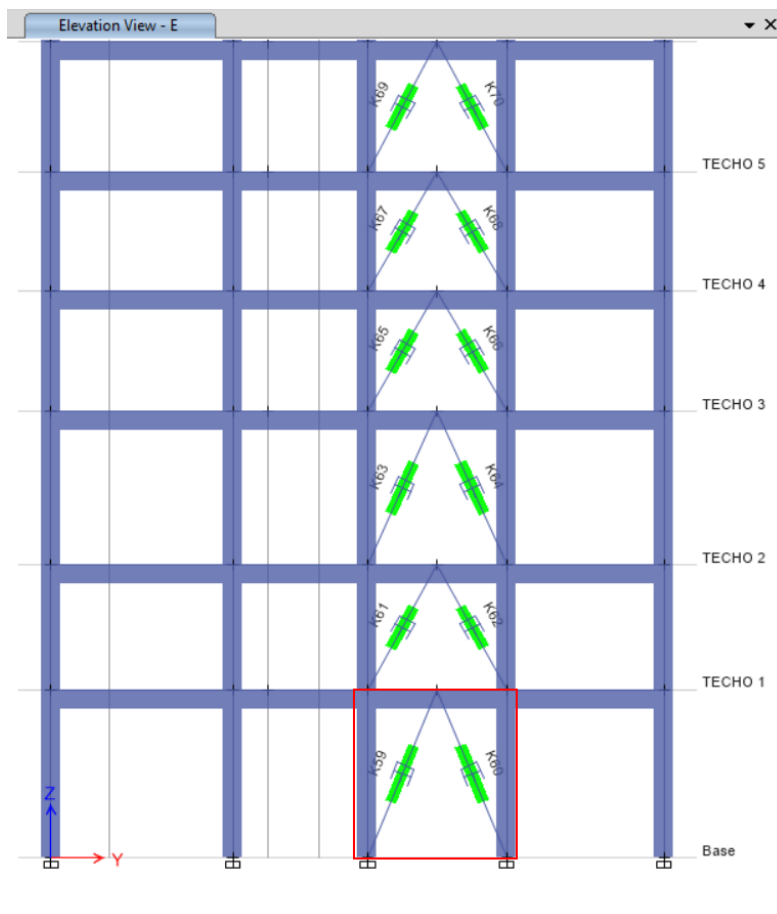
**Figura 133**

*Máximo Stroke*



**Figura 134**

*Ubicación de Pórtico más Esforzado*



#### ***4.1.2.7. Velocidades máximas***

Se calculó la máxima velocidad del disipador K59, el cual está acoplado en el nivel 1 en sentido Y-Y, donde se registra la mayor fuerza axial de trabajo. Del mismo modo, se determinó la velocidad máxima del disipador K59, instalado en el nivel 1 en la dirección Y-Y, siendo este el punto donde se genera la mayor deformación en la cámara de la botella de los amortiguadores.

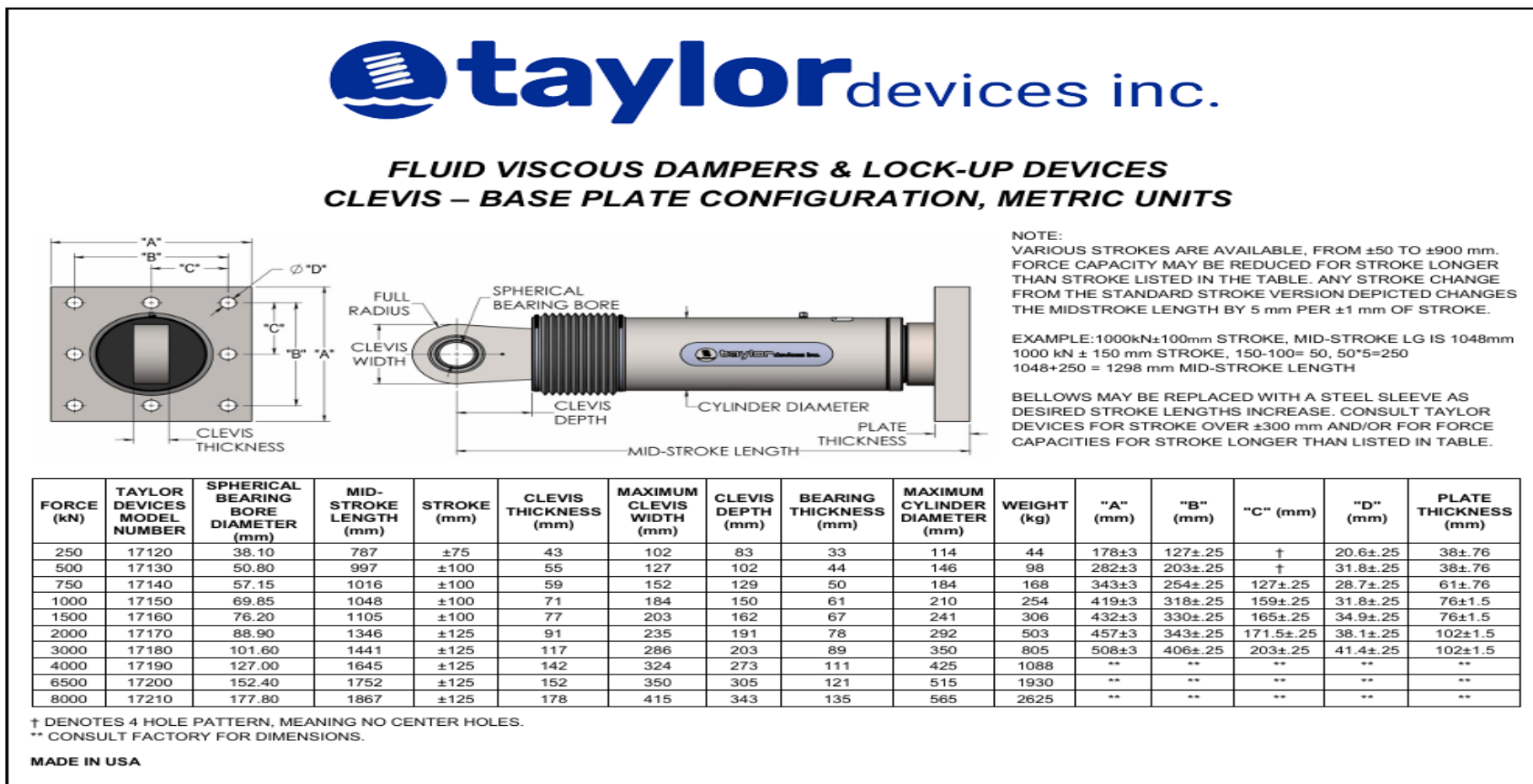
$$V_{\text{máx}}(\text{K59}) = \sqrt[0.25]{\frac{69.26 \text{ ton}}{171.540 \text{ ton} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}}}}$$

$$V_{\text{máx}}(\text{K59}) = 0.027 \text{ m/s}$$

#### ***4.1.2.8. Diseño de los disipadores de fluido viscoso***

Figura 135

Detalles del Disipador, Dimensiones y Propiedades



**Tabla 121***Dimensiones de la Placa Base para cada Modelo Seleccionado*

Fuerza (kip)	"A" (in)	"B" (in)	"C" (in)	"Φ" (in)	Plate Thickness (in)
110	11.12 ±.12	8.00±.01	+	1.25±.01	1.50±.03
165	13.50 ±.12	10±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03

*Nota.* Adaptado de (Taylor Devices Inc., 2021)**Tabla 122***Características y Propiedades del Disipador de Fluido Viscoso*

Force (kip)	Spherica 1 bearing bore diameter (in)	Mid-Stroke Length (in)	Stroke	Clevis Thickness (in)	Clevis Width (in)	Clevis Depht (in)	Cylinder dfa (in)	Weight (lbs)
110	2.00	39.25	±4	2.16	5	4	5 3/4	215
165	2.25	40.00	±4	2.31	6	5.1	7 1/4	370

*Nota.* Adaptado de (Taylor Devices Inc., 2021)

#### 4.1.2.9. Diseño de los elementos de acero

##### a) Diseño de los brazos metálicos

**Tabla 123***Perfil Tubular Seleccionado para el Sistema de Arriostramiento Metálico*

Área de perfil metálico (in <sup>2</sup> )	Radio de perfil metálico (in)	Módulo de elasticidad del acero (ksi)	Esfuerzo de fluencia (ksi)	r
10.3	2.49	29000	42	2.49

*Nota:* Información tomada de AISC-Steel Construction Manual 14th Edition

El diseño de brazos metálicos corresponde a un procedimiento estándar, por eso se optó por dimensionar los arriostres que presentan el mayor esfuerzo axial en cada dirección, en ese sentido, se consideró el arriostre asociado al disipador K1 en el sexto nivel del eje X-X y el correspondiente al disipador K38 en el tercer nivel del eje Y-Y.

Con base en estos criterios, se procedió a calcular la longitud efectiva del brazo metálico ( $L_e$ ) en las 2 direcciones, la cual se obtuvo restando la longitud del dissipador a la longitud total del arriostre.

$$L_{\text{total-X}} = 4.029 - 1.016 = 3.013 \text{ m} = 118.62 \text{ in}$$

$$L_{\text{total-Y}} = 3.065 - 1.016 = 2.049 \text{ m} = 80.67 \text{ in}$$

Luego, se obtuvo la carga crítica de Euler ( $F_e$ ) para conocer el esfuerzo crítico de pandeo.

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{L_e}{r}\right)^2}$$

Donde:

$F_e$ = Carga crítica de pandeo (fuerza máxima que el brazo metálico puede soportar antes de inestabilizarse).

$E$ = Módulo de elasticidad del acero.

$L_e$ = Longitud efectiva del brazo metálico.

$r$ = Radio de giro de la sección transversal.

$$F_{e-x} = \frac{\pi^2 * 29000}{\left(\frac{118.62}{2.49}\right)^2} = 126.12 \text{ ksi}$$

$$F_{e-y} = \frac{\pi^2 * 29000}{\left(\frac{80.67}{2.49}\right)^2} = 272.69 \text{ ksi}$$

Este valor permitió evaluar el comportamiento del elemento ante pandeo elástico por tracción, al superar los 42 ksi indicados como esfuerzo de fluencia ( $F_y$ ) en la norma AISC – Steel Construction Manual, se concluye que el perfil elegido presenta un comportamiento plástico.

Por ello, se optó un coeficiente de rigidez (K) conservador para el brazo metálico, considerando efectos de rotación y traslación, asignando a K un valor de 2.1.

Los brazos metálicos fueron diseñados para trabajar predominantemente a compresión, por lo que la resistencia nominal a la compresión ( $P_n$ ) se calculó utilizando la fórmula:

$$P_n = F_{cr} * A_g$$

Donde:

$P_n$ = Resistencia a la compresión nominal.

$F_{cr}$ = Esfuerzo crítico.

$A_g$ = Área del perfil metálico.

Para determinar el esfuerzo crítico ( $F_{cr}$ ), primero se obtuvo la relación de esbeltez ( $R_e$ ), luego, se verificó el cumplimiento de la siguiente condición establecida por la norma AISC.

$$R_e = \frac{K * L}{r}$$

$$R_e \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Para el sentido X-X:

$$\frac{(2.1)(118.62)}{2.49} \leq 4.71 \sqrt{\frac{29000}{42}}$$

$$100.04 \leq 123.76$$

Para el sentido Y-Y:

$$\frac{(2.1)(80.67)}{2.49} \leq 4.71 \sqrt{\frac{29000}{42}}$$

$$68.03 \leq 123.76$$

Con este resultado de la desigualdad se calculó el esfuerzo crítico resistente para compresión en cada dirección.

$$F_{cr} = \left( 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) * F_y$$

$$F_{cr-x} = \left( 0.658^{\frac{42}{126.12}} \right) * 42 = 36.54 \text{ ksi}$$

$$F_{cr-y} = \left( 0.658^{\frac{42}{272.69}} \right) * 42 = 39.38 \text{ ksi}$$

Posteriormente se calculó la resistencia nominal a la compresión mediante la metodología LRFD, según lo siguiente:

$$P_{n-x} = (36.54)(10.30) = 376.36 \text{ kips}$$

$$P_{n-y} = (39.38)(10.30) = 405.61 \text{ kips}$$

Para aplicar este valor en el diseño, se emplea la resistencia de diseño a compresión ( $\phi P_n$ ), donde  $\phi$  corresponde a 0.90 conforme al método LRFD.

$$\phi_c P_{n-x} = (0.90)(376.36) = 338.72 \text{ kips}$$

$$\phi_c P_{n-y} = (0.90)(405.61) = 365.05 \text{ kips}$$

Adicionalmente, como parte del diseño, se determinó la resistencia del perfil frente a la fluencia ( $\phi T_n$ ).

$$\phi_c T_n = \phi_c * F_y * A_g$$

$$\phi_c T_{n-x} = (0.9)(42)(10.30) = 389.34 \text{ kips}$$

$$\phi_c T_{n-y} = (0.9)(42)(10.30) = 389.34 \text{ kips}$$

Los valores obtenidos previamente para ambas direcciones fueron empleados para comprobar que el diseño de los brazos metálicos cumple con los requisitos.

$$\phi_c P_{n-x} = 338.72 \text{ kips} > 118.24 \text{ kips (cumple)}$$

$$\phi_c T_{n-x} = 389.34 \text{ kips} > 118.24 \text{ kips (cumple)}$$

$$\phi_c P_{n-y} = 365.05 \text{ kips} > 159.01 \text{ kips (cumple)}$$

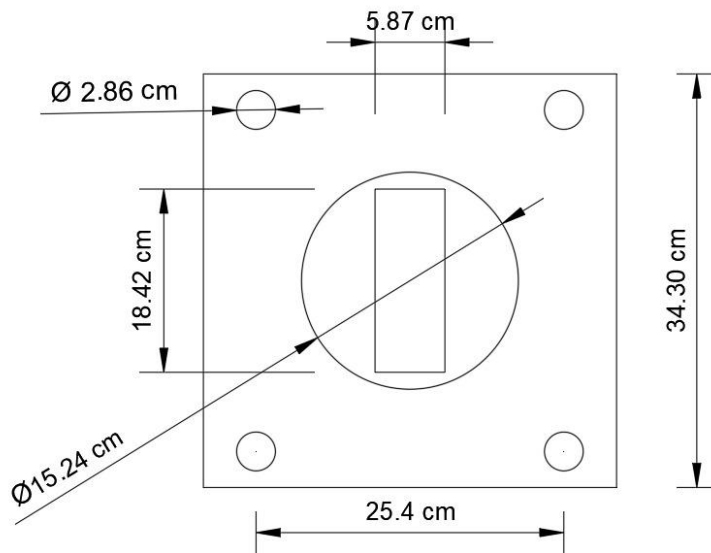
$$\phi_c T_{n-y} = 389.34 \text{ kips} > 159.01 \text{ kips (cumple)}$$

#### ***b) Diseño de la placa base***

De acuerdo con el diseño de los amortiguadores viscosos, se seleccionaron dos tipos de dispositivos con capacidades de 110 y 165 kips. A continuación, se presentan las medidas de la placa base de 165 kips.

### Figura 136

*Dimensiones de la Placa Base del Disipador de 165 kips*



Del mismo modo se calculó el diámetro de perno que se utiliza para la fijación del dispositivo viscoso con la placa base.

$$d_p = d_h - 1/8 \text{ "}$$

Donde:

$d_p$ = Diámetro del perno a usar

$d_h$ = Diámetro de la abertura

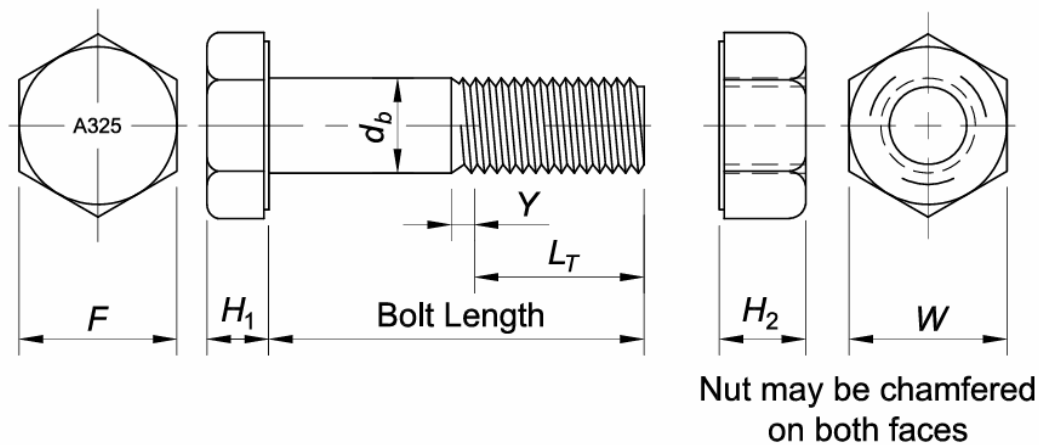
$$d_p = 1.125 - 1/8 \text{ " } = 1 \text{ "}$$

Se realizó el cálculo para obtener el tipo de perno, tuerca y arandelas a utilizar, se seleccionó pernos de alta resistencia que cumplan con la norma ASTM F3125, específicamente el grado A325; estos pernos están fabricados con acero templado de medio carbono y sometidos a tratamiento térmico, con una mínima resistencia a la tracción de 120 ksi. Se optó por pernos de

alta resistencia tipo 1 (carbono) y, de igual manera, se determinaron las dimensiones tanto del perno como de la tuerca, las cuales están reguladas y estandarizadas conforme al código RCSC.

**Figura 137**

*Detalle de Pernos y Tuercas de Alta Resistencia ASTM 325*



*Nota.* Adoptado de (RCSC, 2020)

**Tabla 124**

*Detalle de Pernos y Tuercas de Alta Resistencia ASTM 325*

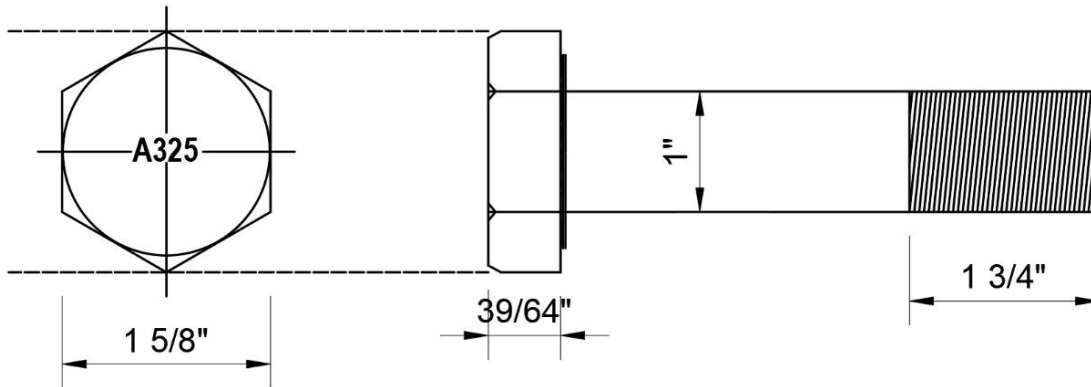
Diámetro nominal del perno, $d_b$ .	Dimensiones de pernos estructurales de cabeza hexagonal pesada			Longitud de transición roscada, Y	Dimensiones de tuercas hexagonales pesadas	
	Ancho a través de cara plana, F	Altura, $H_1$	Longitud roscada, $L_T$		Ancho entre caras planas, W	Altura, $H_2$
1/2"	7/8"	5/16"	1"	3/16"	7/8"	31/64"
5/8"	1 1/16"	25/64"	1 1/4"	7/32"	1 1/16"	39/64"
3/4"	1 1/4"	15/32"	1 3/8"	1/4"	1 1/4"	47/64"
7/8"	1 7/16"	35/64"	1 1/2"	9/32"	1 7/16"	55/64"
1"	1 5/8"	39/64"	1 3/4"	5/16"	1 5/8"	63/64"
1 1/8"	1 13/16"	11/16"	2"	11/32"	1 13/16"	1 7/64"
1 1/4"	2"	25/32"	2"	3/8"	2"	1 7/32"

1 3/8"	2 3/16"	27/32"	2 1/4"	7/16"	2 3/16"	1 11/32"
1 1/2"	2 3/8"	15/16"	2 1/4"	7/16"	2 3/8"	1 15/32"

Nota. Adoptado de (RCSC, 2020)

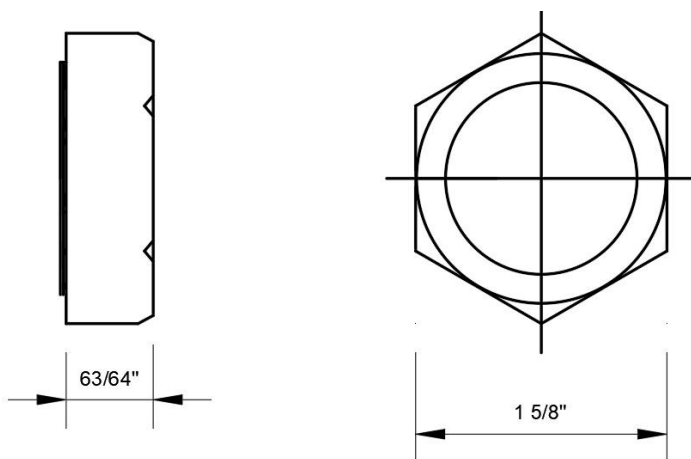
**Figura 138**

*Dimensiones del Perno para el Anclaje de la Placa Base*



**Figura 139**

*Dimensiones de la Tuerca para el Anclaje de la Placa Base*

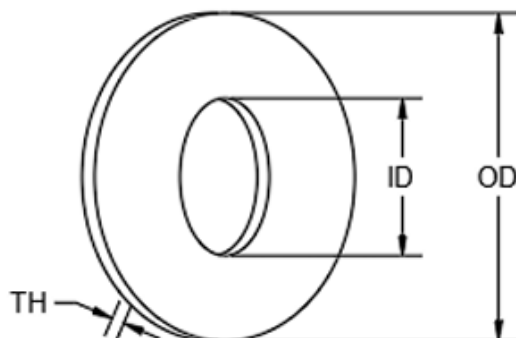


El tipo de arandela a emplear está regulado por las especificaciones ASTM F436 y su propósito principal es proporcionar una superficie endurecida y no abrasiva, evitando así el desgaste causado por el giro de la tuerca.

**Tabla 125***Dimensiones de Arandelas Estándares*

Size	OD (in)	ID (in)	Thickness	
	Nominal	Nominal	Min	Max
1/4"	0.625	0.281	0.051	0.080
5/16"	0.688	0.344	0.051	0.080
3/8"	0.813	0.406	0.051	0.080
7/16"	0.922	0.469	0.051	0.080
1/2"	1.063	0.531	0.097	0.177
9/16"	1.188	0.625	0.110	0.177
5/8"	1.313	0.688	0.122	0.177
3/4"	1.468	0.813	0.122	0.177
7/8"	1.750	0.938	0.136	0.177
1"	2.000	1.063	0.136	0.177
1 1/8"	2.250	1.188	0.136	0.177
1 1/4"	2.500	1.375	0.136	0.177
1 3/8"	2.750	1.5	0.136	0.177
1 1/2"	3.000	1.625	0.136	0.177

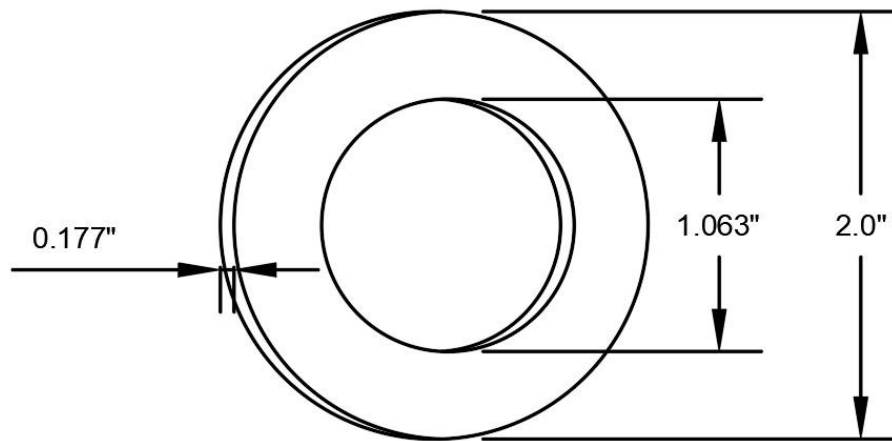
*Nota.* Adoptado de (ASTM F436, 2015)

**Figura 140***Detalles Paramétricos de la Arandela*

*Nota.* Adaptado de (ASTM F436, 2015)

**Figura 141**

*Detalles Paramétricos de la Arandela Utilizada en el Diseño*



La longitud del perno es la sumatoria de las placas a unir, los espesores de las arandelas y el valor dado por la tabla 126; para longitudes del grip menores o iguales a 5" se redondea al valor de 1/4" y para superiores a 5" se redondea al valor de 1/2"

**Tabla 126**

*Incremento de Selección de Longitud del Perno*

Diametro nominal del perno, $d_b$	Para determinar la longitud requerida, añadir al grip.
1/2"	11/16"
5/8"	7/8"
3/4"	1"
7/8"	1 1/8"
1"	1 1/4"
1 1/8"	1 1/2"
1 1/4"	1 5/8"
1 3/8"	1 3/4"
1 1/2"	1 7/8"

*Nota.* Adoptado de (RCSC, 2020)

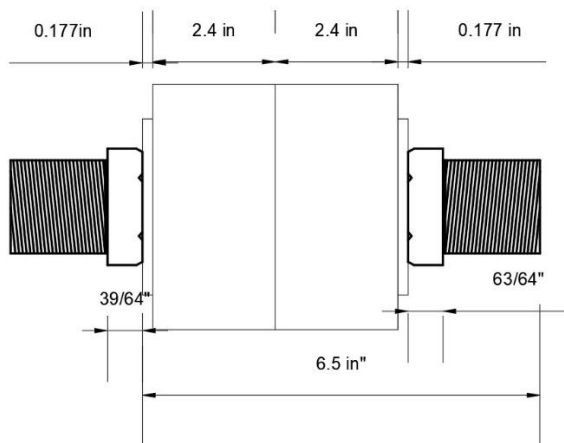
$$L_{\text{perno}} = 2(e_{\text{arandela}}) + 2(e_{\text{placa}}) + 1 \frac{1}{4}''$$

$$L_{\text{perno}} = 2(0.177'') + 2(2.4) + 1 \frac{1}{4}'' = 6.41''$$

Se utilizó un perno comercial de 6.5 pulgadas.

### Figura 142

#### Medidas del Grip y Longitud Total del Perno



Conociendo las dimensiones del perno, se procedió a comprobar su capacidad para soportar las fuerzas de tensión, considerando que la mínima resistencia a la tensión del perno es de 120 ksi.

$$\phi T_n = \phi * A_b * F_u$$

$$\phi T_n = 0.75 * \frac{1^2 * \pi}{4} * 120 = 70.69 \text{ kips}$$

$$\phi T_{n,x,y} = 4 \text{ pernos} * 70.69 \frac{\text{kip}}{\text{pernos}} = 282.76 \text{ kips}$$

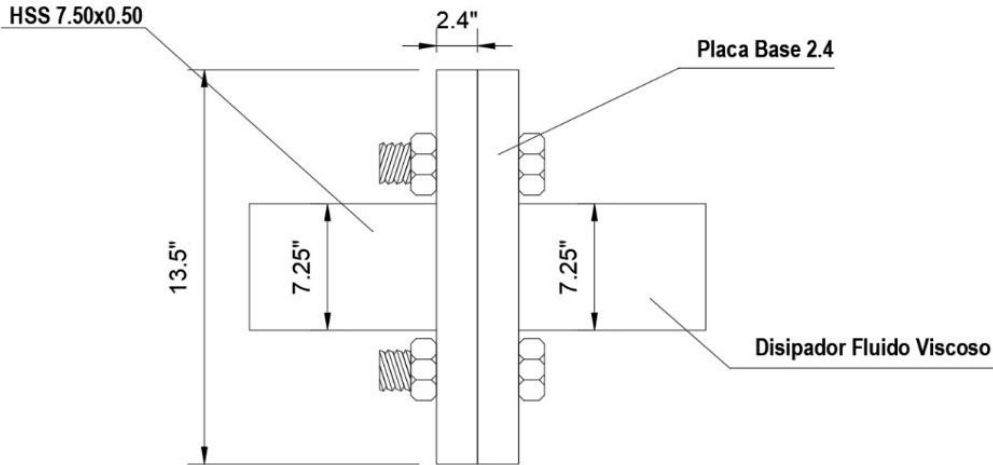
$$\phi T_{x,y} \geq T_{u_{x,y}}$$

$$\phi T_{nx} = 282.76 \text{ kips} \geq 118.24 \text{ kips (Cumple)}$$

$$\phi T_{ny} = 282.76 \text{ kip} \geq 159.01 \text{ kips (Cumple)}$$

**Figura 143**

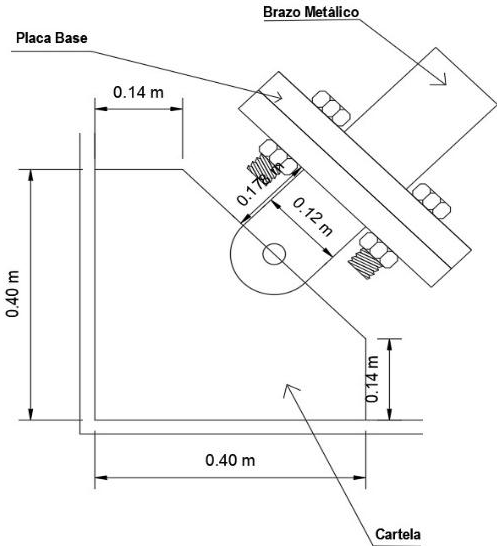
*Esquema de Conexión de Disipador con Brazo Metálico*



*c) Diseño del perno de la barra de conexión*

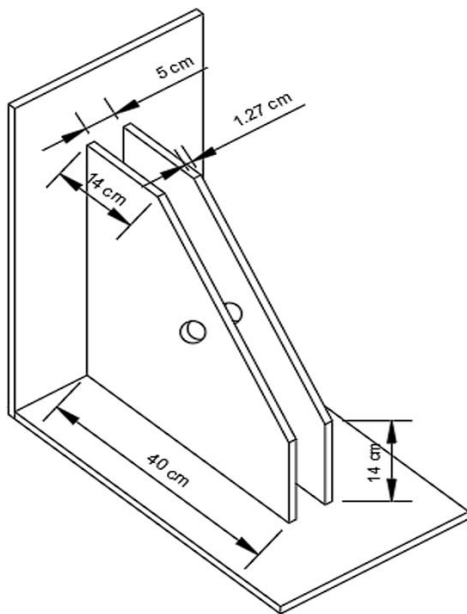
**Figura 144**

*Detalle de la Cartela con la Barra de Conexión para Disipador de 165 kips*



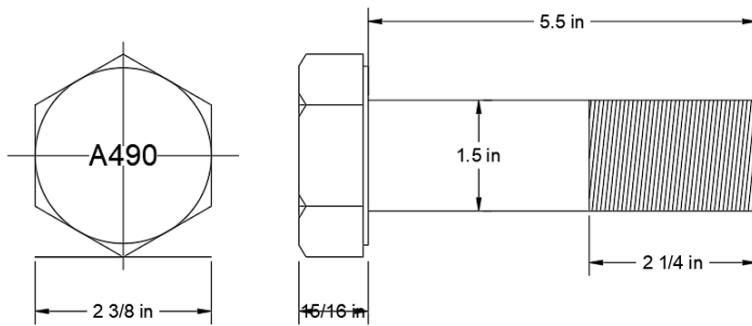
**Figura 145**

*Medidas de Cartela para Dispositivo de 165 kips*



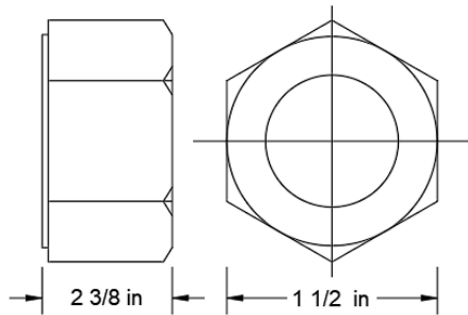
**Figura 146**

*Medidas del Perno para Anclaje de la Barra de Conexión*



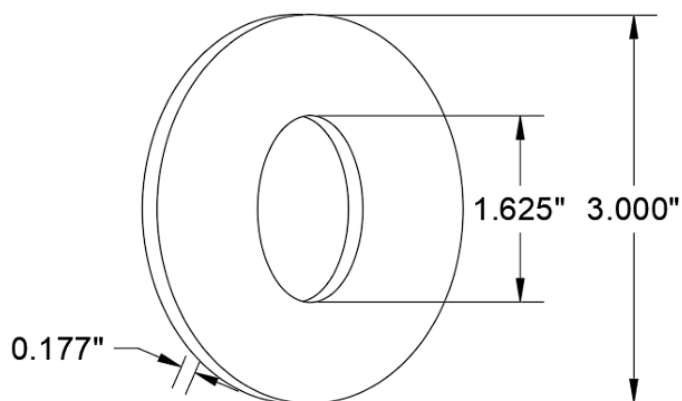
**Figura 147**

*Medidas de la Tuerca para Anclaje de la Barra de Conexión*



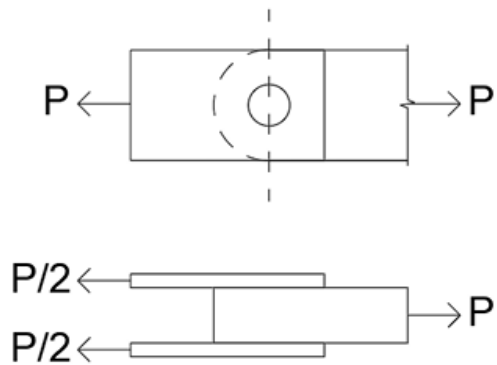
**Figura 148**

*Medidas de la Arandela de la Barra de Conexión*



**Figura 149**

*Fuerzas que se Producen el Perno*



Se determino el máximo esfuerzo de corte en el perno.

$$\Phi R_n = \Phi m F_v; \Phi P_n = \Phi R_n * A_b * n$$

Siendo:

$\Phi R_n$ : Esfuerzo máximo de corte

$\Phi$ : Factor de reducción de resistencia al corte

m: Número de planos

F<sub>v</sub>: 0.50 F<sub>u</sub> (falla en la parte lisa).

F<sub>v</sub>: 0.40 F<sub>u</sub> (Falla en la parte roscada)

A<sub>b</sub>: Área neta transversal del perno a la altura del plano de corte.

$\Phi P_n$ : Fuerza cortante máxima

n: Número de pernos

El valor de “m” es 1 cuando el perno está bajo cortante simple y aumenta a 2 en caso de cortante doble. Para el diseño, se considera que la falla ocurre en la zona de la rosca, asumiendo que F<sub>v</sub>= 0.4 \* F<sub>u</sub>.

$$\Phi R_{n_{x,y}} = \Phi m F_v$$

$$\Phi R_{n_x} = (0.75)(2)(0.40)(118.24) = 70.94 \text{ ksi}$$

$$\Phi R_{n_y} = (0.75)(2)(0.40)(159.01) = 95.41 \text{ ksi}$$

$$\Phi P_{n_{x,y}} = \Phi R_{n_{x,y}} * A_b * n$$

$$\Phi P_{n_x} = 70.94 * \left( \frac{\pi * 1.5^2}{4} \right) * 1 = 125.36 \text{ kips}$$

$$\phi Pn_y = 95.41 * \left( \frac{\pi * 1.5^2}{4} \right) * 2 = 337.21 \text{ kips}$$

$$\phi Pn_x > Pu_x \rightarrow 125.36 \text{ kips} > 118.24 \text{ kips (Cumple)}$$

$$\phi Pn_y > Pu_y \rightarrow 337.21 \text{ kips} > 159.01 \text{ kips (Cumple)}$$

**d) Diseño de viga de acero**

**Tabla 127**

*Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje 8 con Sismo Máximo Esperado*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	$\Delta$ (ton)
K1	6	60.00	8.51
k2	6	51.48	
k3	7	58.73	9.12
k4	7	49.61	
k5	8	57.44	9.18
k6	8	48.25	
k7	9	55.85	9.28
k8	9	46.57	
k9	10	53.80	9.81
k10	10	43.99	
k11	11	50.48	10.26
k12	11	40.22	
k13	12	45.30	9.91
k14	12	35.39	
k15	13	37.22	5.10
k16	13	32.12	

**Tabla 128***Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje I con Sismo Máximo Esperado*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	$\Delta$ (ton)
K17	6	57.47	5.01
k18	6	52.46	
K19	7	56.49	4.48
K20	7	52.01	
K21	8	55.23	5.06
K22	8	50.17	
K23	9	53.37	6.31
K24	9	47.06	
K25	10	50.41	7.98
K26	10	42.44	
K27	11	46.10	9.51
K28	11	36.59	
K29	12	38.99	7.21
K30	12	31.78	
K31	13	28.51	0.22
K32	13	28.28	

**Tabla 129***Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje A con Sismo Máximo Esperado*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	$\Delta$ (ton)
K33	1	76.14	4.49
k34	1	71.65	
K35	2	78.75	4.18
K36	2	74.57	
K37	3	79.17	1.04
K38	3	78.13	
K39	4	72.25	1.91
K40	4	74.17	

K41	5	69.14	3.03
K42	5	72.16	
K43	6	67.83	4.37
K44	6	72.19	
K45	7	66.67	3.71
K46	7	70.37	
K47	8	65.19	2.25
K48	8	67.44	
K49	9	61.94	1.76
K50	9	63.71	
K51	10	58.87	1.86
K52	10	60.72	
K53	11	53.65	3.00
K54	11	56.64	
K55	12	43.83	2.45
K56	12	46.28	
K57	13	31.39	3.27
K58	13	34.66	

**Tabla 130**

*Diferencial de Axiales entre Disipadores del Eje E con Sismo Máximo Esperado*

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	$\Delta$ (ton)
K59	1	78.13	10.11
k60	1	68.02	
K61	2	78.74	8.13
K62	2	70.62	
K63	3	79.35	4.62
K64	3	74.73	
K65	4	73.56	2.80
K66	4	70.76	
K67	5	70.41	1.75
K68	5	68.67	

K69	6	69.02	
K70	6	66.43	2.59
K71	7	66.83	
K72	7	63.34	3.50
K73	8	64.15	
K74	8	58.86	5.29
K75	9	59.38	
K76	9	51.84	7.54
K77	10	51.55	
K78	10	44.87	6.68
K79	11	43.34	
K80	11	39.72	3.63
K81	12	32.05	
K82	12	33.97	1.92
K83	13	19.88	
K84	13	23.70	3.83

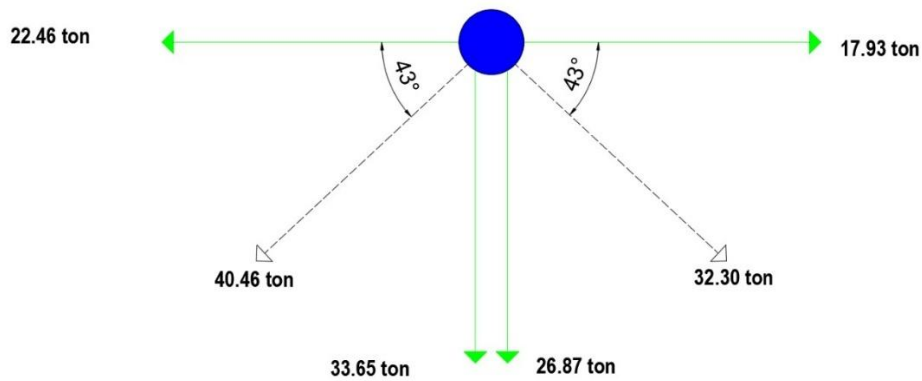
---

De las diferencias observadas en las fuerzas axiales generadas en los disipadores instalados en la estructura, se identifica que la mayor variación corresponde a los disipadores K11 y K12 del nivel 11, con una diferencia de 10.26 toneladas. Los esfuerzos axiales en estos dispositivos son de 40.46 toneladas y 32.30 toneladas, respectivamente. Para determinar la fuerza puntual que actúa en el centro de la viga de acero, donde se conectan los dispositivos, se llevó a cabo un análisis estático basado en la descomposición de las fuerzas axiales originadas en cada dispositivo.

### Figura 150

*Descomposición de Esfuerzos Axiales de los Brazos Metálicos en Disposición Chevron Brace*

*Mejorado*

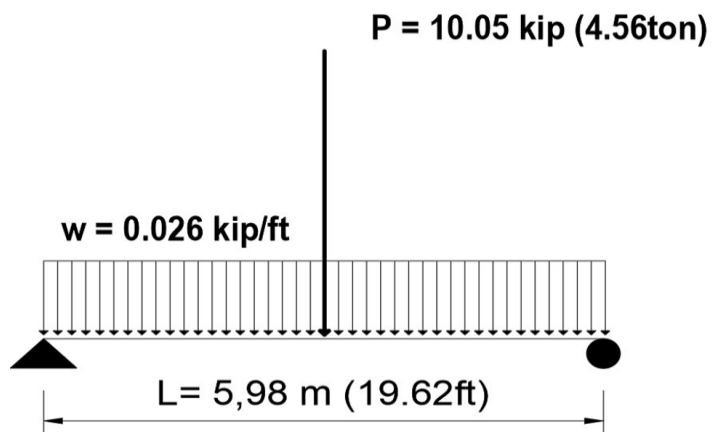


$$F_{\text{centroidal}} = 22.46 - 17.93 = 4.56 \text{ ton}$$

El diseño de la viga de acero se desarrolló con el objetivo de resistir una carga puntual de 4.56 ton, resultante de la acción de los disipadores, adicionalmente, la viga debe resistir su propio peso, equivalente a 0.026 kip/ft.

### Figura 151

*Diagrama de Carga Distribuida y Puntual de la Viga de Acero*



Una vez conocida la distribución de la carga derivada del propio peso de la viga y la carga puntual debido por el esfuerzo transmitido por los disipadores, se pasa a factorar las cargas.

$$W_u = 1.4 * 0.026 = 0.0364 \text{ kip/ft}$$

$$P_u = 1.4 * 10.05 = 14.07 \text{ kip}$$

### ***-Cálculo del cortante y momento ultimo***

Este cálculo se realizó mediante la superposición de las cargas distribuidas y puntuales; de manera similar, el momento se determinó aplicando la superposición de los esfuerzos correspondientes..

$$V_{\text{máx}} = \frac{P_u}{2} + \frac{W_u * L}{2}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{14.07}{2} + \frac{0.0364 * 19.62}{2} = 7.39 \text{ kips}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{P_u * L}{4} + \frac{W_u * L^2}{8}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{14.07 * 19.62}{4} + \frac{0.0364 * 19.62^2}{8} = 70.76 \text{ kip. ft}$$

### ***-Sección de prueba***

Para el diseño se consideró una sección de perfil de viga compacta, en la cual la longitud de pandeo lateral (Lb) es menor que la longitud de pandeo plena (Lp), y su capacidad de soportar la flexión se basó en el momento plástico en función a su eje mayor (Mp).

$$\phi M_{nx} = \phi M_{px} = \phi F_y Z_x \geq M_u$$

$$Z_{x_{\text{requerido}}} = \frac{M_u}{\phi F_y} = \frac{69.24 * 12}{(0.90)(0.50)} = 18.46 \text{ in}^3$$

Con el previo valor calculado se ingresa a la siguiente tabla de diseño:

**Figura 152**

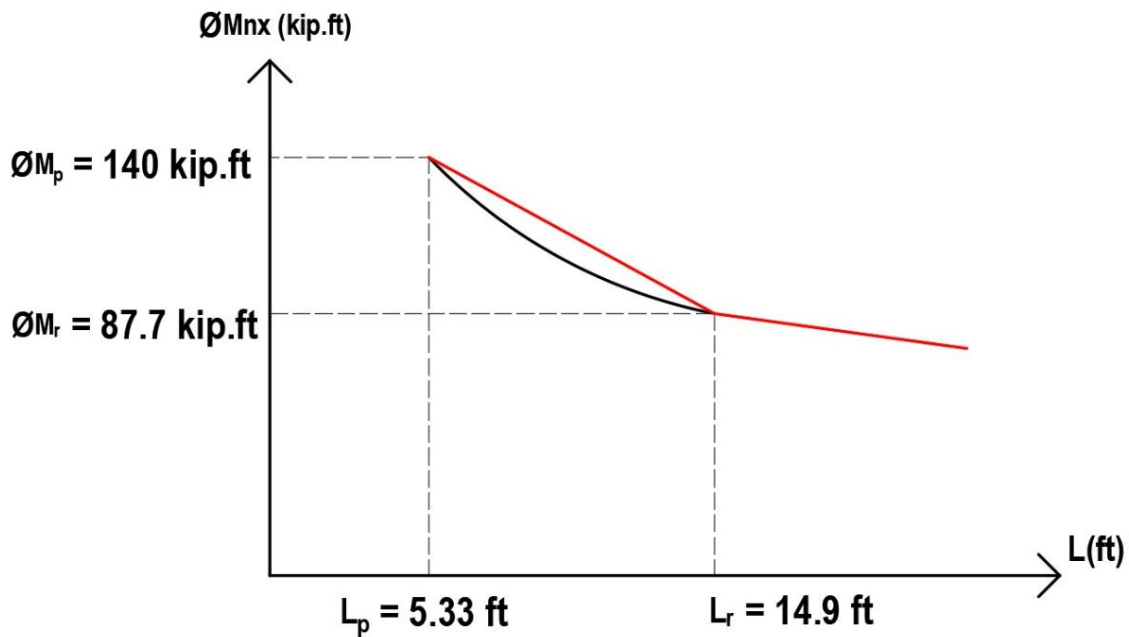
*Características del Perfil de Viga Metálica W12x26*

Shape	$Z_x$ in. <sup>3</sup>	$M_{px}/\Omega_b$		$M_{rx}/\Omega_b$		$BF/\Omega_b$		$L_p$ ft	$L_r$ ft	$I_x$ in. <sup>4</sup>	$M_{nx}/\Omega_v$	
		kip-ft	kip-ft	kip-ft	kip-ft	kips	kips				kips	kips
		ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD				ASD	LRFD
<b>W18×35</b>	<b>66.5</b>	<b>166</b>	<b>249</b>	<b>101</b>	<b>151</b>	<b>8.14</b>	<b>12.3</b>	<b>4.31</b>	<b>12.3</b>	<b>510</b>	<b>106</b>	<b>159</b>
W12×45	64.2	160	241	101	151	3.80	5.80	6.89	22.4	348	81.1	122
W16×36	64.0	160	240	98.7	148	6.24	9.36	5.37	15.2	448	93.8	141
W14×38	61.5	153	231	95.4	143	5.37	8.20	5.47	16.2	385	87.4	131
W10×49	60.4	151	227	95.4	143	2.46	3.71	8.97	31.6	272	68.0	102
W8×58	59.8	149	224	90.8	137	1.70	2.55	7.42	41.6	228	89.3	134
W12×40	57.0	142	214	89.9	135	3.66	5.54	6.85	21.1	307	70.2	105
W10×45	54.9	137	206	85.8	129	2.59	3.89	7.10	26.9	248	70.7	106
<b>W14×34</b>	<b>54.6</b>	<b>136</b>	<b>205</b>	<b>84.9</b>	<b>128</b>	<b>5.01</b>	<b>7.55</b>	<b>5.40</b>	<b>15.6</b>	<b>340</b>	<b>79.8</b>	<b>120</b>
<b>W16×31</b>	<b>54.0</b>	<b>135</b>	<b>203</b>	<b>82.4</b>	<b>124</b>	<b>6.86</b>	<b>10.3</b>	<b>4.13</b>	<b>11.8</b>	<b>375</b>	<b>87.5</b>	<b>131</b>
W12×35	51.2	128	192	79.6	120	4.34	6.45	5.44	16.6	285	75.0	113
W8×48	49.0	122	184	75.4	113	1.67	2.55	7.35	35.2	184	68.0	102
<b>W14×30</b>	<b>47.3</b>	<b>118</b>	<b>177</b>	<b>73.4</b>	<b>110</b>	<b>4.63</b>	<b>6.95</b>	<b>5.26</b>	<b>14.9</b>	<b>291</b>	<b>74.5</b>	<b>112</b>
W10×39	46.8	117	176	73.5	111	2.53	3.78	6.99	24.2	209	62.5	93.7
<b>W16×26<sup>v</sup></b>	<b>44.2</b>	<b>110</b>	<b>166</b>	<b>67.1</b>	<b>101</b>	<b>5.93</b>	<b>8.98</b>	<b>3.96</b>	<b>11.2</b>	<b>301</b>	<b>70.5</b>	<b>106</b>
W12×30	43.1	108	162	67.4	101	3.97	5.96	5.37	15.6	238	64.0	95.9
<b>W14×26</b>	<b>40.2</b>	<b>100</b>	<b>151</b>	<b>61.7</b>	<b>92.7</b>	<b>5.33</b>	<b>8.11</b>	<b>3.81</b>	<b>11.0</b>	<b>245</b>	<b>70.9</b>	<b>106</b>
W8×40	39.8	99.3	149	62.0	93.2	1.64	2.46	7.21	29.9	146	59.4	89.1
W10×33	38.8	96.8	146	61.1	91.9	2.39	3.62	6.85	21.8	171	56.4	84.7
<b>W12×26</b>	<b>37.2</b>	<b>92.8</b>	<b>140</b>	<b>58.3</b>	<b>87.7</b>	<b>3.61</b>	<b>5.46</b>	<b>5.33</b>	<b>14.9</b>	<b>204</b>	<b>56.1</b>	<b>84.2</b>
W10×30	36.6	91.3	137	56.6	85.1	3.08	4.61	4.84	16.1	170	63.0	94.5
W8×35	34.7	86.6	130	54.5	81.9	1.62	2.43	7.17	27.0	127	50.3	75.5

*Fuente: AISC Steel Construction manual 14th.*

**Figura 153**

*Diagrama de Curva de Resistencia Básica de W12x26*



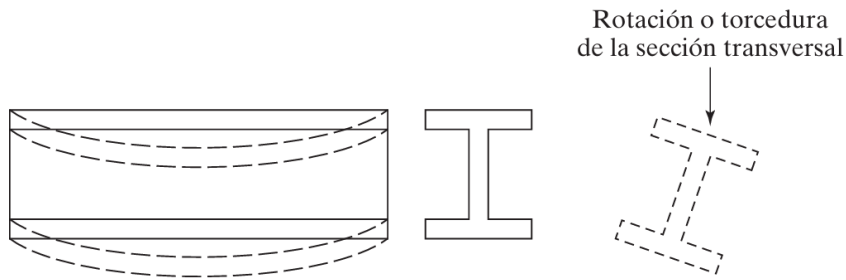
Considerando que la viga metálica está simplemente apoyada en los extremos y carece de arriostramiento en toda su longitud, la distancia  $L_b$  se determina como 19.62 pies, valor que resulta mayor que  $L_r$ .

$$L_b > L_p < L_r$$

Cuando la longitud sin apoyo de una viga supera  $L_r$  ( $L_b > L_r$ ), esta se encuentra en la zona de pandeo elástico 3. En esta condición, el elemento puede fallar debido al pandeo lateral de la parte comprimida de la sección transversal en relación con su eje más débil, acompañado de un giro de toda la sección en función al eje longitudinal de la viga entre los puntos de apoyo lateral. Esto sucede incluso si la viga está sometida a una carga que, en principio, debería provocar flexión en torno a su eje fuerte, la viga se doblará en esa dirección hasta alcanzar un momento crítico; se producirá un pandeo lateral con respecto al eje débil. El momento crítico o momento extorsionante  $M_{cr}$  en una viga estará formado de la resistencia de torsión (llamada torsión de St. Venant) más la resistencia al alabeo de la sección (McCormac y Csernak, 2012, p.283).

## Figura 154

### *Pandeo de Torsión Lateral de una Viga Simplemente Apoyada*



*Nota.* Adoptado de (McCormac y Csernak, 2012)

Antes de que cualquier parte de la sección de una viga metálica alcance el esfuerzo de fluencia, esta experimentará un pandeo elástico. Por ello, a continuación, se presenta la ecuación que permite determinar el momento resistente de la viga, con el fin de prevenir la falla por pandeo dentro del rango elástico correspondiente a la zona 3.

$$\phi M_{nx} = C_b(\phi F_{cr} * S_x) \leq C_b(\phi F_y * Z_x)$$

Del mismo modo, a continuación, se proporciona la ecuación para determinar el esfuerzo de pandeo en la sección.

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E (r_{ts})^2}{(L_b)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

Donde:

$r_{ts}$ = radio de giro efectivo, plg (proporcionado en la Tabla 1-1 del AISC)

$J$ = Constante de torsión,  $\text{plg}^4$  (proporcionado en la Tabla 1-1 del AISC)

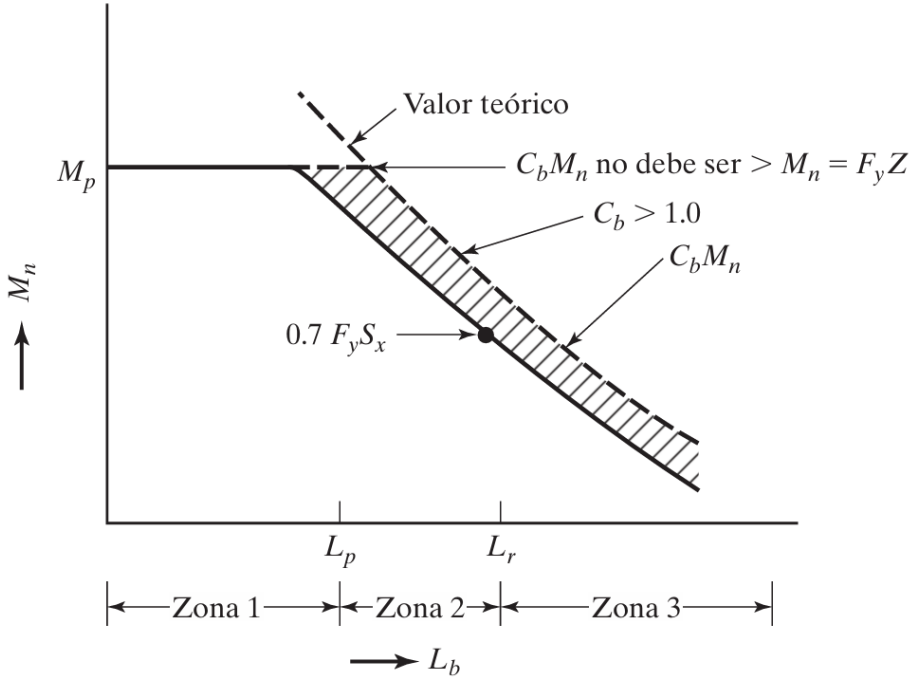
$C$ = 1.0 para perfiles I de doble simetría

$h_o$ = Distancia entre los centroides del patín, plg (proporcionado en la Tabla 1-1 del AISC)

El término  $C_b$  en la ecuación corresponde al coeficiente de modificación del momento flector o factor de ajuste para la estabilidad lateral de la viga. Este valor es utilizado para ajustar la capacidad resistente de la viga bajo la variabilidad del momento flector a lo largo de su longitud no soportada lateralmente, su valor depende de la distribución del momento en la viga y permite considerar situaciones en las que la carga y el apoyo lateral mejoran su resistencia al pandeo lateral-torsional.

**Figura 155**

*Capacidades del Momento Nominal en Influencia de  $C_b$*



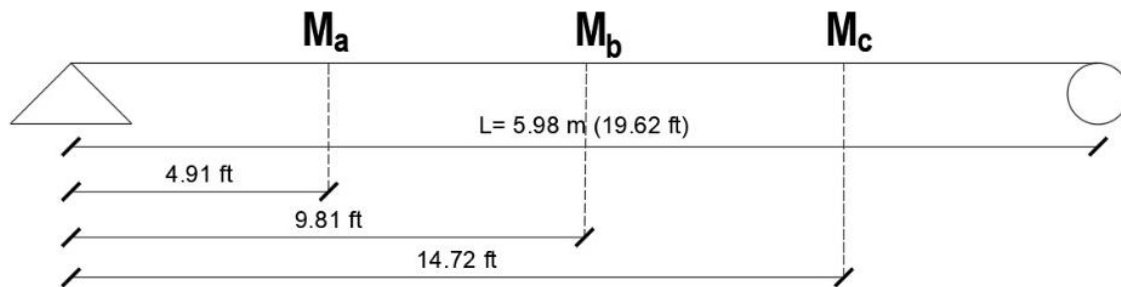
*Nota.* Adoptado de (McCormac y Csernak, 2012)

Para calcular el valor de  $C_b$ , para miembros de simetría simple en curvatura sencilla y todos los miembros de simetría doble se determina la siguiente expresión, en la que  $M_{max}$  es el momento más grande en un segmento no soportado de una viga, en tanto que  $M_a$ ,  $M_b$  y  $M_c$  son respectivamente, los momentos en los puntos  $1/4$ ,  $1/2$  y  $3/4$  del segmento (McCormac y Csernak, 2012, p. 279).

$$C_b = \frac{12.50 M_{m\acute{a}x}}{2.5 M_{m\acute{a}x} + 3M_A + 4M_b + 3M_c} \leq 3$$

**Figura 156**

*Ubicación de Puntos para Cálculo de Momento en Viga de Acero*



$$M_a = M_c = \frac{PuX}{2} + \frac{3W_uL^2}{32}$$

$$M_a = M_c = \frac{(14.07)(4.91)}{2} + \frac{3(0.0364)(19.62)^2}{32} = 35.86 \text{ kip. ft}$$

El momento en B es el máximo momento hallado previamente.

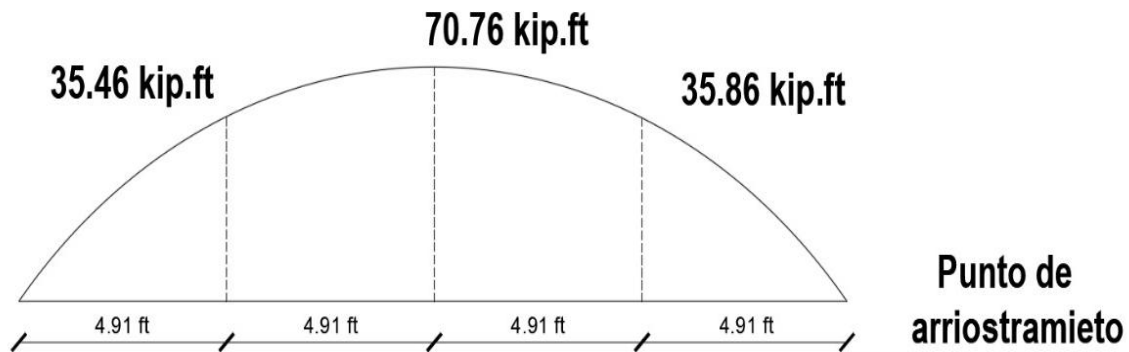
$$M_b = M_{m\acute{a}x} = 70.76 \text{ kip. ft}$$

En base a los valores de los tres momentos en la viga seleccionada, se calculó el parámetro

Cb.

**Figura 157**

*Distribución de Momentos en la Viga de Acero Seleccionada*




$$C_b = \frac{12.50 (70.76)}{2.5 (70.76) + 3(35.86) + 4(70.76) + 3(35.86)} \leq 3$$

$$C_b = 1.31 \leq 3 \text{ (Cumple)}$$

Determinamos el esfuerzo de pandeo en la sección, utilizando los parámetros que se obtendrán de la tabla presentada en el AISC Steel Construction Manual, 14ª edición.

**Figura 158**

*Características Adicionales para el Diseño de la Viga Metálica*

Table 1-1 (continued) W-Shapes Properties														 W12-W10	
Nom- inal Wt. lb/ft	Compact Section Criteria		Axis X-X				Axis Y-Y				$r_{ts}$	$h_o$	Torsional Properties		
	$\frac{b_f}{2t_f}$	$\frac{h}{t_w}$	$I$	$S$	$r$	$Z$	$I$	$S$	$r$	$Z$			$J$	$C_w$	
			in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>3</sup>	in.	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>6</sup>	
58	7.82	27.0	475	78.0	5.28	86.4	107	21.4	2.51	32.5	2.81	11.6	2.10	3570	
53	8.69	28.1	425	70.6	5.23	77.9	95.8	19.2	2.48	29.1	2.79	11.5	1.58	3160	
50	6.31	26.8	391	64.2	5.18	71.9	56.3	13.9	1.96	21.3	2.25	11.6	1.71	1880	
45	7.00	29.6	348	57.7	5.15	64.2	50.0	12.4	1.95	19.0	2.23	11.5	1.26	1650	
40	7.77	33.6	307	51.5	5.13	57.0	44.1	11.0	1.94	16.8	2.21	11.4	0.906	1440	
35	6.31	36.2	285	45.6	5.25	51.2	24.5	7.47	1.54	11.5	1.79	12.0	0.741	879	
30	7.41	41.8	238	38.6	5.21	43.1	20.3	6.24	1.52	9.56	1.77	11.9	0.457	720	
26	8.54	47.2	204	33.4	5.17	37.2	17.3	5.34	1.51	8.17	1.75	11.8	0.300	607	
22	4.74	41.8	156	25.4	4.91	29.3	4.66	2.31	0.848	3.66	1.04	11.9	0.293	164	
19	5.72	46.2	130	21.3	4.82	24.7	3.76	1.88	0.822	2.98	1.02	11.9	0.180	131	
16	7.53	49.4	103	17.1	4.67	20.1	2.82	1.41	0.773	2.26	0.983	11.7	0.103	96.9	
14	8.82	54.3	88.6	14.9	4.62	17.4	2.36	1.19	0.753	1.90	0.961	11.7	0.0704	80.4	

Nota: Adaptado de AISC - Steel Construction manual 14th

$$F_{cr} = \frac{(1.31)\pi^2(29000)(1.75)^2}{(19.62 * 12)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{0.30}{33.40_x 11.80} \left(\frac{19.62 * 12}{1.75}\right)^2} = 29.84 \text{ kip/in}^2$$

Se calculo el momento resistente de la viga de acero.

$$\phi M_{nx} = 1.31 \left( \frac{0.90 * 29.84 * 33.40}{12} \right) \leq 1.31 \left( \frac{0.90 * 50 * 37.20}{12} \right)$$

$$\phi M_{nx} = 97.92 \leq 182.75 \rightarrow (\text{Cumple})$$

Se verificó:

$$\phi M_{nx}(97.92) \geq M_{mu}(70.76) \rightarrow (\text{Cumple})$$

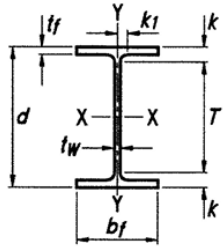
Del mismo modo se verifico el cumplimiento del cortante según la tabla 3-2 del AISC.

$$\phi V_{nx}(84.30) \geq V_{max}(7.39) \rightarrow (\text{Cumple})$$

Como resultado, se seleccionó la viga con sección W12X26, asegurando que tanto el momento como el cortante actuante se mantuvieran por debajo de los valores resistentes; las medidas del perfil metálico, que integra el sistema de disipación energética acoplado a los pórticos de la edificación, fueron obtenidas del AISC Steel Construction Manual.

**Figura 159**

*Dimensiones de la Sección de la Viga W12x24*



**Table 1-1 (continued)**  
**W-Shapes**  
**Dimensions**

Shape	Area, A	Depth, d		Web		Flange				Distance				Work- able Gage	
				Thickness, tw	tw 2	Width, bf		Thickness, tf		k		k1	T		
										kdes	kdet				
in. <sup>2</sup>	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.		
W12x58	17.0	12.2	12 1/4	0.360	3/8	3/16	10.0	10	0.640	5/8	1.24	1 1/2	15/16	9 1/4	5 1/2
×53	15.6	12.1	12	0.345	3/8	3/16	10.0	10	0.575	9/16	1.18	1 3/8	15/16	9 1/4	5 1/2
W12x50	14.6	12.2	12 1/4	0.370	3/8	3/16	8.08	8 1/8	0.640	5/8	1.14	1 1/2	15/16	9 1/4	5 1/2
×45	13.1	12.1	12	0.335	5/16	3/16	8.05	8	0.575	9/16	1.08	1 3/8	15/16	↓	↓
×40	11.7	11.9	12	0.295	5/16	3/16	8.01	8	0.515	1/2	1.02	1 3/8	7/8	↓	↓
W12x35 <sup>c</sup>	10.3	12.5	12 1/2	0.300	5/16	3/16	6.56	6 1/2	0.520	1/2	0.820	1 3/16	3/4	10 1/8	3 1/2
×30 <sup>c</sup>	8.79	12.3	12 3/8	0.260	1/4	1/8	6.52	6 1/2	0.440	7/16	0.740	1 1/8	3/4	↓	↓
×26 <sup>c</sup>	7.65	12.2	12 1/4	0.230	1/4	1/8	6.49	6 1/2	0.380	3/8	0.680	1 1/16	3/4	↓	↓
W12x22 <sup>c</sup>	6.48	12.3	12 1/4	0.260	1/4	1/8	4.03	4	0.425	7/16	0.725	15/16	5/8	10 3/8	2 1/4 <sup>g</sup>
×19 <sup>c</sup>	5.57	12.2	12 1/8	0.235	1/4	1/8	4.01	4	0.350	3/8	0.650	7/8	9/16	↓	↓
×16 <sup>c</sup>	4.71	12.0	12	0.220	1/4	1/8	3.99	4	0.265	1/4	0.565	13/16	9/16	↓	↓
×14 <sup>c,v</sup>	4.16	11.9	11 7/8	0.200	3/16	1/8	3.97	4	0.225	1/4	0.525	3/4	9/16	↓	↓

*Nota:* Adaptado de AISC Steel Construction manual 14th

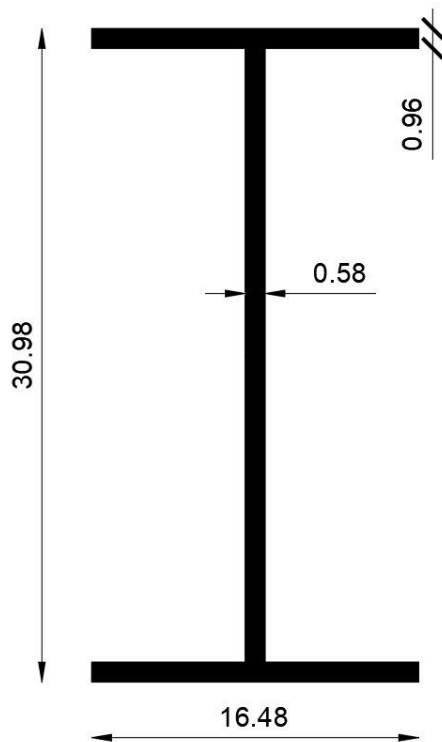
**Tabla 131**

*Propiedades de la Viga de Acero W12x26*

Sección	Unidades	Profundidad (d)	Espesor del Nervio (Tw)	Alas		Área (in <sup>2</sup> )	Peso Nominal (lb/ft)
				Ancho (bf)	Espesor (tf)		
W12x26	in	12.20	0.23	6.49	0.38	7.65	26
	cm	30.98	0.58	16.48	0.97		

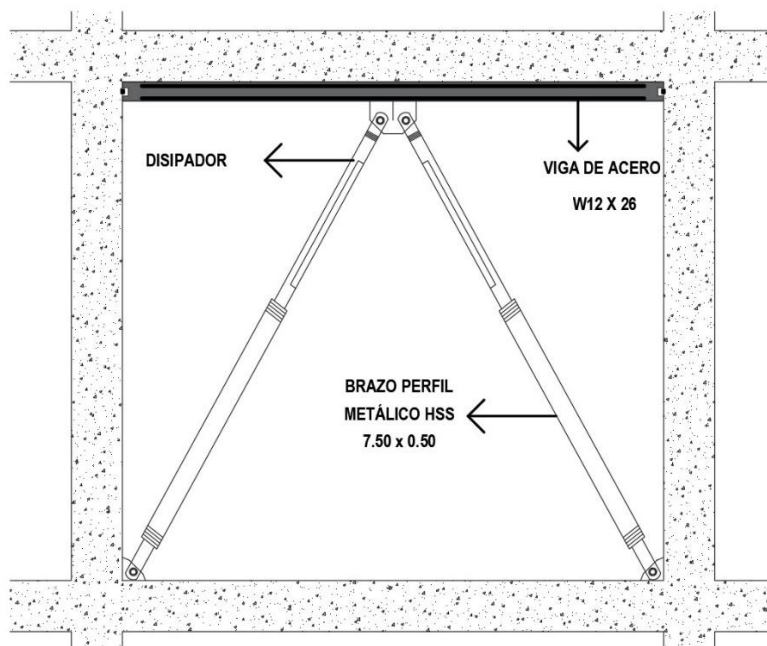
**Figura 160**

*Esquema de Viga de Acero W12x26 – Diseño Final*



**Figura 161**

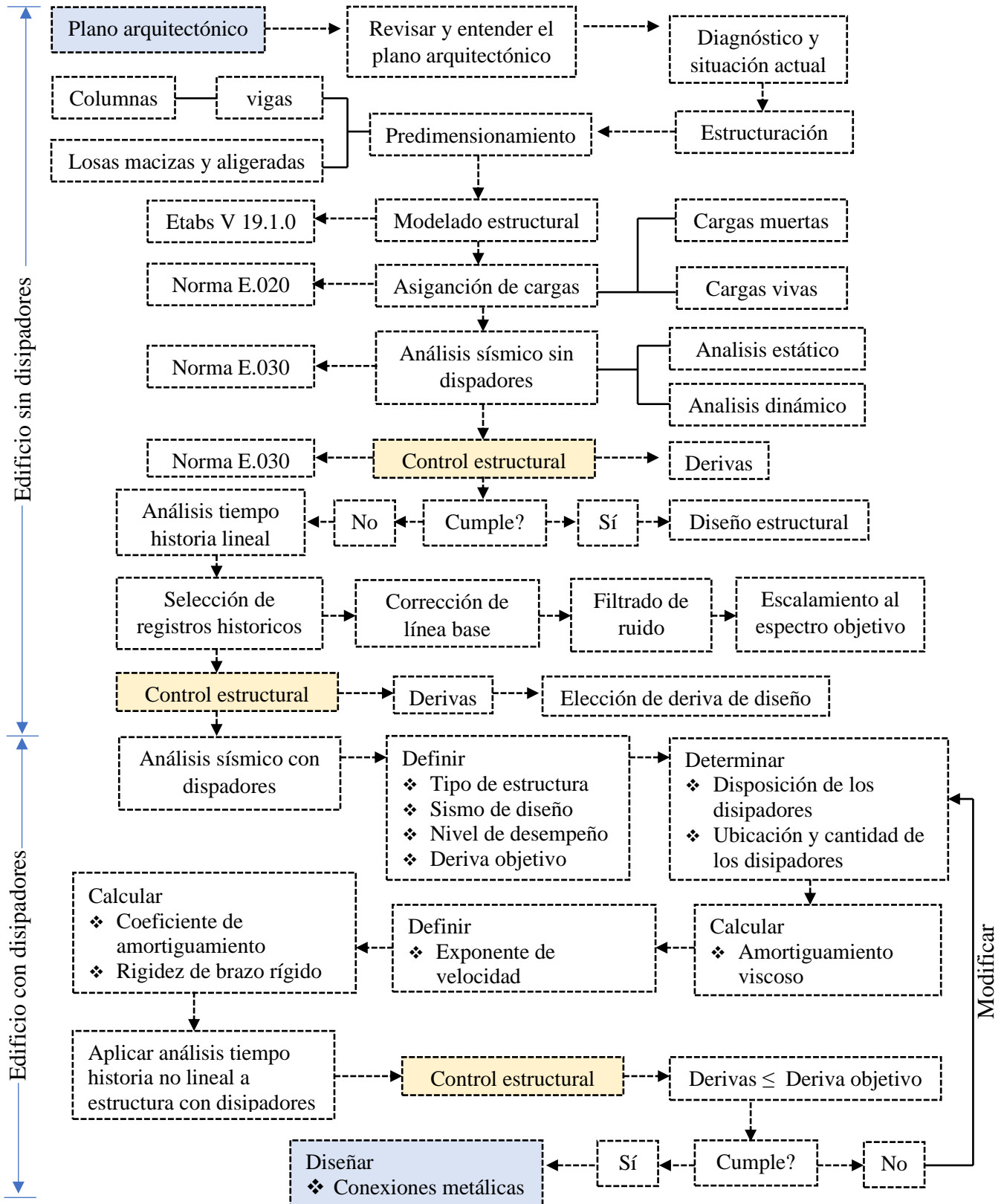
*Diseño Final del Pórtico con Acoplamiento del Sistema de Disipación Viscosa*



### 4.1.3. Enfoque metodológico para el análisis y diseño de disipadores de fluido viscoso

Figura 162

Flujograma del Procedimiento Desarrollado



#### **4.2. Contrastación de hipótesis**

Se realizó un análisis estructural lineal y no lineal en la edificación con sistema constructivo de pórticos, donde se evidenció que su respuesta dinámica mejora de manera significativa al adicionar amortiguadores viscosos. En particular, con un exponente de  $\alpha=0.25$  en la disposición chevron brace mejorado, se logró una reducción de las derivas inelásticas en un 71.70% en el sentido X-X y en un 84.15% en la dirección Y-Y. Asimismo, el amortiguamiento fue incrementado en un 29% en el sentido X-X y de un 40% en el sentido Y-Y. De ese modo, se demuestra que se logró cumplir con la hipótesis planteada al haber una disminución promedio de derivas inelásticas en un 78% y un incremento de amortiguamiento estructural promedio de 34.50%, mostrándose una mejora significativa de la respuesta dinámica en cuanto a derivas de entrepiso, desplazamientos laterales y una mayor capacidad de absorción de energía sísmica.

### 4.3. Discusión de resultados

#### 4.3.1. Discusión 01

Para nuestra presente investigación las distorsiones máximas con el empleo de amortiguadores viscosos con una disposición chevron brace mejorado se disminuyeron para el eje “X” en un 71.70%, mientras que para el eje “y” en un 84.14%. Según Ordoñez et al. (2023), en su trabajo de investigación que analizó un diseño de una estructura convencional respecto a una estructura implementado disipadores de fluido viscoso con una configuración diagonal, la edificación presentó reducciones de derivas de 28.61 y 27.11%. Analizando los valores obtenidos se concluye que las derivas obtenidas en la investigación son inferiores a los valores de la investigación de nuestro antecedente utilizando amortiguadores viscosos en arreglo chevron brace mejorado en comparación a los disipadores en arreglo diagonal, deduciendo que su capacidad de resistencia ante el sismo severo fue efectivo disminuyendo las distorsiones de entrepiso máximas.

**Tabla 132**

*Reducción de Distorsiones Máximas en el Presente Estudio, X-X*

Nivel	Derivas sin disipadores	Chevron brace mejorado	% de reducción
13	0.00367	0.000587	84.01%
12	0.00490	0.000699	85.73%
11	0.00605	0.000936	84.53%
10	0.00693	0.001236	82.16%
9	0.00742	0.001513	79.61%
8	0.00771	0.001825	76.33%
7	0.00820	0.002171	73.52%
6	0.00850	0.002616	69.22%
5	0.00847	0.003449	59.28%
4	0.00898	0.003696	58.84%
3	0.00962	0.003813	60.36%
2	0.00822	0.003343	59.33%
1	0.00633	0.002586	59.15%
		<b>Promedio</b>	<b>71.70%</b>

**Tabla 133***Reducción de Distorsiones Máximas según Antecedente Seleccionado, X-X*

Nivel	Derivas sin disipadores (mm)	Diagonal (mm)	% de reducción
5	133.115	94.999	28.63%
4	122.951	87.482	28.85%
3	101.150	72.193	28.63%
2	69.068	49.330	28.58%
1	29.801	21.464	27.98%
		<b>Promedio</b>	<b>28.61%</b>

**Tabla 134***Reducción de Distorsiones Máximas en el Presente Estudio, Y-Y*

Nivel	Derivas sin disipadores	Chevron brace mejorado	% de reducción
13	0.00340	0.000471	86.15%
12	0.00450	0.000567	87.40%
11	0.00566	0.000715	87.37%
10	0.00674	0.000864	87.18%
9	0.00769	0.001016	86.79%
8	0.00834	0.001124	86.52%
7	0.00866	0.001258	85.47%
6	0.00949	0.001361	85.66%
5	0.01000	0.001539	84.61%
4	0.01071	0.001757	83.59%
3	0.01136	0.002223	80.43%
2	0.00958	0.002059	78.51%
1	0.00737	0.001903	74.18%
		<b>Promedio</b>	<b>84.14%</b>

**Tabla 135***Reducción de Distorsiones Máximas según Antecedente Seleccionado, Y-Y*

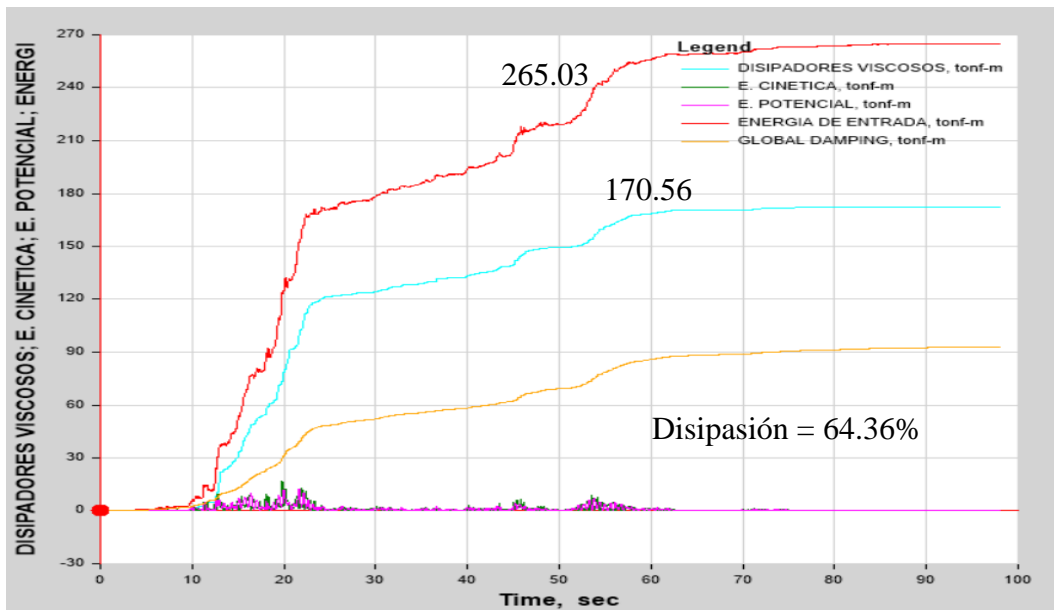
Nivel	Derivas sin disipadores (mm)	Diagonal (mm)	% de reducción
5	138.300	100.938	27.02%
4	127.504	91.543	28.20%
3	103.932	74.743	28.08%
2	69.050	50.075	27.48%
1	28.475	20.830	26.85%
		<b>Promedio</b>	<b>27.11%</b>

**4.3.2. Discusión 02**

Para nuestra presente investigación el balance de energía de la estructura con el uso de amortiguadores viscosos es la siguiente: para la configuración diagonal los disipadores absorben en el eje “X” el 64.36% de la energía sísmica, mientras que para el eje “Y” se absorbe el 62.76% de la misma; por otro lado, en la configuración Chevron brace mejorado en el eje “X” y “Y” se disipa 74.46% y 72.65%, respectivamente. Según Claros y Fernández (2022) en su trabajo de investigación estudió y diseñó estructuras con instalación de amortiguadores viscosos con tres configuraciones distintas, para los disipadores ubicados en forma de chevron brace disiparon el 62% de la energía sísmica, en diagonal se disipó el 74% y en chevron V invertida se disipó el 76% de la energía. Por lo tanto, se concluye afirmando que la energía eliminada por los amortiguadores de fluido viscoso del presente estudio fue mayor al de nuestro antecedente, demostrando su uso efectivo de los disipadores de fluido viscoso en las estructuras disipando hasta un 80% de la energía de entrada.

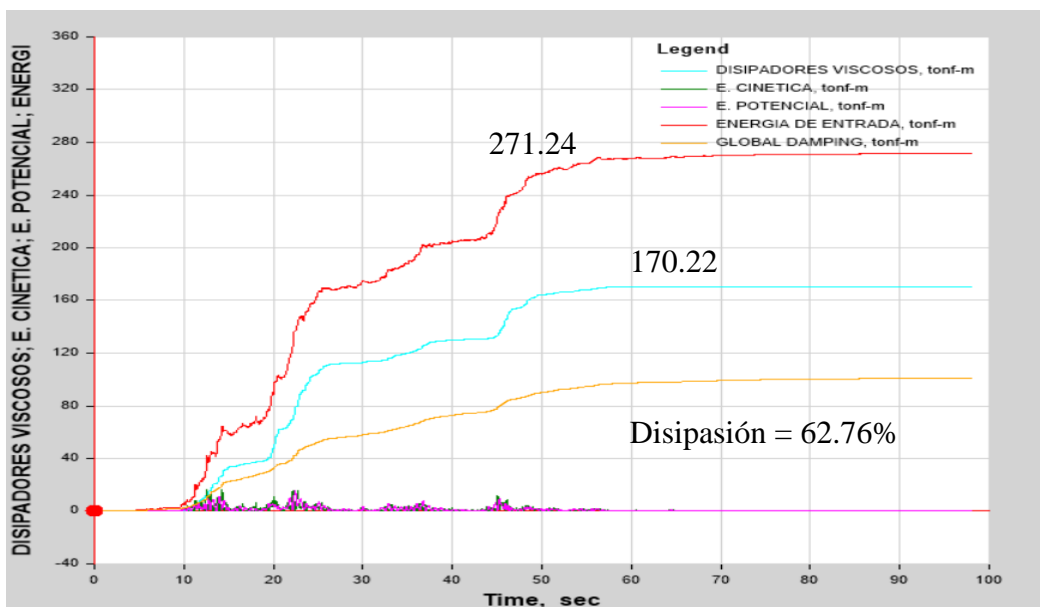
**Figura 163**

*Balance Energético con DFV en Diagonal según el Presente Estudio, X-X*



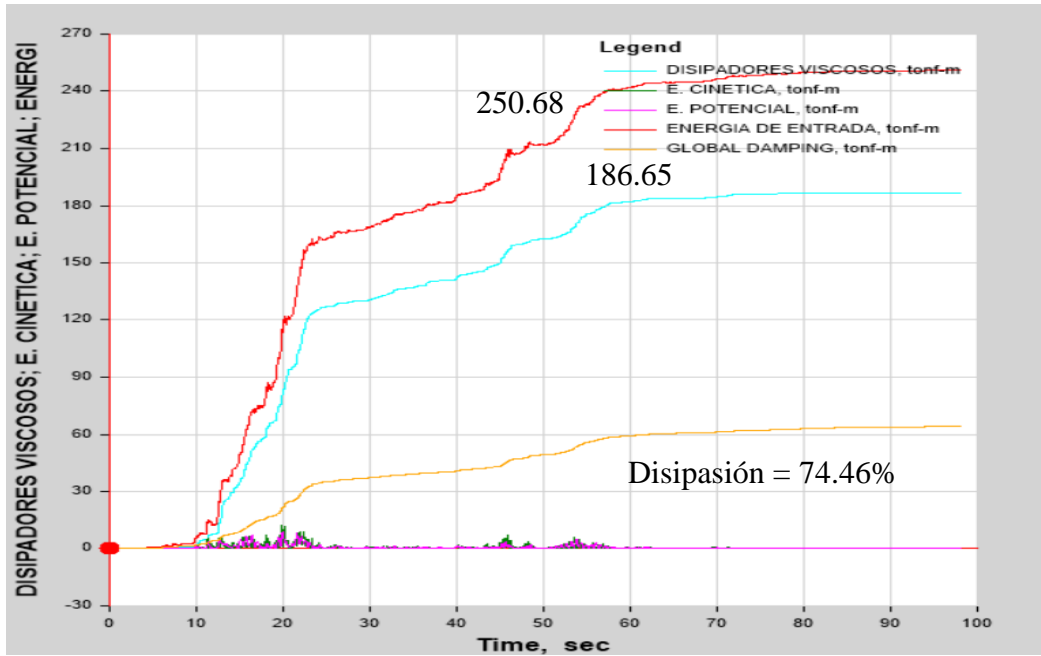
**Figura 164**

*Balance Energético con DFV en Diagonal según el Presente Estudio, Y-Y*



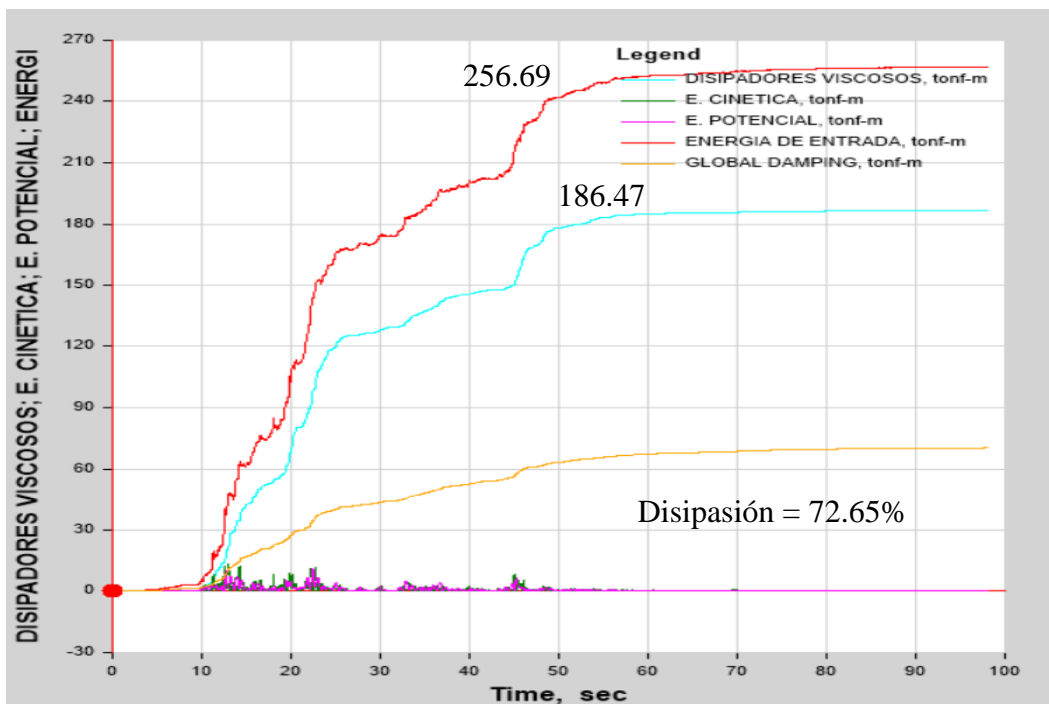
**Figura 165**

*Balance Energético con DFV en CBM según el Presente Estudio, X-X*



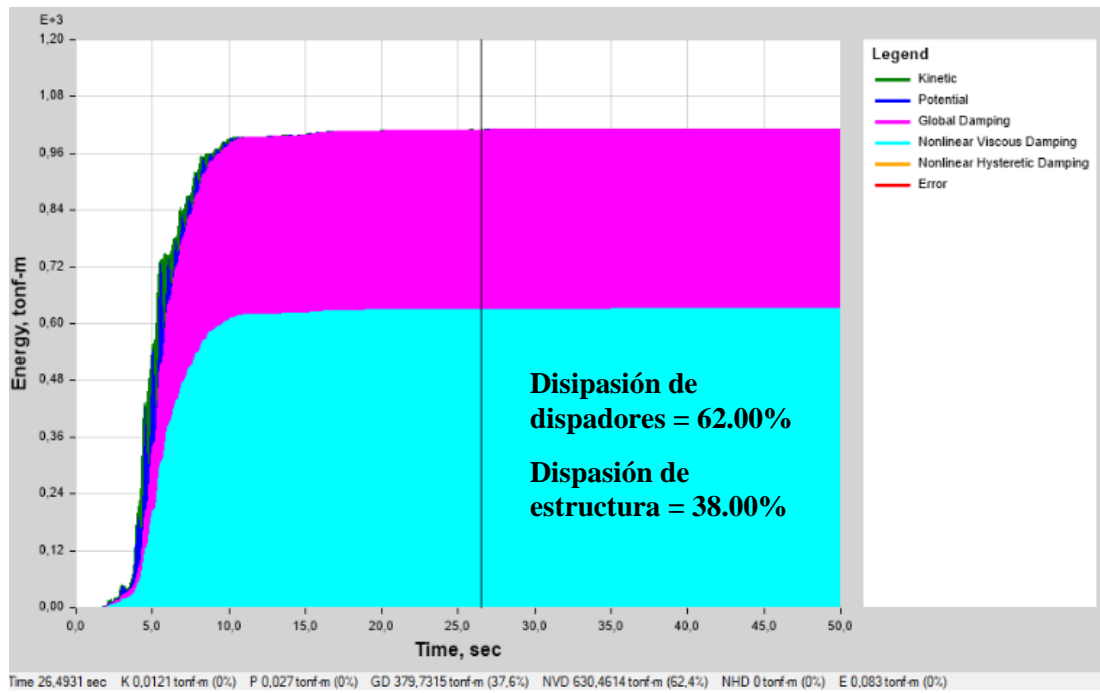
**Figura 166**

*Balance Energético con DFV en CBM según el Presente Estudio, Y-Y*



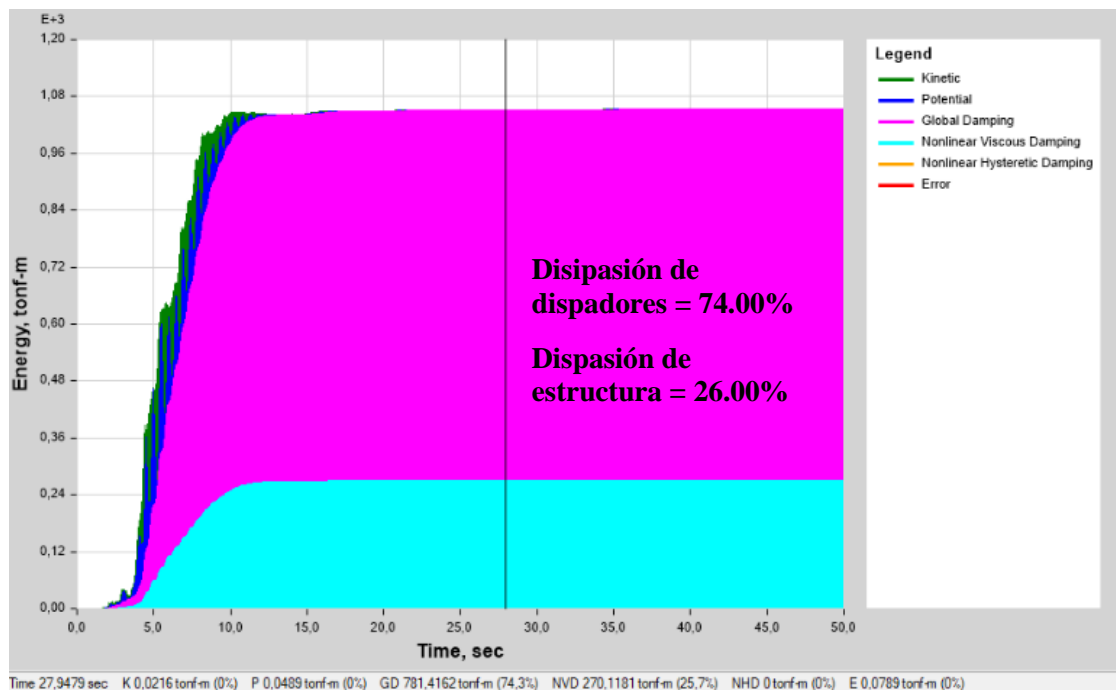
**Figura 167**

*Balance Energético con DFV en Chevron Brace según Antecedente Seleccionado*



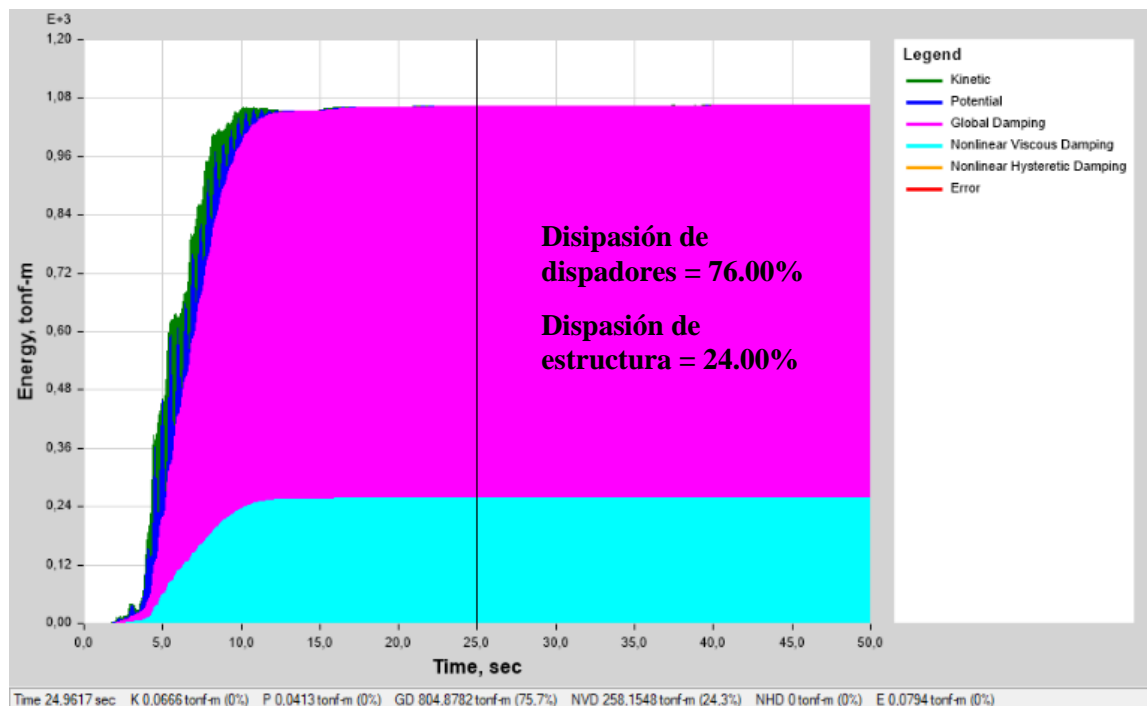
**Figura 168**

*Balance Energético con DFV en Diagonal según Antecedente Seleccionado*



**Figura 169**

*Balance Energético con DFV en Chevron V Invertida según Antecedente Seleccionado*



#### 4.3.3. Discusión 03

En nuestro estudio, los máximos desplazamientos en el último nivel se redujeron significativamente con la instalación de amortiguadores de fluido viscoso, mostrando una disminución del 52.98% en la dirección “X” y del 72.62% en la dirección “Y”. De igual forma, las derivas máximas en ese mismo nivel experimentaron una reducción considerable, alcanzando un 86.51% en la dirección “X” y un 84.88% en la dirección “Y”. Según Rosero (2020) logró demostrar que el mejor comportamiento se evidencia con la instalación de amortiguadores viscoelásticos obteniendo resultados en el modelo de 20 pisos donde los desplazamientos se disminuyeron en el eje “X” en un 49.70% y en el “Y” un 20.30%; por otro lado, se observó que las derivas máximas para el modelo de 20 pisos en “X” se redujo en un 50.10% y en “y” un 24.20%. Sin embargo, según Quispe (2023), en su investigación incorporó disipadores de energía de tipo SLB a una edificación reduciendo las derivas máximas de entrepiso en 44.55% en el eje “X” y 23.25% en el eje “Y”, los desplazamientos de centro de masa se redujeron en 43.75%

en el eje “X” y 17.57% en el eje “Y”. Después de evaluar los resultados obtenidos, se concluye que los desplazamientos y derivas registrados en esta tesis son menores en comparación con los reportados en trabajos anteriores que utilizaron disipadores viscoelásticos y SLB; esto permite inferir que los disipadores de fluido viscoso empleados demostraron una mayor eficacia en la capacidad de resistencia ante sismos severos, logrando una reducción significativa tanto en los desplazamientos como en las derivas máximas de la estructura.

**Tabla 136**

*Desplazamientos y Derivas Máximas en CBM según el Presente Estudio*

Nivel	Desplazamientos sin disipadores (X-X)	Chevron Brace Mejorado	% de reducción	Desplazamientos sin disipadores (Y-Y)	Chevron Brace Mejorado	% de reducción
13	0.22423	0.10544	<b>52.98%</b>	0.23027	0.06304	<b>72.62%</b>
12	0.21308	0.10332	51.51%	0.22123	0.06135	72.27%
11	0.20061	0.10081	49.75%	0.21046	0.05931	71.82%
10	0.18657	0.09744	47.77%	0.19907	0.05673	71.50%
9	0.17125	0.09299	45.70%	0.18556	0.05362	71.10%
8	0.15434	0.08755	43.28%	0.16998	0.04996	70.61%
7	0.13611	0.08098	40.51%	0.15273	0.04592	69.94%
6	0.11665	0.07316	37.28%	0.13349	0.04139	68.99%
5	0.09676	0.06374	34.12%	0.11279	0.03649	67.65%
4	0.07684	0.05225	32.00%	0.09235	0.03136	66.04%
3	0.05864	0.03993	31.91%	0.07029	0.02551	63.71%
2	0.03432	0.02366	31.05%	0.04083	0.01602	60.76%
1	0.01743	0.01207	30.74%	0.02070	0.00888	57.10%

**Tabla 137***Desplazamientos y Derivas Máximas con Disipadores Viscoelásticos según**Antecedente Seleccionado*

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS					
EDIFICIO	SENTIDO	SIN			POR
		INCLUSION	VISCOSOS	VICOELASTICOS	FRICCIÓN
15 PISOS	X	0.00 %	31.10 %	54.10 %	31.70 %
	Y	0.00 %	31.10 %	35.10 %	23.50 %
20 PISOS	X	0.00 %	33.10 %	<b>49.70 %</b>	39.20 %
	Y	0.00 %	22.20 %	<b>20.30 %</b>	17.20 %
DERIVAS MÁXIMAS					
15 PISOS	X	0.00 %	30.50 %	51.60 %	25.50 %
	Y	0.00 %	32.60 %	38.10 %	30.60 %
20 PISOS	X	0.00 %	34.60 %	<b>50.10 %</b>	40.40 %
	Y	0.00 %	23.50 %	<b>24.20 %</b>	21.90 %

**4.3.4. Discusión 04**

Para nuestro presente estudio en el eje “X” se incrementó en un 29% el amortiguamiento viscoso trayendo consigo una disipación de energía de 74.46%, mientras que en el eje “Y” se incrementó el amortiguamiento en un 40% disipando un 72.65% de la energía de entrada. Según Cuyán y Muñoz (2022) en su trabajo de investigación incorporó disipadores de fluido viscoso con un amortiguamiento viscoso superior al 15%, disipando más del 85% de la energía de entrada, disminuyendo los desplazamientos entre un 50 y 80%. Así mismo, Cuyán (2020) en su trabajo de investigación adicionó amortiguadores de fluido viscoso con un amortiguamiento cercano al 20%, lo cual logró disipar más del 80% de la energía reduciendo los desplazamientos horizontales entre un 52.85% y un 81.49%. Por lo tanto, observando los resultados del presente estudio el porcentaje de disipación de energía se encuentra cercano al que plantea nuestros

antecedentes, por ello se demostró la importancia de emplear amortiguadores para mejorar la respuesta dinámica logrando salvaguardar vidas humanas.

#### 4.3.6. *Discusión 05*

Para nuestro presente estudio se incorporó disipadores de fluido viscoso a una edificación de 13 niveles logrando un amortiguamiento efectivo de 34% en el eje “X” y 45% en el eje “Y”, disipando la energía en el eje “X” en un 74.46% y el eje “Y” un 72.65%. Según Cabera (2022) en su trabajo de investigación incorporó disipadores de fluido viscoso al edificio de la UNACH logrando un amortiguamiento efectivo del 69% en el eje “X” y 13% en el eje “Y” en el módulo 1, mientras que en el módulo 2 se logró un amortiguamiento efectivo de 41% en el eje “X” y 35% en el eje “Y”, disipando un 80% de energía sísmica en ambos módulos. Por lo tanto, según los resultados se concluye que son muy similares a los obtenidos en el estudio previo, lo que confirma que las estructuras reforzadas con disipadores de fluido viscoso desempeñan un papel fundamental en el mejoramiento del comportamiento sísmico del edificio.

**Tabla 138**

*Comparación de Parámetros de Diseño de Investigación Propia vs Antecedente Seleccionado*

Sentido	Investigación propia		Antecedente seleccionado	
	Amortiguamiento efectivo	Disipación de energía	Amortiguamiento efectivo	Disipación de energía
X	34.00 %	74.46 %	69.00 %	41.00 %
Y	45.00 %	72.65 %	13.00 %	35.00 %

#### 4.3.6. *Discusión 06*

Para nuestro presente estudio las derivas máximas se redujeron en 71.70% en el eje “X” y 84.14% en el eje “Y”; se disipó en el eje “X” un 74.46% de la energía sísmica de

entrada dejando para la estructura un 25.54%, mientras que para el eje “Y” se disipó un 72.65% dejando para estructura únicamente un 27.35%. Según Vargas (2024) en su trabajo de investigación incorporó amortiguadores de fluido viscoso a una edificación de 8 niveles logrando una reducción de las máximas derivas de 55% en el eje “X” y 65% en el eje “Y”, logrando una disipación del 70.56% de energía sísmica. Por consiguiente, conforme a los resultados obtenidos, se observa que los desplazamientos y derivas presentaron mejoras respecto a los registrados en nuestro estudio previo, lo que permite concluir que la incorporación de disipadores de energía contribuye significativamente a optimizar el comportamiento estructural del edificio.

**Tabla 139**

*Comparación de Resultados de Investigación Propia vs Antecedente Seleccionado*

Sentido	Investigación propia			Antecedente seleccionado		
	Reducción de derivas	Disipación de energía (DFV)	Disipación de energía (Estructura)	Reducción de derivas	Disipación de energía (DFV)	Disipación de energía (Estructura)
X	71.70 %	74.46 %	25.54 %	55.00 %	70.56 %	29.44 %
Y	84.14 %	72.65 %	27.35 %	65.00 %	70.56 %	29.44 %

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Al analizar el desempeño estructural de la estructura estudiada de 13 niveles, con y sin amortiguadores de fluido viscoso, según la norma E.030 y normas internacionales, se concluyó, que:

- 1) El análisis de la edificación para determinar la influencia de los Disipadores de Fluido Viscoso en la respuesta dinámica de las edificaciones aporricadas en el sector 1 de la ciudad de Chota ha revelado que tiene un impacto relevante en la mejora del comportamiento estructural frente a fenómenos sísmicos. Estos dispositivos han demostrado ser altamente eficaces en la disminución de desplazamientos y esfuerzos estructurales, como lo evidencia la cuantificación de los desplazamientos máximos en el edificio de 13 niveles implementado con disipadores sísmicos. En particular, para una configuración con  $\alpha=0.25$ , se observó que en la dirección “X” el desplazamiento máximo sin disipadores era de 22.42 cm, mientras que con los disipadores se redujo a 10.54 cm, representando una disminución del 52.98% en el último piso. De igual manera, en la dirección “Y” el desplazamiento máximo pasó de 23.03 cm sin disipadores a 6.30 cm con ellos, logrando una reducción del 72.62% en el nivel superior. Estos resultados resaltan la relevancia de estos dispositivos para mejorar significativamente la respuesta dinámica frente a un sismo severo.
- 2) Se evaluaron las derivas inelásticas máximas del edificio considerando el uso de disipadores de fluido viscoso, obteniendo resultados favorables con un exponente  $\alpha = 0.25$ . En la dirección “X”, la deriva sin disipadores fue de 0.00962, mientras que con disipadores se redujo a 0.00381, lo que representa una disminución del 60.36%. En la dirección “Y”, la deriva se redujo de 0.01136 a 0.00222, equivalente a una reducción del 84.14% en el último nivel. Estos resultados reflejan la alta eficacia del uso de estos dispositivos, permitiendo cumplir con los criterios de control de derivas para un estado de daño leve y un nivel de

desempeño sísmico operacional, conforme a los lineamientos establecidos por la metodología internacional HAZUS.

- 3) En la presente investigación se logró desarrollar un enfoque metodológico ordenado y apropiado para el análisis y diseño de disipadores de fluido viscoso en edificaciones aporticadas, considerando tanto la normativa vigente como los procedimientos técnicos necesarios para evaluar su efectividad. Este enfoque integró desde la lectura e interpretación de planos arquitectónicos, el predimensionamiento estructural y el modelado inicial, hasta la incorporación de disipadores en el análisis dinámico mediante el método tiempo historia no lineal. A través de este procedimiento se definieron claramente los pasos a seguir, incluyendo la selección y tratamiento de registros sísmicos, el cálculo de parámetros característicos del disipador como el amortiguamiento viscoso y el exponente de velocidad, así como los criterios de control estructural basados en derivas y desempeño sísmico. Como resultado, se obtuvo una herramienta técnica de análisis que permite evaluar de manera precisa el efecto de los disipadores en la respuesta sísmica de una estructura, facilitando su aplicación en futuras investigaciones o en proyectos reales de ingeniería estructural que busquen mejorar el desempeño sísmico mediante mecanismos de disipación de energía.
- 4) Los disipadores con un arreglo diagonal alcanzan un amortiguamiento viscoso en X e Y de 29 y 40%, respectivamente; tienen una rigidez de brazo metálico de 23478.32 ton/m y 42697.43 ton/m en las dirección X e Y; para disipadores lineales ( $\alpha=1$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 13257.04 ton\*s/m con una disipación del 59.00% en "X" y de 24124.96 ton\*s/m con una disipación del 57.03% en "Y", para disipadores no lineales ( $\alpha=0.25$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 167.22 ton\*s/m con una disipación de 64.36% en "X" y de 313.43 ton\*s/m con una disipación de 62.76% en "Y", para disipadores no lineales ( $\alpha=0.50$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 714.81 ton\*s/m con una disipación de 61.64% en "X" y de 1460.79 ton\*s/m con una disipación de 60.41% en "Y",

para disipadores no lineales ( $\alpha=0.75$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 3057.74 ton\*s/m con una disipación de 58.52% en “X” y de 6797.51 ton\*s/m con una disipación de 56.84% en “Y”. Por otro lado, Los disipadores con un arreglo chevron brace mejorado alcanzan un amortiguamiento viscoso al igual que la configuración diagonal; para disipadores lineales ( $\alpha=1$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 9725.93 ton\*s/m con una disipación de 69.30% en “X” y de 18018.27 ton\*s/m con una disipación de 67.93% en “Y”, para disipadores no lineales ( $\alpha=0.25$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 106.25 ton\*s/m con una disipación de 74.46% en “X” y de 171.54 ton\*s/m con una disipación de 72.65% en “Y”, para disipadores no lineales ( $\alpha=0.50$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 476.48 ton\*s/m con una disipación de 73.64% en “X” y de 814.059 ton\*s/m con una disipación de 72.18% en “Y” y, para disipadores no lineales ( $\alpha=0.75$ ) el coeficiente de amortiguamiento es de 2138.31 ton\*s/m con una disipación de 71.44% en “X” y de 3857.18 ton\*s/m con una disipación de 72.18% en “Y”. De los resultados obtenidos, la configuración que brinda mejor comportamiento es la de chevron brace mejorado con un coeficiente de no linealidad ( $\alpha=0.25$ ).

## 5.2. Recomendaciones

- 1) Se recomienda realizar un análisis dinámico tiempo historia para evaluar su desempeño dinámico ante cargas sísmicas reales, se debe emplear tres registros históricos de sismos como mínimo en sus dos componentes horizontales, estos se pueden obtener del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y Red Acelerográfica del CISMID (REDACIS) debido a que estos acelerogramas son más precisos y confiables.
- 2) Se recomienda instalar los disipadores de fluido viscoso en los pórticos donde se registran las máximas derivas y mayores velocidades de respuesta, priorizando su ubicación en los pórticos externos de la edificación, alejados del centro de masa. Asimismo, la norma ASCE/SEI 7-10 establece que, como mínimo, deben colocarse dos amortiguadores por dirección a reforzar, manteniendo una disposición simétrica para evitar efectos torsionales no deseados.
- 3) Se recomienda realizar una verificación detallada del período de vibración y de las masas modales participativas después de la instalación de los disipadores de fluido viscoso; esto es fundamental ya que estos dispositivos disipan energía a través de la velocidad de deformación, sin contribuir significativamente a la rigidez estructural. Para garantizar que los disipadores no alteren negativamente el comportamiento dinámico de la edificación, es importante que los períodos de vibración antes y después de su incorporación sean similares, un cambio abrupto en el período de vibración podría generar efectos no deseados, como la resonancia estructural, aumentando la vulnerabilidad de la edificación ante ciertos tipos de excitaciones sísmicas.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Acuña, R. (2023). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas de una provincia peruana con riesgo sísmico. *HIGH TECH-ENGINEERING JOURNAL*, 3(1). <https://doi.org/10.46363/high-tech.v3i1.3>
- Aguiar, R., Rodríguez, M. y Mora, D. (2016). *Análisis sísmico de estructuras con disipadores de energía ADAS o TADAS* [Monografía].
- Alarcón, S. (2015). *Determinación de la razón de amortiguamiento en vigas de madera para uso en paneles CLT* [Tesis de pregrado, Universidad del Bio-Bio]
- Ancco, E. y Chaparro, E. (2020). Espectros determinísticos y probabilísticos para la evaluación del peligro sísmico en estructuras de la región de Tacna. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 2(01). <https://doi.org/10.47796/ing.v2i01.292>
- Angulo, D. y Escobedo, M. (2020). *Análisis sísmico, con el uso de disipadores y aisladores en el edificio Sky Up, Trujillo – La Libertad* [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62121>
- Araca, F., Gómez, L., Cahui, A. y Marín, G. (2020). Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, 7(2), 70-81. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070>
- ASCE/SEI 7-16. (2017). [Cargas mínimas de diseño y criterios asociados para edificios y otras estructuras]. American Society of Civil Engineers.
- ASCE/SEI 7-10. (2010). [Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures]. American Society of Civil Engineers.
- Ávila, L. (2021). Una revisión general acerca de las características y consecuencias de grandes sismos en México. *GEOS*, 41(2). <https://geos.cicese.mx/index.php/geos/article/view/64>
- Barbat, A. y Bozzo, L. (2000). *Diseño sismorresistente de edificios: Técnicas convencionales y avanzadas*. Reverté. [https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=12159](https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=12159)
- Bay, C. y Palazzo, G. (2020). Diseño basado en desplazamientos para el refuerzo de estructuras con disipadores histeréticos. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 25(4). <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1861>

- Bazán, J. (2017). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7630>
- Burgos, M. (2012). *Disipador de energía fluido viscoso*. CDV-Perú.
- Cabrera, E. (2022). *Evaluación del Comportamiento Estructural con Disipadores de Energía de Fluido Viscoso del Edificio de Enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/280>
- Carrasco, L. y Ramos, N. (2023). *Análisis de implementación de aisladores sísmicos para verificar el comportamiento dinámico utilizando métodos analíticos – edificio 5 niveles – Jaén – Cajamarca, 2022* [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115219>
- Cassano, A. M. (2009). *Análisis de estructuras bajo acciones sísmicas*. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/>
- Chang, G. y Suárez, D. (2015). *Desarrollo de una guía de aplicación del capítulo de peligro sísmico y requisitos de diseño sismorresistente de la norma ecuatoriana de la construcción (NEC)* [Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]
- Chaparro, A., Suárez, A., Benjumea, J. y Villalba, J. (2021). Desempeño Sísmico y Cantidades de Obra de Edificaciones Aporticadas de Concreto Reforzado Diseñadas para Diferentes Capacidades de Disipación de Energía. *Revista EIA*, 18(35), 137-152. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1454>
- Claros, R. y Fernández, M. (2022). Evaluación de la metodología de análisis y diseño para edificios aporticados de hormigón armado con la implementación de disipadores viscosos. *Brazilian Journal of Development*, 8(8), 59457-59477. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n8-297>
- Condori, P. (2020). *Universo, población y muestra*. <https://www.aacademica.org/cporfirio/18>
- Cornejo, C. (2020). *Diseño sísmico con disipadores de energía de fluido viscoso para mejorar comportamiento estructural en edificación de 10 pisos* [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86157>
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (2012). *Protección sísmica de estructuras*. Cámara Chilena de la Construcción.
- Corratgé, Z., Phala, J., Cobelo, W., & Martínez, J. (2020). Influencia de la altura en la respuesta estructural de una edificación considerando la interacción suelo-estructura. *Ciencia & Futuro*, 10(1). <https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistacyf/article/view/1900>

- Crisafulli, F., Genatios, C. y Lafuente, M. (2020). *VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN AMÉRICA LATINA. UNA GUÍA PARA SISTEMAS CONSTRUCTIVOS SISMORRESISTENTES*.
- Cuyán, A. y Muñoz, S. (2022). Uso de Disipadores de Fluido Viscoso como medida de Reforzamiento Estructural. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 16(32), 52-57. <https://doi.org/10.31908/19098367.2757>
- Cuyán, A. (2020). *Influencia de los Disipadores de Fluido Viscoso en el Reforzamiento del Edificio Centro Cultural de la Universidad Señor de Sipán* [Tesis de Pregrado, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/9119>
- Desena, D. (2016). *Metodología para la obtención de espectros sísmicos de respuesta* [Master universitario en ingeniería de las estructuras, cimentaciones y materiales, Universidad Politécnica de Madrid].
- Del Carpio, R. y Tanta, W. (2023). *Evaluación del desempeño sísmico de los planos modificados del Hospital Luis Negreiros Vega—Callao, aplicando disipadores de fluido viscoso en disposición diagonal y Chevron* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/672249>
- Domínguez, M. (2014). Períodos de vibración de las edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 8(2), 1-13.
- Escalante, J.E., Laguna, J.R., Gómez, J.F., Calderón, C., Cruz, M.I., Varguez, R., & Anzelmetti, J.C. (2016). Análisis del coeficiente de amortiguamiento viscoso en un sistema masa-resorte-amortiguador utilizando PPLANE y GEOGEBRA. *Revista mexicana de física E*, 62(2), 66-72.
- FEMA 274. (1997). [Comentario de Nehr sobre las Directrices para la rehabilitación sísmica de edificios]. Federal Emergency Management Agency.
- Fernández, L., Tapia, E. y Dávalos, D. (2015). Respuesta inelástica de marcos de acero con interacción inercial suelo-estructura. *Ingeniería sísmica*, 92, 1-21. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2015000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2015000100001)
- Fuentes, J. (2015). *Análisis sísmico de una edificación con disipadores de fluido viscoso* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6091>
- García, M. (2018). *Estudio sobre la efectividad del factor de sobre-resistencia del criterio columna fuerte-viga débil en el diseño sísmico de pórticos de hormigón mediante el*

- análisis dinámico no lineal* [Master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya].  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/118142>
- Genatios, C. y Lafuente, M. (2016). *Introducción al Uso de Aisladores y Disipadores en Estructuras*. CAF. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1213>
- Gómez, D., Marulanda, J. y Thomson, P. (2008). Sistemas De Control Para La Protección De Estructuras Civiles Sometidas a Cargas Dinámicas. *Dyna*, 75(155), 77-89.
- González, M., Vásquez, A. y Ramos, J. (2021). La Observación en el Estudio de las Organizaciones. *New Trends in Qualitative Research*, 5, 71-82.  
<https://doi.org/10.36367/ntqr.5.2021.71-82>
- Guevara, D. y Torres, P. (2012). *Diseño de un edificio aperticado con amortiguadores de fluido-viscoso en disposición diagonal* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1477>
- Guzmán, M. y Quijano, J. (2021). Vulnerabilidad ante sismos y tsunamis de las instituciones educativas ubicadas en la Provincia Constitucional del Callao. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(47).  
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i47.20654>
- HAZUS. (2003). *Federal Emergency Management Agency FEMA. Mutihazard Loss Estimation Methodology Hazus*. Washington, D.C.
- Hernández, R., Candia, F. y Castillo, M. (2021). Métodos Numéricos Herramienta de Apoyo en el Estudio de la Dinámica Estructural. *MEMORIAS DEL XXVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*.  
[https://somim.org.mx/memorias/memorias2021/articulos/A5\\_3.pdf](https://somim.org.mx/memorias/memorias2021/articulos/A5_3.pdf)
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.  
<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Herrera, M. (2018). *Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso* [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura].  
<https://hdl.handle.net/11042/3246>
- Hinojoza, O. (2009). *Software para la enseñanza de la dinámica estructural* [Tesis de Mestría, Universidad Nacional Autónoma de México].  
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/100455>
- Inga, W. (2015). *Mejora de la respuesta dinámica de edificaciones usando amortiguadores de masa sintonizada* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].  
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3962>

- Jerez, S. (2022, julio 28). Tras sismos en Chile y Filipinas ¿Qué es el Cinturón de Fuego del Pacífico y cómo funciona? *Ciencia y Tecnología*. <https://www.biobiochile.cl/noticias/ciencia-y-tecnologia/ciencia/2022/07/28/tras-sismos-en-chile-y-filipinas-que-es-el-cinturon-de-fuego-del-pacifico-y-como-funciona.shtml>
- Marte, C. (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")* [Master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21138>
- McCormac, J. y Csernak, S. (2012). *Diseño de estructuras de acero*. Alfaomega.
- Mendoza, C. H. (2023). *Implementación y comparación de disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación de once niveles ubicado en el distrito de Surquillo - 2023* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/35809>
- Mishra, R. (2011). *Application of tuned mass damper for vibration control of frame structures under seismic excitations* [M.Tech, National Institute of Technology]. <http://ethesis.nitrkl.ac.in/2902/>
- Navarro, F. (2017). *Comparación de las respuestas dinámicas en estructuras con y sin disipadores de energía pasivos de fluido viscoso en la zona sísmica cuatro* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1077>
- Nebrijo, J. y Menza, Y. (2021). Cálculo del coeficiente de capacidad de disipación de energía en pórticos regulares de concreto reforzado con diferente altura, para una zona de amenaza sísmica alta. *INGE CUC*, 17(2), 193-210. <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.17>
- Norma E.020 (2006). *Cargas*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma E.030 (2018). *Diseño sismorresistente*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma E.060 (2009). *Concreto armado*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Núñez, A. (2017). *Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo - historia* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27236>

- Ordoñez, A., Parra, W. y Silva, A. (2023). Comparison between a traditional Colombian Structural Design and the Use of Viscous-Type Energy Damping Systems (2021). *Ingeniería e Investigación*, 43(1). <https://doi.org/10.15446/ing.investig.99281>
- Ottazzi, G. (2013). Diseño en concreto armado. (2.<sup>a</sup> ed.). EDIGRAFASA S.R.L.
- Perez, J. (2022). *Diseño por desempeño sísmico de un edificio aporticado de 7 niveles con y sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca-2020* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica Sede Sapientiae]. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1577>
- Pezo, E. y Valcárcel, C. (2016). *Estimación de la máxima aceleración sísmica esperada en función a fallas corticales en la ciudad del Cusco* [Tesis de Pregrado, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/736>
- Quispe, L. (2023). *Comparativa de la respuesta sísmica de una edificación multifamiliar con disipadores de fluido viscoso y una con disipadores metálicos SLB* [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7602>
- Razo, D. y García, O. (2020). Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud. *Ingeniería sísmica, SPE104*, 51-71. <https://doi.org/10.18867/ris.104.565>
- Research Council on Structural Connections. (2020). *Specification for structural joints using high-strength bolts*. RCSC
- Rivera, K. (2018). *Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y dinámico para una estructura regular mayor de 30 m de altura en la ciudad de Huancayo* [Tesis de Pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4835>
- Rosales, C. (2023). *Comparación de la Respuesta Sísmica entre las Propuestas de Reforzamiento de Concreto Armado mediante Encamisado de Vigas y Columnas o mediante la Inclusión de Muros de Corte, para los Pabellones Escolares de la I.E. San Fernando* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5349>
- Rosero, J. (2020). *Incidencia de la inclusión de dispositivos disipadores de energía en las respuestas estructurales de edificios de hormigón armado de 10 y 15 pisos en la ciudad de Quito* [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22190>

- Rueda, J. y Inaudi, J. (2022). Reducción de aceleraciones en edificios esbeltos sometidos a cargas de viento mediante disipadores y amortiguadores de masa sintonizada. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 9(2). <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/36666>
- Rupay, M., Vasquez, L., Felix, J., Francisco, J., Cuba, D. y Soto, F. (2023). La Cortante Basal en el Analisis Sismico Estático: Vivienda Multifamiliar de Cuatro Niveles Mediante el Software Etabs. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 4645-4668. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6506](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6506)
- Saldaña, K. y Scaletti, H. (2022). Eficiencia de los disipadores de energía en la respuesta sísmica de las edificaciones. *Tecnia*, 32(2), 127-137. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v32i2.1379>
- Sánchez, J. y Quintero, P. (2018). *Análisis de sistemas para la disipación de energías ejercidas por fuerzas dinámicas* [Tesis de Pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. [https://biblioteca.bucaramanga.upb.edu.co/docs/digital\\_34583.pdf](https://biblioteca.bucaramanga.upb.edu.co/docs/digital_34583.pdf)
- Sandoval, V. (2017). *Análisis sísmico usando Etabs para evaluar la efectividad del comportamiento sismoresistente de la infraestructura de la I.E. 11023 Abraham Valdelomar—Distrito de Chiclayo—Provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque* [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/16543>
- SEAOC. (1995). *Conceptual framework for performance-based seismic engineering of buildings*. Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Sacramento, USA.
- Taylor Devices Inc. (2021). Obtenido de Taylor Devices Inc: <https://www.taylordevices.com/products/fluid-viscous-dampers/>
- Vargas, D. (2024). *Influencia de los Disipadores de Fluido Viscoso en el Comportamiento Estructural de una Edificación de Ocho Niveles, Cajamarca 2023* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/626>
- Villarreal, G. y Díaz, M. (2016). *Edificaciones con disipadores viscosos*. Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L. <https://civilgeeks.com/2017/09/03/libro-edificaciones-disipadores-viscosos-dr-genner-villarreal-ing-marco-diaz/>
- Villarreal, G. y Oviedo, R. (2009). *Edificaciones con disipadores de energía* [Libro Premio Nacional ANR 2008].

## CÁPITULO VII. ANEXOS

### Anexo A. Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Influencia de disipadores de fluido viscoso en la respuesta dinámica de edificaciones aporticadas en el sector N°1 – Chota, 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO	METODOLOGÍA
¿Cuál es la Influencia de los disipadores de fluido viscoso en la respuesta dinámica de edificaciones aporticadas en el sector N° 1 – Chota?	<b>GENERAL</b> Determinar la influencia de los Disipadores de Fluido Viscoso en la respuesta dinámica de edificaciones aporticadas en el sector 1 de la ciudad de Chota. <b>ESPECÍFICOS</b> 1) Analizar el desempeño estructural del edificio aporticado evaluado, con los Amortiguadores de Fluido Viscoso mediante un modelado estructural en el software Etabs. 2) Desarrollar un enfoque metodológico apropiado para llevar a cabo el análisis y diseño de disipadores de fluido viscoso 3) Estimar de qué manera las distintas configuraciones de los disipadores modifican el grado de control de la respuesta dinámica.	Los disipadores de fluido viscoso influyen en el comportamiento de la respuesta dinámica de forma significativa mediante la disipación de un porcentaje de energía incorporada a las estructuras producto de las excitaciones sísmicas, incrementando la capacidad de amortiguamiento en promedio hasta un 30.00% en ambas direcciones de análisis.	<b>Variable dependiente</b>	Dinámica estructural	✓ Fuerzas dinámicas ✓ Aceleración sísmica ✓ Peligro sísmico	<b>DISEÑO NO EXPERIMENTAL – DESCRIPTIVO</b>  Diseño causal comparativo  $M_1 \longrightarrow O_{1X}$ $M_2 \longrightarrow O_{2X}$  Donde:  $M_1$ = Muestra (Edificación con disipadores de energía).  $M_2$ = Muestra (Edificación sin disipadores de energía).  $O_{1,2}$ = Información de interés de las diversas muestras.  $X$ = Variable dependiente (Respuesta dinámica).	<b>Según el enfoque metodológico:</b> Cuantitativo. <b>Según la finalidad:</b> Básica. <b>Según sus objetivos:</b> Descriptiva. <b>Según su paradigma:</b> Positivista. <b>Según su temporalidad:</b> Transversal (Sincrónica). <b>Según el control de diseño de prueba:</b> No experimental. <b>Población, muestra y muestreo:</b> <b>Población:</b> Edificaciones aporticadas del distrito de Chota, sector N° 1. <b>Muestra:</b> Edificación aporticada de 13 niveles ubicado en el sector N° 01. <b>Muestreo:</b> No probabilístico, por conveniencia
				Análisis sísmico estático	✓ Cortante basal estática		
				Análisis sísmico dinámico modal espectral	✓ Espectro de respuesta ✓ Fuerza cortante mínima ✓ Desplazamientos ✓ Derivas inelásticas		
			<b>Variable independiente</b>	Análisis Dinámico tiempo historia	✓ Desempeño estructural ✓ Resistencia sísmica ✓ Desplazamientos ✓ Derivas inelásticas		
				Amortiguamiento viscoso	✓ Coeficiente de amortiguamiento viscoso ✓ Amortiguamiento efectivo ✓ Amortiguamiento inherente		
				Vibración	✓ Frecuencia ✓ Periodo		
				Disipación de energía sísmica	✓ Porcentaje de disipación de energía		



## Anexo C. Panel fotográfico

### Fotografías de la zona de estudio

#### Lugar de estudio: Jr. Camino Real



#### Lugar de estudio: Av. Tacabamba



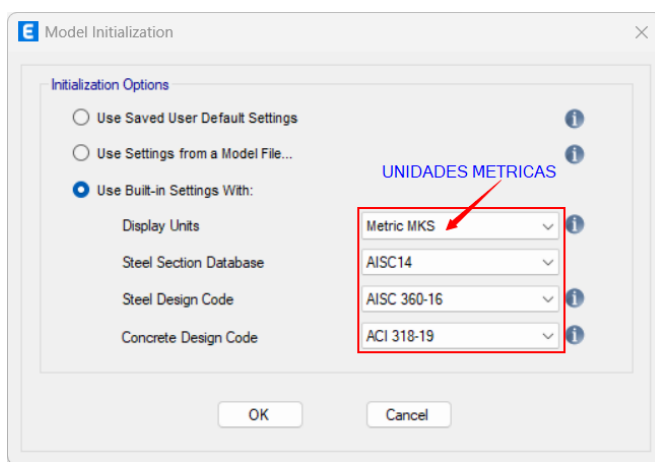
**Anexo D. Análisis sísmico estático según NTP E.030**

# MODELADO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICACIÓN CONVENCIONAL SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO: OBTENCIÓN DE CORTANTE BASAL ESTÁTICA

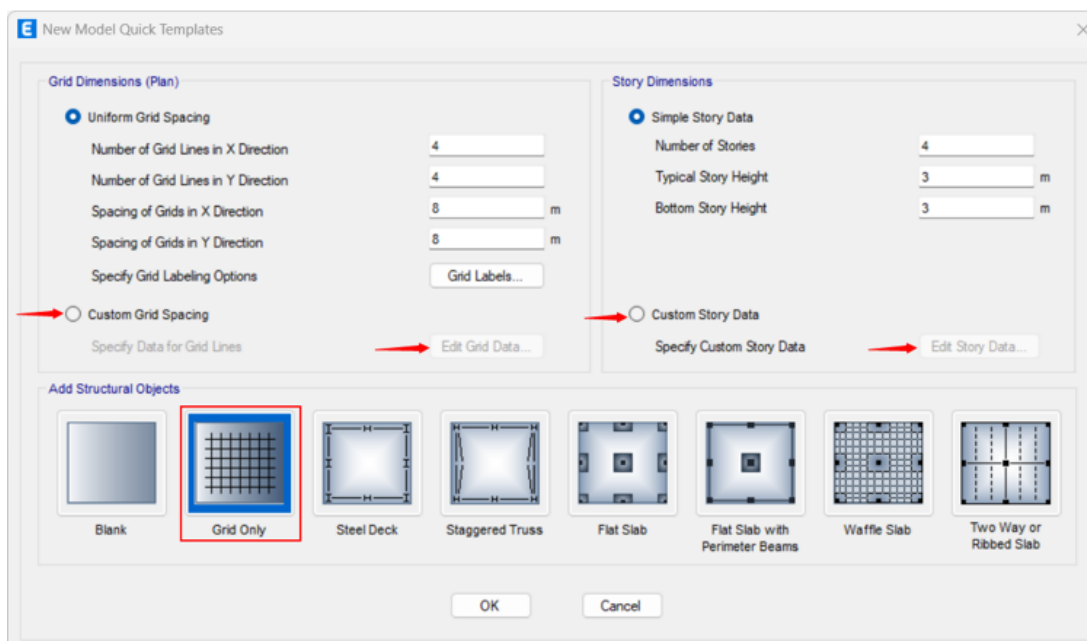
## 1. Creación de grillas y alturas de entepiso

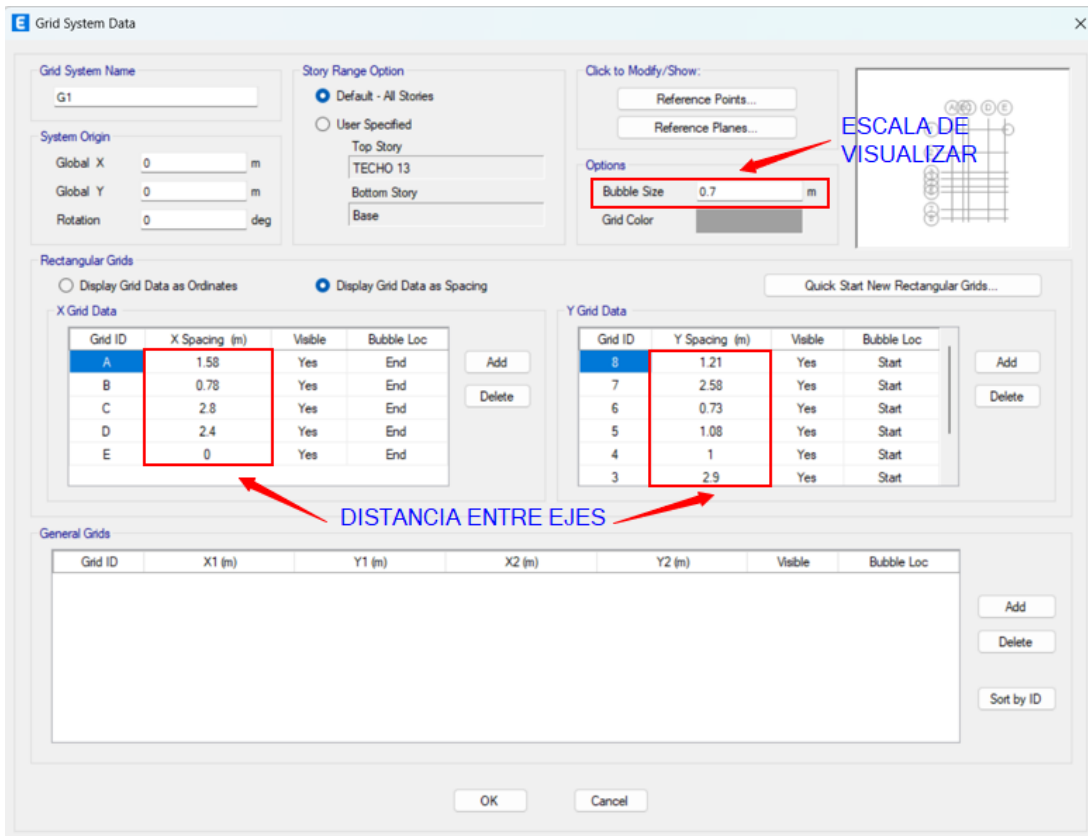
En base a la estructuración de los encofrados de la edificación se procedió a modelarlo en el programa ETABS. En primer lugar, se definió los ejes según el espaciamiento de los planos.

Se definió el modelo como: *Use Built-in Settings With*, se utilizó los parámetros establecidos por el propio software.

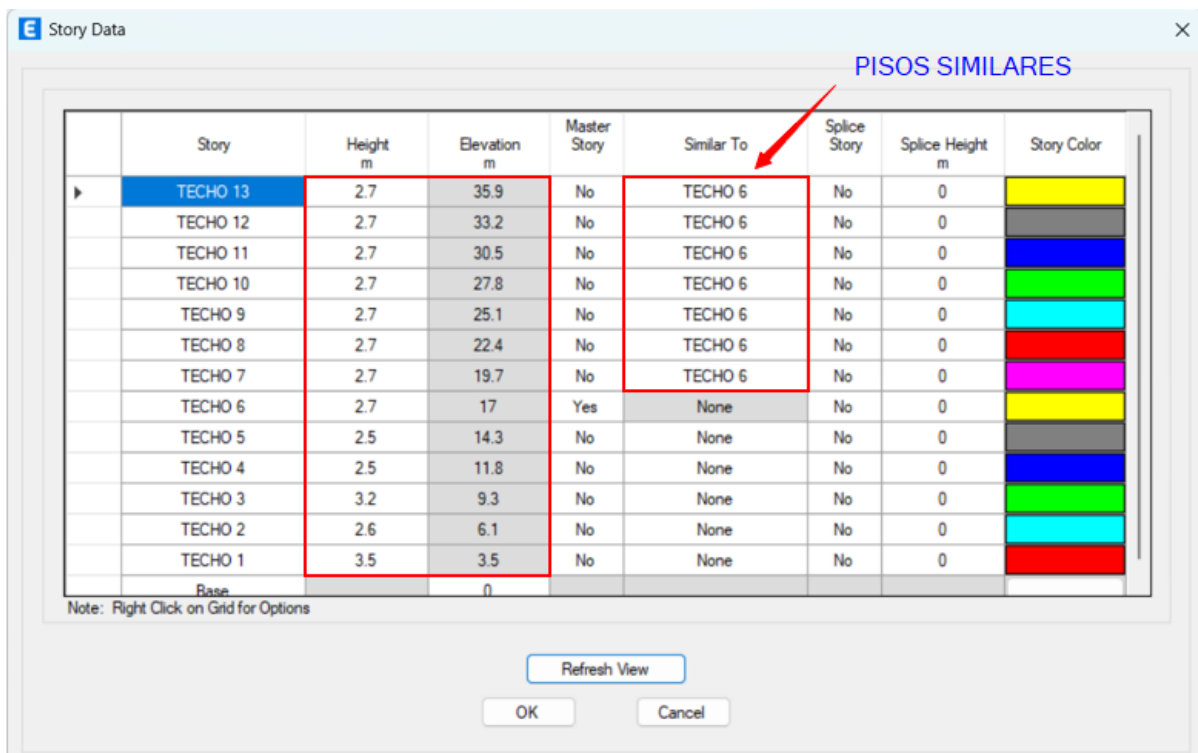


Se realizó una configuración más detallada de las grillas en planta, usando la opción: *Custom Grid Spacing/Edit Grid Data*.



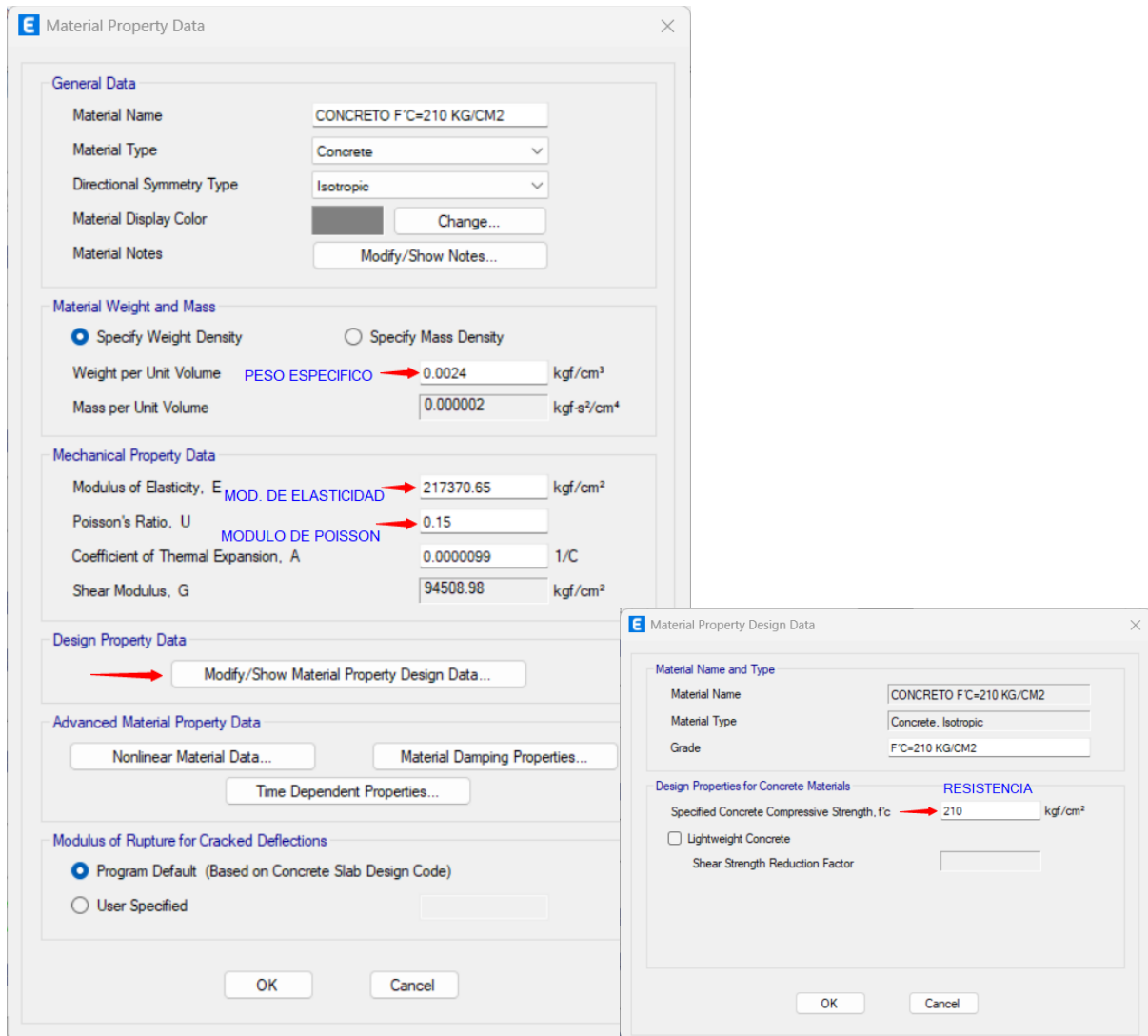


Se definió las alturas de entrepiso según los planos arquitectónicos presentados, usando la opción: *Custom Story Data/Edit Story Data*.



## 2. Definición de materiales

Según las especificaciones para esta edificación se usó concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , se procedió a definir los materiales usando las opciones como: *Define, Define Materials, Add New Material*, previamente se cambio las unidades a kg-cm para no transformar los valores.



## 3. Definición de elementos estructurales

Se procedió a definir las secciones de los elementos frame (vigas y columnas) y Shell (losas aligeradas y macizas, cabe mencionar que en la definición de los elementos tipo viga se debe conocer criterios importantes como despreciar la torsión, pues las vigas se diseñan principalmente a flexión y a corte, por lo que estas no deben presentar torsión. Si se deja la constante de torsión en "1" se hace suponer que las vigas presentan el mismo comportamiento

que las columnas, lo cual es incorrecto, es por ello que la torsión debe definirse como despreciable en vigas.

### 3.1. Definición de columnas (Define/Section Properties/Frame Section)

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: C-01 (40 x 50)

Material: CONCRETO F'c=210 KG/CM2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 40 cm

Width: 50 cm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Frame Section Property Reinforcement Data

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: ACERO DE REFUERZO

Confinement Bars (Ties): ACERO DE REFUERZO

**Reinforcement Configuration**

Rectangular

Circular

**Confinement Bars**

Ties

Spirals

**Check/Design**

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

**Longitudinal Bars**

Clear Cover for Confinement Bars: 4 cm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 5

Longitudinal Bar Size and Area: 20 cm, 3.14 cm<sup>2</sup>

Corner Bar Size and Area: 20 cm, 3.14 cm<sup>2</sup>

**Confinement Bars**

Confinement Bar Size and Area: 10 cm, 0.79 cm<sup>2</sup>

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 15 cm

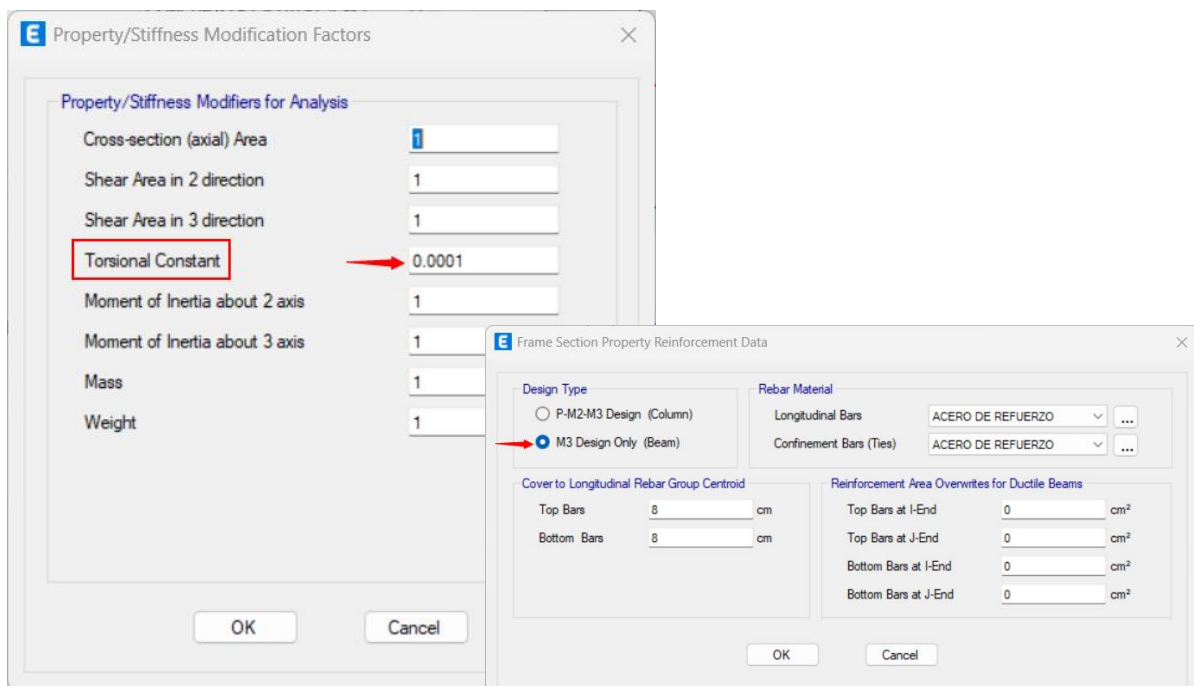
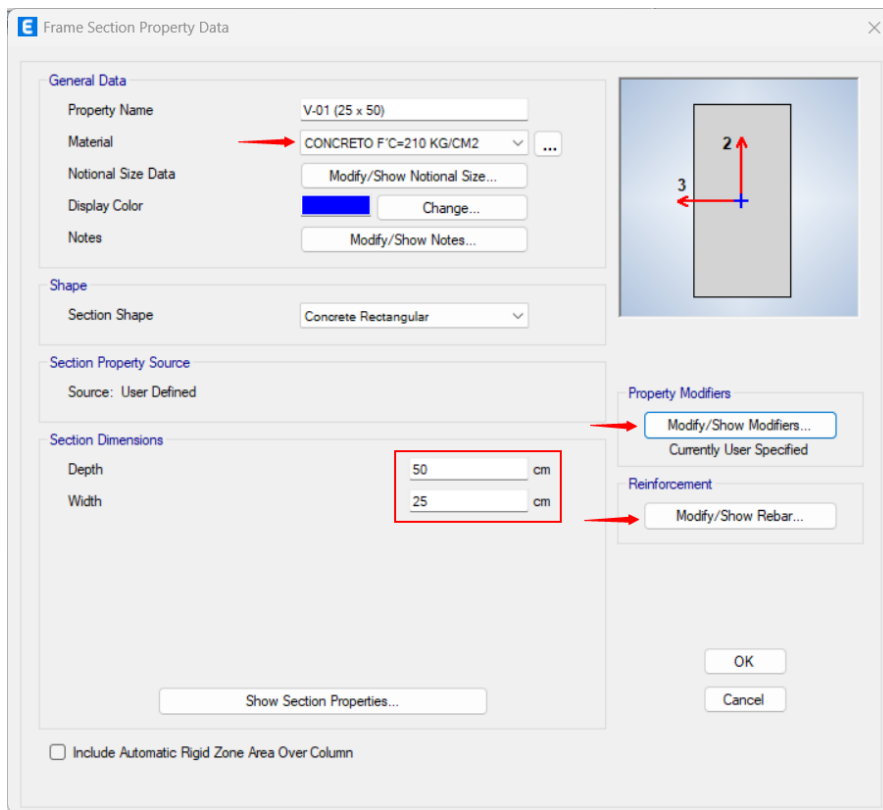
Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

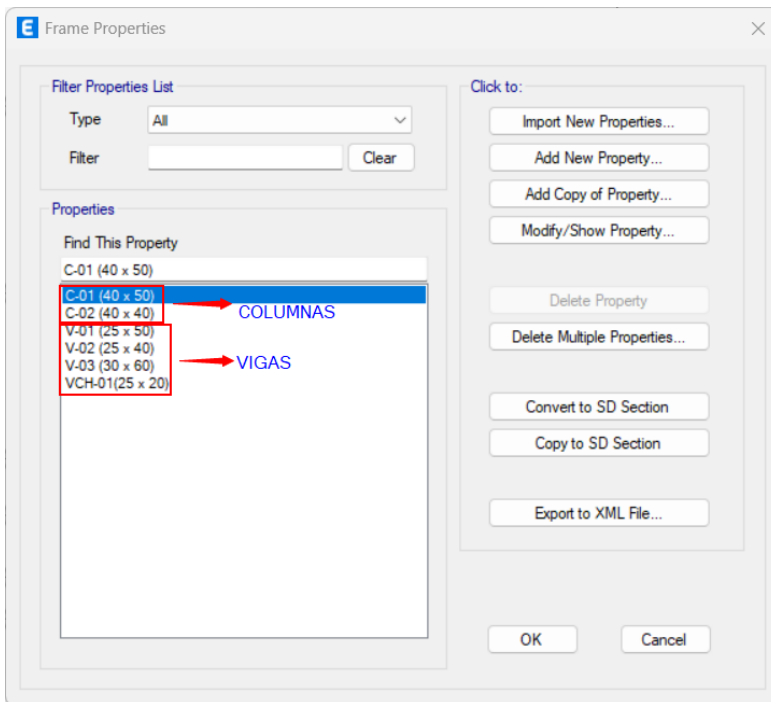
OK

Cancel

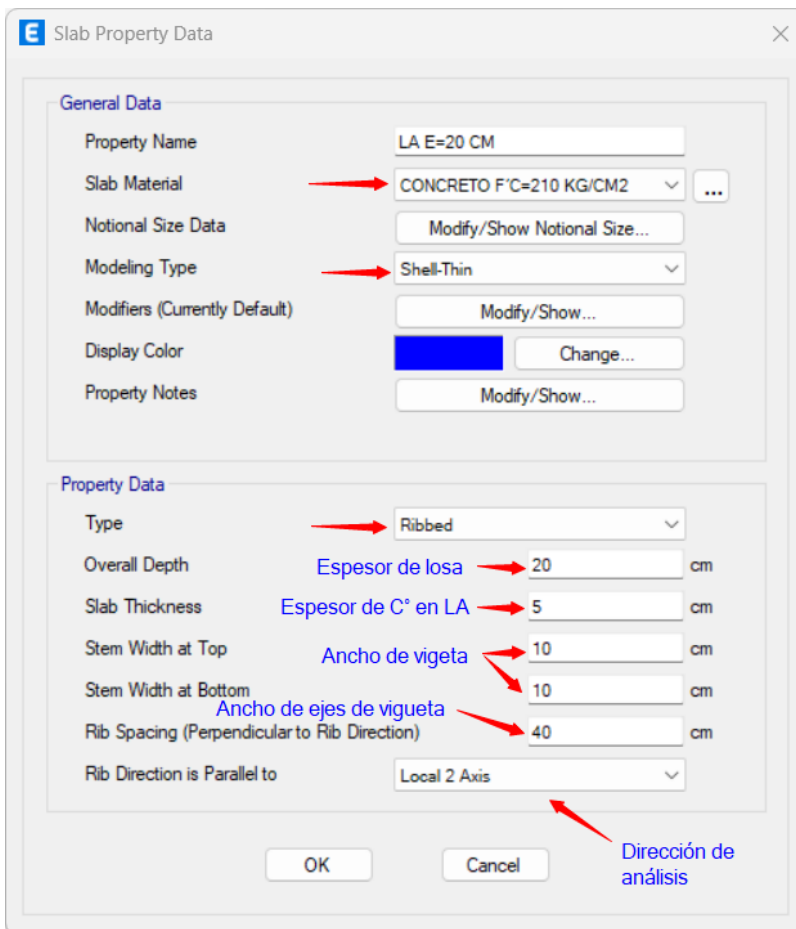
### 3.2. Definición de vigas (Define/Section Properties/Frame Section)



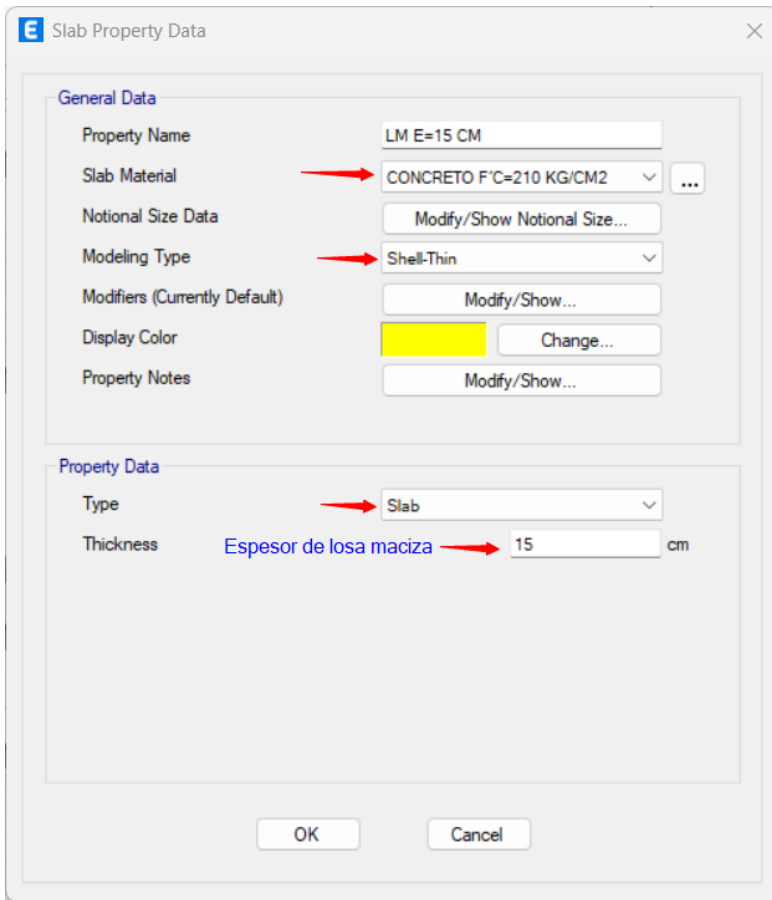
Se defino los elementos estructurales de vigas y columnas como se muestra en la imagen.



### 3.3. Definición de losas aligeradas (Define/Section Properties/Slab Sections)

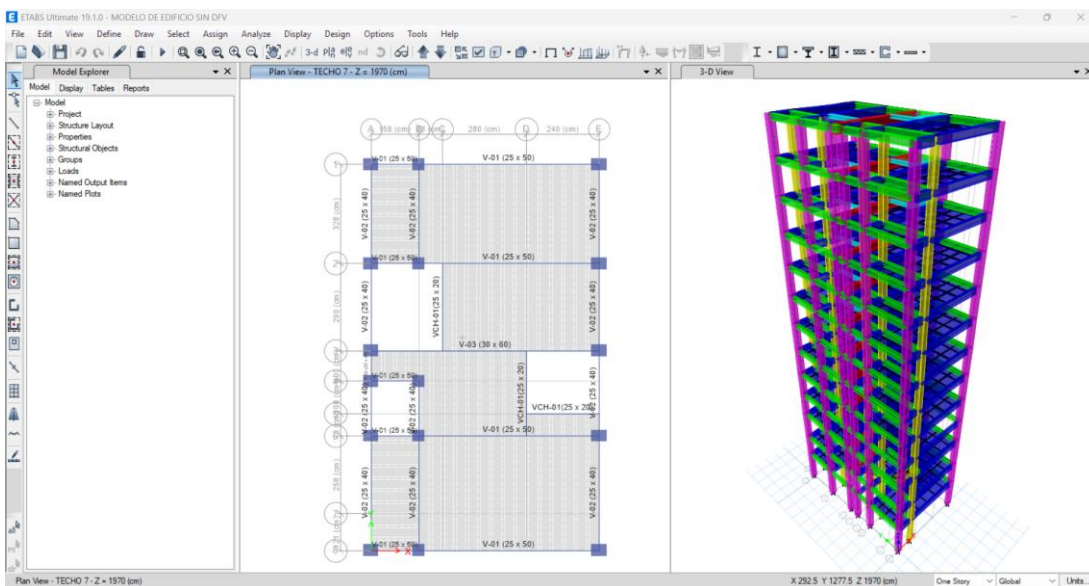


### 3.4. Definición de losas macizas (Define/Section Properties/Slab Sections)



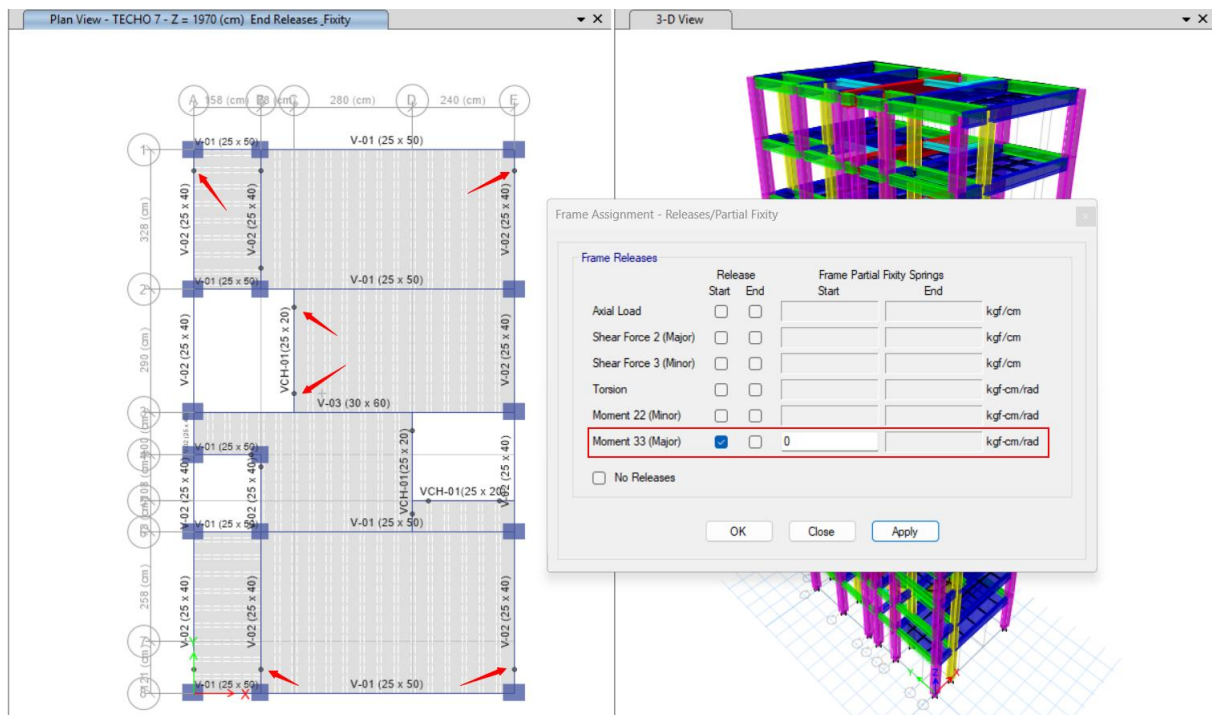
### 4. Modelado de la edificación

Usando los comandos del software se procedió a modelar los elementos estructurales, mostrándose en las imágenes posteriores que se presenta el modelado en planta y en 3D según los colores de los materiales.



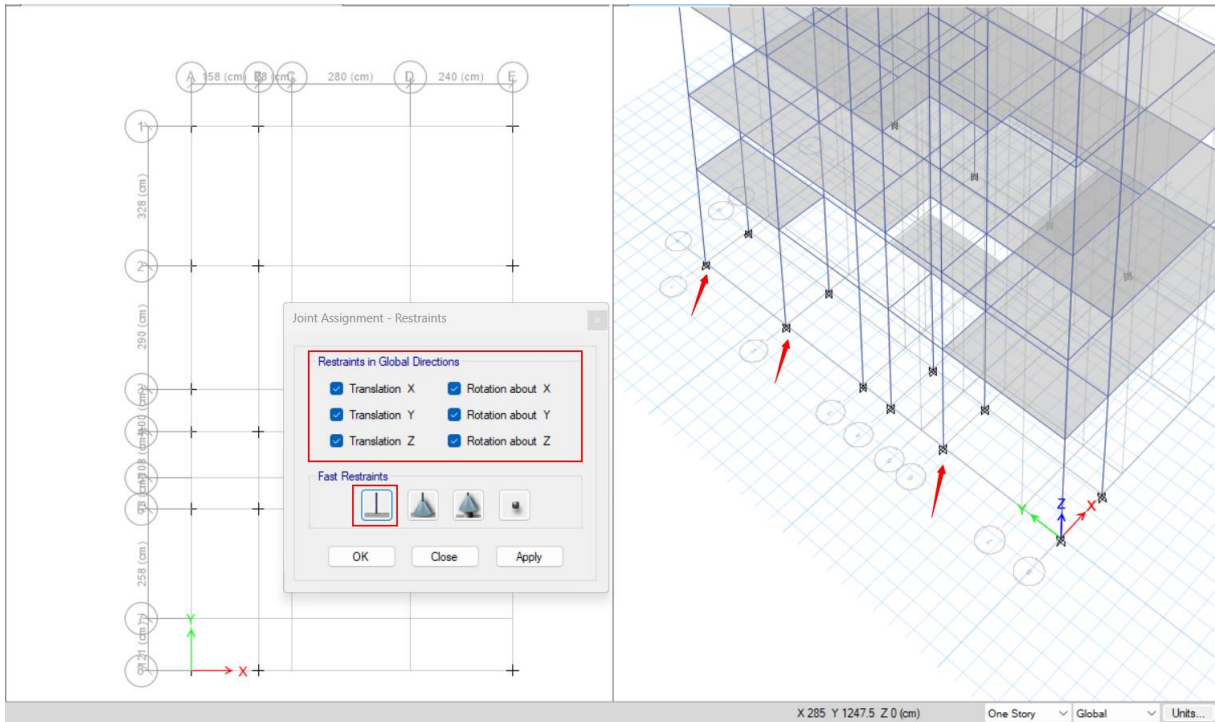
## 5. Asignación de releases (Assign/Frame/Releases)

En toda estructura en donde se presente una unión o nodo de viga – columna tiene que cumplir una condición mínima de longitud de anclaje del acero para que pueda empotrar en dicha unión, si es que no cumple con la condición mínima el extremo debe liberarse el momento (Releases) porque no cumple con el empotramiento. Según la Norma E.060 (2018) sustenta que, para un concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y un diámetro de acero de mínimo que podría aplicar a las vigas de la estructura de  $3/4"$  o  $1"$  la longitud de desarrollo que se necesitaría es de 42 cm, adicionando el recubrimiento de 4 cm, resultaría una longitud mínima de anclaje de 46 cm.



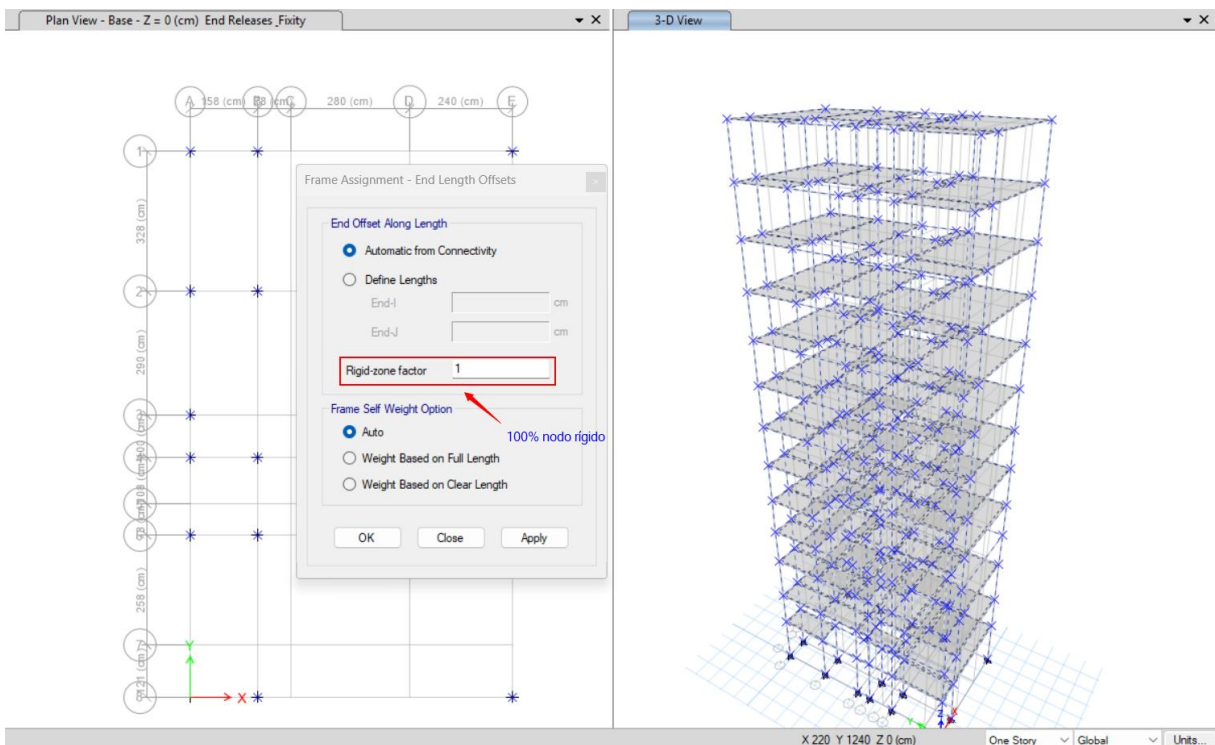
## 6. Asignación de restricciones en la base (Assign/Joint/Restraints)

Las edificaciones simuladas en el software Etabs presentan la condición de un empotramiento perfecto en su base, en la intersección de columna – zapata se presenta un nodo rígido, lo cual restringe el movimiento y giro en sus 6 grados de libertad generando un empotramiento; en el programa se debe dirigir a la base y seleccionar todos los nodos o puntos que llegan a la cimentación.



## 7. Asignación de brazos rígidos (Assign/Frame/End Length Offsets)

En las estructuras las intersecciones de vigas y columnas se consideran que son nodos rígidos. Asimismo, al obtener los resultados de los diagramas de momentos y fuerzas cortantes en las vigas estas deben evaluarse a la cara de las columnas para un análisis óptimo, por lo que es necesario aplicar el brazo rígido a todos los nodos.





### 8.3. Asignar cargas vivas por gravedad en pisos típicos (Assign/ Shell Loads/Uniform)

Plan View - TECHO 7 - Z = 19.7 (m) Uniform Loads Gravity (CV)

CUARTOS

Shell Load Assignment - Uniform

Load Pattern Name: CV

Uniform Load

Load: 200 kgf/m<sup>2</sup>

Direction: Gravity

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Close Apply

### 8.4. Asignar cargas vivas por gravedad en azotea (Assign/ Shell Loads/Uniform)

Plan View - TECHO 13 - Z = 35.9 (m) Uniform Loads Gravity (CV)

CARGA VIVA DE TECHO

Shell Load Assignment - Uniform

Load Pattern Name: CV

Uniform Load

Load: 100 kgf/m<sup>2</sup>

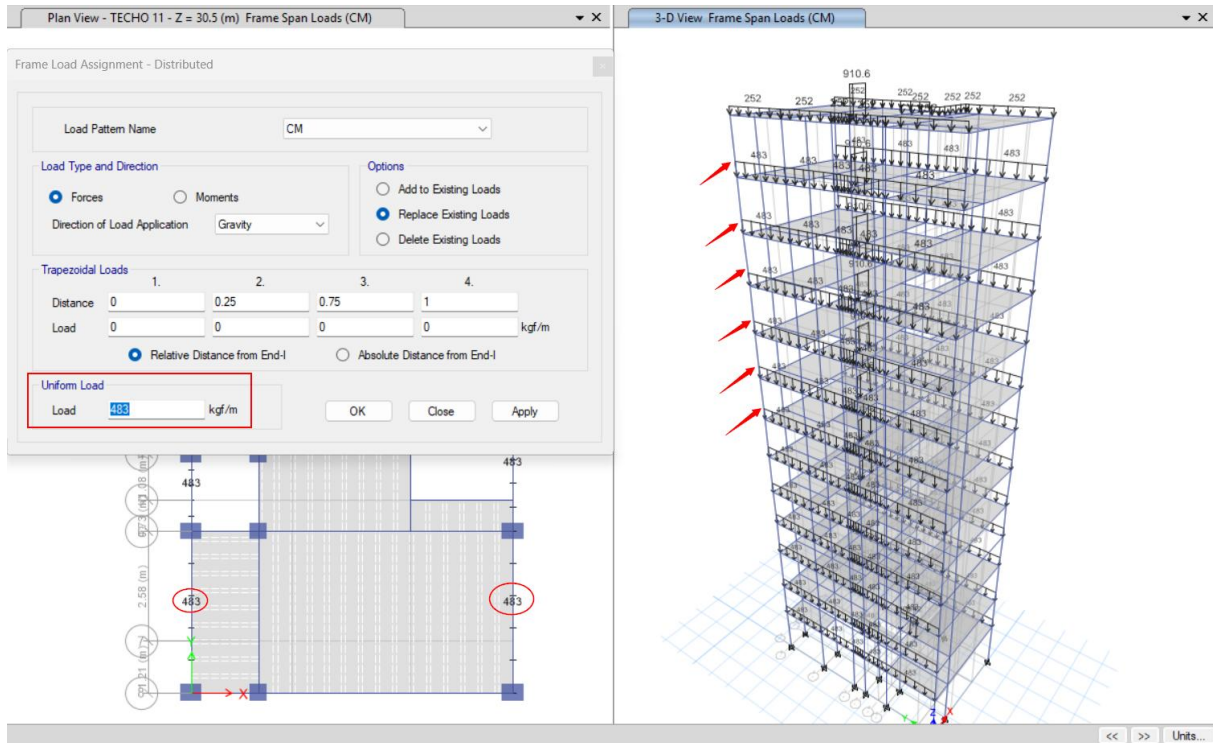
Direction: Gravity

Options

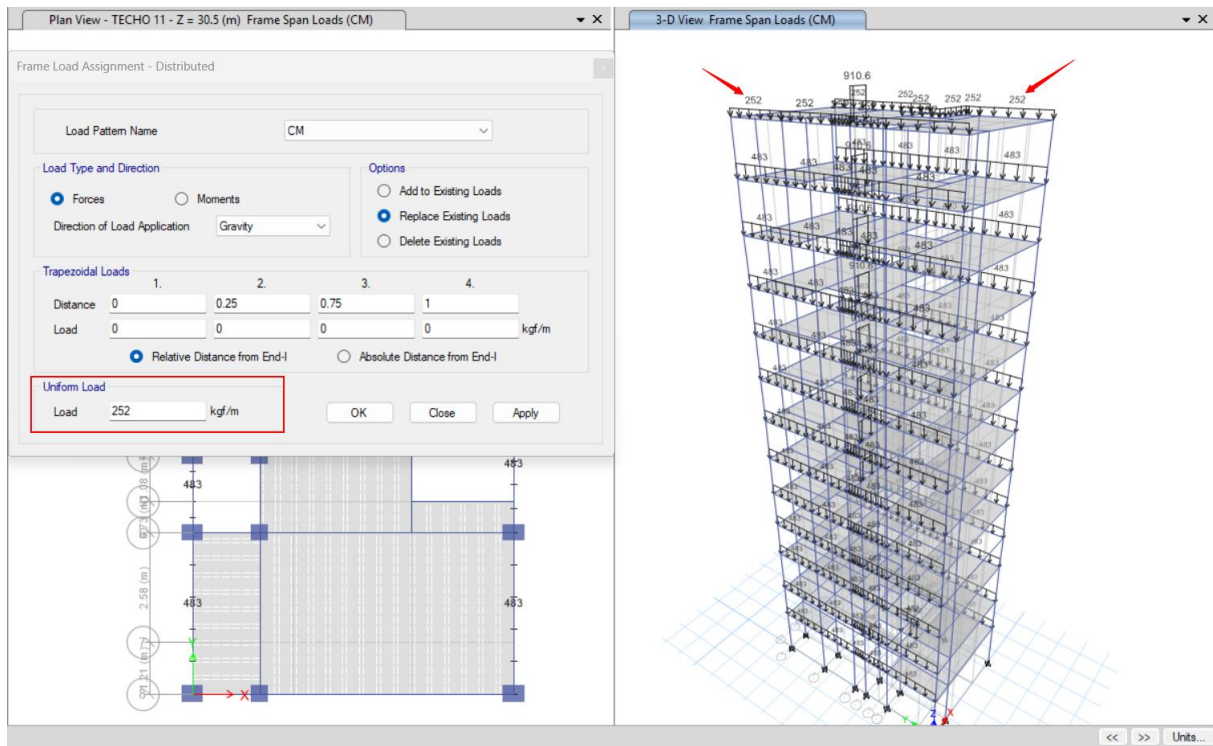
- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Close Apply

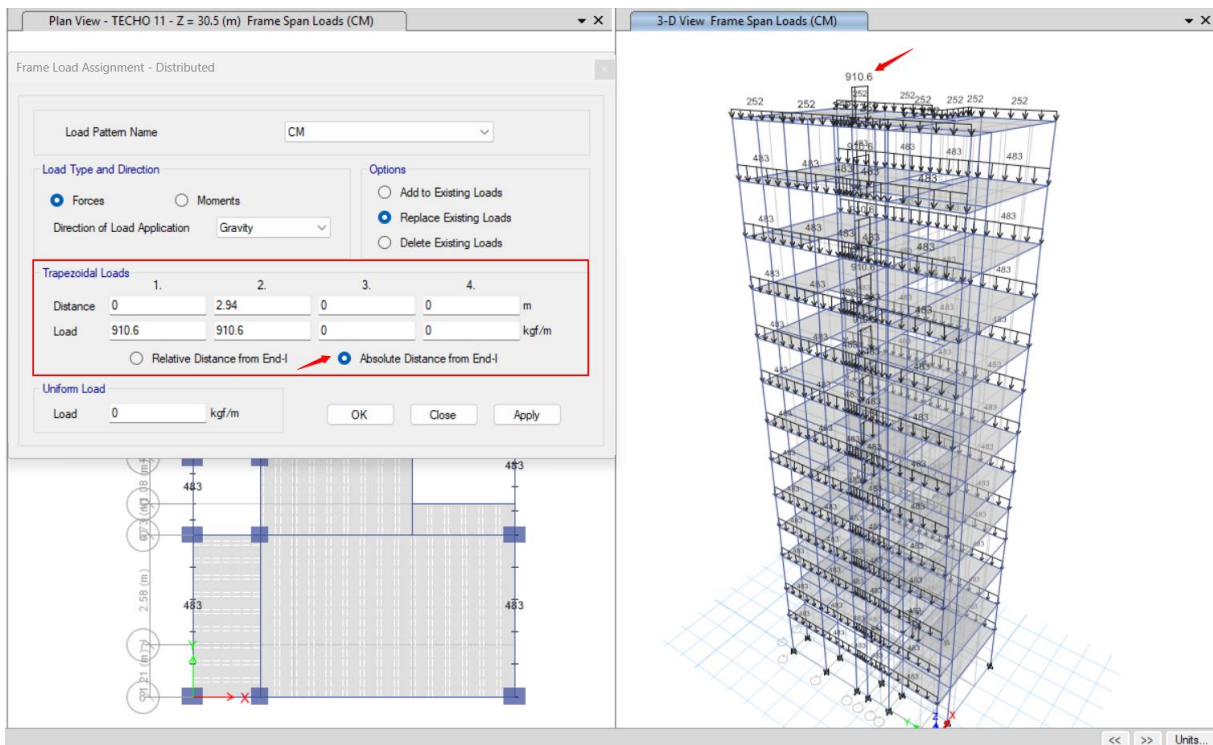
## 8.5. Asignar cargas de tabiquería en pórticos laterales de pisos típicos (Assign/ Frame Loads/Distributed)



## 8.6. Asignar cargas de tabiquería en azotea (Assign/ Frame Loads/Distributed)

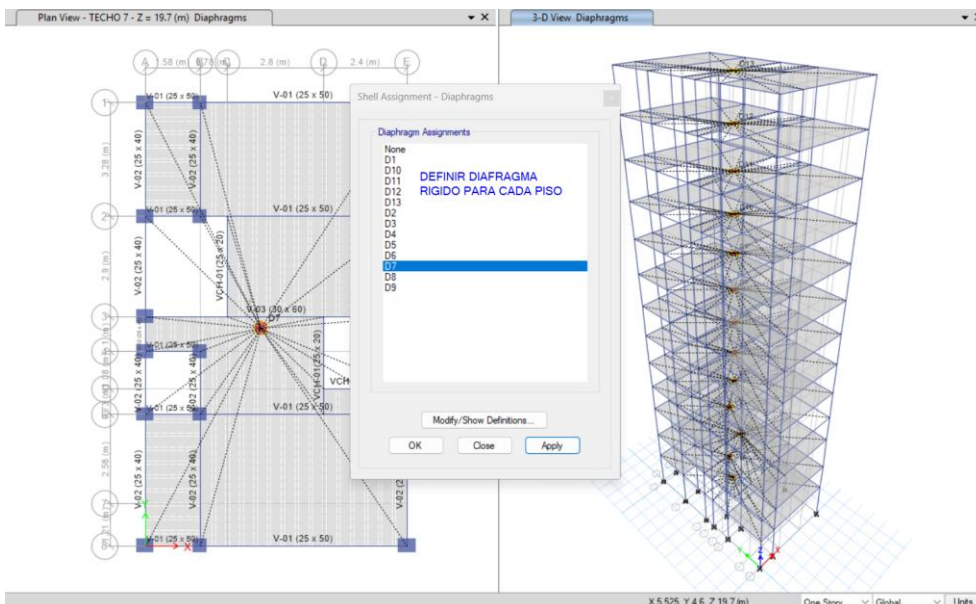


## 8.7. Asignar cargas de escalera (Assign/ Frame Loads/Distributed)



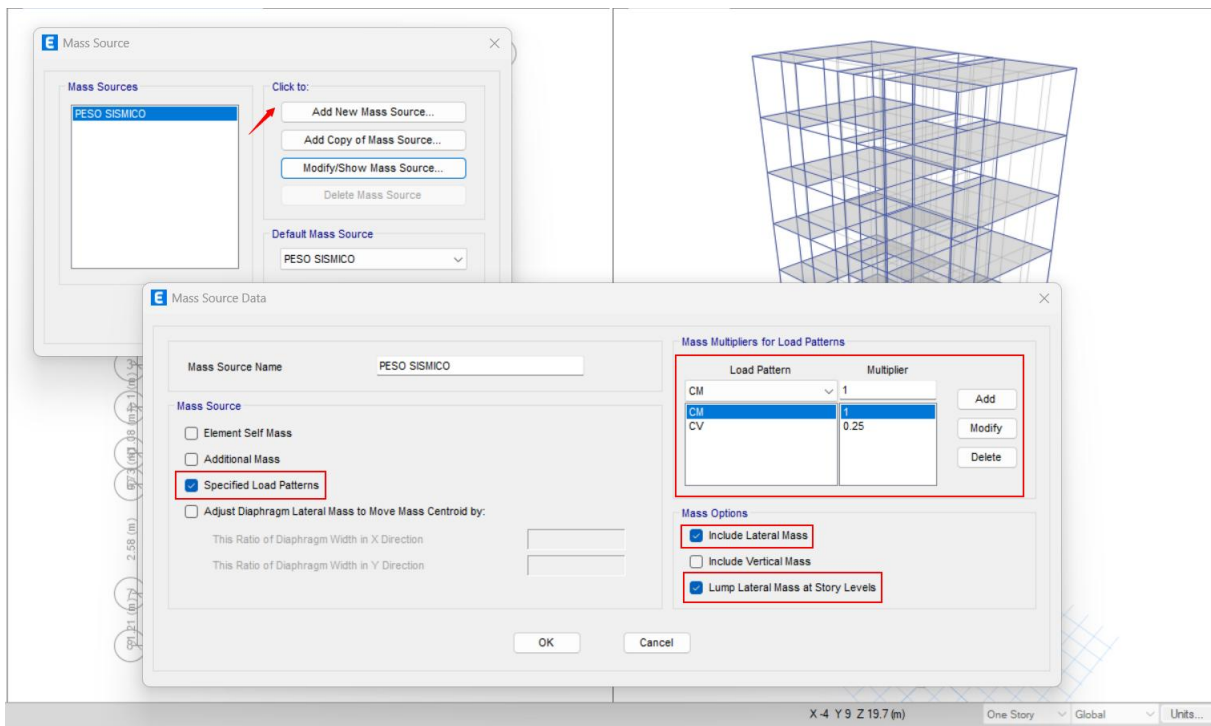
## 9. Asignación de diafragma rígido (Asign/Shell/Diaphragms)

Un diafragma rígido presenta la función de compatibilizar los desplazamientos en conjunto con otros elementos, los cuales lo harán todos a la vez y de igual forma. Ante las fuerzas sísmicas que someten a la estructura, el diafragma rígido asignado a las losas se integra con las vigas y columnas aplicándose un desplazamiento global; es decir, el mismo en un extremo como en el otro.



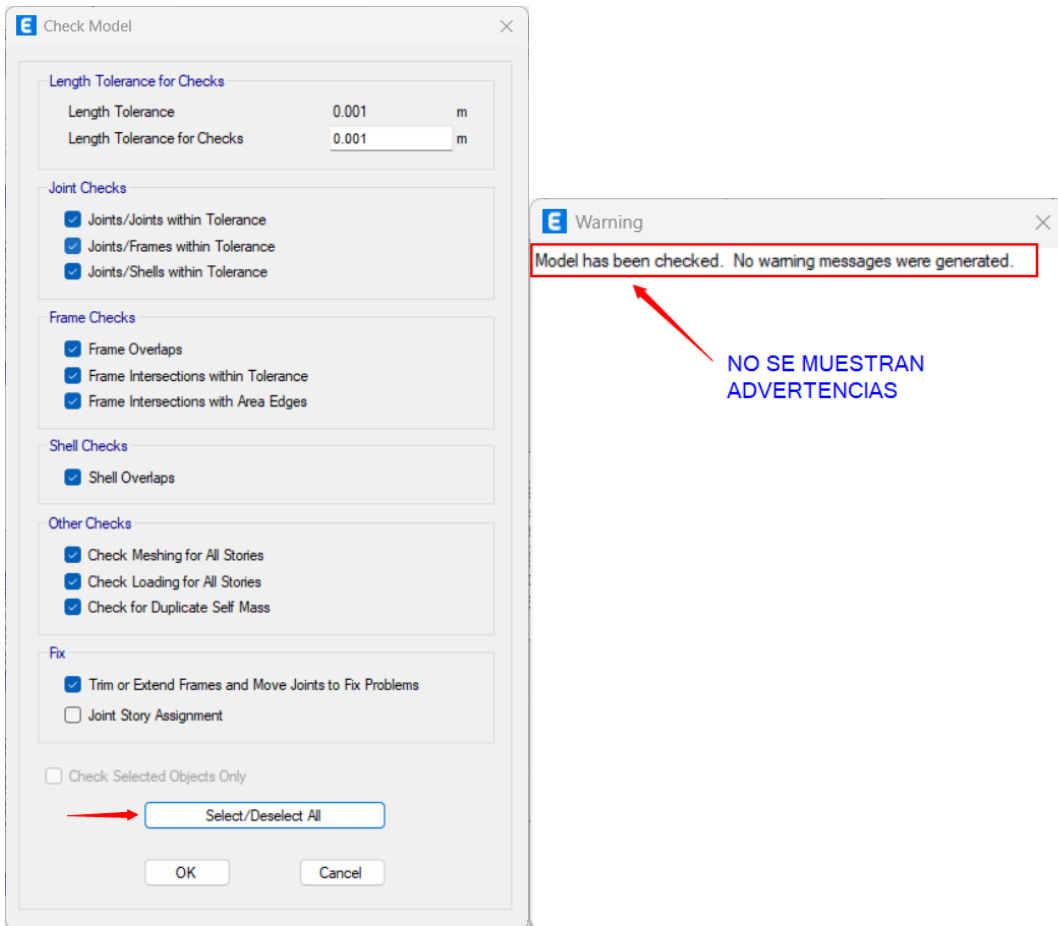
## 10. Estimación del peso sísmico (Define/Mass Source)

Según lo dicta la norma E.030, para determinar el peso sísmico de la estructura, se debe tomar el 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva para edificaciones de tipo “C”. Por lo general, el peso de la edificación se obtenía mediante un metrado de cargas manual; sin embargo, en la actualidad ese método es tedioso y se puede generar un mal cálculo, por lo que el ETABS es una herramienta practica para obtener el peso de la edificación según el modelado que se realice.



## 11. Revisión de modelo (Analyze/Check Model)

Culminado el modelado y antes de iniciar el análisis se debe revisar el modelo que se ha desarrollado, esta opción te permite revisar si todos los elementos join, frame y shells se encuentran correctamente dibujados y unidos entre si para una correcta transmisión de cargas.



## 12. Verificación de resultados adicionales

### 12.1. Periodo fundamental de vibración y masas participativas

**Modal Participating Mass Ratios**

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	RZ	SumRX
Modal	1	1.574	0.0046	0.7882	0	0.0046	0.7882	0.0372	0.177
Modal	2	1.451	0.805	0.0048	0	0.8096	0.793	0.0001	0.1781
Modal	3	1.162	0.0002	0.0335	0	0.8098	0.8265	0.7887	0.1872
Modal	4	0.482	3.412E-05	0.0954	0	0.8099	0.9219	0.003	0.7349
Modal	5	0.417	0.1165	2.344E-05	0	0.9264	0.922	0.0004	0.735
Modal	6	0.355	0.0004	0.0051	0	0.9268	0.9271	0.0987	0.7596
Modal	7	0.26	0.0001	0.034	0	0.9268	0.9611	0.0014	0.8467
Modal	8	0.211	0.04	1.296E-06	0	0.9668	0.9611	9.936E-06	0.8467
Modal	9	0.189	0.0006	0.0021	0	0.9674	0.9631	0.0348	0.8525
Modal	10	0.179	0.0001	0.0179	0	0.9675	0.981	0.0007	0.9318
Modal	11	0.141	0.0173	2.444E-05	0	0.9847	0.9811	0.0002	0.9319
Modal	12	0.131	1.177E-05	0.0075	0	0.9848	0.9885	0.0002	0.9541
Modal	13	0.127	3.799E-06	0.0008	0	0.9848	0.9893	0.0181	0.9574
Modal	14	0.101	0.005	0.0007	0	0.9898	0.99	1.316E-05	0.9604
Modal	15	0.1	0.0012	0.0033	0	0.991	0.9933	0.0001	0.9744

Record: << < 1 > >> of 39

Add Tables... Done

En una estructura regular por lo general el periodo fundamental de vibración se obtiene en los tres primeros modos, son estos de mayor importancia; los dos primeros modos son de traslación de X, Y y el tercer modo es rotacional en Z. Para obtener el periodo fundamental se debe observar en que dirección se toma la mayor masa participativa.

El primer modo de vibración es de traslación en “Y” porque presenta una masa participativa en esa dirección de 78.82%, con un periodo de vibración de 1.574. El segundo modo de vibración es de traslación en “X” porque presenta una masa participativa en esa dirección de 80.50%, con un periodo de vibración de 1.451. El tercer modo de vibración es de rotación en “Z” porque presenta una masa participativa en esa dirección de 78.87%, con un periodo de vibración de 1.162.

## 12.2. Modos de vibración y masas participativas

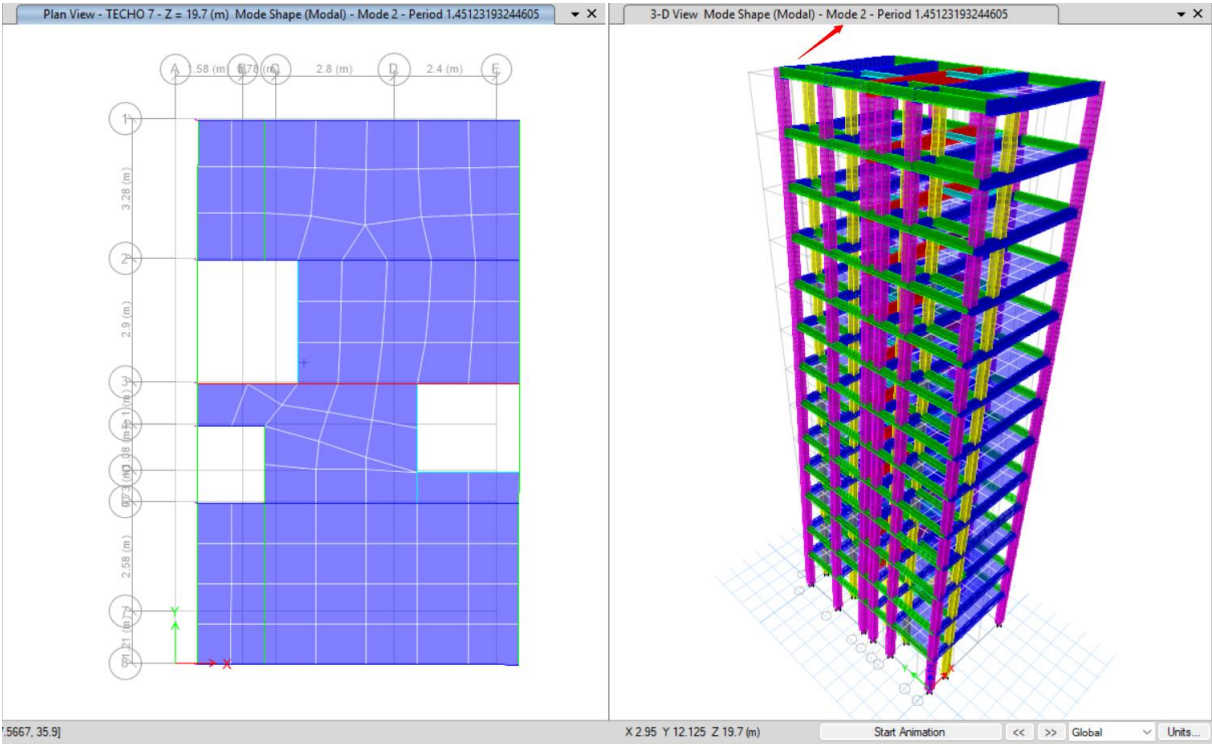
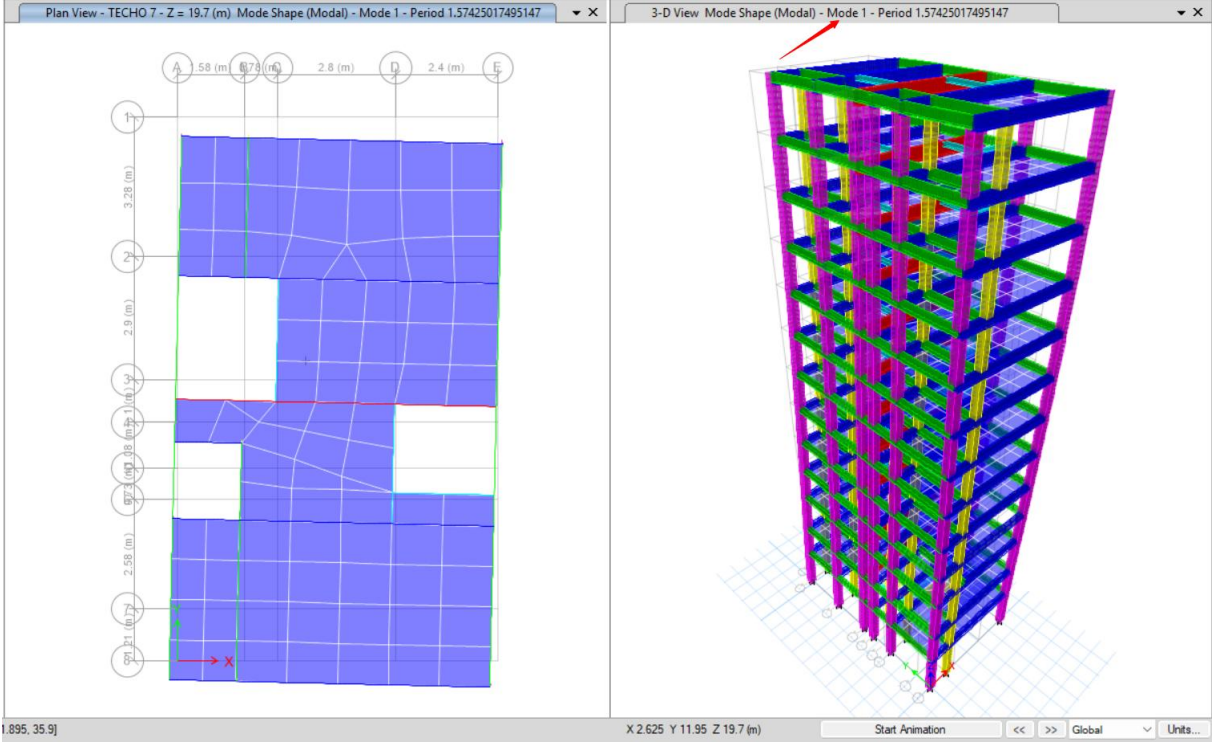
En cada diafragma rígido se presenta tres grados de libertad, por lo que una convención para los modos de vibración en la edificación es definir 3 modos por piso y tener 3 modos como mínimo según lo estipula la norma E.030. La edificación es de 13 pisos, por lo tanto, se debe asignar 39 modos de vibración para el análisis.

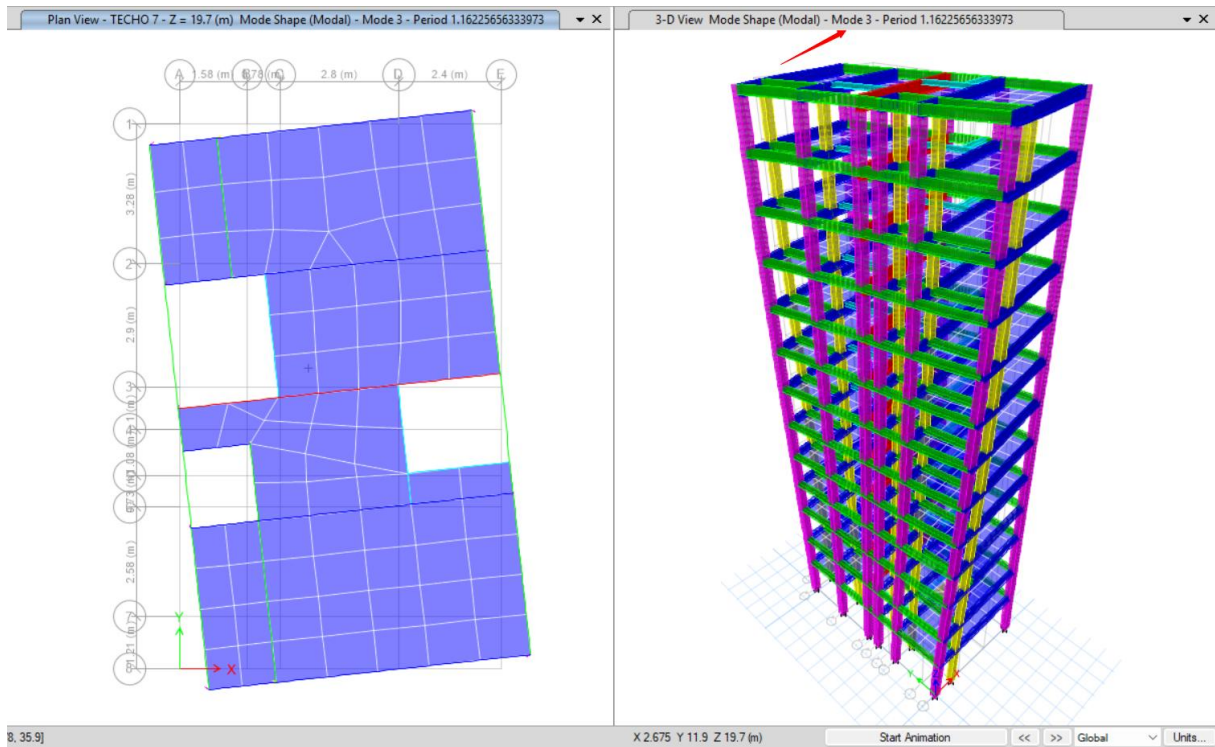
The image shows a software dialog box titled "Load Case Data". It contains several sections for configuring analysis parameters:

- General:** Load Case Name: Modal; Load Case Type/Subtype: Modal (Eigen); Mass Source: PESO SISMICO (indicated by a red arrow); Analysis Model: Default.
- P-Delta/Nonlinear Stiffness:** Use Preset P-Delta Settings: None; Use Nonlinear Case: (Loads at End of Case NOT Included).
- Loads Applied:** Advanced Load Data Does NOT Exist; Advanced: (unchecked).
- Other Parameters:** Maximum Number of Modes: 39; Minimum Number of Modes: 3; Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec; Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec; Convergence Tolerance: 1E-09; Allow Auto Frequency Shifting: (checked).

Buttons for "Design...", "Notes...", "Modify/Show...", "Advanced", "OK", and "Cancel" are present.

Se presenta a continuación en las imágenes, como se comporta la estructura en cada uno de sus tres primeros modos de vibración.





En las pestañas de SumUX, SumUY y SumUZ son los acumulados de las masas participativas, por lo que se debe observar en qué modo alcanza lo requerido por la norma: Se debe obtener como mínimo el 90% de las masas participativas en X y Y de la estructura.

Modal Participating Mass Ratios

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	1.574	0.0046	0.7882	0	0.0046	0.7882	0	0.177
Modal	2	1.451	0.805	0.0048	0	0.8096	0.793	0	0.0011
Modal	3	1.162	0.0002	0.0335	0	0.8098	0.8265	0	0.009
Modal	4	0.482	3.412E-05	0.0954	0	0.8099	0.9219	0	0.5477
Modal	5	0.417	0.1165	2.344E-05	0	0.9264	0.922	0	0.0001
Modal	6	0.355	0.0004	0.0051	0	0.9268	0.9271	0	0.0246
Modal	7	0.26	0.0001	0.034	0	0.9268	0.9611	0	0.0871
Modal	8	0.211	0.04	1.296E-06	0	0.9668	0.9611	0	1.123E-05
Modal	9	0.189	0.0006	0.0021	0	0.9674	0.9631	0	0.0058
Modal	10	0.179	0.0001	0.0179	0	0.9675	0.981	0	0.0793
Modal	11	0.141	0.0173	2.444E-05	0	0.9847	0.9811	0	0.0001
Modal	12	0.131	1.177E-05	0.0075	0	0.9848	0.9885	0	0.0223
Modal	13	0.127	3.799E-06	0.0008	0	0.9848	0.9893	0	0.0033
Modal	14	0.101	0.005	0.0007	0	0.9898	0.99	0	0.003
Modal	15	0.1	0.0012	0.0033	0	0.991	0.9933	0	0.014

Record: 1 of 39

Se observa que en el modo 5 alcanza lo exigido por la norma, por lo que solo sería necesario obtener los resultados del análisis sísmico con los cinco primeros modos de vibración mediante la combinación modal.

### 12.3. Cortante basal estática

Los parámetros utilizados en el análisis sísmico estático para el cálculo de la cortante basal se muestran a continuación.

Parámetro		Símbolo	Valor		Observación
			X	Y	
Factor de zona		Z	0.25	0.25	Chota
Factor de uso		U	1.00	1.00	C
Factor de suelo		S	1.20	1.20	S2
Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas		Ro	8	8	Aporticado
Irregularidad estructural	Altura	Ia	1.00	1.00	No hay irregularidad
	Planta	Ip	1.00	1.00	No hay irregularidad
Gravedad		g	9.81 m/s <sup>2</sup>	9.81 m/s <sup>2</sup>	
Periodo de la zona de espectro		TL	2	2	
Periodo de espectro		TP	0.6	0.6	
Periodo fundamental		T	1.451	1.574	
Coeficiente para evaluar el periodo		CT	35	35	
Periodo empírico		T <sub>empírico</sub>	# niveles/10	# niveles/10	E.030
Elevación		Hn	35.90	35.90	Desde el nivel +0.000

Para calcular la cortante basal estática se aplicó la fórmula descrita.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Se determinó el peso sísmico de la estructura para reemplazar en la fórmula.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m
TECHO 13	PESO SISMICO	Combination		Bottom	86.9801	0	0	0	554.4487
TECHO 12	PESO SISMICO	Combination		Bottom	199.7401	0	0	0	1274.1688
TECHO 11	PESO SISMICO	Combination		Bottom	312.5	0	0	0	1993.889
TECHO 10	PESO SISMICO	Combination		Bottom	425.26	0	0	0	2713.6091
TECHO 9	PESO SISMICO	Combination		Bottom	538.0199	0	0	0	3433.3292
TECHO 8	PESO SISMICO	Combination		Bottom	650.7799	0	0	0	4153.0493
TECHO 7	PESO SISMICO	Combination		Bottom	763.5398	0	0	0	4872.7694
TECHO 6	PESO SISMICO	Combination		Bottom	876.2997	0	0	0	5592.4895
TECHO 5	PESO SISMICO	Combination		Bottom	985.9784	0	0	0	6292.1347
TECHO 4	PESO SISMICO	Combination		Bottom	1045.2463	0	0	0	6752.1808
TECHO 3	PESO SISMICO	Combination		Bottom	1149.946	0	0	0	7414.2949
TECHO 2	PESO SISMICO	Combination		Bottom	1258.8456	0	0	0	8141.8471
TECHO 1	PESO SISMICO	Combination		Bottom	1338.6643	0	0	0	8578.5702

PESO SISMICO DE LA ESTRUCTURA

Posteriormente, se encontró el valor de amplificación sísmica de acuerdo a los periodos fundamentales encontrados en cada dirección.

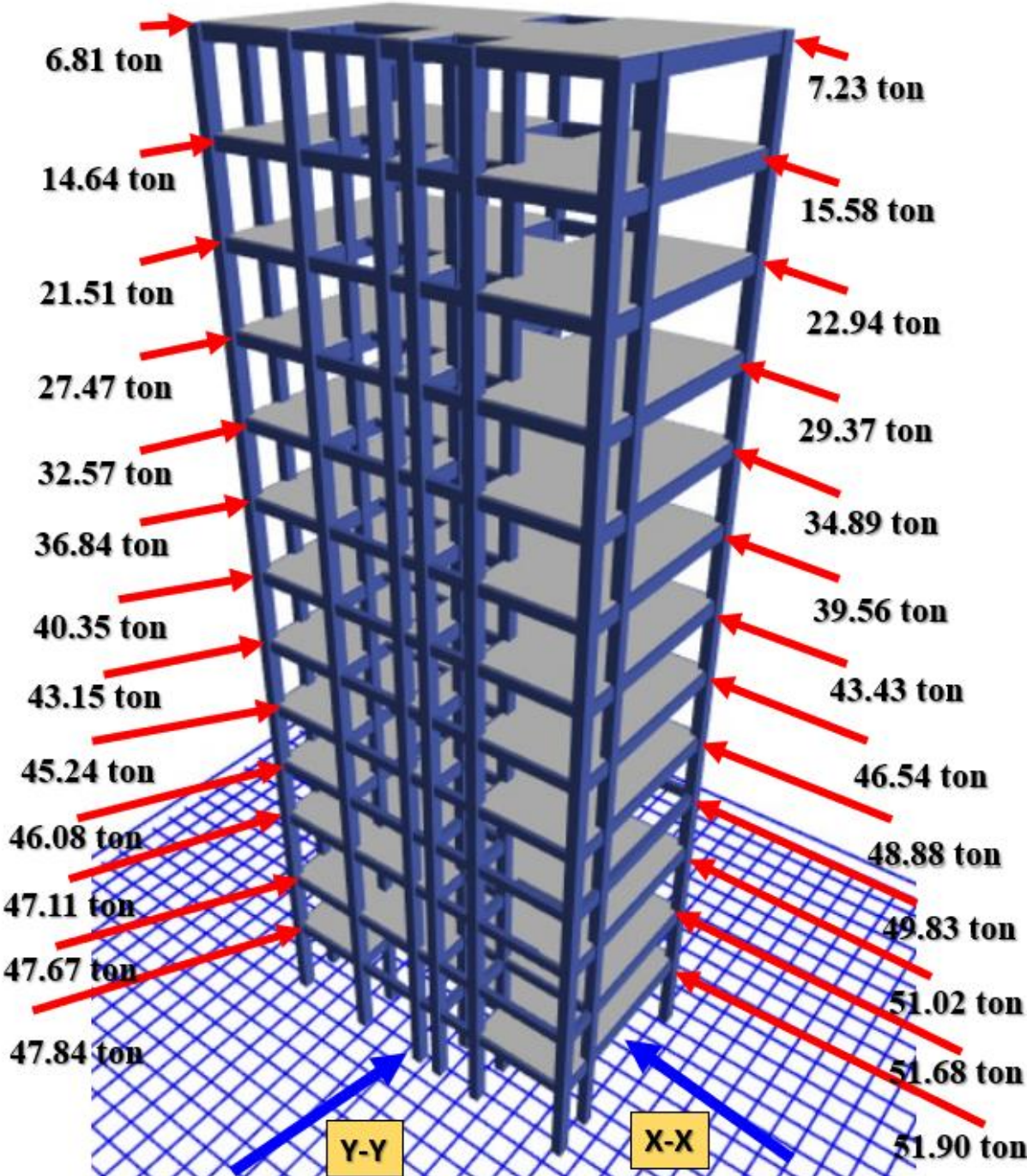
$$\begin{aligned}
 T < T_P & \quad C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L & \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L & \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

Periodo (T)	Periodo de espectro (TP)	Periodo de la zona de espectro (TL)	Factor de ampliación sísmica (C)	C/R	Verificación E.030 ≥ 0.11
Tx=1.451 seg.	0.60	2.00	1.034	0.1293	Cumple
Ty=1.574 seg.	0.60	2.00	0.953	0.1191	Cumple

Se procedido al cálculo las cortantes basales en cada dirección de análisis.

$$\begin{aligned}
 V_x &= \frac{0.25 * 1 * 1.034 * 1.20}{8} * 1338.66 = 51.90 \text{ ton} \\
 V_y &= \frac{0.25 * 1 * 0.953 * 1.20}{8} * 1338.66 = 47.84 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Es importante conocer de que manera las fuerzas cortantes estaticas se distribuyen a lo largo de la estructura, en la imagen presentada se observa la distribución de estas en cada uno de los niveles.



**Anexo E. Análisis sísmico dinámico según NTP E.030**

# ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICACIÓN CONVENCIONAL SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO: OBTENCIÓN DE DERIVAS INELÁSTICAS

## 1. Espectros de respuesta

### 1.1. Espectro de pseudoaceleraciones

Se procedió a realizar el análisis dinámico modal espectral el cual según la norma E.030 el espectro este definido por la siguiente ecuación:

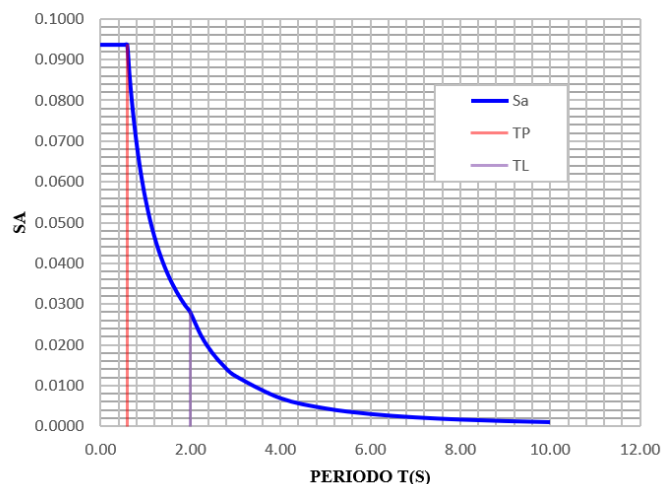
$$S_a (g) = \frac{ZUCS}{R} * g$$

Los valores Z, U, S y R se definieron anteriormente según las características de la edificación, el factor de amplificación sísmica “C” varía en función del periodo, mediante una hoja de Excel se realizó la gráfica de pseudoaceleraciones tomando distintos periodos para cada valor de “C”.

C	T	Sa	Sa (g)
2.50	0.00	0.0938	0.9197
2.50	0.02	0.0938	0.9197
2.50	0.04	0.0938	0.9197
2.50	0.06	0.0938	0.9197
2.50	0.08	0.0938	0.9197
2.50	0.10	0.0938	0.9197
2.50	0.12	0.0938	0.9197
2.50	0.14	0.0938	0.9197
2.50	0.16	0.0938	0.9197
2.50	0.18	0.0938	0.9197
2.50	0.20	0.0938	0.9197
2.50	0.25	0.0938	0.9197
2.50	0.30	0.0938	0.9197
2.50	0.35	0.0938	0.9197
2.50	0.40	0.0938	0.9197
2.50	0.45	0.0938	0.9197
2.50	0.50	0.0938	0.9197
2.50	0.55	0.0938	0.9197
2.50	0.60	0.0938	0.9197
2.31	0.65	0.0865	0.8489
2.14	0.70	0.0804	0.7883
2.00	0.75	0.0750	0.7358
1.88	0.80	0.0703	0.6898
1.76	0.85	0.0662	0.6492
1.67	0.90	0.0625	0.6131
1.58	0.95	0.0592	0.5809
1.50	1.00	0.0563	0.5518



**ESPECTRO DE PSEUDOACELERACIONES R=8**



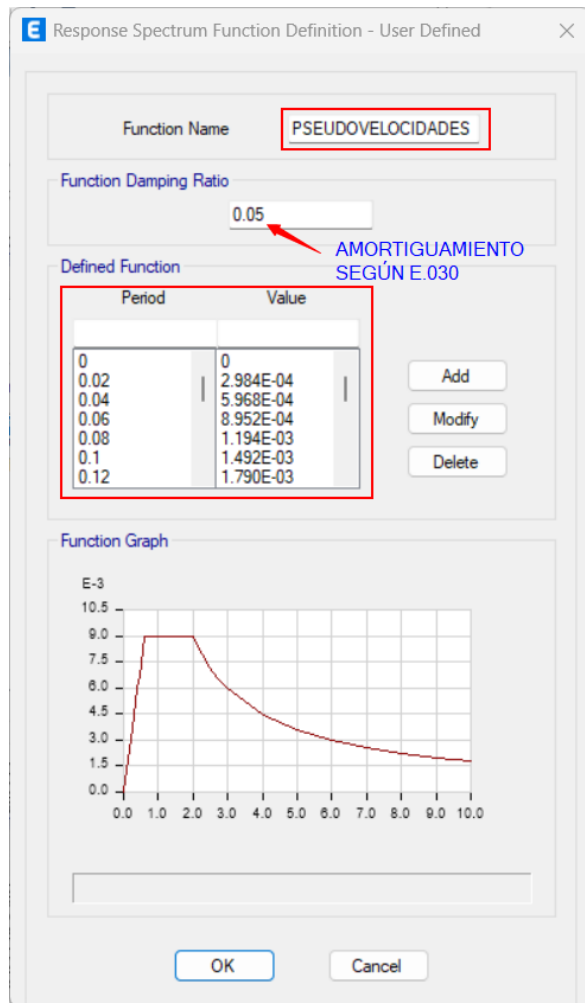
## 1.2. Espectro de pseudovelocidades

El espectro este definido por la siguiente ecuación:

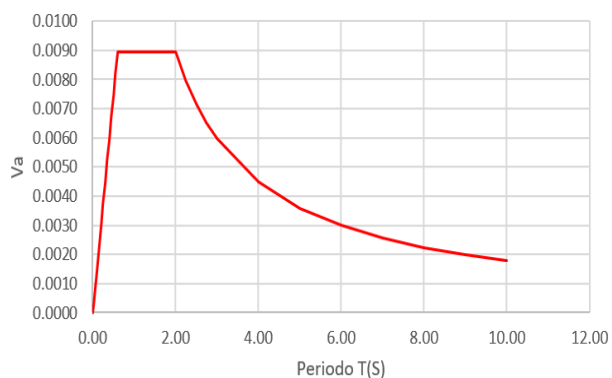
$$V_a = S_a \left( \frac{T}{2\pi} \right) = \left( \frac{ZUCST}{2\pi R} \right)$$

Mediante una hoja de Excel se realizó la gráfica de pseudovelocidades tomando distintos periodos para cada valor de “C”.

C	T	Sa	Va
2.50	0.00	0.0938	0.0000
2.50	0.02	0.0938	0.0003
2.50	0.04	0.0938	0.0006
2.50	0.06	0.0938	0.0009
2.50	0.08	0.0938	0.0012
2.50	0.10	0.0938	0.0015
2.50	0.12	0.0938	0.0018
2.50	0.14	0.0938	0.0021
2.50	0.16	0.0938	0.0024
2.50	0.18	0.0938	0.0027
2.50	0.20	0.0938	0.0030
2.50	0.25	0.0938	0.0037
2.50	0.30	0.0938	0.0045
2.50	0.35	0.0938	0.0052
2.50	0.40	0.0938	0.0060
2.50	0.45	0.0938	0.0067
2.50	0.50	0.0938	0.0075
2.50	0.55	0.0938	0.0082
2.50	0.60	0.0938	0.0090
2.31	0.65	0.0865	0.0090
2.14	0.70	0.0804	0.0090
2.00	0.75	0.0750	0.0090
1.88	0.80	0.0703	0.0090
1.76	0.85	0.0662	0.0090
1.67	0.90	0.0625	0.0090
1.58	0.95	0.0592	0.0090
1.50	1.00	0.0563	0.0090
1.36	1.10	0.0511	0.0090
1.25	1.20	0.0469	0.0090
1.15	1.30	0.0433	0.0090
1.07	1.40	0.0402	0.0090
1.00	1.50	0.0375	0.0090
0.94	1.60	0.0352	0.0090
0.88	1.70	0.0331	0.0090
0.83	1.80	0.0313	0.0090



ESPECTRO DE PSEUDOVELOCIDADES R=8



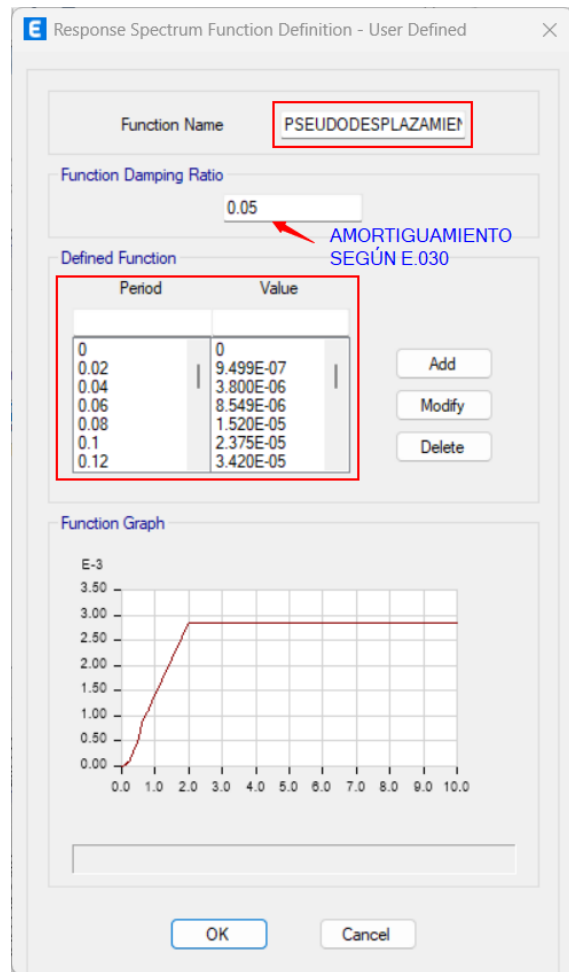
### 1.3. Espectro de pseudodesplazamientos

El espectro este definido por la siguiente ecuación:

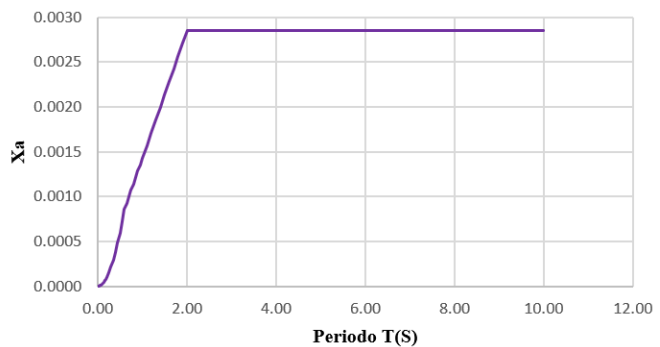
$$V_a = S_a \left( \frac{T^2}{4\pi^2} \right) = \left( \frac{ZUCST^2}{4\pi^2 R} \right)$$

Mediante una hoja de Excel se realizó la gráfica de pseudodesplazamientos tomando distintos periodos para cada valor de “C”.

C	T	Sa	Xa
2.50	0.00	0.0938	0.0000
2.50	0.02	0.0938	0.0000
2.50	0.04	0.0938	0.0000
2.50	0.06	0.0938	0.0000
2.50	0.08	0.0938	0.0000
2.50	0.10	0.0938	0.0000
2.50	0.12	0.0938	0.0000
2.50	0.14	0.0938	0.0000
2.50	0.16	0.0938	0.0001
2.50	0.18	0.0938	0.0001
2.50	0.20	0.0938	0.0001
2.50	0.25	0.0938	0.0001
2.50	0.30	0.0938	0.0002
2.50	0.35	0.0938	0.0003
2.50	0.40	0.0938	0.0004
2.50	0.45	0.0938	0.0005
2.50	0.50	0.0938	0.0006
2.50	0.55	0.0938	0.0007
2.50	0.60	0.0938	0.0009
2.31	0.65	0.0865	0.0009
2.14	0.70	0.0804	0.0010
2.00	0.75	0.0750	0.0011
1.88	0.80	0.0703	0.0011
1.76	0.85	0.0662	0.0012
1.67	0.90	0.0625	0.0013
1.58	0.95	0.0592	0.0014
1.50	1.00	0.0563	0.0014
1.36	1.10	0.0511	0.0016
1.25	1.20	0.0469	0.0017
1.15	1.30	0.0433	0.0019
1.07	1.40	0.0402	0.0020
1.00	1.50	0.0375	0.0021
0.94	1.60	0.0352	0.0023
0.88	1.70	0.0331	0.0024



ESPECTRO DE PSEUDODESPLAZAMIENTOS R=8

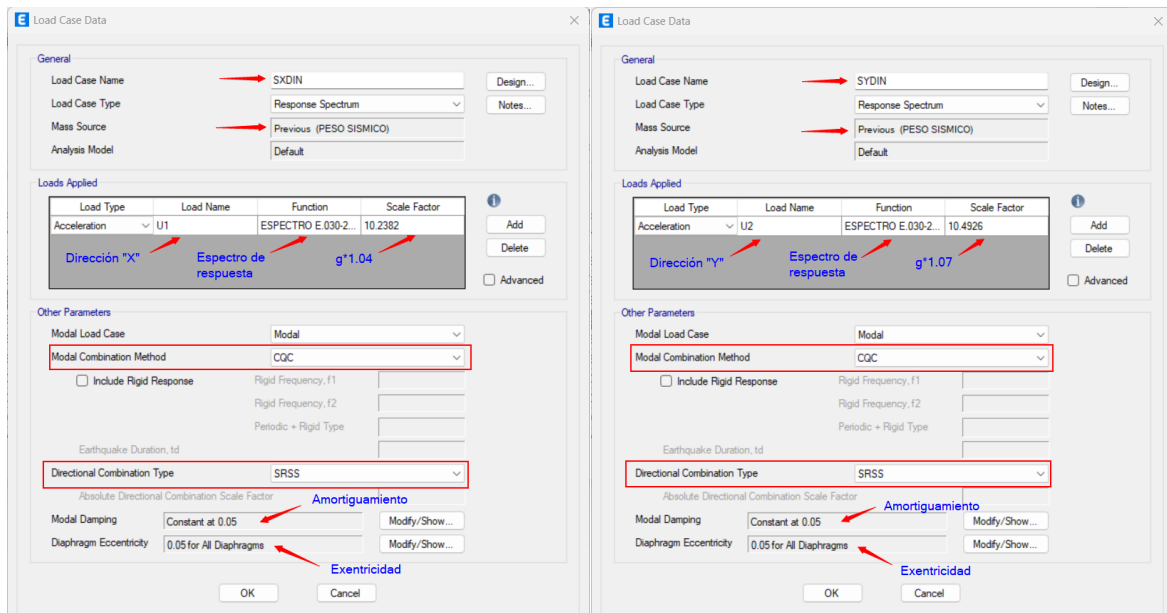


## 2. Casos de carga para sismo dinámico

En el apartado 4.1 se visualizó que la cortante basal dinámica no cumplía con lo dictado en la norma E.030, que se debe superar el 80% de la cortante estática es por eso que se tuvo que ampliar dicha cortante por un factor de escalamiento para superar el límite reglamentario.

Dirección	Cortante	F (Ton)	$V_{din} \geq 80\% V_{est}$	Verificación	Factor de escalamiento
X	Estática	51.90	76.63%	No cumple	1.04
X	Dinámica	39.77			
Y	Estática	47.84	74.77%	No cumple	1.07
Y	Dinámica	35.77			

Como se visualiza en la tabla no se supera el 80% de la cortante estática en las dos direcciones por ello se multiplicó por el factor de escala en ambas direcciones.



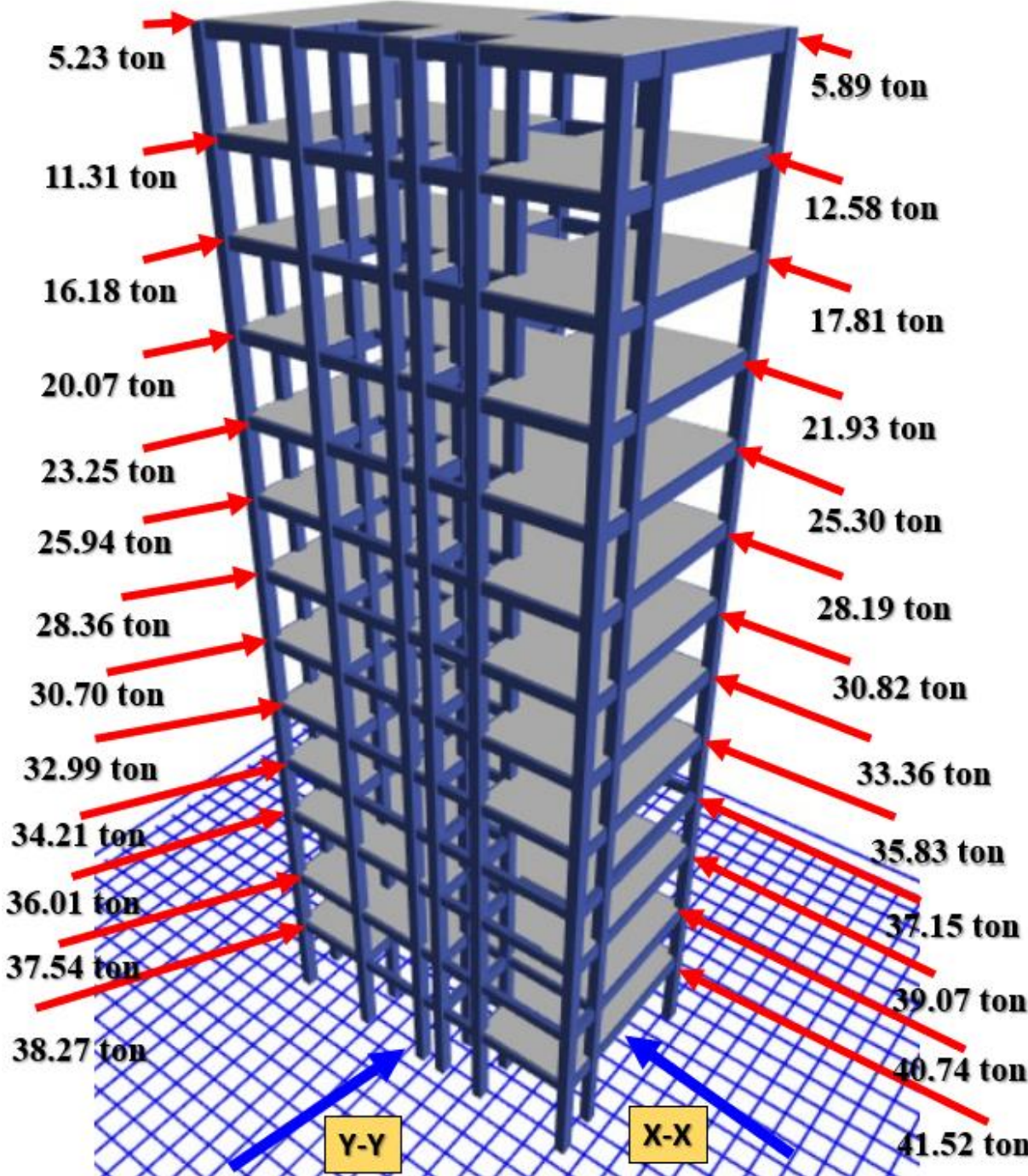
## 3. Verificación de resultados adicionales

### 3.1. Cortante basal dinámica

La cortante dinámica de diseño se obtuvo mediante el software ETABS.

	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m	X m
	SXDIN	LinRespSpec	Max	41.5205	2.561	0	62.4569	965.937	289.3131	0
	SYDIN	LinRespSpec	Max	2.6247	38.2681	0	887.7758	64.9927	181.936	0

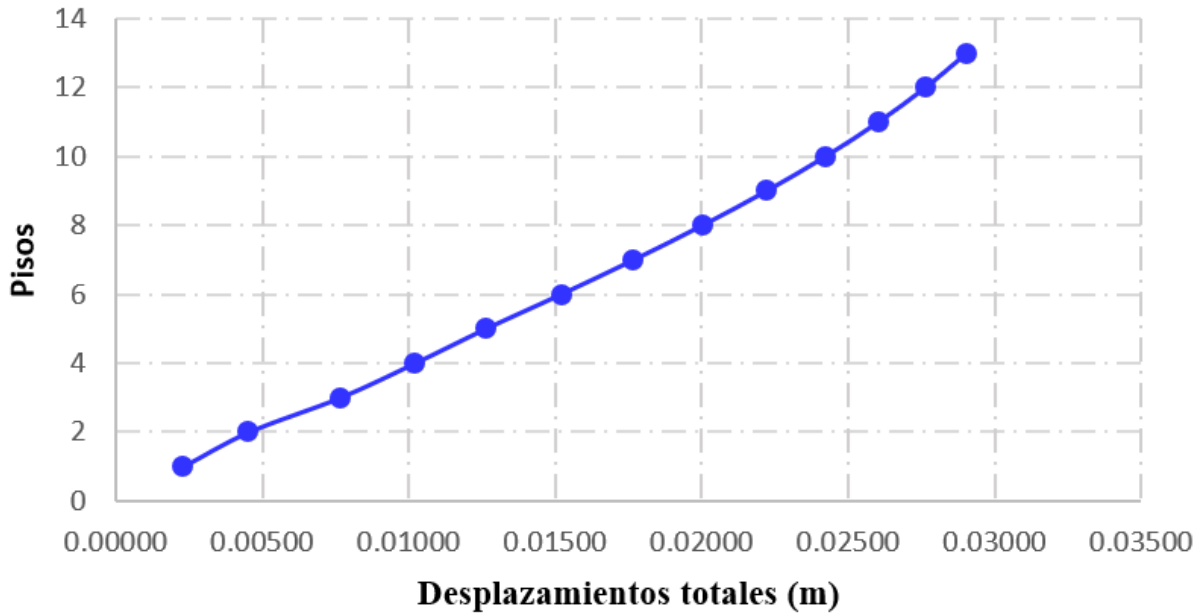
Es importante conocer de que manera las fuerzas cortantes dinámicas se distribuyen a lo largo de la estructura, en la imagen presentada se observa la distribución de estas en cada uno de los niveles.



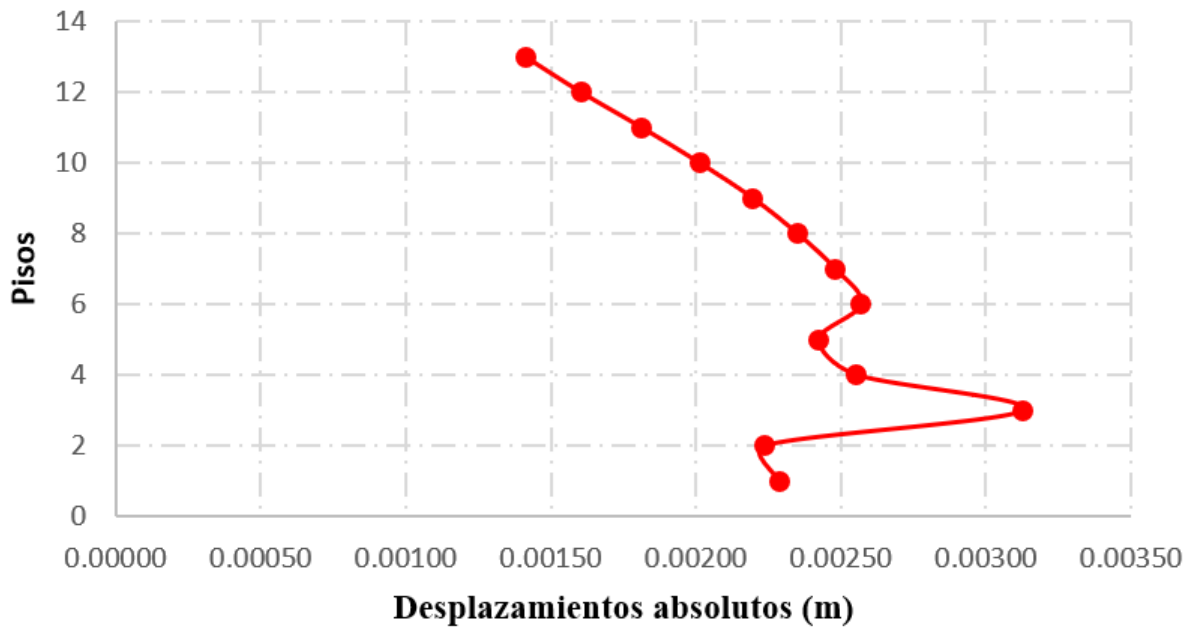
### 3.2. Desplazamientos totales y absolutos

Se muestra las gráficas de desplazamientos laterales totales y desplazamientos absolutos en la dirección "X".

#### Desplazamientos laterales totales en "X"

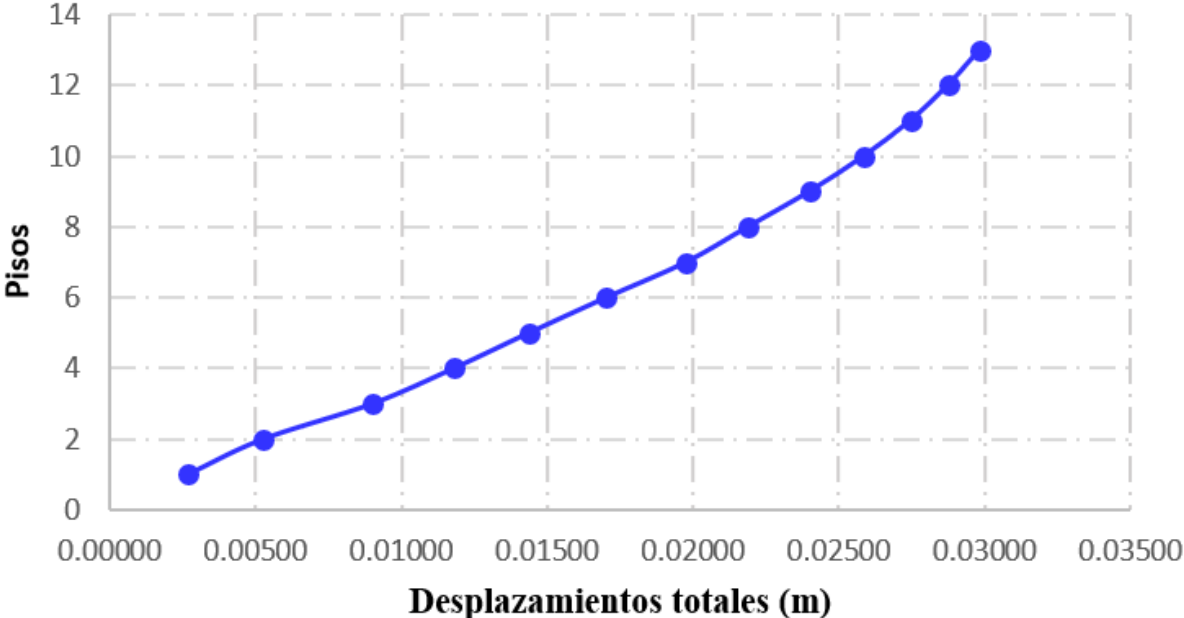


#### Desplazamientos absolutos en "X"

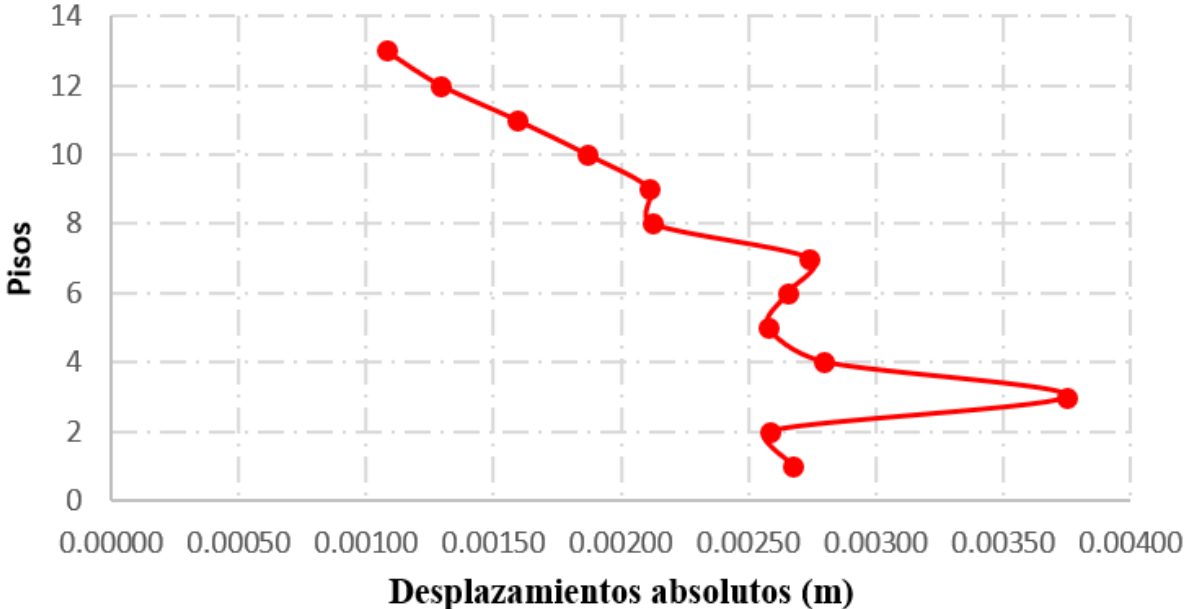


Se muestra las gráficas de desplazamientos laterales totales y desplazamientos absolutos en la dirección "Y".

**Desplazamientos laterales totales en "Y"**

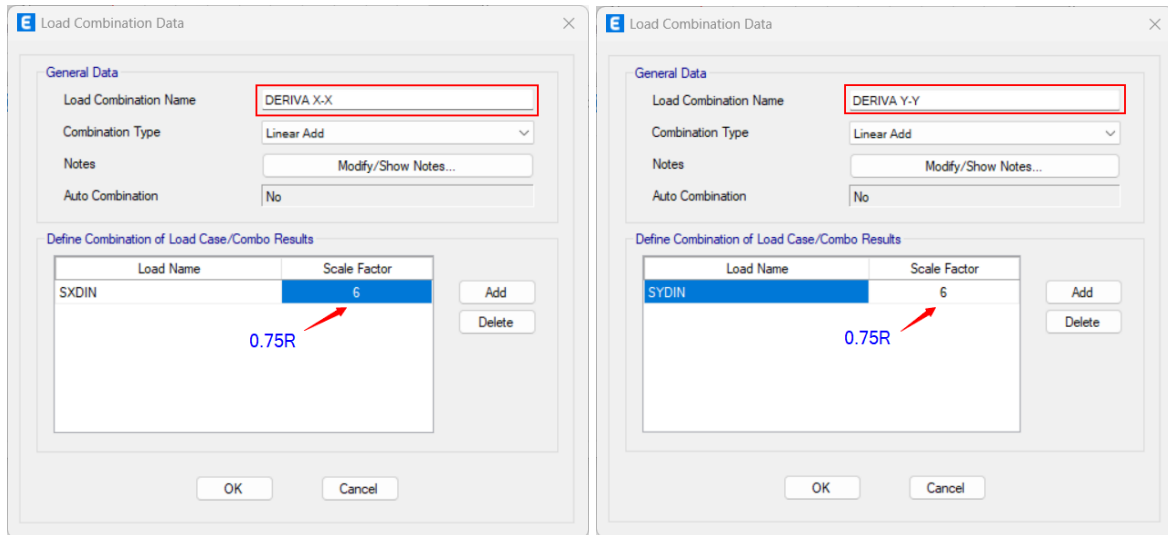


**Desplazamientos absolutos en "Y"**



### 3.3. Desplazamientos laterales relativos admisibles (derivadas)

Para encontrar los desplazamientos relativos de cada nivel, la norma indica que se debe multiplicar el factor de reducción de resistencia por un 75% debido a que las derivadas inelásticas no se reducen en la misma proporción de las fuerzas que se aplican y de esa manera verificar su cumplimiento con la normativa peruana vigente. Se definió la combinación de carga para encontrar estos resultados.



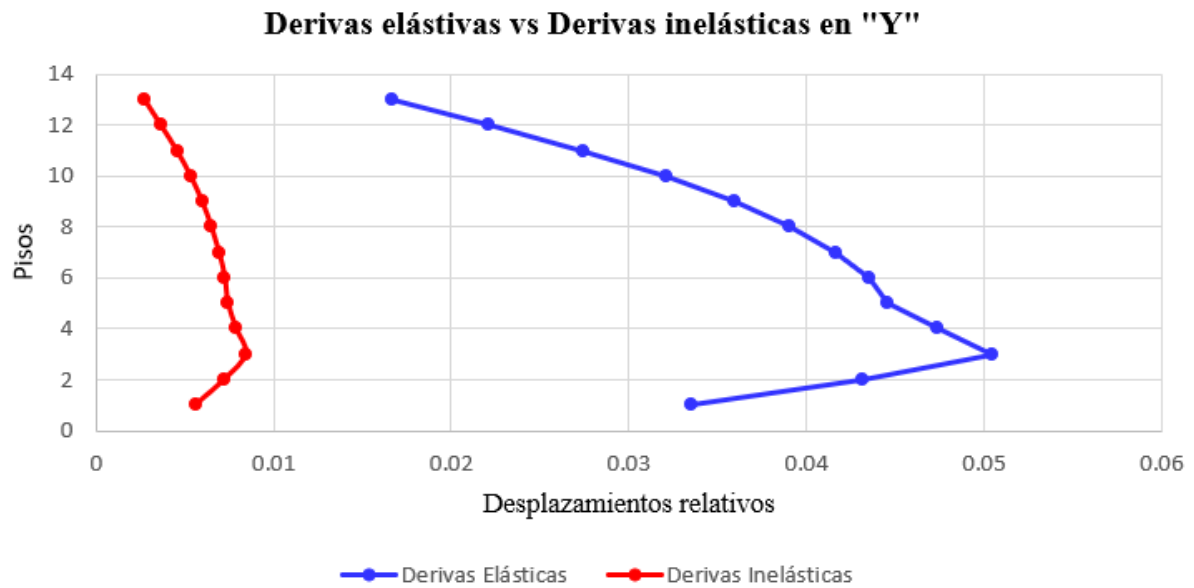
Cabe mencionar que para transformar una deriva inelástica a elástica se aplica la ecuación que se presenta a continuación:

$$\text{Deriva elástica} = 0.75R * \text{Deriva inelástica}$$

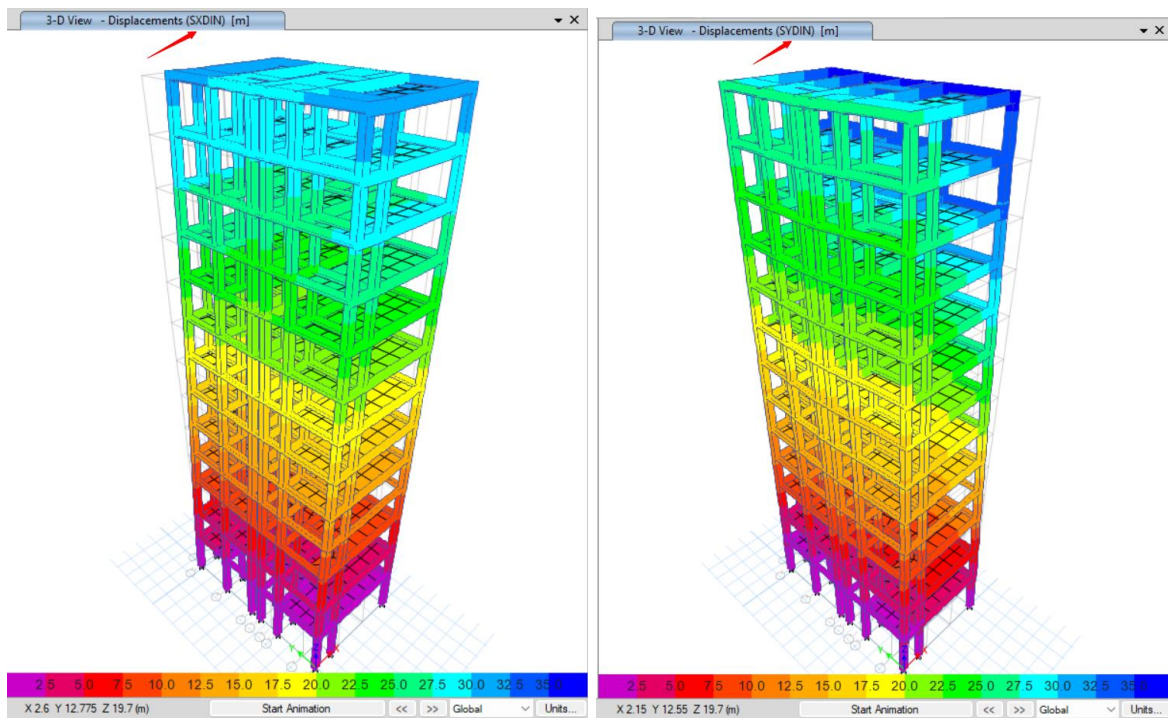
Se muestra las gráficas de derivadas inelásticas con derivadas elásticas en la dirección "X" por cada nivel.



Se muestra las gráficas de derivas inelásticas con derivas elásticas en la dirección "Y" por cada nivel.



Mediante las gráficas mostradas a continuación, se visualiza en que piso se encuentra los mayores desplazamientos.



Según las imágenes, los colores fríos (azul, verde) representan menores desplazamientos en la parte superior de la estructura y los colores cálidos (amarillo, rojo y morado) representan mayores desplazamientos especialmente en los niveles inferiores.

## **Anexo F. Análisis tiempo historia lineal**

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICACIÓN CONVENCIONAL CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO: ELECCIÓN DE DISMO DE DISEÑO

### 1. Obtención de acelerogramas reales

De acuerdo al código de cargas y códigos de diversos países, se deberán usar como mínimo 7 pares de registros sísmicos, de los cuales como resultado se tomará el promedio de ellos. Por otro lado, según la Norma E.030 menciona que es aceptable usar menos de 7 pero no menor de 3 pares de registros, para ello el resultado estará gobernado por el máximo de dichos registros.

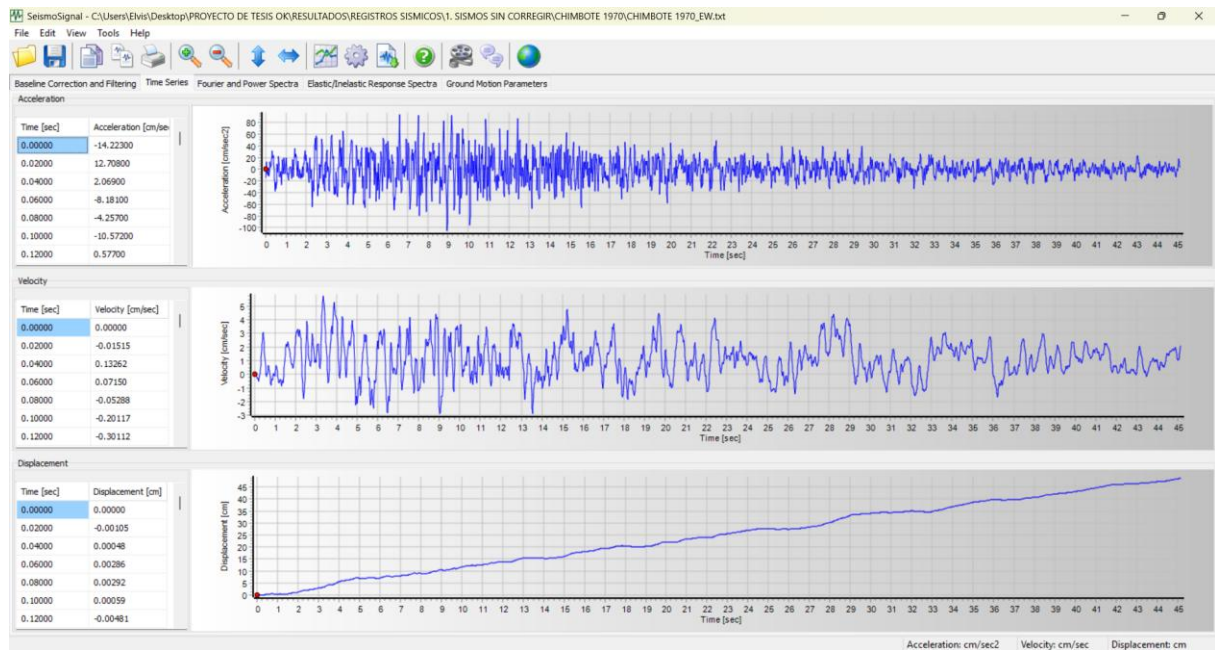
Los acelerogramas de terremotos ocurridos en el Perú se pueden descargar del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID – UNI). Los sismos empleados para la presente investigación son los que se describen en la siguiente tabla.

Año	Ubicación	Componentes	Duración (Seg)	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )	Profundidad focal (km)	Magnitud (mb)	Nº de muestras
1970	Chimbote	E-O	45.16	-104.80	64.00	6.6	2259
		N-S		-97.70			
2007	Ica	E-O	218.06	-272.20	40.00	7.9	21806
		N-S		334.10			
1966	Lima - Callao	E-O	197.64	-180.59	37.30	6.4	9882
		N-S		-269.34			
1974	Lima	E-O	97.96	-192.50	13.00	6.6	4899
		N-S		179.00			

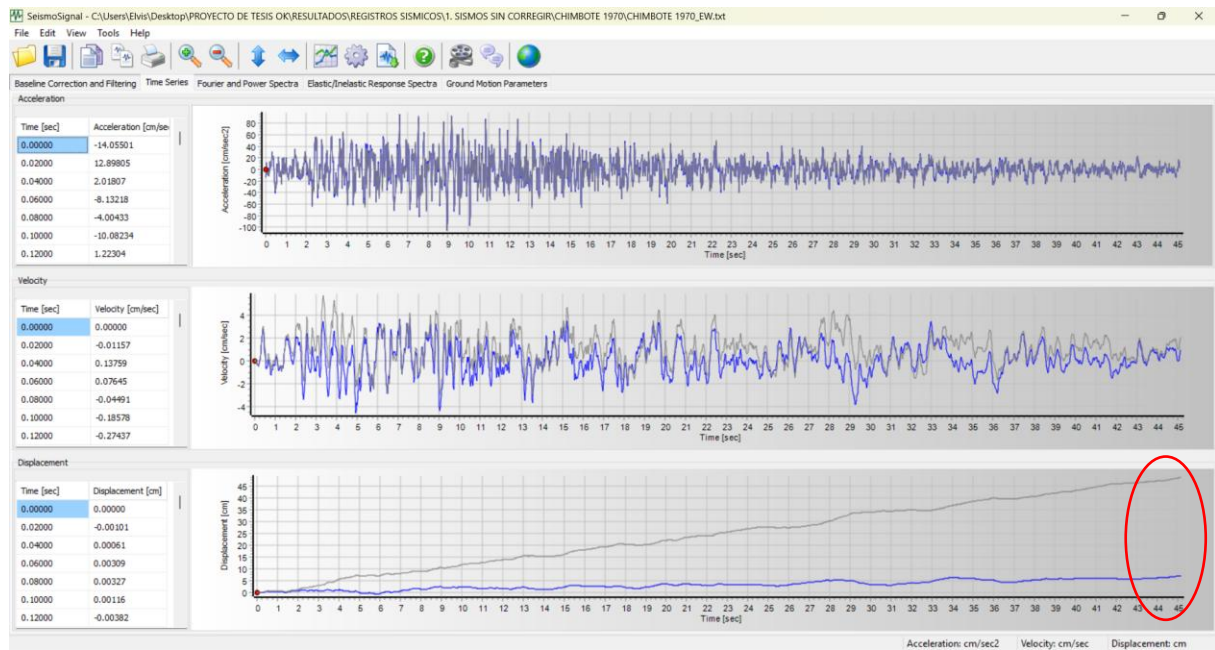
### 2. Corrección de línea base y filtrado de la señal (SeismoSignal V2024)

El proceso de corrección de línea base se utiliza para evitar la desviación de los acelerogramas respecto al eje, aplicando al acelegrograma una corrección punto a punto igual al promedio aritmético del registro. El filtrado de la señal es un proceso computacional empleado para remover componentes frecuenciales no deseados para una señal dada, el ruido de baja y alta frecuencia que se presenta en los sitios de registro, debido a factores como el paso de automóviles, ruido ambiental, etc.

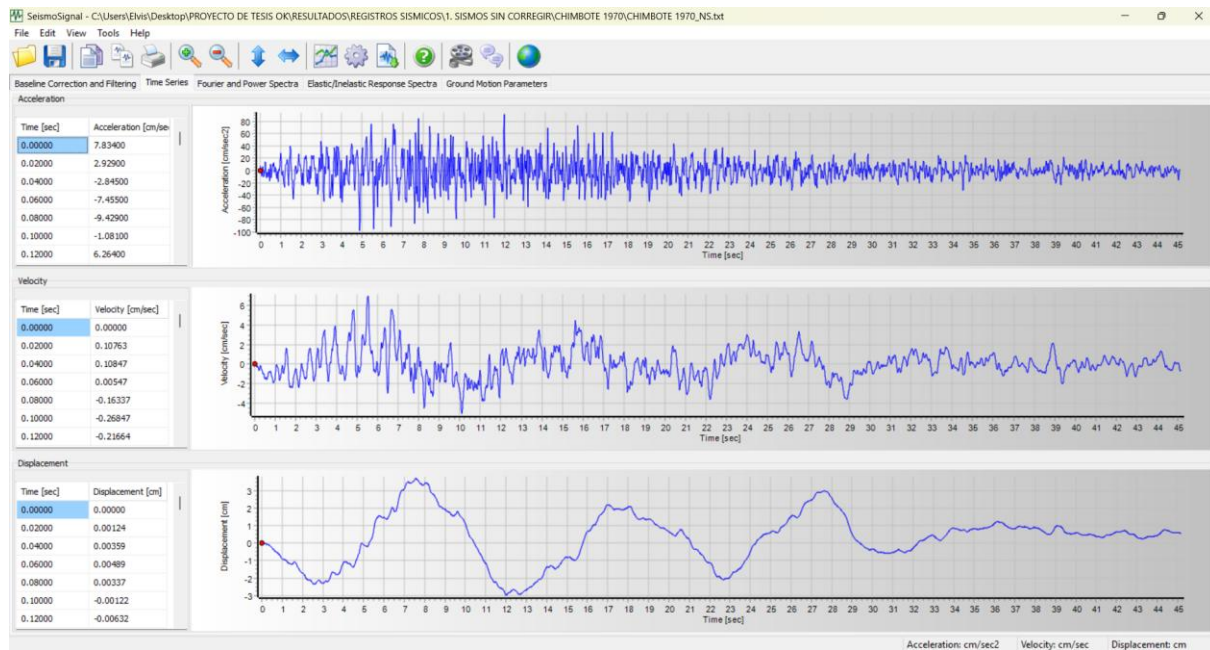
➤ Registro sísmico de Chimbote 1970 (E-O) sin corregir por línea base



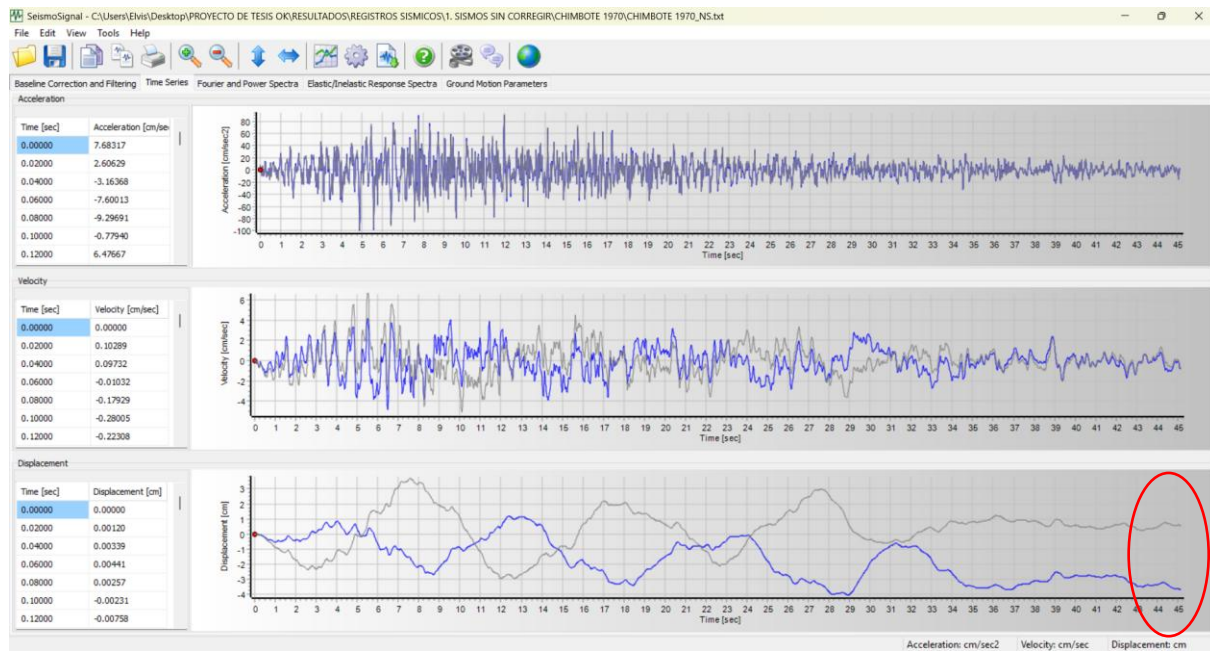
➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Chimbote 1970 (E-O)



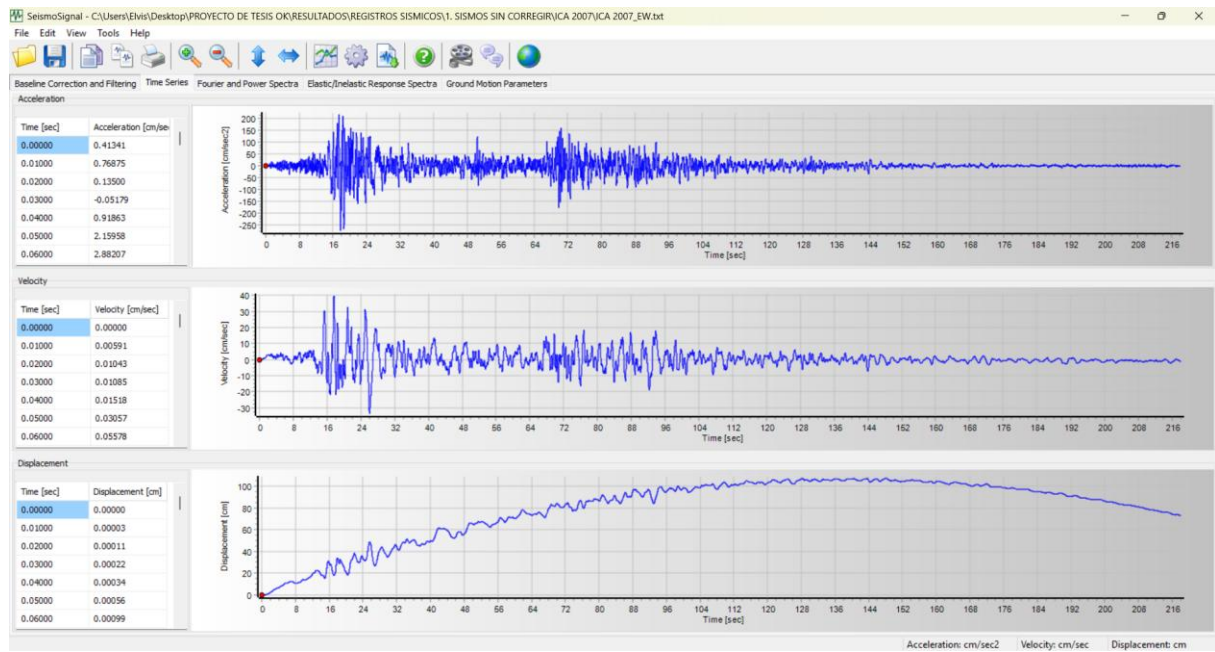
➤ Registro sísmico de Chimbote 1970 (N-S) sin corregir por línea base



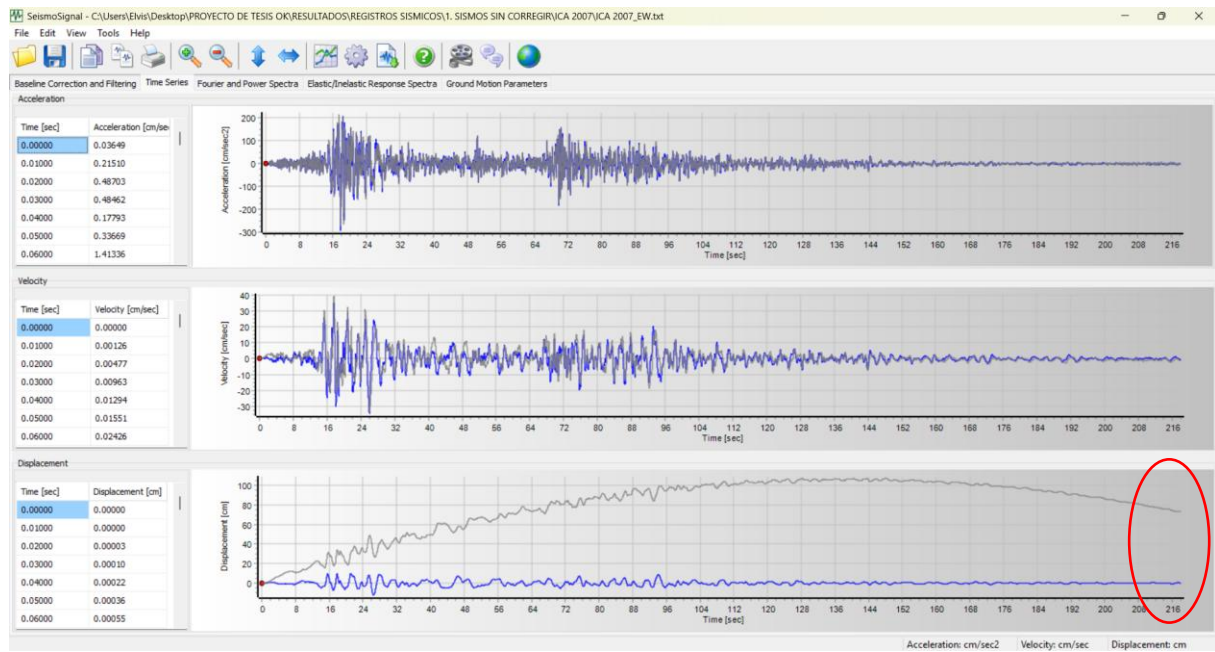
➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Chimbote 1970 (N-S)



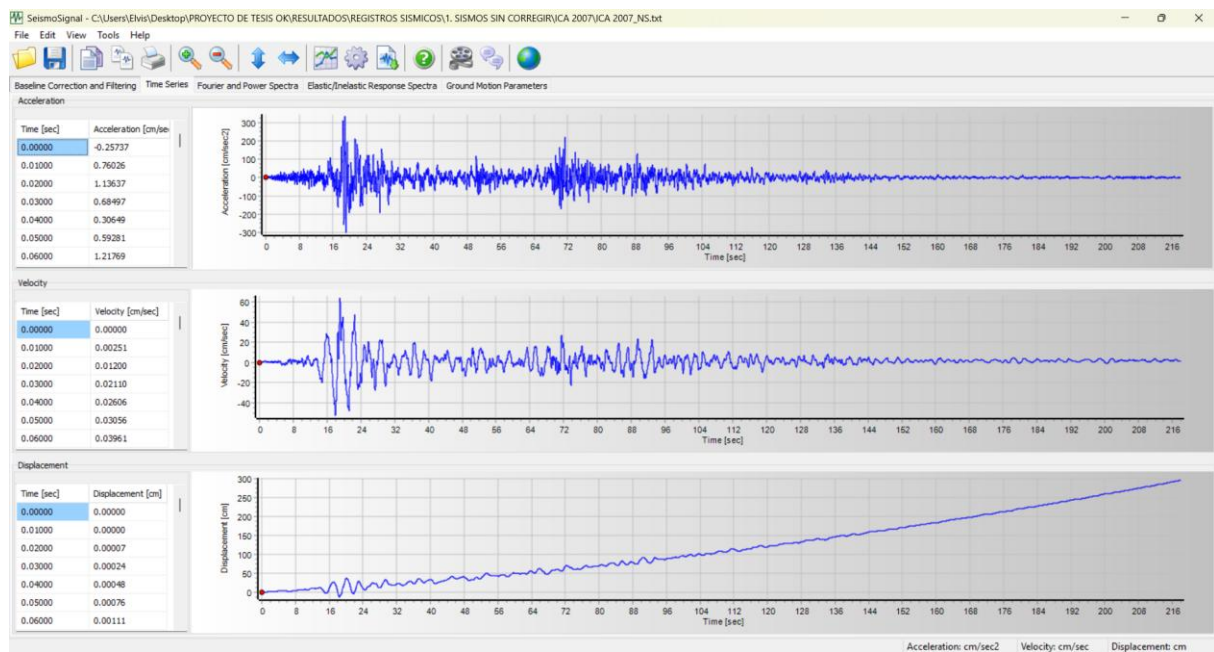
➤ Registro sísmico de Ica 2007 (E-O) sin corregir por línea base



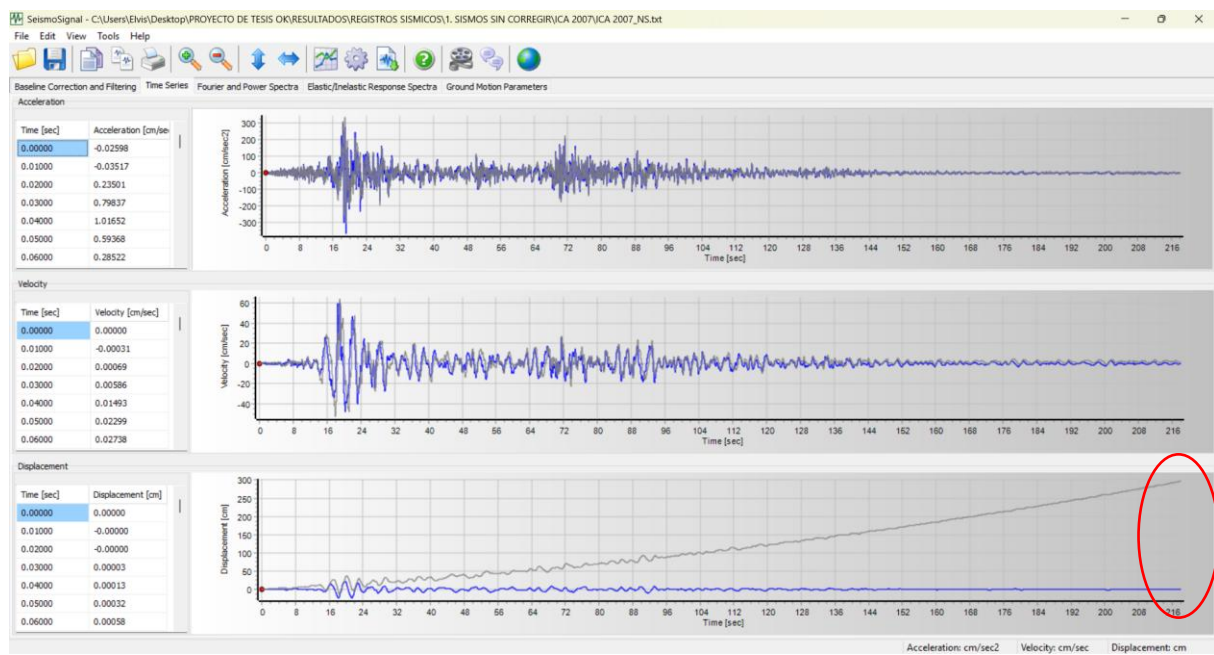
➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Ica 2007 (E-O)



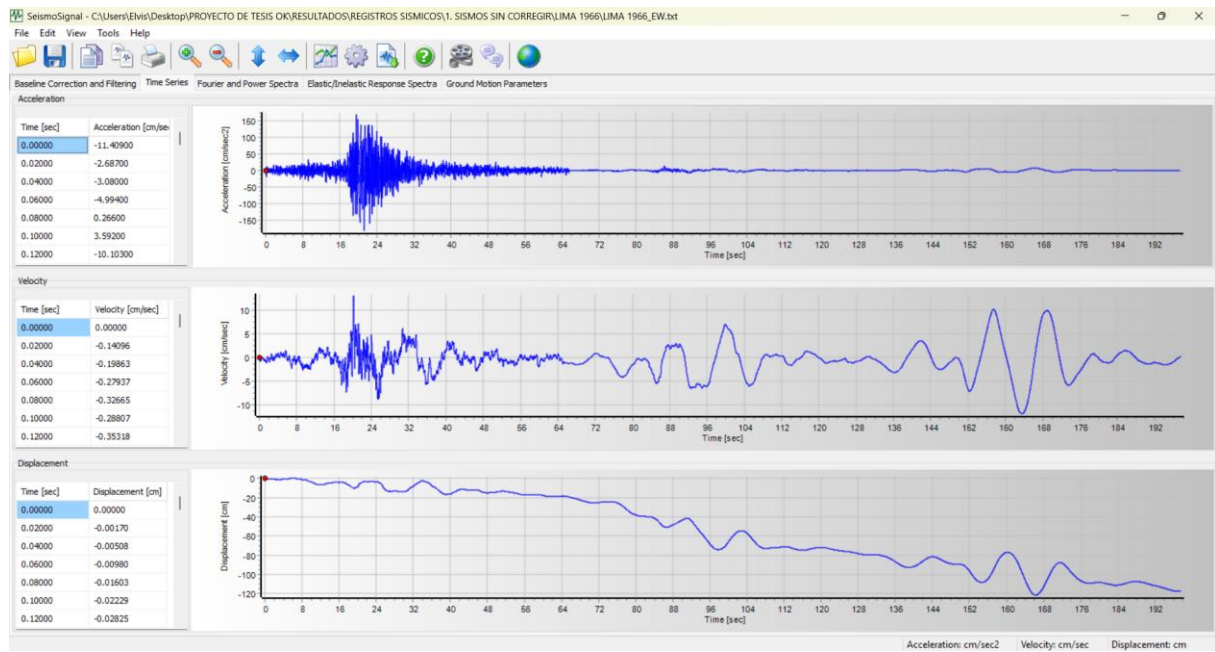
➤ Registro sísmico de Ica 2007 (N-S) sin corregir por línea base



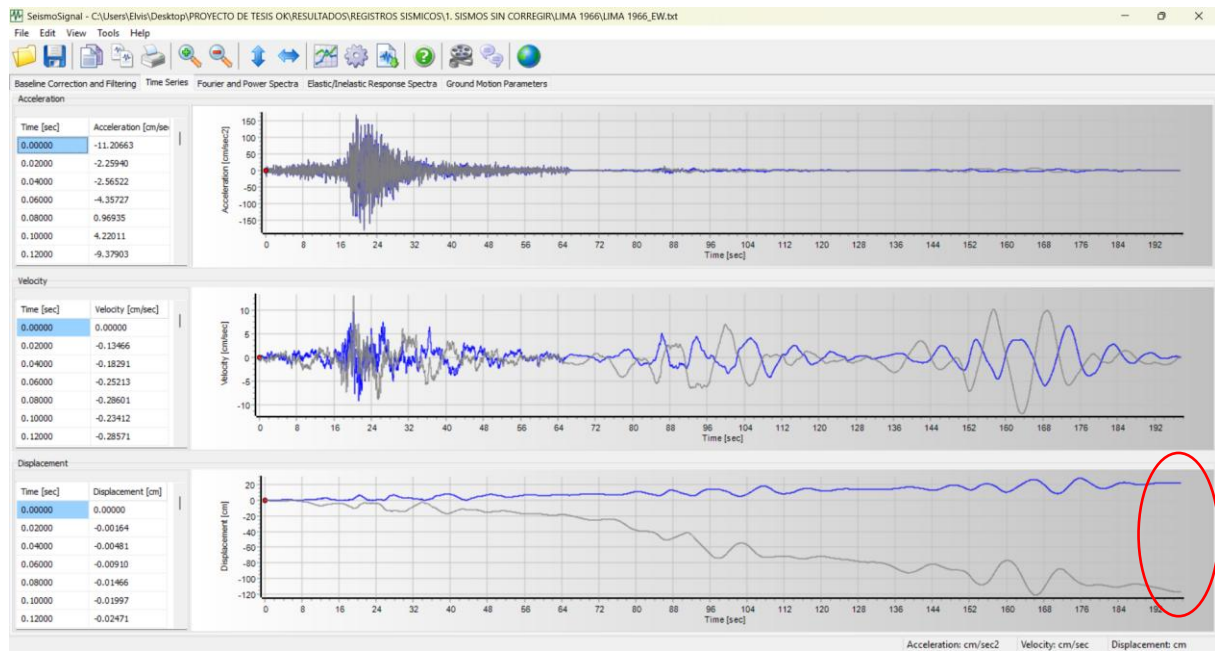
➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Ica 2007 (N-S)



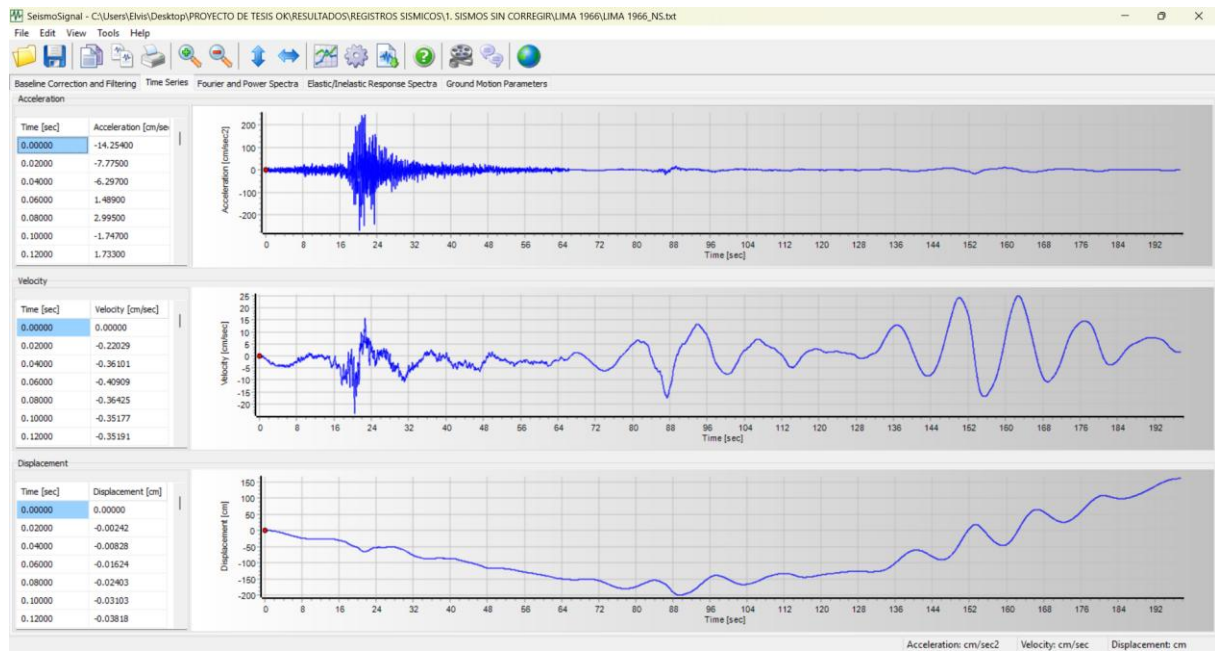
➤ Registro sísmico de Lima - Callao 1966 (E-O) sin corregir por línea base



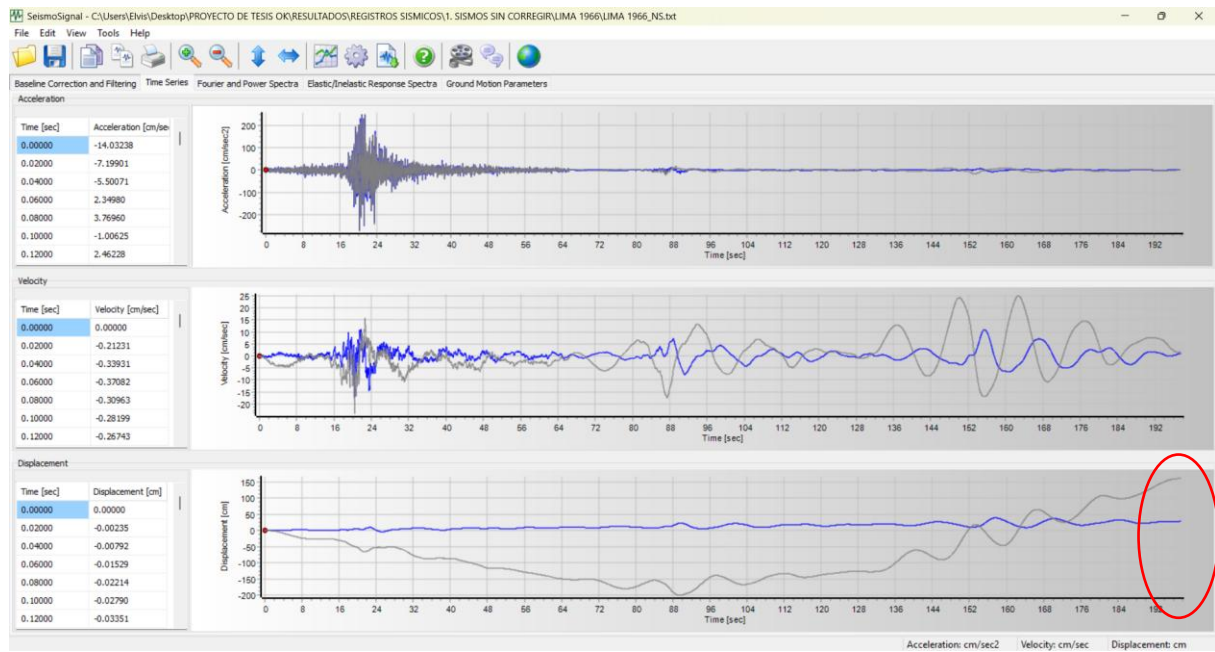
➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Lima - Callao 1966 (E-O)



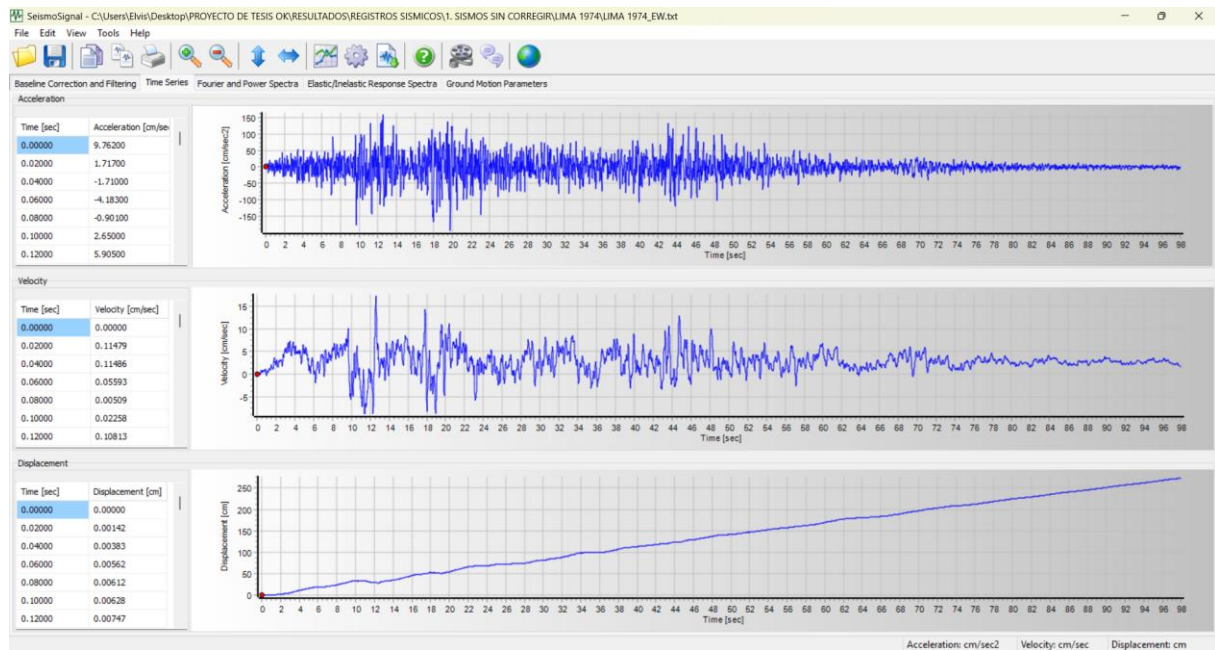
➤ Registro sísmico de Lima - Callao 1966 (N-S) sin corregir por línea base



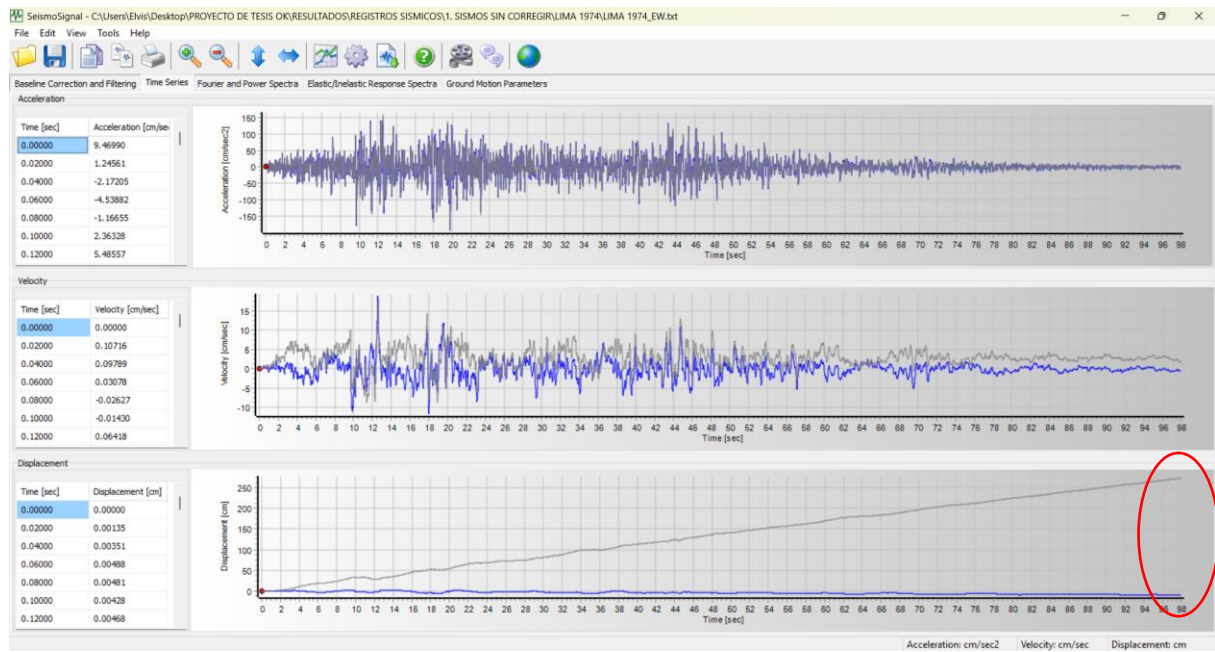
➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Lima - Callao 1966 (N-S)



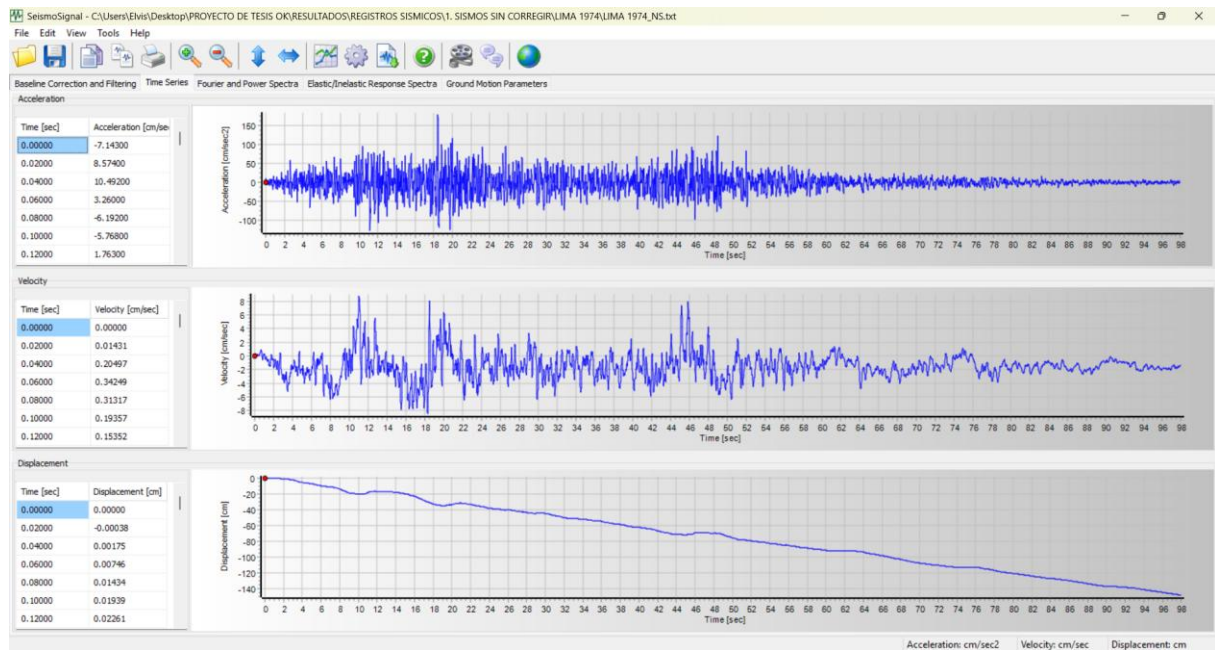
➤ Registro sísmico de Lima 1974 (E-O) sin corregir por línea base



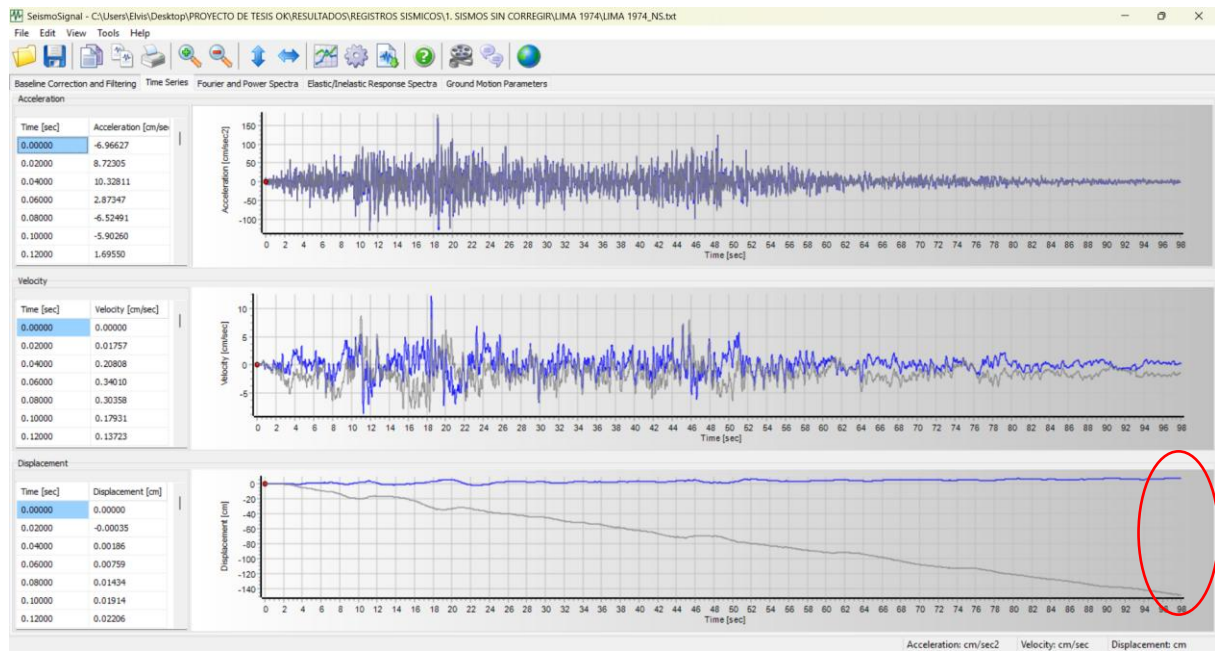
➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Lima 1974 (E-O)



➤ Registro sísmico de Lima 1974 (N-S) sin corregir por línea base

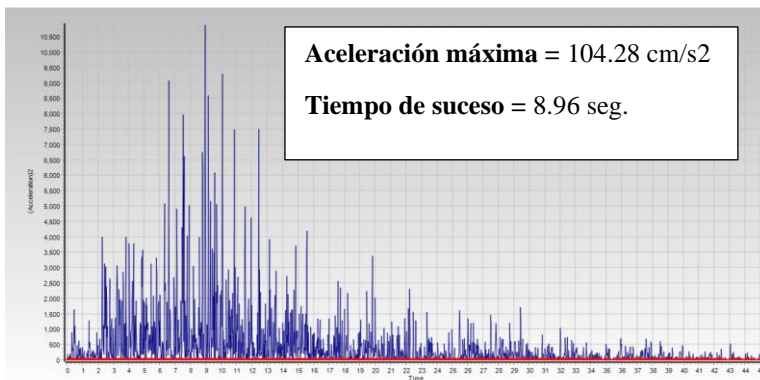
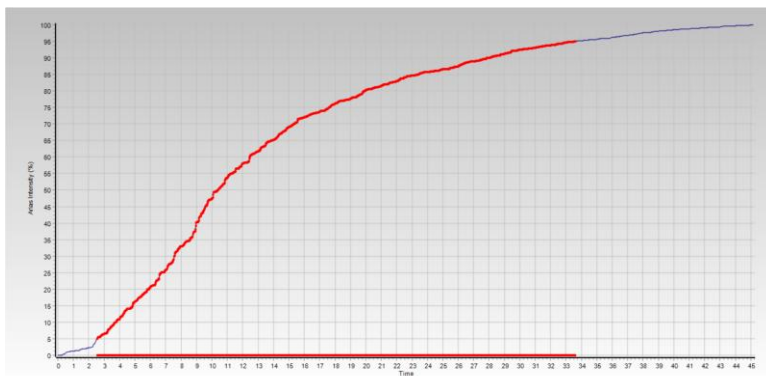


➤ Corrección por línea base y filtrado para el registro de Lima 1974 (N-S)

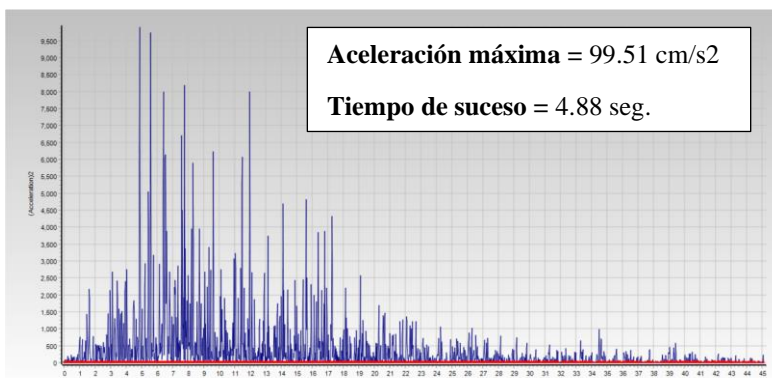


Asi mismo, se observo en qué periodo de tiempo el sismo fue mayor.

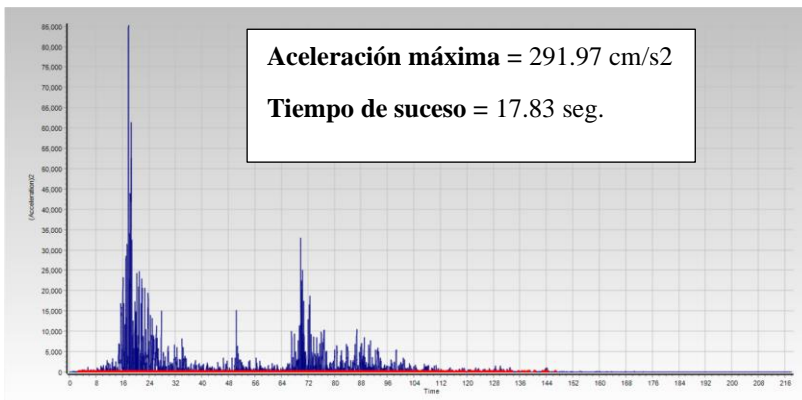
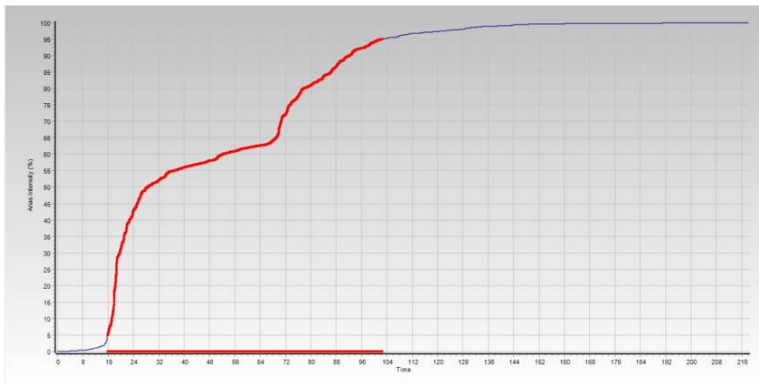
➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Chimbote 1970 (E-O)



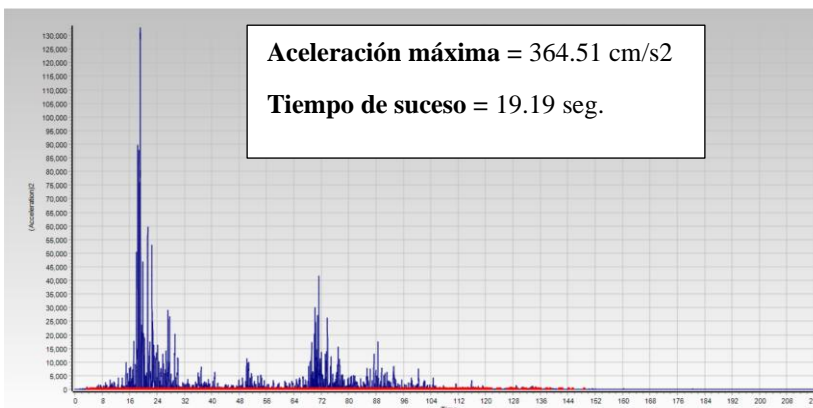
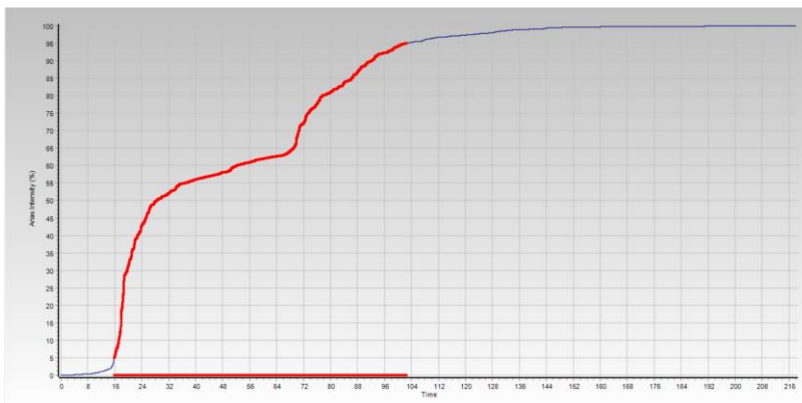
➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Chimbote 1970 (N-S)



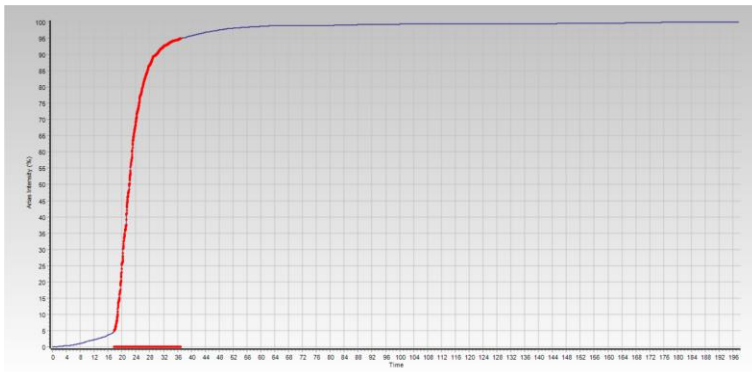
➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Ica 2007 (E-O)



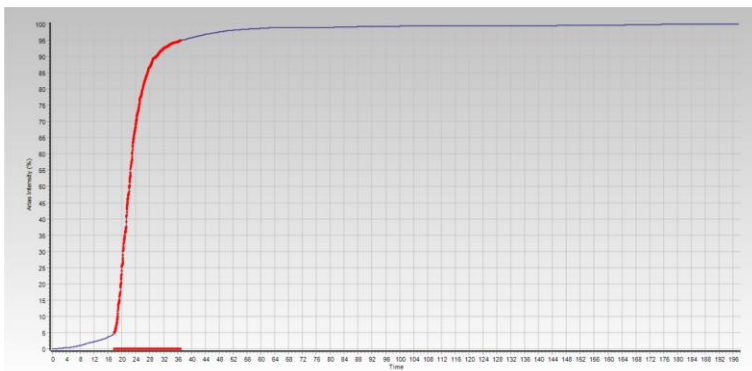
➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Ica 2007 (N-S)



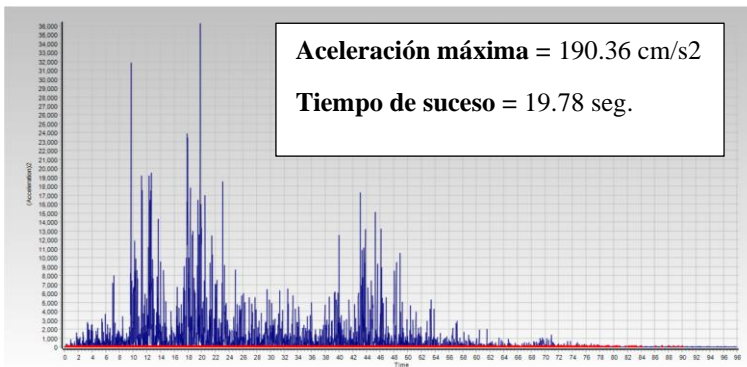
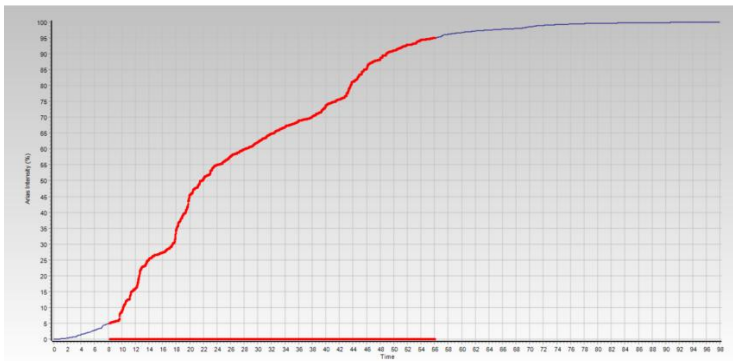
➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Lima - Callao 1966 (E-O)



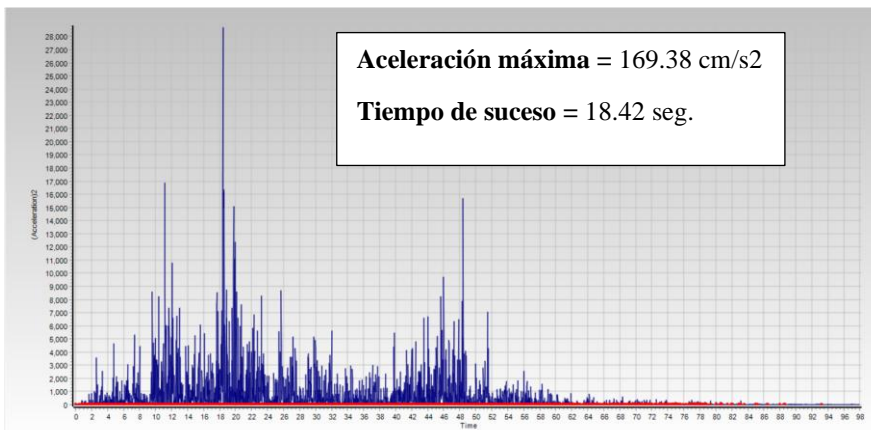
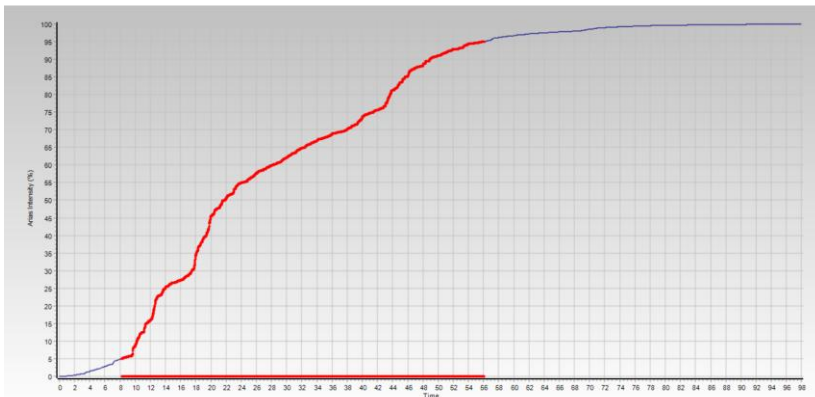
➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Lima - Callao 1966 (N-S)



➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Lima 1974 (E-O)



➤ Duración significativa y segundos críticos del sismo Lima 1974 (N-S)



### 3. Definición del espectro objetivo (R=1)

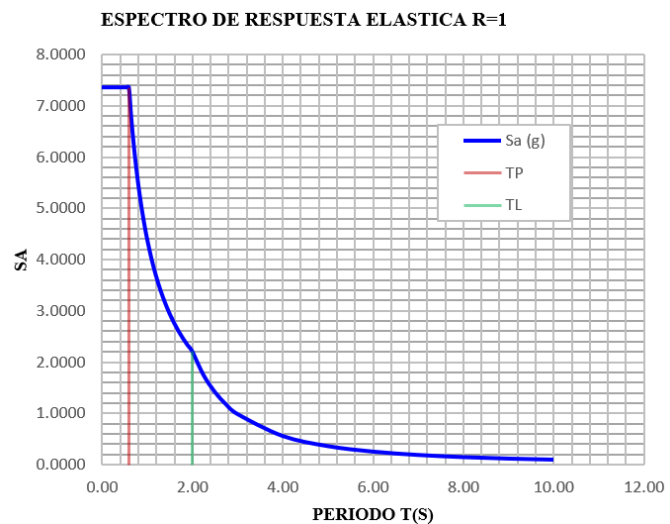
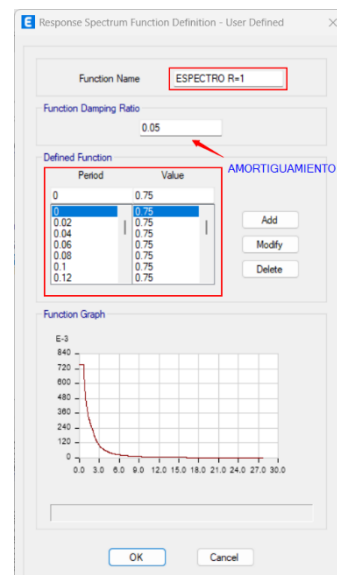
Representa la respuesta elástica máxima de una estructura sometida a un sismo, sin considerar reducción por ductilidad o sobrerresistencia; es decir, la estructura se analiza como si permaneciera completamente en el rango elástico, sin desarrollar comportamiento inelástico ni disipación de energía por deformaciones plásticas.

Se procedió a realizar el análisis dinámico modal espectral el cual según la norma E.030 el espectro este definido por la siguiente ecuación:

$$S_a (g) = (ZUCS)g$$

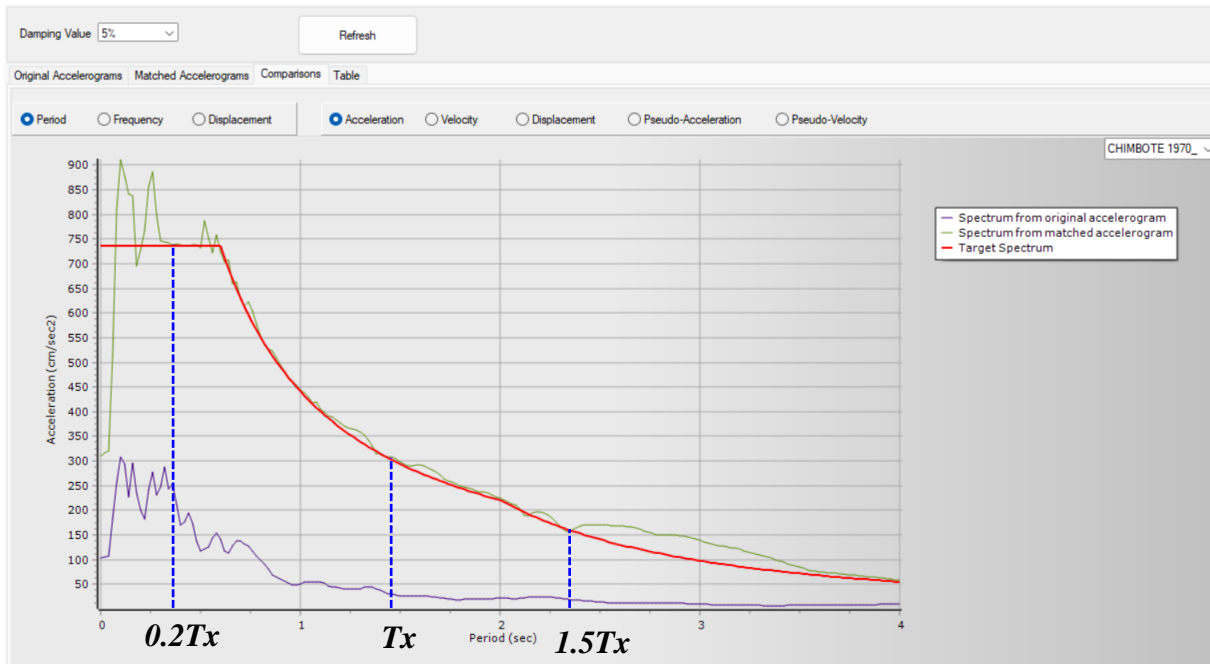
Los valores Z, U, S y R se definieron anteriormente según las características de la edificación, el factor de amplificación sísmica “C” varía en función del periodo, mediante una hoja de Excel se realizó la gráfica de pseudoaceleraciones tomando distintos periodos para cada valor de “C”.

C	T	Sa	Sa (g)
2.50	0.00	0.7500	7.3575
2.50	0.02	0.7500	7.3575
2.50	0.04	0.7500	7.3575
2.50	0.06	0.7500	7.3575
2.50	0.08	0.7500	7.3575
2.50	0.10	0.7500	7.3575
2.50	0.12	0.7500	7.3575
2.50	0.14	0.7500	7.3575
2.50	0.16	0.7500	7.3575
2.50	0.18	0.7500	7.3575
2.50	0.20	0.7500	7.3575
2.50	0.25	0.7500	7.3575
2.50	0.30	0.7500	7.3575
2.50	0.35	0.7500	7.3575
2.50	0.40	0.7500	7.3575
2.50	0.45	0.7500	7.3575
2.50	0.50	0.7500	7.3575
2.50	0.55	0.7500	7.3575
2.50	0.60	0.7500	7.3575
2.31	0.65	0.6923	6.7915
2.14	0.70	0.6429	6.3064
2.00	0.75	0.6000	5.8860
1.88	0.80	0.5625	5.5181
1.76	0.85	0.5294	5.1935
1.67	0.90	0.5000	4.9050
1.58	0.95	0.4737	4.6468
1.50	1.00	0.4500	4.4145



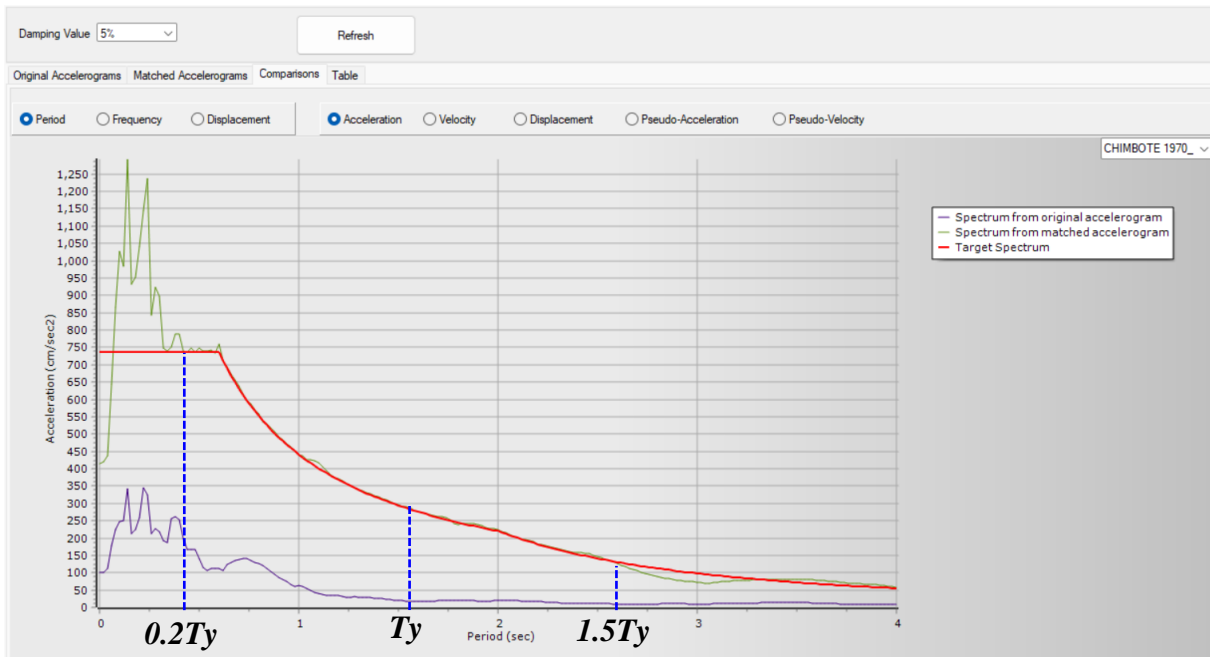
#### 4. Escalamiento de registro sísmico al espectro objetivo

- Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Chimbote 1970 (E-O)

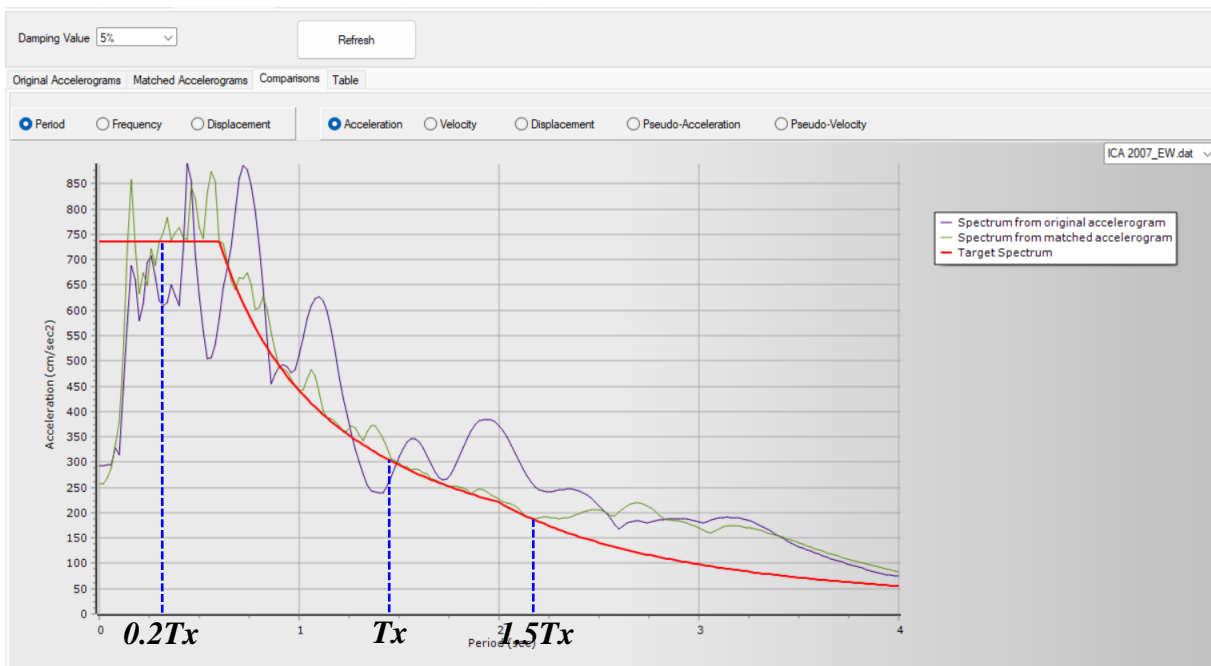


Nota. Registro sin escalar (color morado), registro escalado (color verde) y espectro de diseño (color rojo).

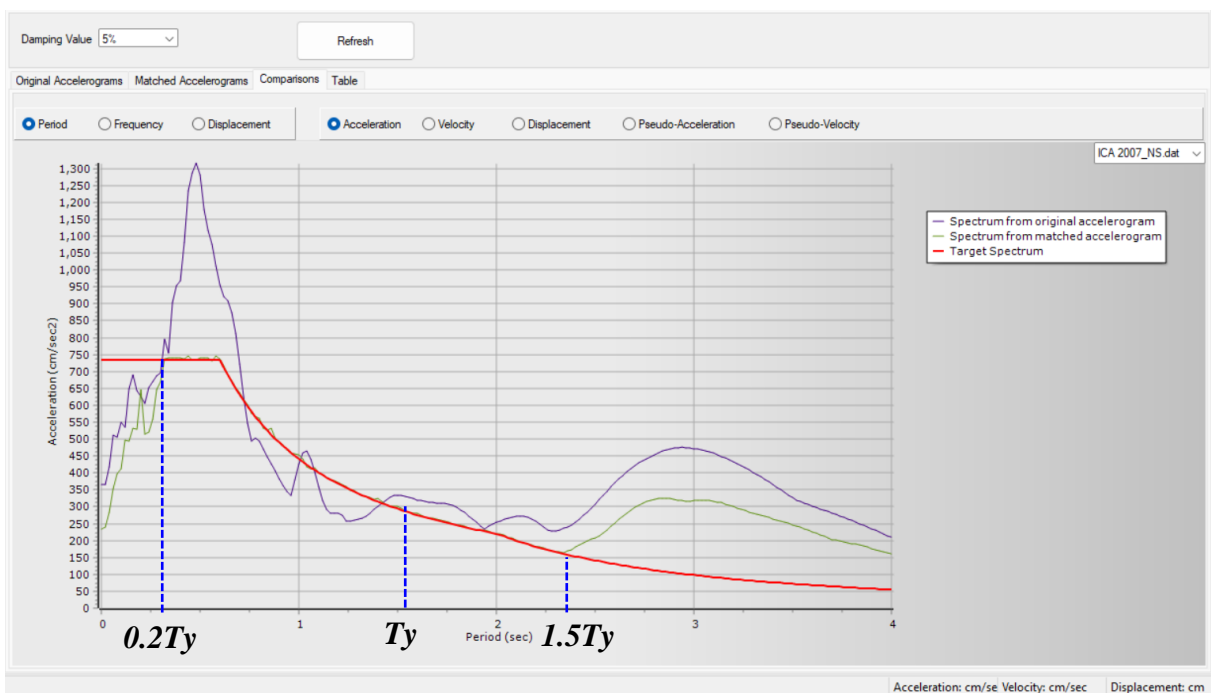
- Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Chimbote 1970 (N-S)



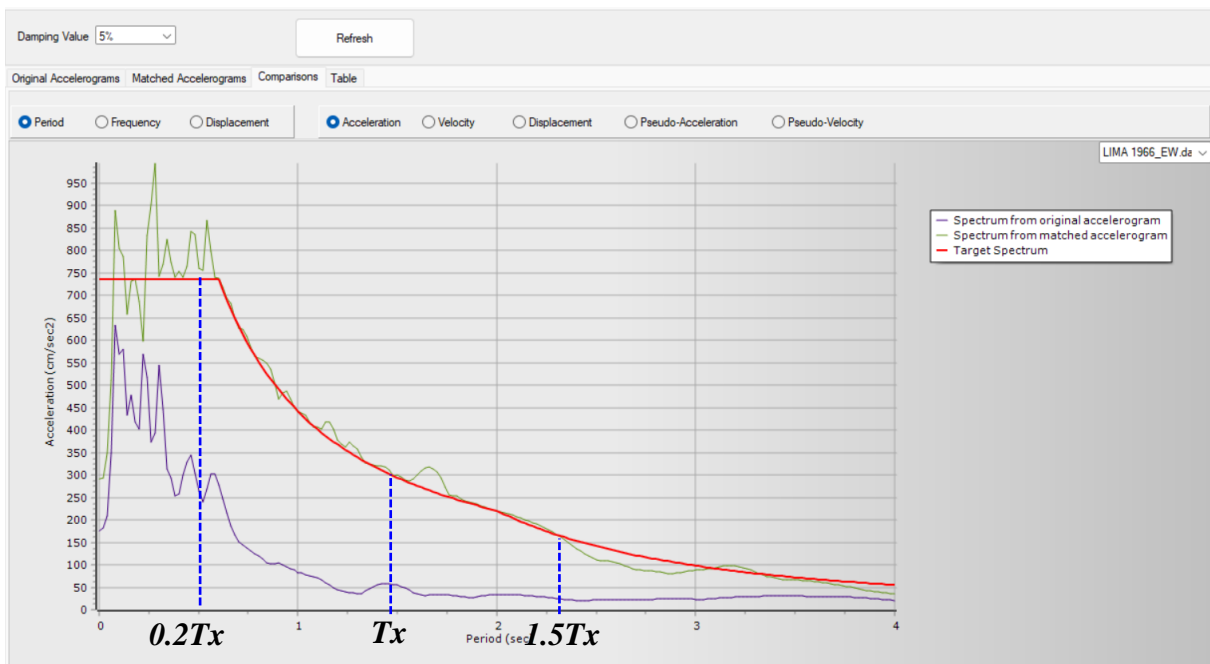
➤ Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Ica 2007 (E-O)



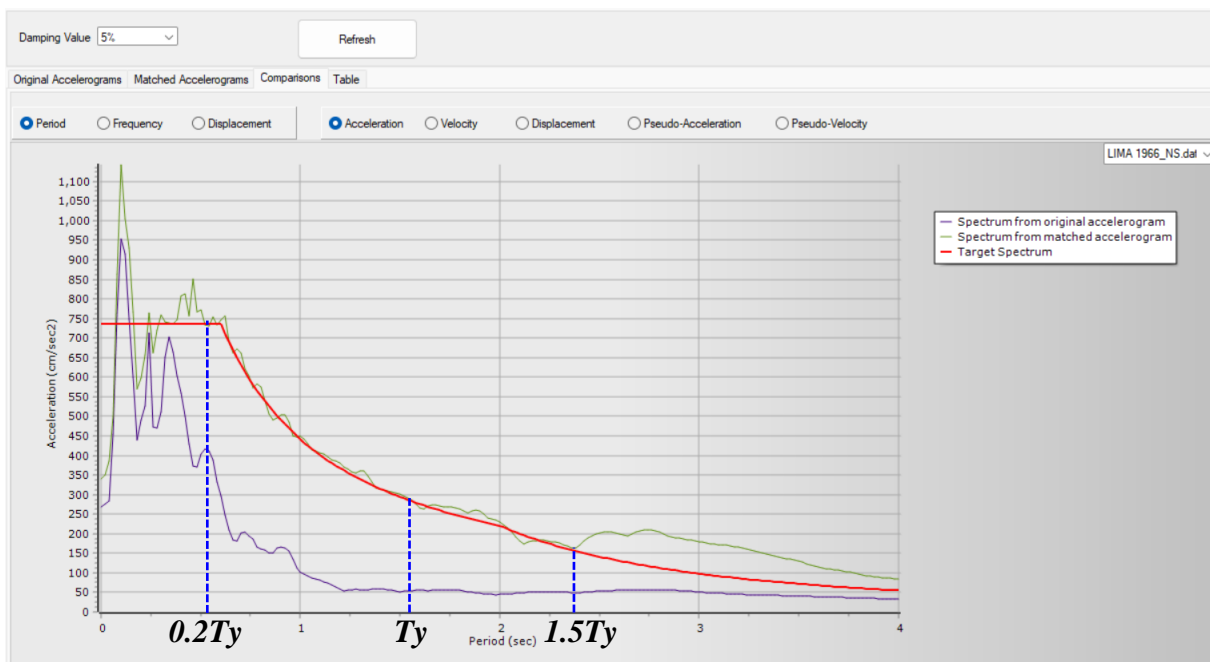
➤ Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Ica 2007 (N-S)



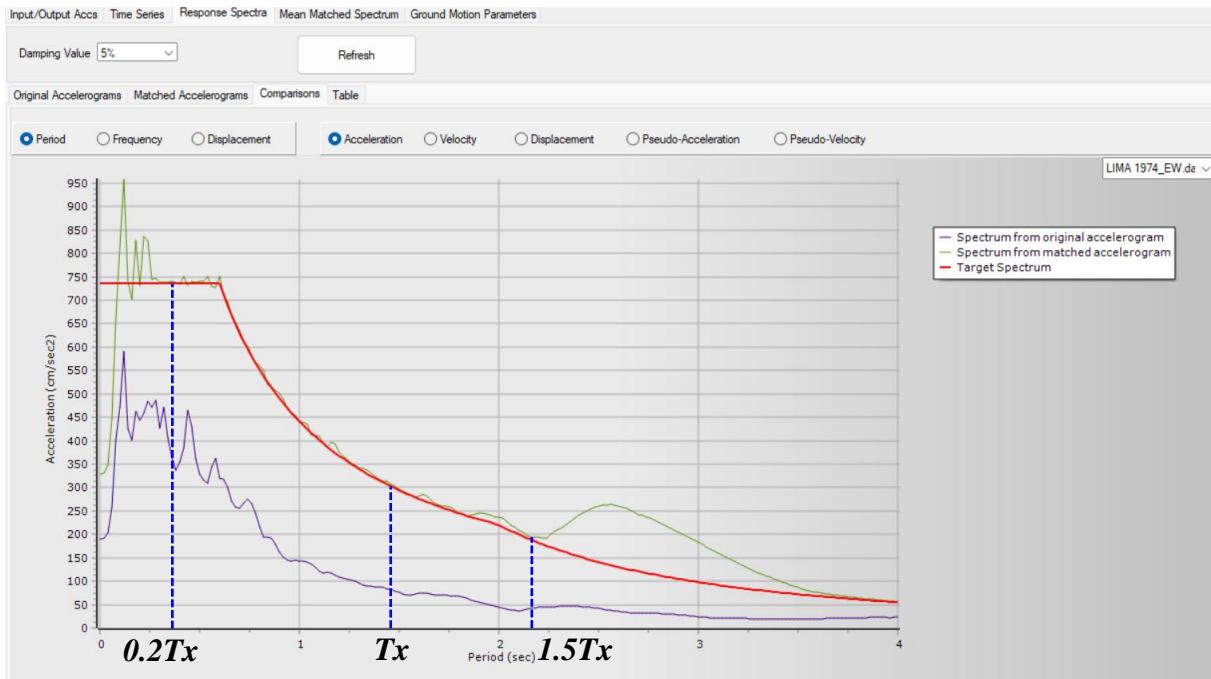
➤ Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Lima - Callao 1966 (E-O)



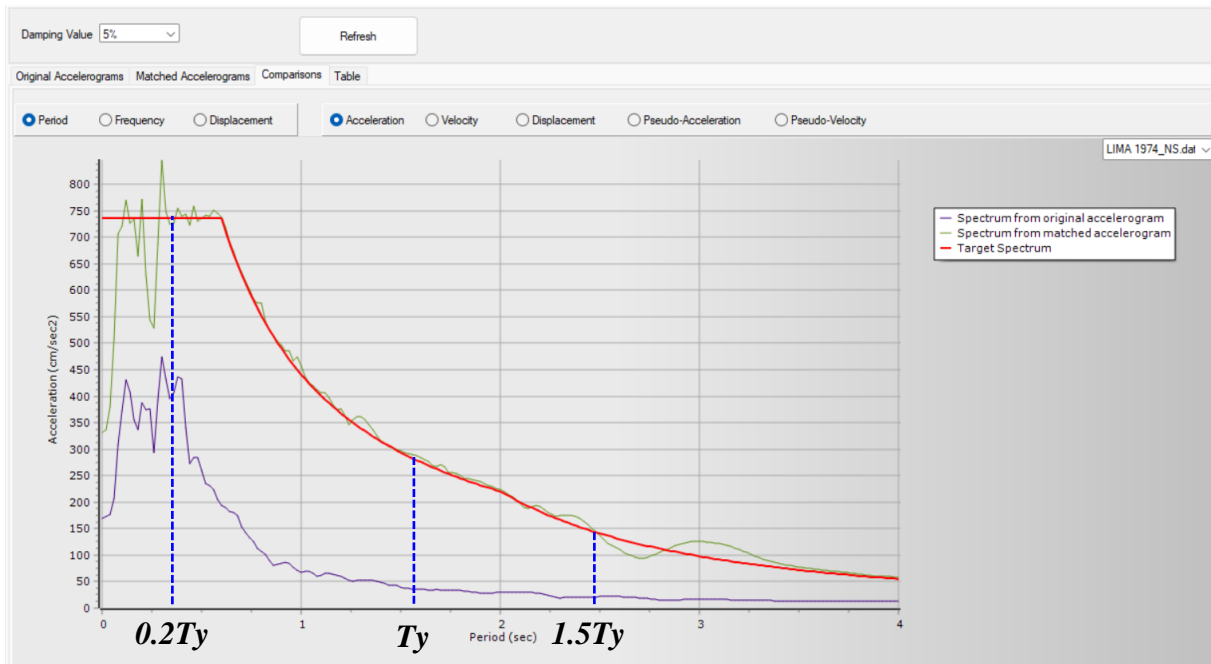
➤ Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Lima - Callao 1966 (N-S)



➤ Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Lima 1974 (E-O)

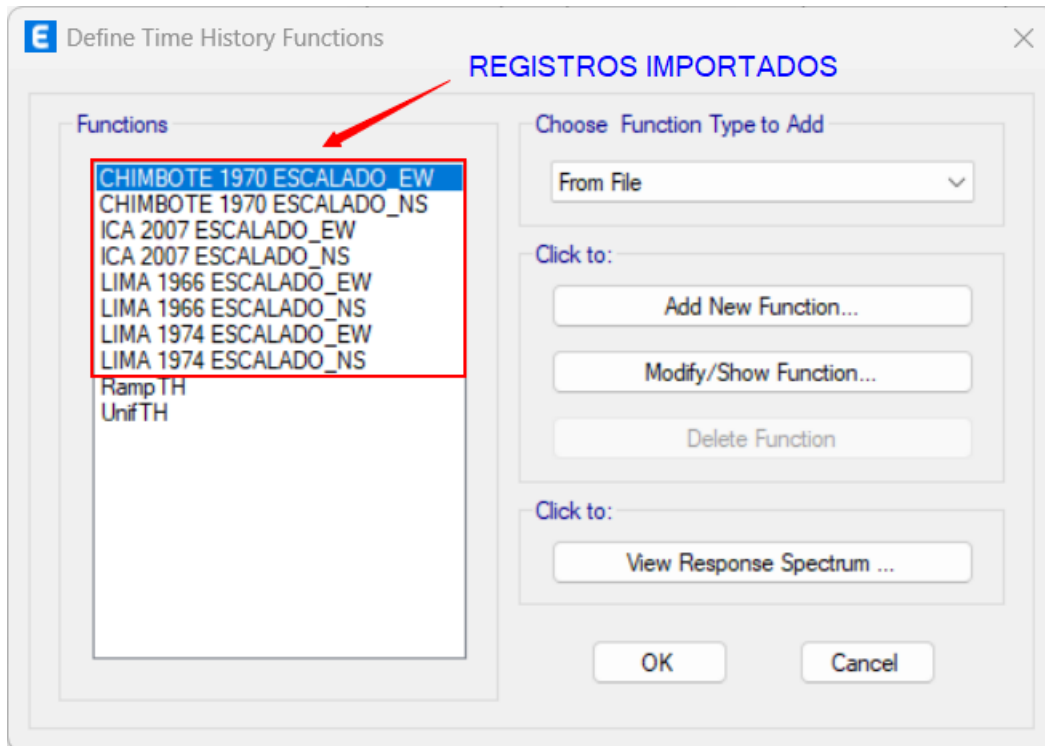


➤ Registro escalado al espectro de diseño para la mención en Lima 1974 (N-S)

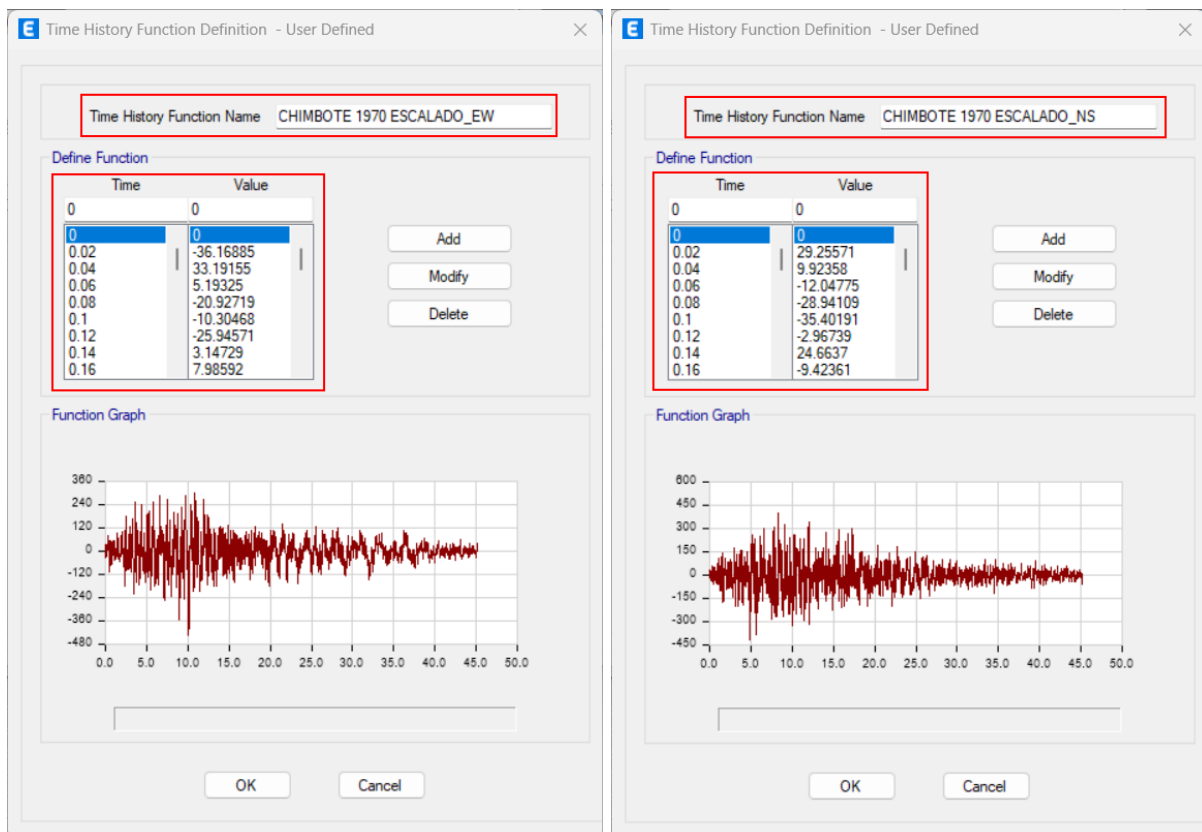


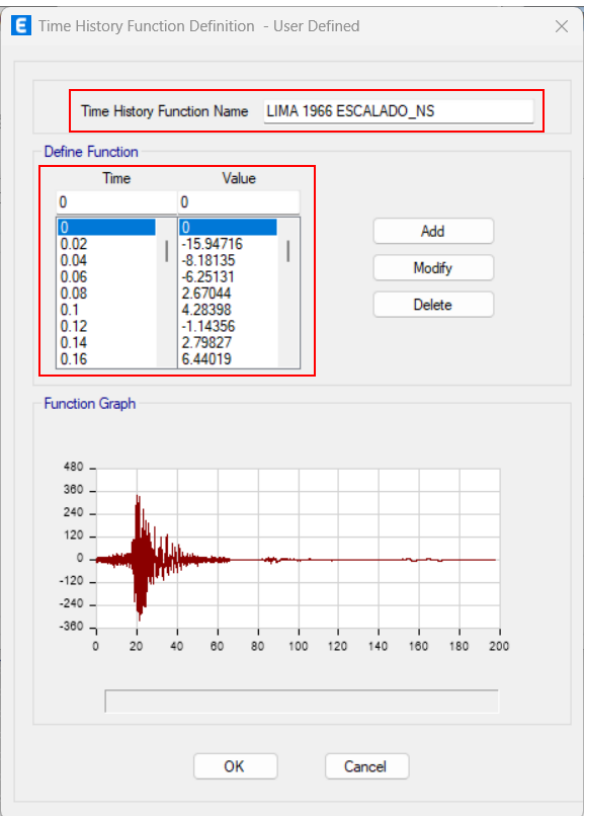
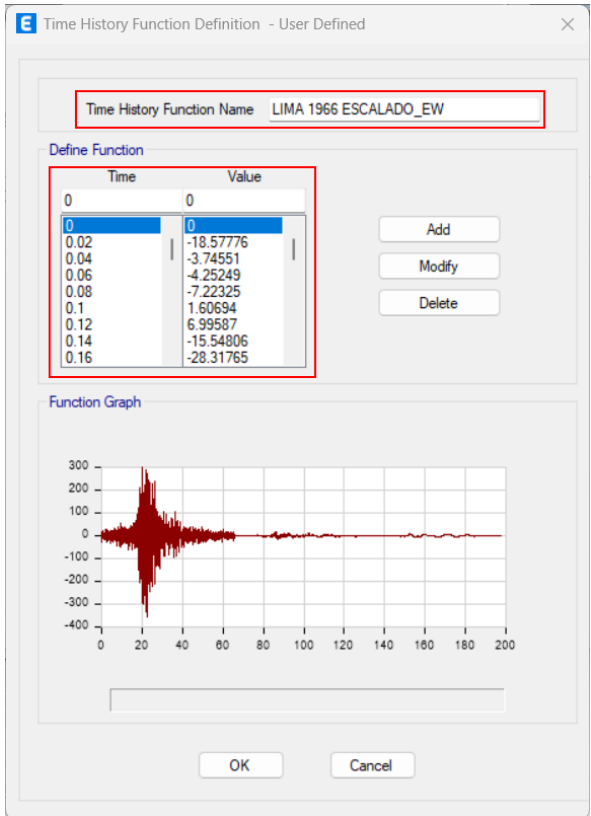
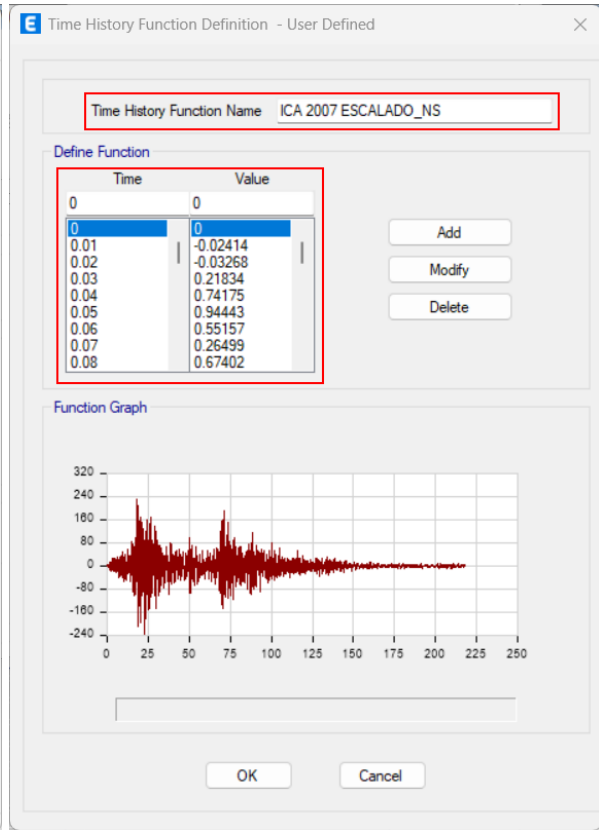
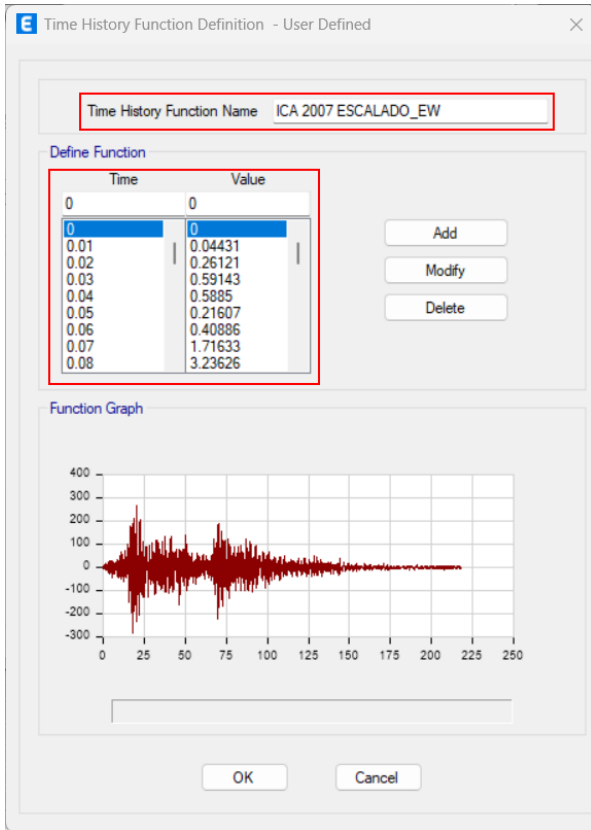
## 5. Importación de registros sísmicos al software ETABS para el análisis

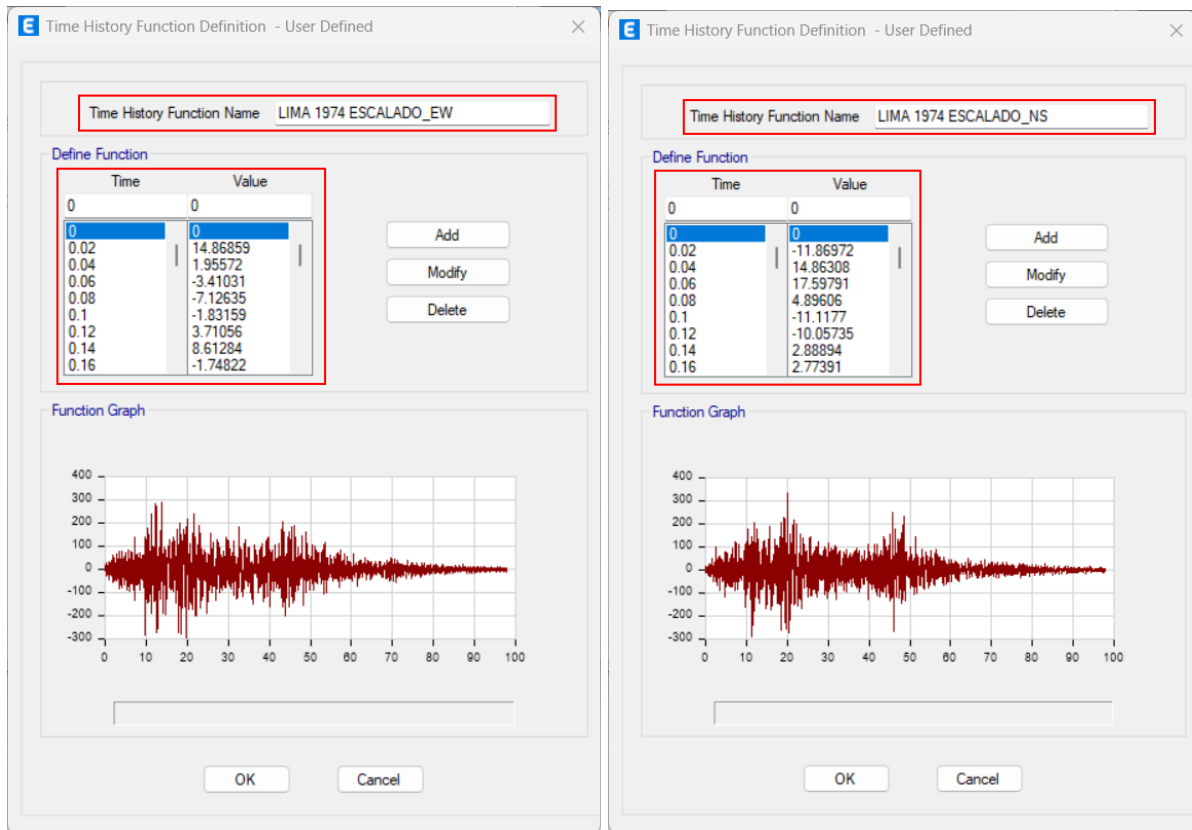
Se importo los registros mediante las siguientes opciones: Define/Functions/Time History.



Se visualiza los registros simicos en el programa en ambas direcciones (E-O/N-S).

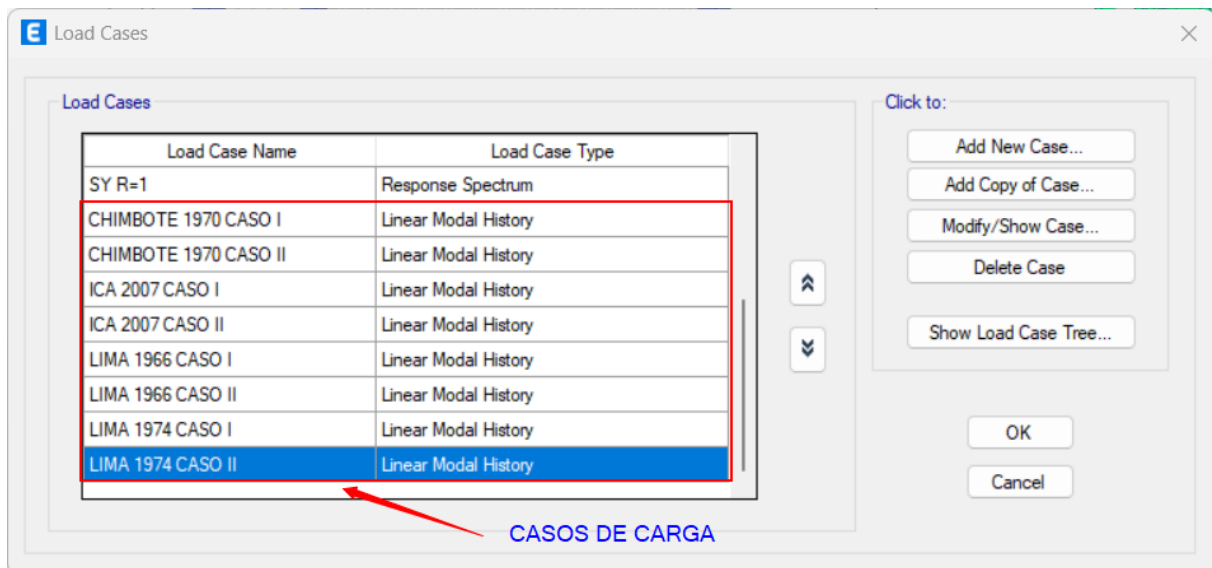






## 6. Casos de carga

Se definió los casos de carga (Caso I y Caso II) para cada uno de los registros sísmicos.



Se muestran como se definió los casos de carga para el sismo de Chimbote 1970 dependiente de cada caso (Caso I y Caso II).

**E Load Case Data**

**General**

Load Case Name: CHIMBOTE 1970 CASO I

Load Case Type/Subtype: Time History / Linear Modal

Mass Source: Previous (PESO SISMICO)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1 ← X	CHIMBOTE 1970 E... <b>E-O</b>	0.01
Acceleration	U2 ← Y	CHIMBOTE 1970 E... <b>N-S</b>	0.01

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Time History Motion Type: Transient

Number of Output Time Steps: Número de muestras → 2259

Output Time Step Size: Intervalo de tiempo → 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05 **Amortiguamiento según E.030**

OK Cancel

**E Load Case Data**

**General**

Load Case Name: CHIMBOTE 1970 CASO II

Load Case Type/Subtype: Time History / Linear Modal

Mass Source: Previous (PESO SISMICO)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1 ← X	CHIMBOTE 1970 E... <b>N-S</b>	0.01
Acceleration	U2 ← Y	CHIMBOTE 1970 E... <b>E-O</b>	0.01

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Time History Motion Type: Transient

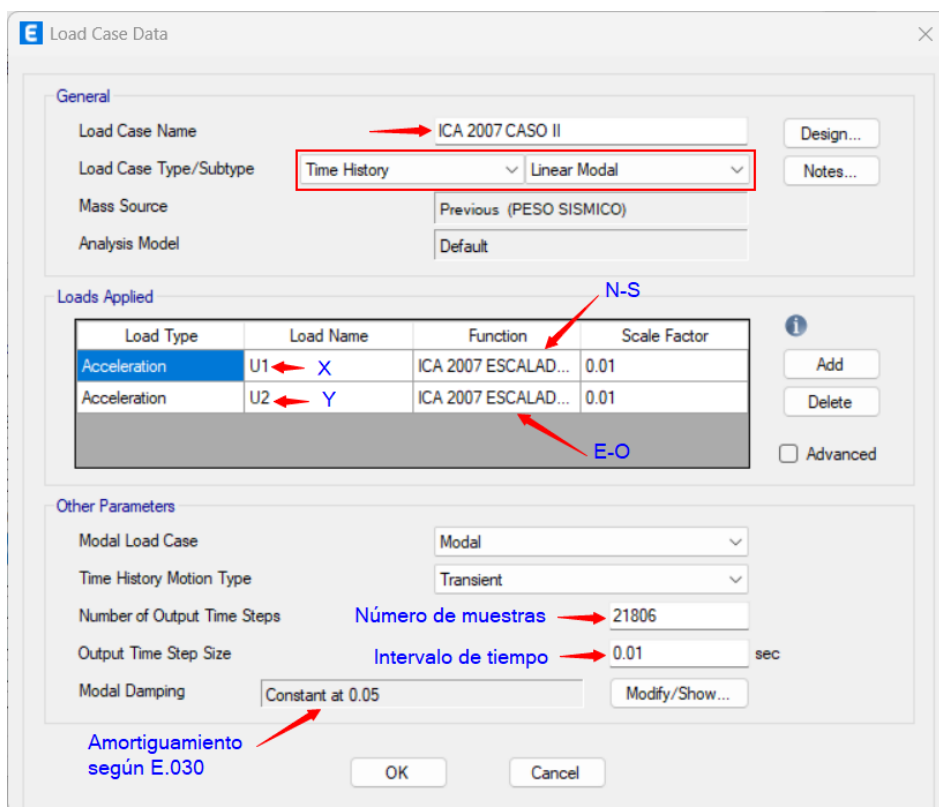
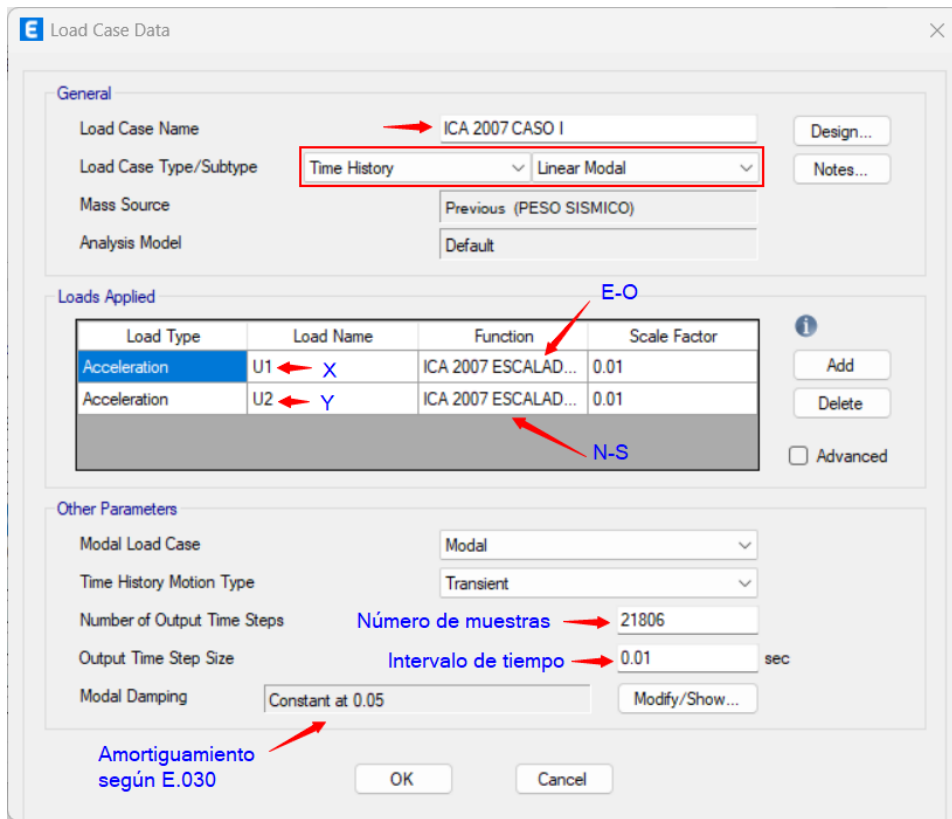
Number of Output Time Steps: Número de muestras → 2259

Output Time Step Size: Intervalo de tiempo → 0.02 sec

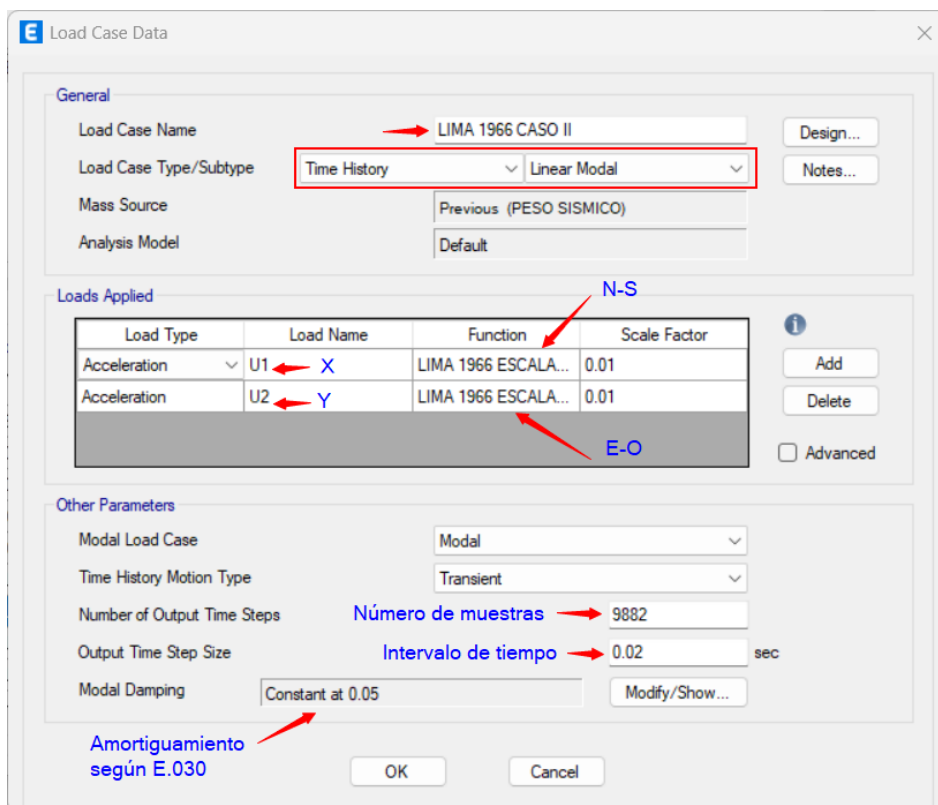
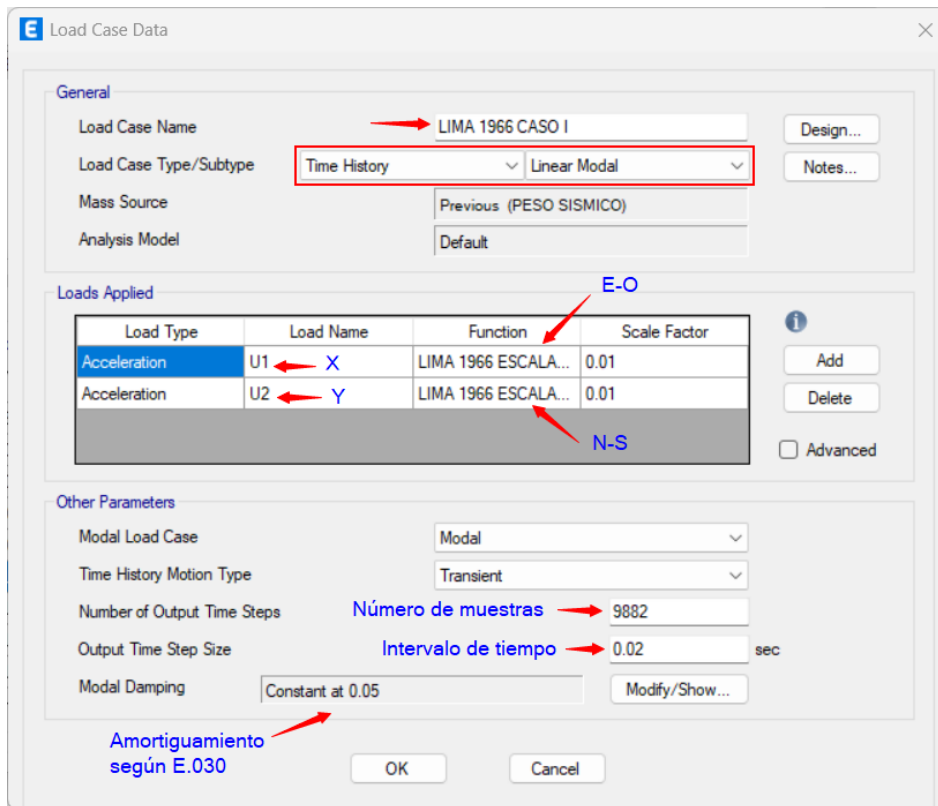
Modal Damping: Constant at 0.05 **Amortiguamiento según E.030**

OK Cancel

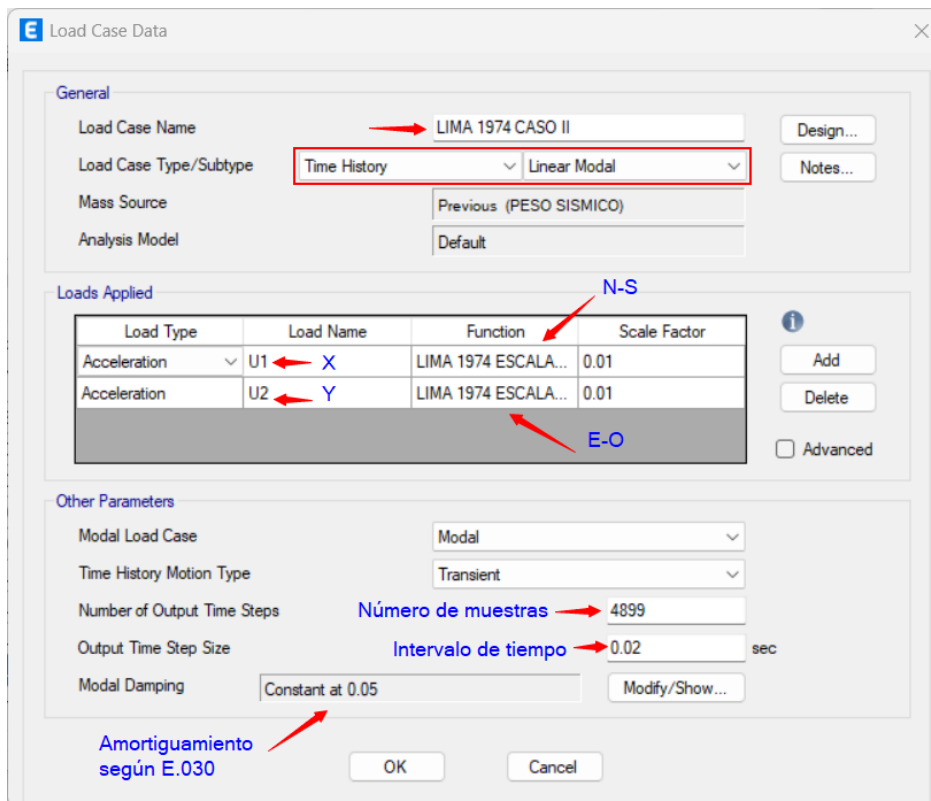
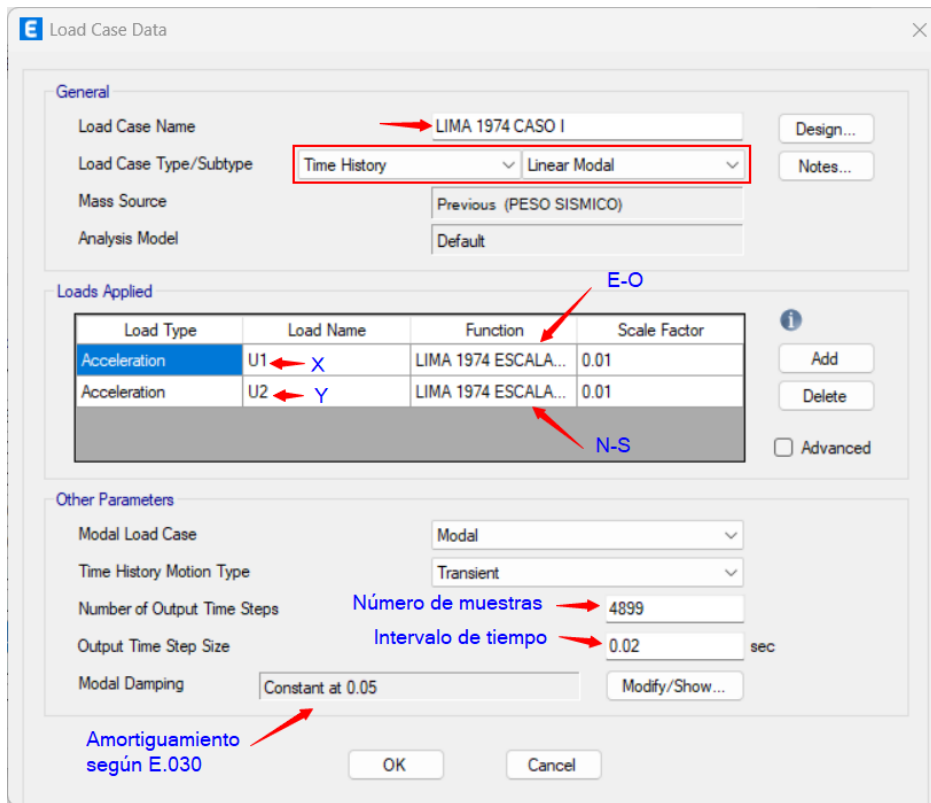
Se muestran como se definió los casos de carga para el sismo de Ica 2007 dependiente de cada caso (Caso I y Caso II).



Se muestran como se definió los casos de carga para el sismo de Lima 1966 dependiente de cada caso (Caso I y Caso II).

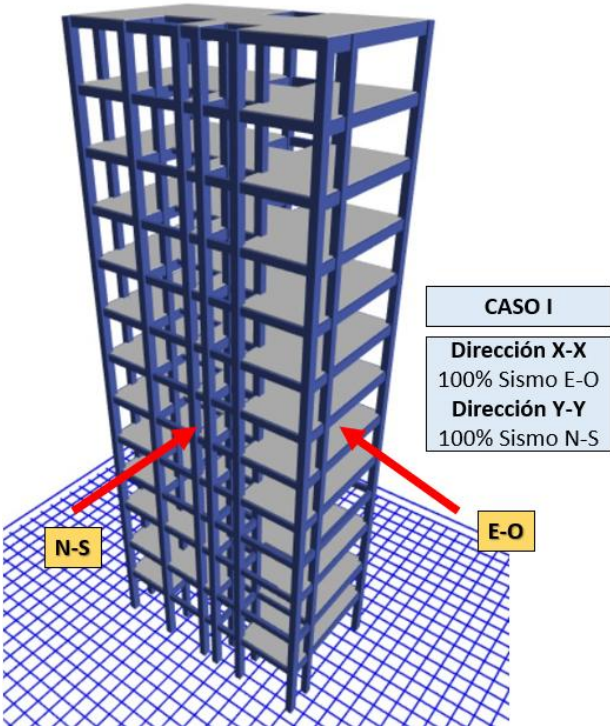


Se muestran como se definió los casos de carga para el sismo de Lima 1974 dependiente de cada caso (Caso I y Caso II).

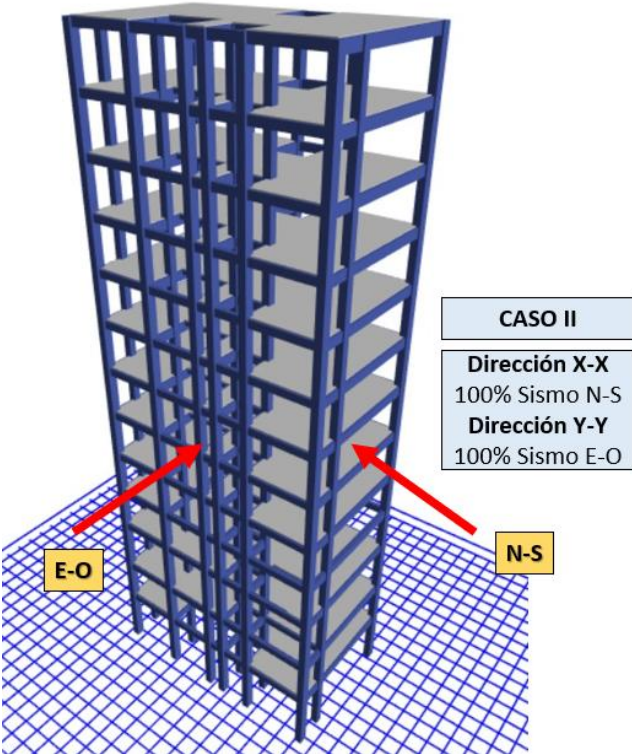


Se muestra como actua el sismo en cada caso.

➤ Casos de análisis de registros sísmicos (CASO I)



➤ Casos de análisis de registros sísmicos (CASO II)

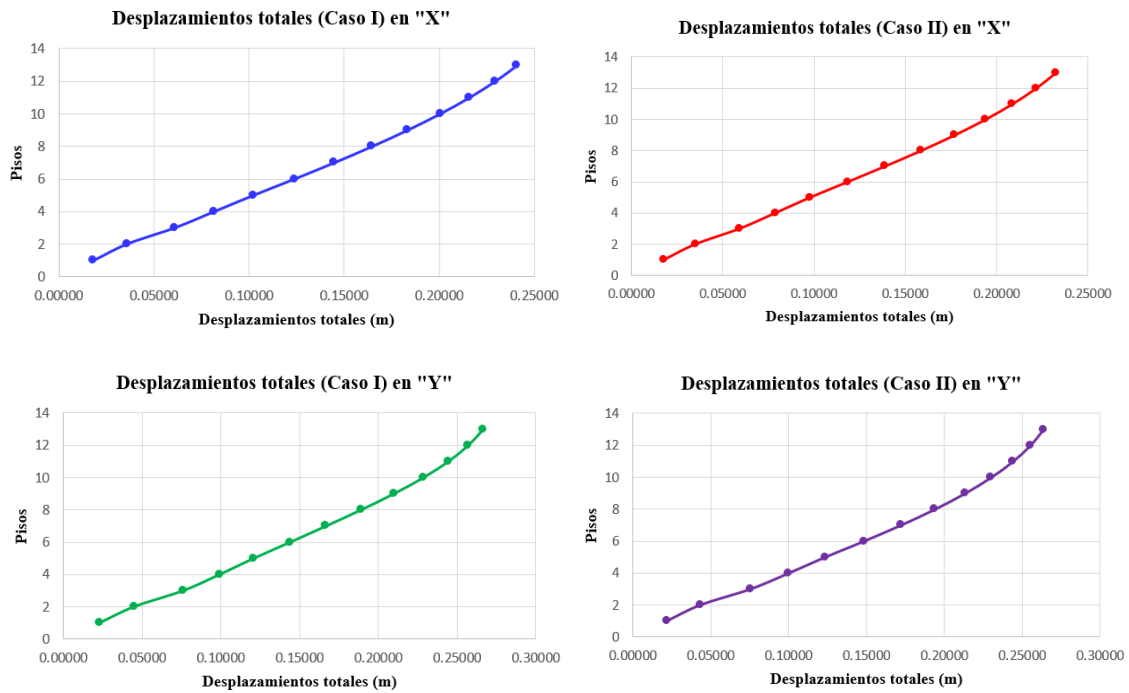


## 7. Verificación de resultados adicionales

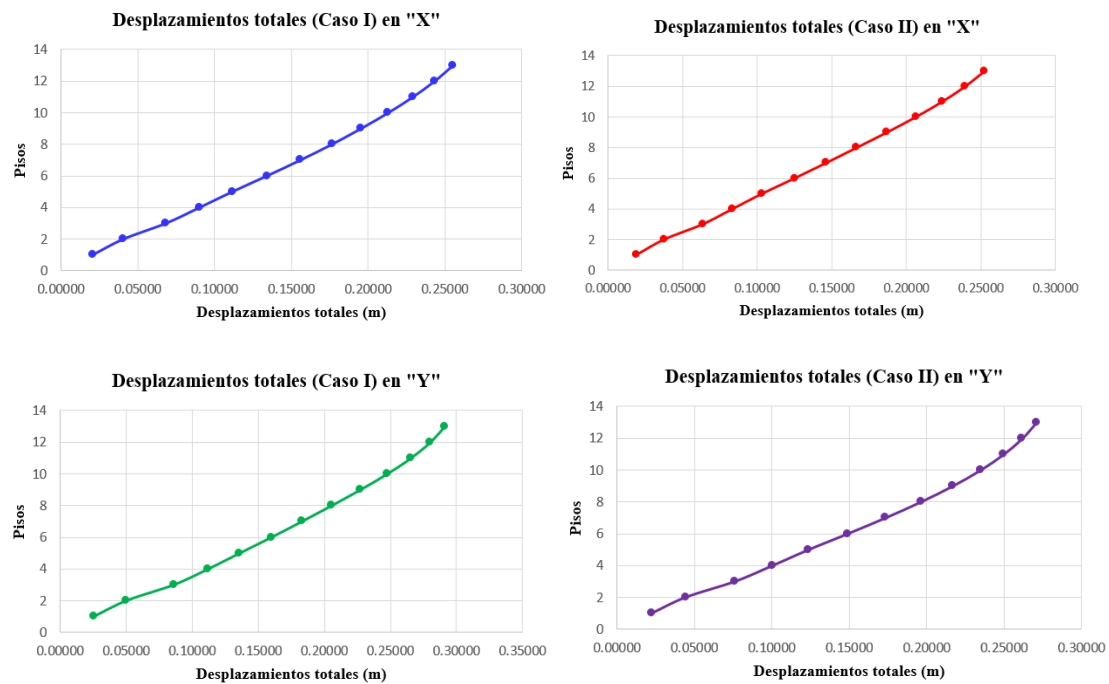
### 7.1. Desplazamientos laterales totales

Se evidencian las gráficas de desplazamientos totales para cada registro sísmico dependiente de cada caso de análisis (Caso I y Caso II) y la dirección de aplicación.

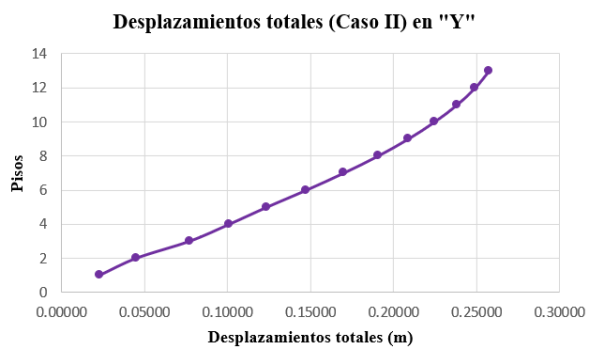
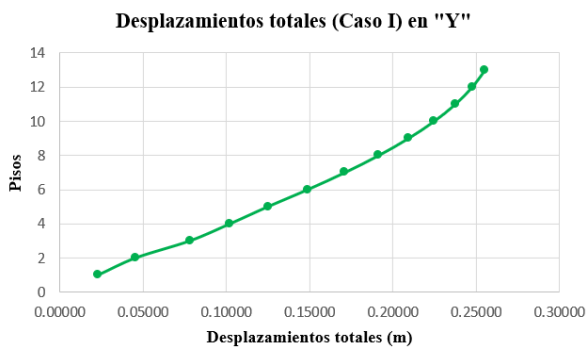
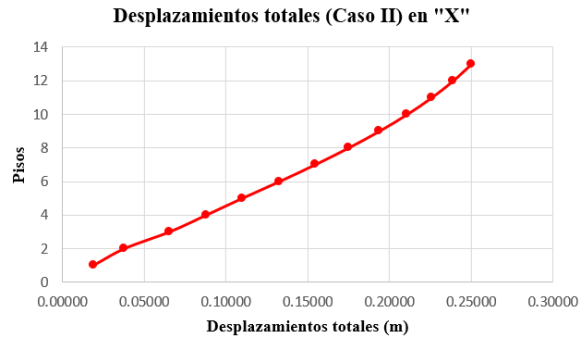
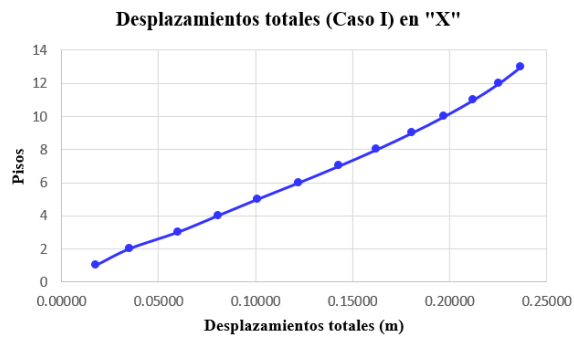
#### ➤ Desplazamientos totales para el sismo de Chimbote 1970 (Caso I y Caso II)



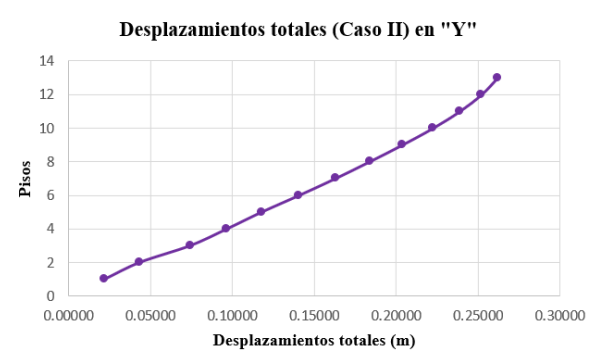
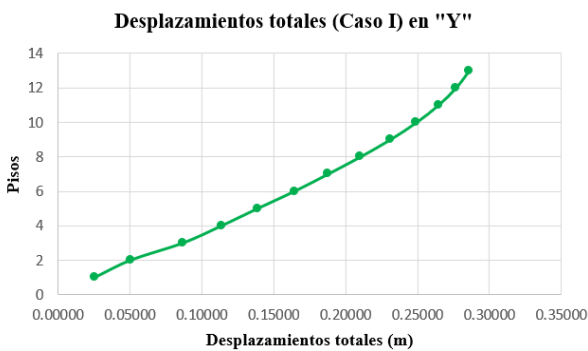
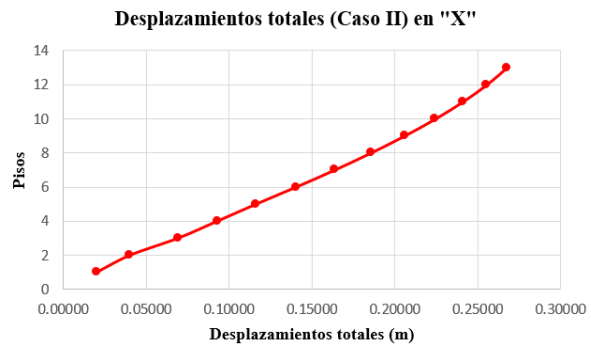
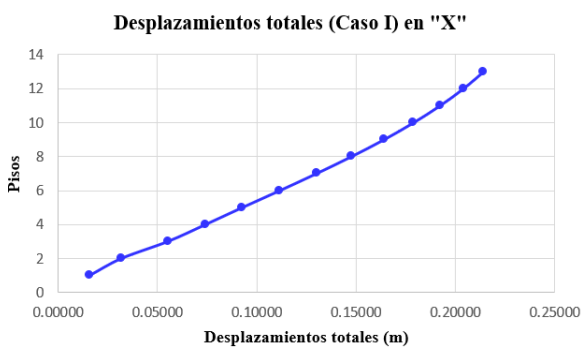
#### ➤ Desplazamientos totales para el sismo de Ica 2007 (Caso I y Caso II)



➤ Desplazamientos totales para el sismo de Lima – Callao 1966 (Caso I y Caso II)



➤ Desplazamientos totales para el sismo de Lima 1974 (Caso I y Caso II)



## 7.2. Derivas elásticas

Se evidencia las derivas elásticas obtenidas al aplicar cada registro sísmico a la estructura y de esa manera elegir el sismo de diseño para la incorporación de disipadores de fluido viscoso.

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso I del sismo de Chimbote 1970

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.24120	0.0117	2.70	0.00435	Cumple
12	0.22945	0.0136	2.70	0.00502	Cumple
11	0.21590	0.0154	2.70	0.0057	Cumple
10	0.20051	0.0171	2.70	0.00633	Cumple
9	0.18342	0.0186	2.70	0.00689	Cumple
8	0.16482	0.0199	2.70	0.00736	No cumple
7	0.14494	0.0209	2.70	0.00773	No cumple
6	0.12407	0.0215	2.70	0.00797	No cumple
5	0.10255	0.0206	2.50	0.00825	No cumple
4	0.08193	0.0207	2.50	0.00829	No cumple
3	0.06120	0.0251	3.20	0.00785	No cumple
2	0.03608	0.0174	2.60	0.00669	Cumple
1	0.01869	0.0187	3.50	0.00534	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso I del sismo de Chimbote 1970

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.26680	0.0096	2.70	0.00354	Cumple
12	0.25724	0.0127	2.70	0.00471	Cumple
11	0.24452	0.0159	2.70	0.00589	Cumple
10	0.22862	0.0187	2.70	0.00693	Cumple
9	0.20991	0.0209	2.70	0.00773	No cumple
8	0.18904	0.0222	2.70	0.00822	No cumple
7	0.16684	0.0228	2.70	0.00844	No cumple
6	0.14406	0.0231	2.70	0.00855	No cumple
5	0.12097	0.0217	2.50	0.00868	No cumple
4	0.09927	0.0230	2.50	0.0092	No cumple
3	0.07627	0.0313	3.20	0.00978	No cumple
2	0.04497	0.0219	2.60	0.00844	No cumple
1	0.02303	0.0230	3.50	0.00658	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso II del sismo de Chimbote 1970

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.23240	0.0109	2.70	0.00402	Cumple
12	0.22154	0.0128	2.70	0.00475	Cumple
11	0.20872	0.0149	2.70	0.0055	Cumple
10	0.19387	0.0168	2.70	0.00621	Cumple
9	0.17710	0.0184	2.70	0.00683	Cumple
8	0.15866	0.0197	2.70	0.00729	No cumple
7	0.13898	0.0204	2.70	0.00756	No cumple
6	0.11857	0.0205	2.70	0.00761	No cumple
5	0.09802	0.0191	2.50	0.00764	No cumple
4	0.07892	0.0194	2.50	0.00777	No cumple
3	0.05949	0.0242	3.20	0.00755	No cumple
2	0.03533	0.0172	2.60	0.00663	Cumple
1	0.01810	0.0181	3.50	0.00517	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso II del sismo de Chimbote 1970

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.26356	0.0085	2.70	0.00314	0.26356
12	0.25508	0.0111	2.70	0.0041	0.25508
11	0.24401	0.0140	2.70	0.00518	0.24401
10	0.23002	0.0167	2.70	0.0062	0.23002
9	0.21328	0.0194	2.70	0.00719	0.21328
8	0.19387	0.0218	2.70	0.00809	0.19387
7	0.17203	0.0237	2.70	0.00878	0.17203
6	0.14832	0.0249	2.70	0.00922	0.14832
5	0.12343	0.0234	2.50	0.00935	0.12343
4	0.10005	0.0245	2.50	0.0098	0.10005
3	0.07555	0.0323	3.20	0.01009	0.07555
2	0.04326	0.0215	2.60	0.00828	0.04326
1	0.02174	0.0217	3.50	0.00621	0.02174

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso I del sismo de Ica 2007

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.25546	0.0121	2.70	0.00447	Cumple
12	0.24339	0.0141	2.70	0.00523	Cumple
11	0.22927	0.0161	2.70	0.00595	Cumple
10	0.21320	0.0177	2.70	0.00656	Cumple
9	0.19549	0.0190	2.70	0.00703	No cumple
8	0.17651	0.0206	2.70	0.00762	No cumple
7	0.15594	0.0218	2.70	0.00807	No cumple
6	0.13415	0.0225	2.70	0.00834	No cumple
5	0.11163	0.0213	2.50	0.00851	No cumple
4	0.09035	0.0219	2.50	0.00874	No cumple
3	0.06850	0.0277	3.20	0.00866	No cumple
2	0.04079	0.0201	2.60	0.00772	No cumple
1	0.02072	0.0207	3.50	0.00592	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso I del sismo de Ica 2007

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.29105	0.0110	2.70	0.00408	Cumple
12	0.28004	0.0147	2.70	0.00543	Cumple
11	0.26538	0.0179	2.70	0.00664	Cumple
10	0.24745	0.0203	2.70	0.00752	No cumple
9	0.22715	0.0218	2.70	0.00806	No cumple
8	0.20538	0.0225	2.70	0.00832	No cumple
7	0.18292	0.0230	2.70	0.00853	No cumple
6	0.15989	0.0240	2.70	0.0089	No cumple
5	0.13586	0.0238	2.50	0.00952	No cumple
4	0.11206	0.0260	2.50	0.0104	No cumple
3	0.08606	0.0358	3.20	0.01119	No cumple
2	0.05025	0.0247	2.60	0.0095	No cumple
1	0.02555	0.0256	3.50	0.0073	No cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso II del sismo de Ica 2007

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.25262	0.0130	2.70	0.00482	Cumple
12	0.23960	0.0155	2.70	0.00573	Cumple
11	0.22413	0.0177	2.70	0.00655	Cumple
10	0.20645	0.0194	2.70	0.00717	No cumple
9	0.18709	0.0203	2.70	0.00751	No cumple
8	0.16681	0.0205	2.70	0.00761	No cumple
7	0.14627	0.0211	2.70	0.0078	No cumple
6	0.12521	0.0217	2.70	0.00803	No cumple
5	0.10352	0.0200	2.50	0.00799	No cumple
4	0.08355	0.0200	2.50	0.00799	No cumple
3	0.06357	0.0260	3.20	0.00811	No cumple
2	0.03762	0.0185	2.60	0.00712	No cumple
1	0.01911	0.0191	3.50	0.00546	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso II del sismo de Ica 2007

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.27084	0.0091	2.70	0.00336	Cumple
12	0.26177	0.0120	2.70	0.00443	Cumple
11	0.24980	0.0150	2.70	0.00556	Cumple
10	0.23479	0.0179	2.70	0.00664	Cumple
9	0.21686	0.0206	2.70	0.00762	No cumple
8	0.19629	0.0228	2.70	0.00844	No cumple
7	0.17350	0.0244	2.70	0.00904	No cumple
6	0.14909	0.0252	2.70	0.00933	No cumple
5	0.12390	0.0233	2.50	0.00932	No cumple
4	0.10060	0.0242	2.50	0.00969	No cumple
3	0.07638	0.0319	3.20	0.00998	No cumple
2	0.04444	0.0218	2.60	0.00837	No cumple
1	0.02268	0.0227	3.50	0.00648	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso I del sismo de Lima - Callao 1966

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.23651	0.0112	2.70	0.00415	Cumple
12	0.22530	0.0131	2.70	0.00486	Cumple
11	0.21218	0.0150	2.70	0.00556	Cumple
10	0.19717	0.0167	2.70	0.00617	Cumple
9	0.18051	0.0180	2.70	0.00668	Cumple
8	0.16247	0.0194	2.70	0.0072	No cumple
7	0.14303	0.0205	2.70	0.0076	No cumple
6	0.12251	0.0213	2.70	0.00788	No cumple
5	0.10124	0.0205	2.50	0.0082	No cumple
4	0.08074	0.0207	2.50	0.00826	No cumple
3	0.06009	0.0248	3.20	0.00776	No cumple
2	0.03526	0.0172	2.60	0.0066	Cumple
1	0.01810	0.0181	3.50	0.00517	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso I del sismo de Lima - Callao 1966

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.25556	0.0078	2.70	0.00288	Cumple
12	0.24778	0.0101	2.70	0.00374	Cumple
11	0.23769	0.0127	2.70	0.00472	Cumple
10	0.22494	0.0154	2.70	0.0057	Cumple
9	0.20955	0.0179	2.70	0.00663	Cumple
8	0.19165	0.0203	2.70	0.00751	No cumple
7	0.17137	0.0224	2.70	0.00829	No cumple
6	0.14899	0.0239	2.70	0.00885	No cumple
5	0.12510	0.0227	2.50	0.00909	No cumple
4	0.10237	0.0241	2.50	0.00963	No cumple
3	0.07830	0.0325	3.20	0.01016	No cumple
2	0.04578	0.0224	2.60	0.00863	No cumple
1	0.02335	0.0233	3.50	0.00667	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso II del sismo de Lima - Callao 1966

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.25002	0.0112	2.70	0.00415	Cumple
12	0.23881	0.0130	2.70	0.00483	Cumple
11	0.22577	0.0150	2.70	0.00556	Cumple
10	0.21076	0.0170	2.70	0.00629	Cumple
9	0.19377	0.0188	2.70	0.00697	Cumple
8	0.17496	0.0204	2.70	0.00757	No cumple
7	0.15452	0.0217	2.70	0.00805	No cumple
6	0.13278	0.0227	2.70	0.00841	No cumple
5	0.11007	0.0220	2.50	0.00879	No cumple
4	0.08810	0.0224	2.50	0.00895	No cumple
3	0.06572	0.0276	3.20	0.00863	No cumple
2	0.03811	0.0189	2.60	0.00728	No cumple
1	0.01918	0.0192	3.50	0.00548	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso II del sismo de Lima - Callao 1966

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.25773	0.0084	2.70	0.00312	Cumple
12	0.24931	0.0110	2.70	0.00407	Cumple
11	0.23832	0.0135	2.70	0.00501	Cumple
10	0.22479	0.0158	2.70	0.00586	Cumple
9	0.20897	0.0183	2.70	0.00676	Cumple
8	0.19072	0.0207	2.70	0.00766	No cumple
7	0.17004	0.0225	2.70	0.00833	No cumple
6	0.14755	0.0238	2.70	0.00882	No cumple
5	0.12373	0.0227	2.50	0.00906	No cumple
4	0.10108	0.0239	2.50	0.00957	No cumple
3	0.07716	0.0322	3.20	0.01006	No cumple
2	0.04496	0.0221	2.60	0.00849	No cumple
1	0.02289	0.0229	3.50	0.00654	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso I del sismo de Lima 1974

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.21430	0.0102	2.70	0.00377	Cumple
12	0.20413	0.0117	2.70	0.00435	Cumple
11	0.19238	0.0133	2.70	0.00494	Cumple
10	0.17904	0.0149	2.70	0.00551	Cumple
9	0.16417	0.0164	2.70	0.00608	Cumple
8	0.14775	0.0176	2.70	0.00652	Cumple
7	0.13015	0.0184	2.70	0.00682	Cumple
6	0.11173	0.0189	2.70	0.00701	No cumple
5	0.09280	0.0185	2.50	0.00739	No cumple
4	0.07433	0.0190	2.50	0.00759	No cumple
3	0.05535	0.0234	3.20	0.0073	No cumple
2	0.03199	0.0160	2.60	0.00614	Cumple
1	0.01603	0.0160	3.50	0.00458	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso I del sismo de Lima 1974

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.28593	0.0092	2.70	0.0034	Cumple
12	0.27675	0.0122	2.70	0.0045	Cumple
11	0.26460	0.0153	2.70	0.00566	Cumple
10	0.24931	0.0182	2.70	0.00674	Cumple
9	0.23112	0.0208	2.70	0.00769	No cumple
8	0.21035	0.0225	2.70	0.00834	No cumple
7	0.18784	0.0234	2.70	0.00866	No cumple
6	0.16445	0.0256	2.70	0.00949	No cumple
5	0.13883	0.0250	2.50	0.01	No cumple
4	0.11383	0.0268	2.50	0.01071	No cumple
3	0.08706	0.0364	3.20	0.01136	No cumple
2	0.05070	0.0249	2.60	0.00958	No cumple
1	0.02580	0.0258	3.50	0.00737	No cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección X-X para el Caso II del sismo de Lima 1974

Piso	UX (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.26756	0.0122	2.70	0.00451	Cumple
12	0.25539	0.0144	2.70	0.00532	Cumple
11	0.24102	0.0166	2.70	0.00613	Cumple
10	0.22447	0.0185	2.70	0.00687	Cumple
9	0.20592	0.0203	2.70	0.00751	No cumple
8	0.18564	0.0219	2.70	0.0081	No cumple
7	0.16377	0.0233	2.70	0.00862	No cumple
6	0.14050	0.0242	2.70	0.00897	No cumple
5	0.11628	0.0233	2.50	0.00933	No cumple
4	0.09296	0.0237	2.50	0.00946	No cumple
3	0.06931	0.0290	3.20	0.00905	No cumple
2	0.04035	0.0200	2.60	0.00771	No cumple
1	0.02030	0.0203	3.50	0.0058	Cumple

➤ Derivas elásticas en la dirección Y-Y para el Caso II del sismo de Lima 1974

Piso	UY (m)	Desplazamiento relativo	Altura de entrepiso	Deriva elástica	Verificación E.030 <0.007
13	0.26206	0.0099	2.70	0.00367	Cumple
12	0.25215	0.0132	2.70	0.0049	Cumple
11	0.23892	0.0163	2.70	0.00605	Cumple
10	0.22259	0.0187	2.70	0.00693	Cumple
9	0.20388	0.0200	2.70	0.00742	No cumple
8	0.18384	0.0208	2.70	0.00771	No cumple
7	0.16303	0.0221	2.70	0.0082	No cumple
6	0.14089	0.0230	2.70	0.0085	No cumple
5	0.11794	0.0212	2.50	0.00847	No cumple
4	0.09676	0.0225	2.50	0.00898	No cumple
3	0.07431	0.0308	3.20	0.00962	No cumple
2	0.04353	0.0214	2.60	0.00822	No cumple
1	0.02216	0.0222	3.50	0.00633	Cumple

### 7.3. Semejanza al espectro objetivo

Se presenta un resumen de las derivas elásticas obtenidas para cada registro sísmico según el análisis tiempo historia lineal.

#### Dirección X-X

PISOS	ANALISIS TIEMPO HISTORIA LINEAL EN LA DIRECCIÓN X-X							
	Chimbote 1970		Ica 2007		Lima - Callao 1966		Lima 1974	
	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
13	0.00435	0.00402	0.00447	0.00482	0.00415	0.00415	0.00377	0.00451
12	0.00502	0.00475	0.00523	0.00573	0.00486	0.00483	0.00435	0.00532
11	0.00570	0.00550	0.00595	0.00655	0.00556	0.00556	0.00494	0.00613
10	0.00633	0.00621	0.00656	0.00717	0.00617	0.00629	0.00551	0.00687
9	0.00689	0.00683	0.00703	0.00751	0.00668	0.00697	0.00608	0.00751
8	0.00736	0.00729	0.00762	0.00761	0.00720	0.00757	0.00652	0.00810
7	0.00773	0.00756	0.00807	0.00780	0.00760	0.00805	0.00682	0.00862
6	0.00797	0.00761	0.00834	0.00803	0.00788	0.00841	0.00701	0.00897
5	0.00825	0.00764	0.00851	0.00799	0.00820	0.00879	0.00739	0.00933
4	0.00829	0.00777	0.00874	0.00799	0.00826	0.00895	0.00759	0.00946
3	0.00785	0.00755	0.00866	0.00811	0.00776	0.00863	0.00730	0.00905
2	0.00669	0.00663	0.00772	0.00712	0.00660	0.00728	0.00614	0.00771
1	0.00534	0.00517	0.00592	0.00546	0.00517	0.00548	0.00458	0.00580

#### Dirección Y-Y

PISOS	ANALISIS TIEMPO HISTORIA LINEAL EN LA DIRECCIÓN Y-Y							
	Chimbote 1970		Ica 2007		Lima - Callao 1966		Lima 1974	
	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
13	0.00354	0.00314	0.00408	0.00336	0.00288	0.00312	0.00340	0.00367
12	0.00471	0.00410	0.00543	0.00443	0.00374	0.00407	0.00450	0.00490
11	0.00589	0.00518	0.00664	0.00556	0.00472	0.00501	0.00566	0.00605
10	0.00693	0.00620	0.00752	0.00664	0.00570	0.00586	0.00674	0.00693
9	0.00773	0.00719	0.00806	0.00762	0.00663	0.00676	0.00769	0.00742
8	0.00822	0.00809	0.00832	0.00844	0.00751	0.00766	0.00834	0.00771
7	0.00844	0.00878	0.00853	0.00904	0.00829	0.00833	0.00866	0.00820
6	0.00855	0.00922	0.00890	0.00933	0.00885	0.00882	0.00949	0.00850
5	0.00868	0.00935	0.00952	0.00932	0.00909	0.00906	0.01000	0.00847
4	0.00920	0.00980	0.01040	0.00969	0.00963	0.00957	0.01071	0.00898
3	0.00978	0.01009	0.01119	0.00998	0.01016	0.01006	0.01136	0.00962
2	0.00844	0.00828	0.00950	0.00837	0.00863	0.00849	0.00958	0.00822
1	0.00658	0.00621	0.00730	0.00648	0.00667	0.00654	0.00737	0.00633

Para elegir el sismo de diseño, se verificó el que presenta resultados semejantes al espectro de diseño  $R=1$ , es así que para la dirección “X” se eligió el sismo de Lima 1974 Caso II con una similitud mínima de 1.13 y máxima de 1.27 y para la dirección “Y” se eligió el sismo de Lima 1974 Caso I con una similitud mínima de 0.92 y máxima de 1.

#### 7.4. Sismo de diseño

Presentamos las derivas elásticas que genera el registro sísmico elegido como sismo de diseño.

➤ Derivas en la dirección X-X, Lima 1974, Caso II

Piso	Derivas en X, Caso II 1974	Verificación E.030 <0.07	Verificación Hazus <0.05	Derivas en Y, Caso I 1974	Verificación E.030 <0.07	Verificación Hazus <0.05
13	0.00451	Cumple	Cumple	0.00340	Cumple	Cumple
12	0.00532	Cumple	No cumple	0.00450	Cumple	Cumple
11	0.00613	Cumple	No cumple	0.00566	Cumple	No cumple
10	0.00687	Cumple	No cumple	0.00674	Cumple	No cumple
9	0.00751	No cumple	No cumple	0.00769	No cumple	No cumple
8	0.0081	No cumple	No cumple	0.00834	No cumple	No cumple
7	0.00862	No cumple	No cumple	0.00866	No cumple	No cumple
6	0.00897	No cumple	No cumple	0.00949	No cumple	No cumple
5	0.00933	No cumple	No cumple	0.01000	No cumple	No cumple
4	0.00946	No cumple	No cumple	0.01071	No cumple	No cumple
3	0.00905	No cumple	No cumple	0.01136	No cumple	No cumple
2	0.00771	No cumple	No cumple	0.00958	No cumple	No cumple
1	0.0058	Cumple	No cumple	0.00737	No cumple	No cumple

## **Anexo G. Análisis tiempo historia no lineal**

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICACIÓN CONVENCIONAL CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO: DISEÑO DE DISIPADORES

### 1. Elección de la relación daño – deriva

Se uso las tablas propuestas según la metodología Hazus, teniendo en cuenta una edificación compuesta por pórticos y que supere los 8 niveles.

Características				Distorsión máxima			
Edificación	Etiqueta	Tipo	Pisos	Leve	Moderado	Extenso	Completo
Pórticos de concreto armado	C1L	Bajo	01-03	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800
	C1M	Medio	04-07	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533
	C1H	Alto	8+	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400
Muros de concreto armado	C2L	Bajo	01-03	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800
	C2M	Medio	04-07	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533
	C2H	Alto	8+	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400

### 2. Amortiguamiento efectivo y viscoso

Se presenta el resumen de los cálculos realizados para cada dirección.

Dirección	Coficiente de reducción por amortiguamiento (B)	Amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ )	Amortiguamiento de la estructura ( $\beta_o$ )	Amortiguamiento viscoso calculado ( $\beta_{visc.}$ )	Amortiguamiento viscoso de diseño ( $\beta_{visc.}$ )
X	1.892	33.35%	5.00%	28.35%	29.00%
Y	2.272	47.60%	5.00%	42.60%	40.00%

### 3. Ubicación de disipadores de energía

Para el análisis de la investigación se realizarón dos propuestas de configuración: diagonal y Chevron Brace Mejorado utilizando disipadores lineales ( $\alpha=1$ ) y no lineales ( $\alpha=0.25, 0.50$  y  $0.75$ ), de ese modo para ver cual de las configuraciones genera mejores resultados.

### 4. Respuesta estructural con disipadores en configuración diagonal

#### 4.1. Predimensionamiento del brazo metálico

Como propuesta inicial se usó un perfil tipo HSS 7.50 x 0.50, se presenta la rigidez de brazo metálico necesario para cada dirección.

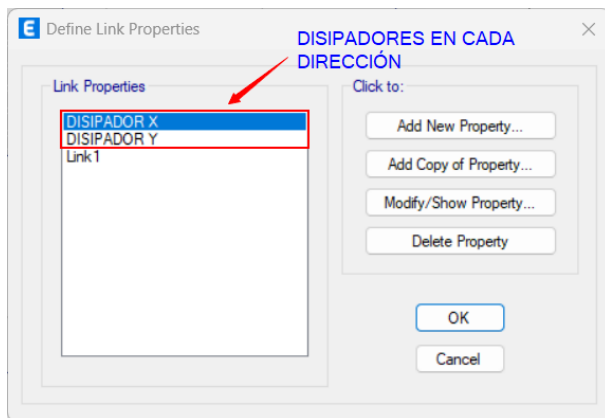
Dirección	Módulo de elasticidad (ton/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Rigidez (ton/m)
X	20.4 x 10 <sup>6</sup>	0.006645	5.77	23478.32
Y	20.4 x 10 <sup>6</sup>	0.006645	3.17	42697.43

## 4.2. Análisis estructural con disipadores lineales ( $\alpha=1$ )

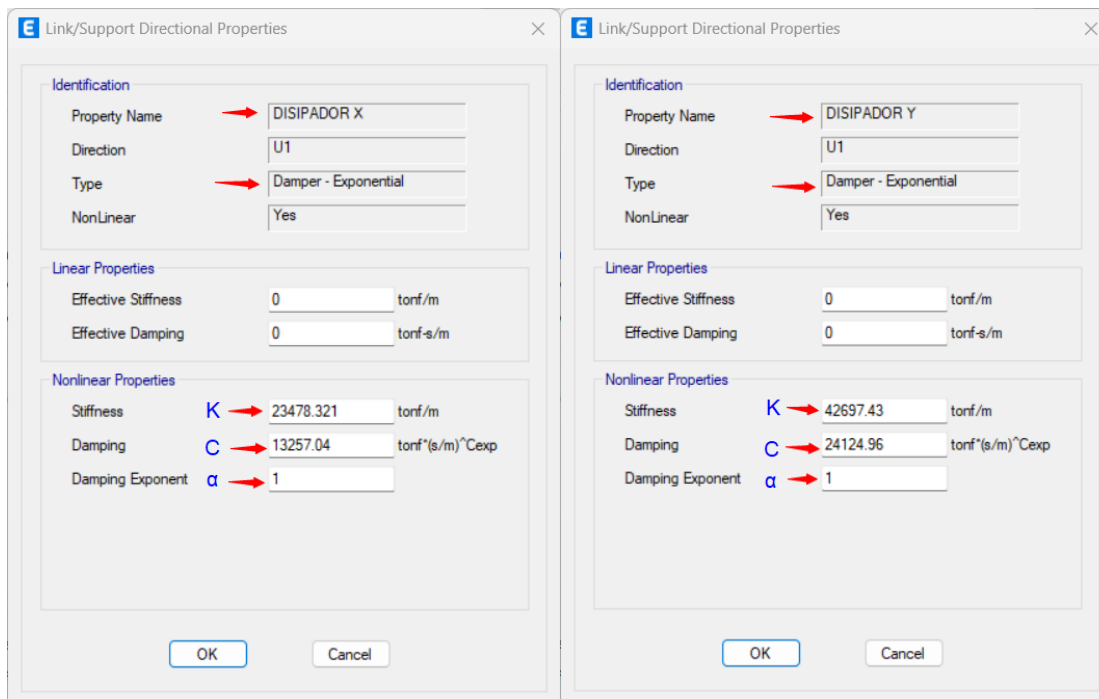
Para poder calcular los resultados en el software ETABS, es necesario definir el coeficiente de amortiguamiento, la rigidez del brazo metálico y el exponente de velocidad, se presenta un resumen en cada dirección.

Dirección	C	K	$\alpha$
X	13257.04	23478.32	1.00
Y	24124.96	42697.43	1.00

Se ingreso al programa estos valores definiendo la siguiente opción: Define/Section Properties/Link.

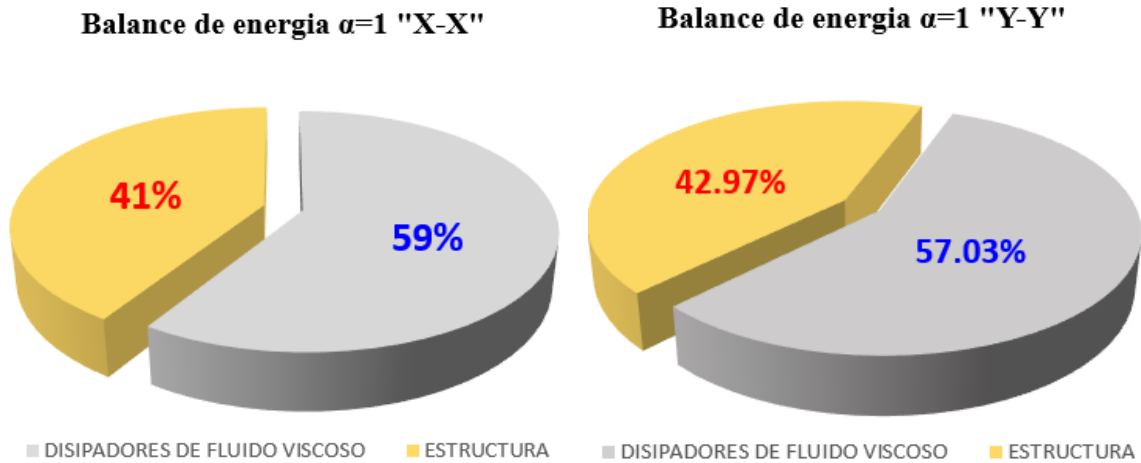


### Dirección X-X, Dirección Y-Y



### Balance de energía con disipadores lineales ( $\alpha=1$ )

En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.

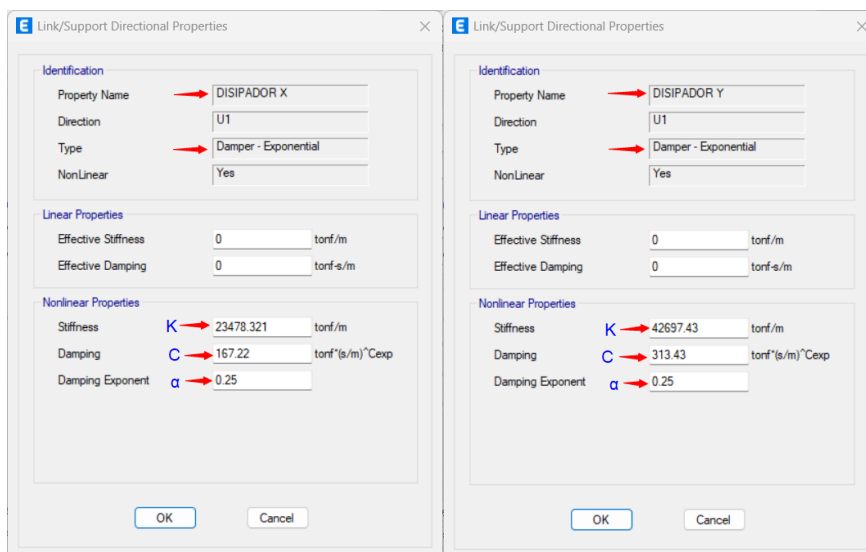


### 4.3. Análisis estructural con disipadores no lineales ( $\alpha=0.25$ )

Se presenta un resumen en cada dirección de los parámetros necesarios para ingresar al programa.

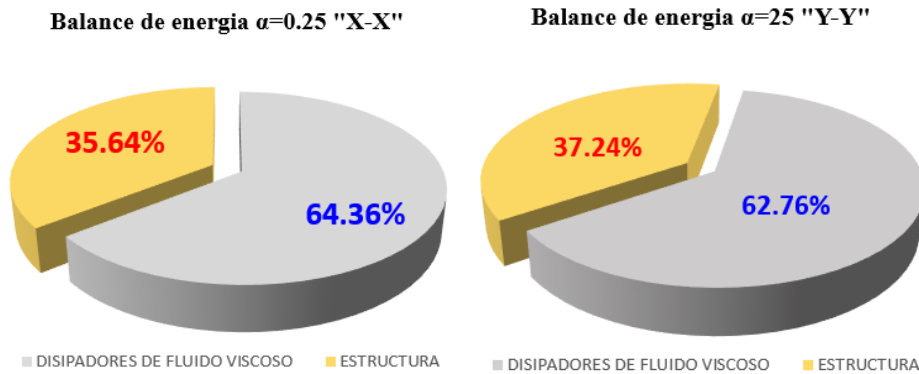
Dirección	C	K	$\alpha$
X	167.22	23478.32	0.25
Y	313.43	42697.43	0.25

Se ingreso al programa los valores definidos.



### Balance de energía con disipadores no lineales ( $\alpha=0.25$ )

En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.

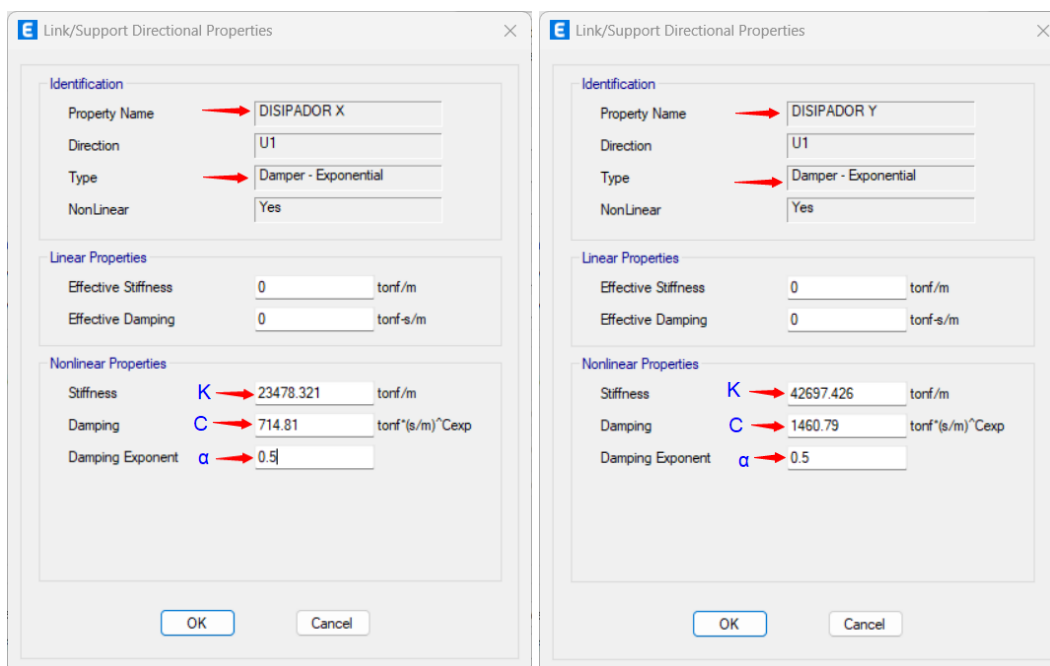


### 4.4. Análisis estructural con disipadores no lineales ( $\alpha=0.50$ )

Se presenta un resumen en cada dirección de los parámetros necesarios para ingresar al programa.

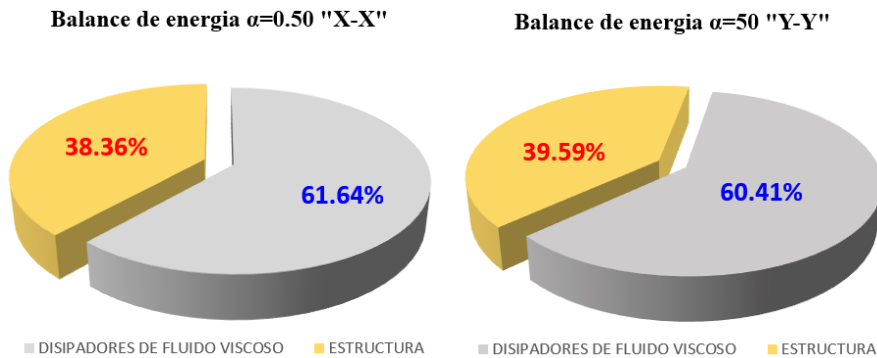
Dirección	C	K	$\alpha$
X	714.81	23478.32	0.50
Y	1460.79	42697.43	0.50

Se ingreso al programa los valores definidos.



### Balance de energía con disipadores no lineales ( $\alpha=0.50$ )

En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.

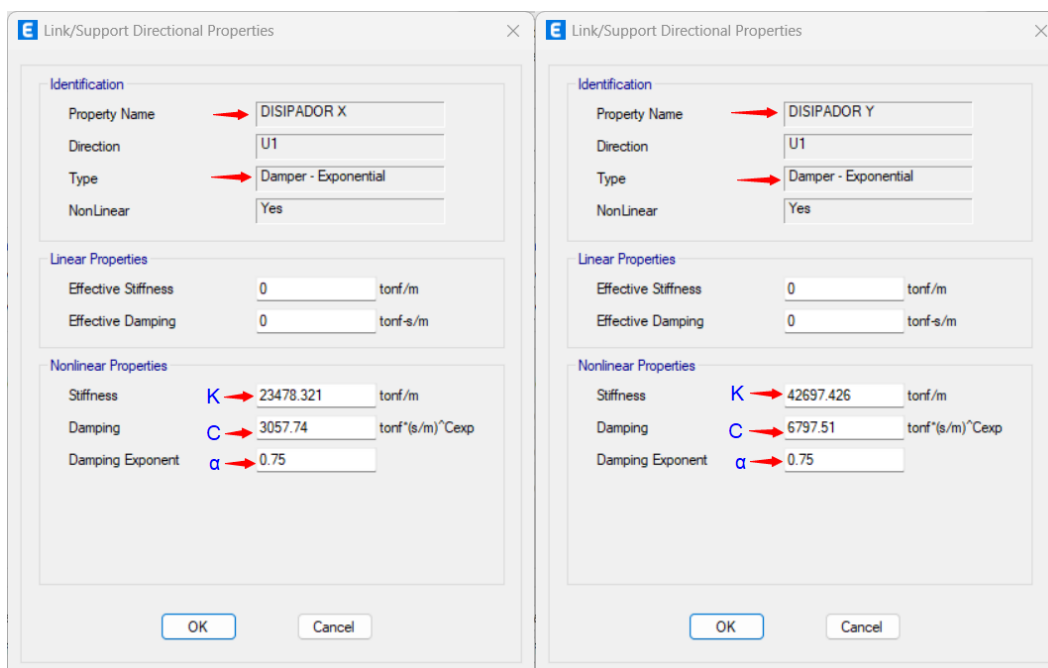


### 4.5. Análisis estructural con disipadores no lineales ( $\alpha=0.75$ )

Se presenta un resumen en cada dirección de los parámetros necesarios para ingresar al programa.

Dirección	C	K	$\alpha$
X	3057.74	23478.32	0.75
Y	6797.51	42697.43	0.75

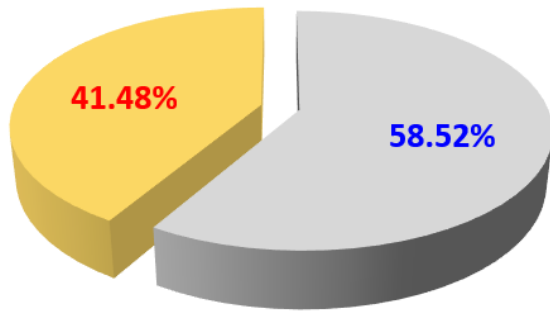
Se ingreso al programa los valores definidos.



### Balance de energía con disipadores no lineales ( $\alpha=0.75$ )

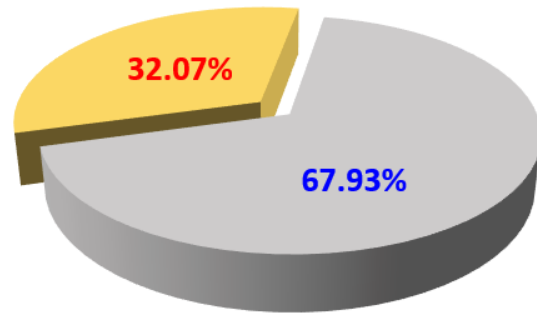
En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.

Balance de energía  $\alpha=0.75$  "X-X"



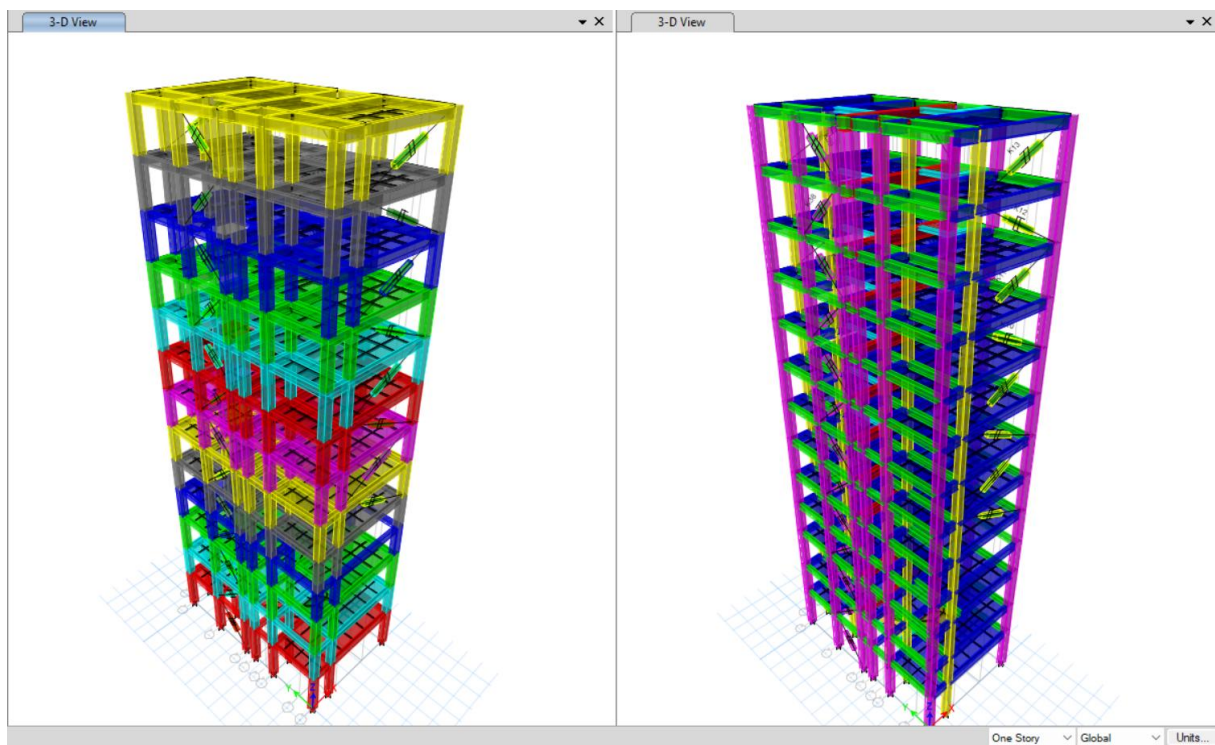
■ DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO ■ ESTRUCTURA

Balance de energía  $\alpha=0.75$  "Y-Y"



■ DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO ■ ESTRUCTURA

A continuación, se visualiza la edificación de 13 niveles con la incorporación de disipadores en configuración diagonal.



## 5. Respuesta estructural con disipadores en configuración diagonal

### 5.1. Predimensionamiento del brazo metálico

Como propuesta inicial se usó un perfil tipo HSS 7.50 x 0.50, se presenta la rigidez de brazo metálico necesario para cada dirección.

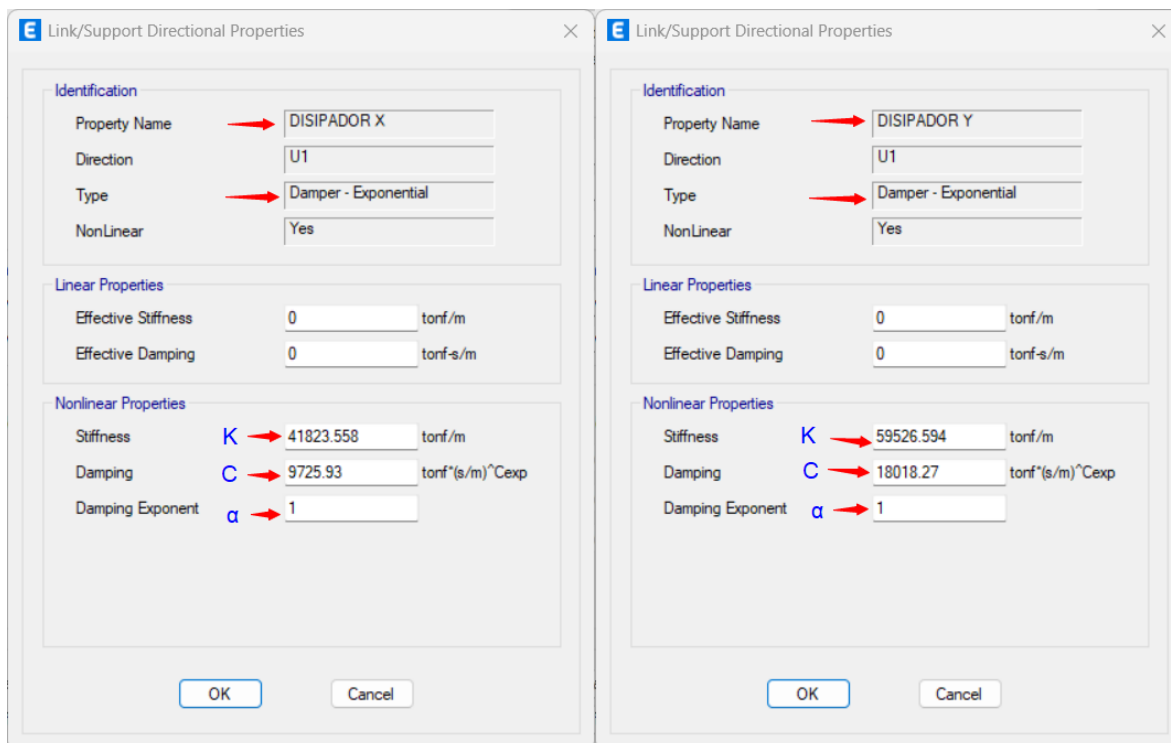
Dirección	Módulo de elasticidad (ton/m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Rigidez (ton/m)
X	20.4 x 10 <sup>6</sup>	0.006645	3.24	41823.56
Y	20.4 x 10 <sup>6</sup>	0.006645	2.27	59526.60

### 5.2. Análisis estructural con disipadores lineales ( $\alpha=1$ )

Se presenta un resumen en cada dirección de los parámetros necesarios para ingresar al programa.

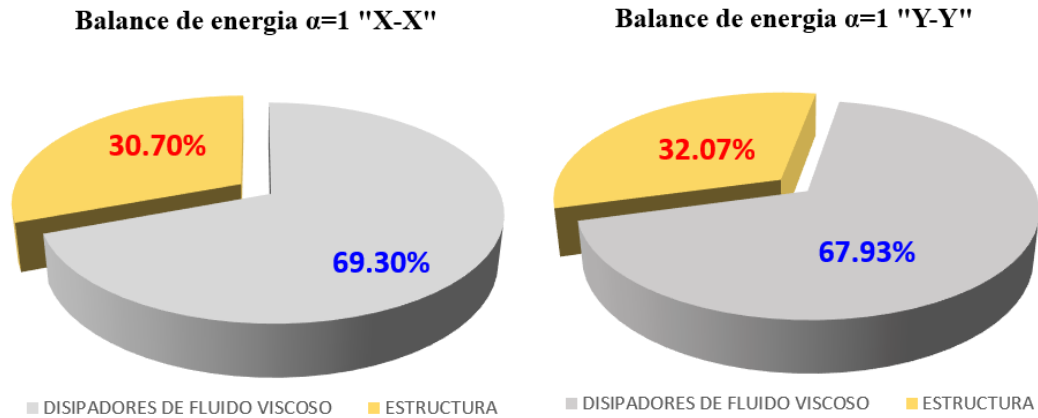
Dirección	C	K	$\alpha$
X	9725.93	41823.56	1.00
Y	18018.27	59526.60	1.00

Se ingreso al programa estos valores definiendo la siguiente opción: Define/Section Properties/Link.



### Balance de energía con disipadores lineales ( $\alpha=1$ )

En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.

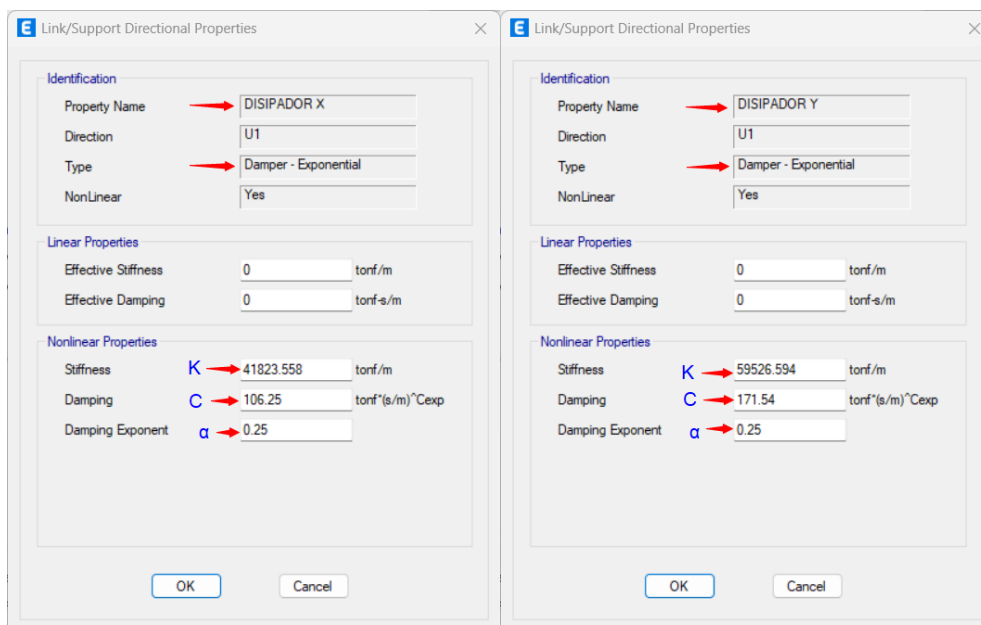


### 5.3. Análisis estructural con disipadores no lineales ( $\alpha=0.25$ )

Se presenta un resumen en cada dirección de los parámetros necesarios para ingresar al programa.

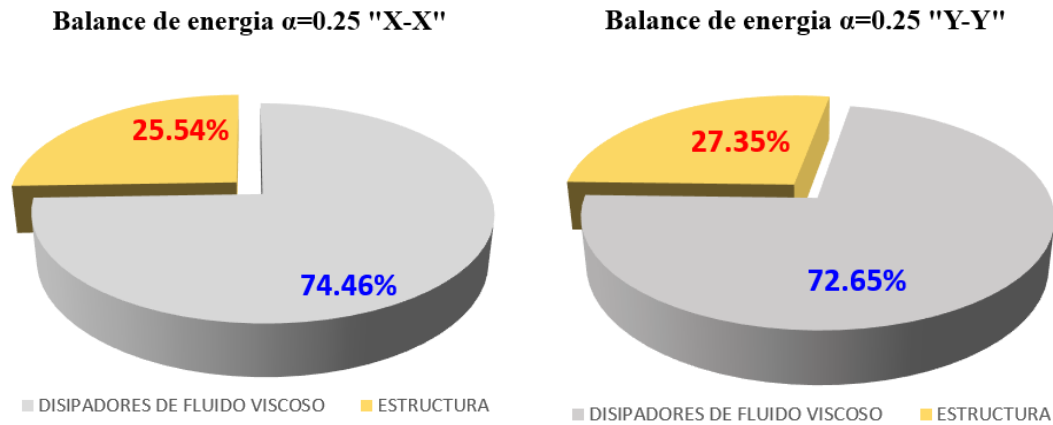
Dirección	C	K	$\alpha$
X	106.25	41823.56	0.25
Y	171.54	59526.60	0.25

Se ingreso al programa los valores definidos.



### Balance de energía con disipadores no lineales ( $\alpha=0.25$ )

En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.

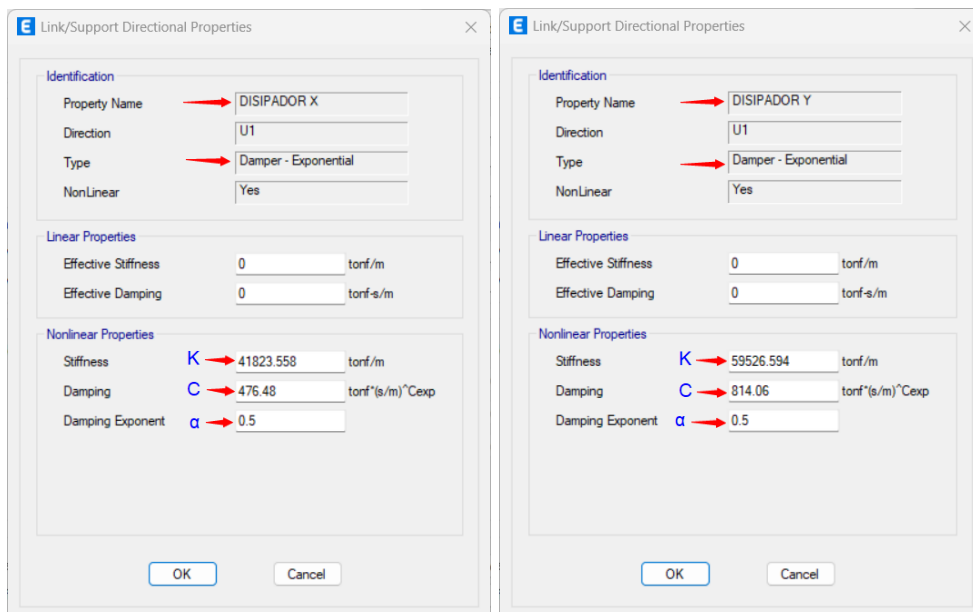


### 5.4. Análisis estructural con disipadores no lineales ( $\alpha=0.50$ )

Se presenta un resumen en cada dirección de los parámetros necesarios para ingresar al programa.

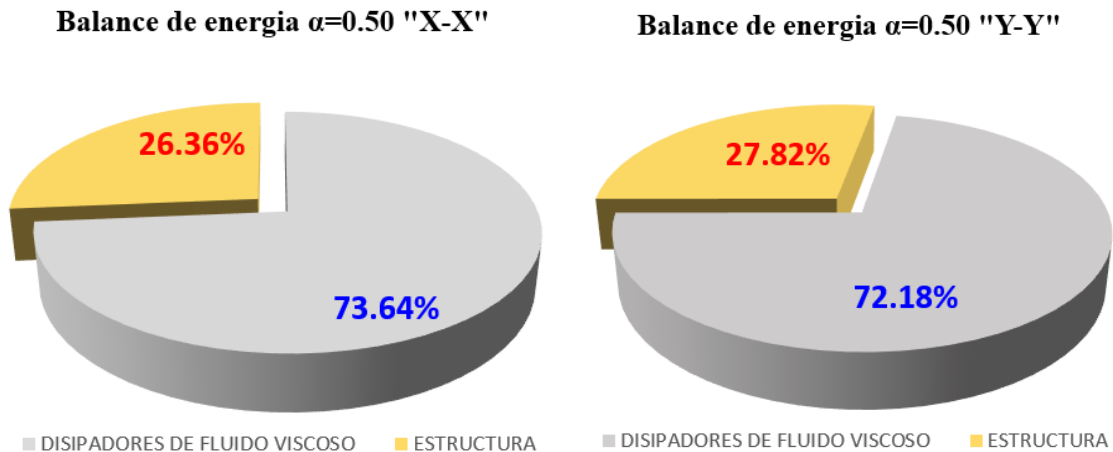
Dirección	C	K	$\alpha$
X	476.48	41823.56	0.50
Y	814.06	59526.60	0.50

Se ingreso al programa los valores definidos.



## Balance de energía con disipadores no lineales ( $\alpha=0.50$ )

En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.

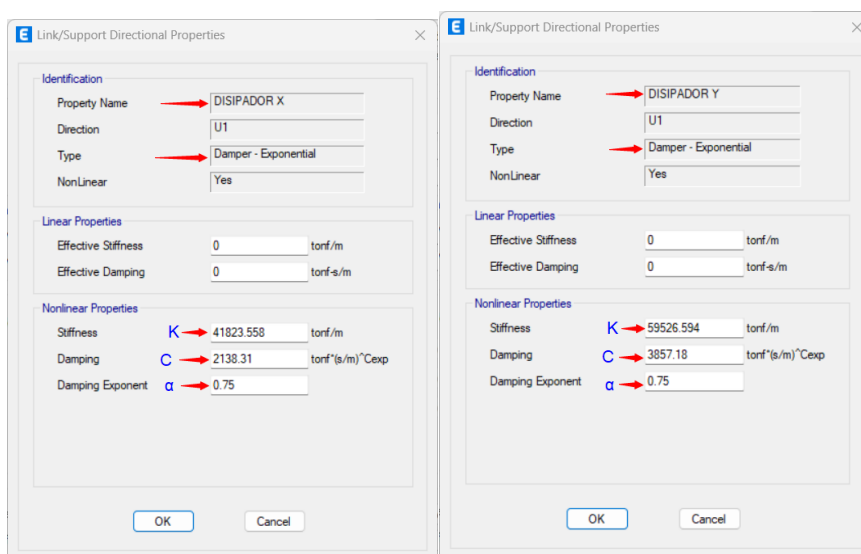


## 5.5. Análisis estructural con disipadores no lineales ( $\alpha=0.75$ )

Se presenta un resumen en cada dirección de los parámetros necesarios para ingresar al programa.

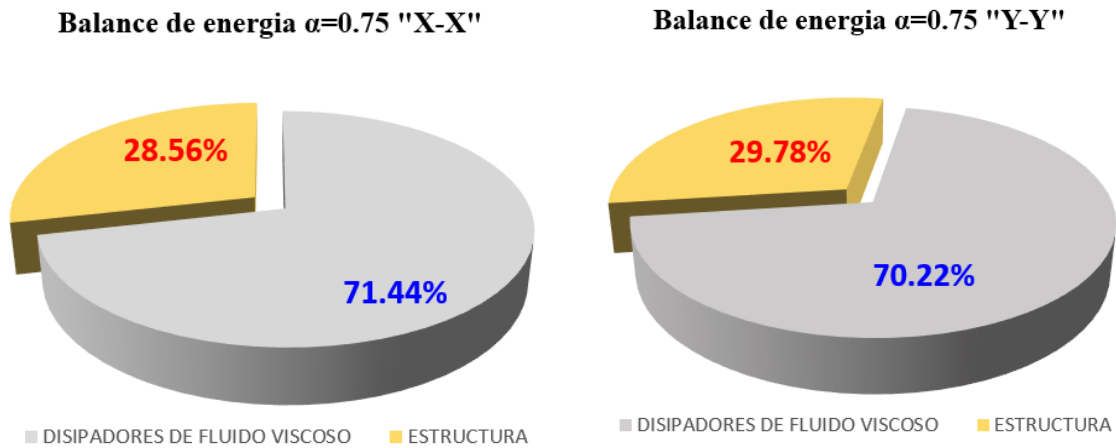
Dirección	C	K	$\alpha$
X	2138.31	41823.56	0.75
Y	3857.18	59526.60	0.75

Se ingreso al programa los valores definidos.

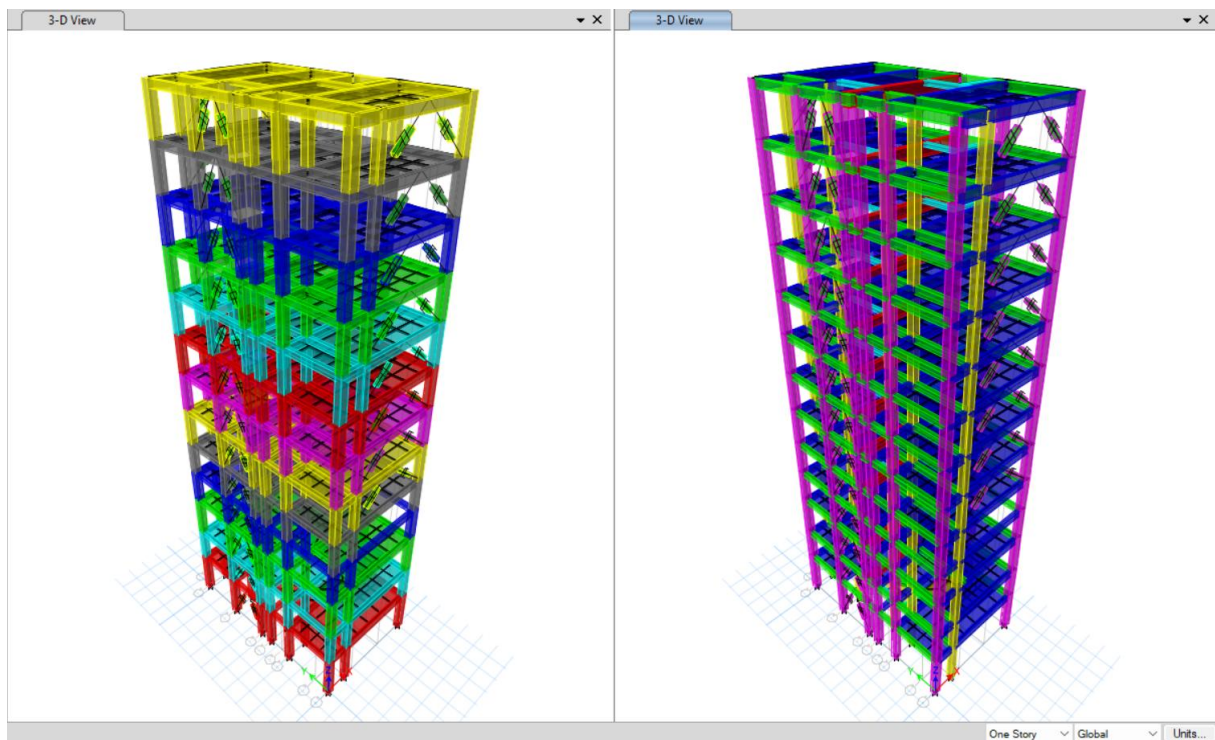


### Balance de energía con disipadores no lineales ( $\alpha=0.75$ )

En la gráfica que se muestra se evidencia la cantidad de energía que disipa los amortiguadores y la estructura en comparación a un sistema convencional sin disipadores, en cada dirección de análisis.



A continuación, se visualiza la edificación de 13 niveles con la incorporación de disipadores en configuración chevron brace mejorado.



Según los gráficos circulares, se observa que los disipadores en configuración Chevron Brace Mejorado, con un exponente de velocidad 0.25, ofrecen un desempeño superior en la mejora de la respuesta dinámica de la estructura.

## 6. Elección de disipadores

Utilizando dispositivos de la marca Taylor, se analizaron las fuerzas internas en cada disipador para seleccionar la fuerza óptima conforme a las especificaciones de los catálogos de la empresa.

### Dirección X-X

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)	Disipador	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)
K1	6	53.63	118.24	165	K17	51.42	113.37	165
k2	6	47.69	105.13	110	k18	47.12	103.88	110
k3	7	52.29	115.28	165	K19	50.11	110.48	165
k4	7	45.74	100.85	110	K20	45.78	100.92	110
k5	8	50.24	110.77	165	K21	47.76	105.29	110
k6	8	44.44	97.97	110	K22	43.06	94.94	110
k7	9	47.96	105.73	110	K23	44.16	97.36	110
k8	9	42.01	92.61	110	K24	38.71	85.34	110
k9	10	45.11	99.46	110	K25	39.62	87.34	110
k10	10	38.10	84.00	110	K26	32.98	72.71	110
k11	11	40.46	89.20	110	K27	33.22	73.25	110
k12	11	32.30	71.21	110	K28	27.69	61.04	110
k13	12	32.74	72.17	110	K29	25.02	55.17	110
k14	12	27.62	60.88	110	K30	23.29	51.34	110
k15	13	23.32	51.40	110	K31	17.98	39.64	110
k16	13	23.34	51.45	110	K32	19.36	42.68	110

Se presenta el resumen de disipadores necesarios en la dirección x.

Fuerza (kip)	Disipadores necesarios
110	27
165	5

## Dirección Y-Y

Disipador	Nivel	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)	Disipador	Fuerza (ton)	Fuerza (Kip)	Fuerza taylor (Kip)
K33	1	66.83	147.34	165	K59	69.26	152.70	165
k34	1	67.65	149.15	165	k60	66.92	147.53	165
K35	2	68.77	151.62	165	K61	69.43	153.08	165
K36	2	69.32	152.82	165	K62	68.34	150.67	165
K37	3	69.03	152.19	165	K63	69.51	153.24	165
K38	3	72.13	159.01	165	K64	71.12	156.80	165
K39	4	62.01	136.70	165	K65	62.28	137.30	165
K40	4	67.01	147.73	165	K66	64.75	142.75	165
K41	5	58.90	129.85	165	K67	59.07	130.24	165
K42	5	64.44	142.06	165	K68	61.01	134.50	165
K43	6	59.67	131.54	165	K69	57.69	127.18	165
K44	6	63.49	139.97	165	K70	57.76	127.34	165
K45	7	59.55	131.29	165	K71	55.44	122.22	165
K46	7	61.19	134.91	165	K72	54.36	119.85	165
K47	8	58.29	128.51	165	K73	52.62	116.01	165
K48	8	58.25	128.43	165	K74	49.63	109.42	110
K49	9	55.67	122.72	165	K75	48.31	106.50	110
K50	9	55.01	121.28	165	K76	43.13	95.08	110
K51	10	52.30	115.30	165	K77	43.29	95.43	110
K52	10	51.75	114.09	165	K78	39.57	87.23	110
K53	11	47.06	103.76	110	K79	37.08	81.75	110
K54	11	45.96	101.32	110	K80	35.00	77.15	110
K55	12	38.26	84.36	110	K81	27.55	60.74	110
K56	12	35.73	78.76	110	K82	28.14	62.04	110
K57	13	25.17	55.50	110	K83	17.18	37.88	110
K58	13	27.45	60.52	110	K84	18.57	40.95	110

Se presenta el resumen de disipadores necesarios en la dirección Y.

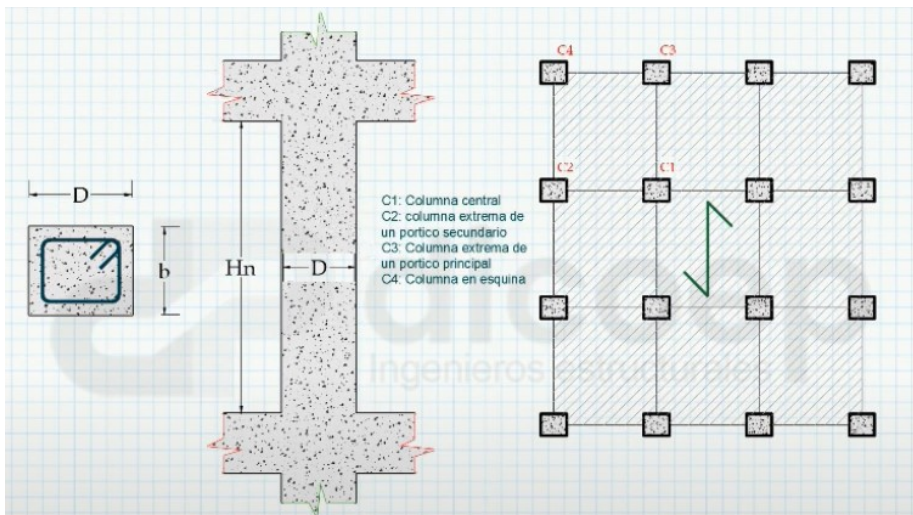
Fuerza (kip)	Disipadores necesarios
110	17
165	35

## **Anexo H. Predimensionamiento de elementos estructurales**

## **PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

### **1. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS**

Las columnas al ser sometidas a carga axial y momento flector, tienen que ser dimensionadas considerando los dos efectos, además de esto se debe tener en cuenta al momento del predimensionamiento que el tipo de falla a inducir a una columna deber ser de tipo dúctil, es así que se tiene los siguientes valores y expresiones:



Tipo C1 (para los primeros pisos)	columnas interiores N < 3 pisos	P=1.10Pg n=0.30		
Tipo C1 (para los últimos 4 pisos superiores)	columnas interiores N > 4pisos	P=1.10Pg n=0.25		
Tipo C2, C3	Columnas extremas de pórticos interiores	P=1.25Pg n=0.25		
Tipo C4	Columnas de esquina	P=1.50Pg n=0.20		

Carga de servicio	
Uso	Peso kg/m <sup>2</sup>
A	1500
B	1250
C	1000

#### **1. 1. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS CENTRALES**

- $f'c := 210 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$       Resistencia a compresión simple del concreto
- $n := 13$       Número de pisos
- $AT := 10.94 \cdot m^2$       Área tributaria
- $w_{piso} := 1000 \cdot \frac{kgf}{m^2}$       Carga por piso (una carga aproximada de 1000kgf/m<sup>2</sup>)
- $k := 0.45$       Valor según tipo de columna ( columna centrada= 0.45; columna extrema y esquina =0.35)

Primero calculamos el peso de servicio transmitido a la columna:

$$P_{ser} := n \cdot AT \cdot w_{piso} = 142220 \text{ kgf}$$

Ahora calculamos el área de la columna:

$$A_{col} := \frac{P_{ser}}{k \cdot f'_c} = 0.15 \text{ m}^2$$

Calculamos el ancho de la columna:

$$B := \sqrt{A_{col}} = 38.794 \text{ cm}$$

Empleamos:  $B_c := 40 \cdot \text{cm}$   $L_c := 40 \cdot \text{cm}$

**Adoptamos una sección de columna central de 40 x 40 cm**

### 1. 2. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS LATERALES (Y-Y) Y ESQUINERAS

$$f'_c := 210 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Resistencia a compresión simple del concreto}$$

$$n := 13 \quad \text{Número de pisos}$$

$$AT := 9.76 \cdot \text{m}^2 \quad \text{Área tributaria}$$

$$w_{piso} := 1000 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga por piso (una carga aproximada de 1000kgf/m}^2\text{)}$$

$$k := 0.35 \quad \text{Valor según tipo de columna ( columna centrada= 0.45; columna extrema y esquina =0.35)}$$

Primero calculamos el peso de servicio transmitido a la columna:

$$P_{ser} := n \cdot AT \cdot w_{piso} = 126880 \text{ kgf}$$

Ahora calculamos el área de la columna:

$$A_{col} := \frac{P_{ser}}{k \cdot f'_c} = 0.173 \text{ m}^2$$

Calculamos el ancho de la columna:

$$B := \sqrt{A_{col}} = 41.548 \text{ cm}$$

Empleamos:  $B_c := 40 \cdot \text{cm}$   $L_c := 50 \cdot \text{cm}$

**Adoptamos una sección de columna lateral de 40 x 50 cm**

### 1. 3. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS LATERALES (X-X)

$$f'_c := 210 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Resistencia a compresión simple del concreto}$$

$$n := 13 \quad \text{Número de pisos}$$

$$AT := 6.48 \cdot \text{m}^2 \quad \text{Área tributaria}$$

$$w_{\text{piso}} := 1000 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga por piso (una carga aproximada de 1000kgf/m}^2\text{)}$$

$$k := 0.35 \quad \text{Valor según tipo de columna ( columna centrada= 0.45; columna extrema y esquina =0.35)}$$

Primero calculamos el peso de servicio transmitido a la columna:

$$P_{\text{ser}} := n \cdot AT \cdot w_{\text{piso}} = 84240 \text{ kgf}$$

Ahora calculamos el área de la columna:

$$A_{\text{col}} := \frac{P_{\text{ser}}}{k \cdot f'_c} = 0.115 \text{ m}^2$$

Calculamos el ancho de la columna:

$$B := \sqrt[2]{A_{\text{col}}} = 33.854 \text{ cm}$$

$$\text{Empleamos:} \quad B_c := 40 \cdot \text{cm} \quad L_c := 40 \cdot \text{cm}$$

**Adoptamos una sección de columna lateral de 40 x 40 cm**

## 2. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

### 2.1. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS (X-X)

$$L := 5.4 \cdot \text{m} \quad \text{Luz libre de la viga}$$

Calculamos la altura de la viga, que se encontrar entre los valores (L/10 a L/12)

$$h_1 := \frac{L}{10} = 0.54 \text{ m}$$

$$h_2 := \frac{L}{12} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Empleamos:} \quad h := 50 \cdot \text{cm}$$

Calculamos el ancho de la viga, que se debe encontrar en entre estos valores (h/2 a h/3)

$$b_1 := \frac{h}{2} = 0.25 \text{ m}$$

$$b_2 := \frac{h}{3} = 0.167 \text{ m}$$

$$\text{Empleamos:} \quad b := 25 \cdot \text{cm}$$

**Para la dirección x-x adoptamos una sección de 50 x 25 cm**

## 2.2. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS (Y-Y)

$$\bar{L} := 3.3 \cdot m \quad \text{Luz libre de la viga}$$

Calculamos la altura de la viga, que se encontrar entre los valores (L/10 a L/12)

$$h_1 := \frac{L}{10} = 0.33 \text{ m}$$

$$h_2 := \frac{L}{12} = 0.275 \text{ m}$$

Empleamos:  $h := 40 \cdot cm$

Calculamos el ancho de la viga, que se debe encontrar en entre estos valores (h/2 a h/3)

$$b_1 := \frac{h}{2} = 0.2 \text{ m}$$

$$b_2 := \frac{h}{3} = 0.133 \text{ m}$$

Empleamos:  $b := 25 \cdot cm$

**Para la dirección y-y adoptamos una sección de 40 x 25 cm**

## 2.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS EN EJE 3-3(X-X)

$$\bar{L} := 6.8 \cdot m \quad \text{Luz libre de la viga}$$

Calculamos la altura de la viga, que se encontrar entre los valores (L/10 a L/12)

$$h_1 := \frac{L}{10} = 0.68 \text{ m}$$

$$h_2 := \frac{L}{12} = 0.567 \text{ m}$$

Empleamos:  $h := 60 \cdot cm$

Calculamos el ancho de la viga, que se debe encontrar en entre estos valores (h/2 a h/3)

$$b_1 := \frac{h}{2} = 0.3 \text{ m}$$

$$b_2 := \frac{h}{3} = 0.2 \text{ m}$$

Empleamos:  $b := 30 \cdot cm$

**Para el eje 3-3 en la dirección x-x adoptamos una sección de 60 x 30 cm**

## 2.4. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS CHATAS

Las vigas chatas son diseñadas para soportar cargas reducidas, especialmente sirven como amarre entre columna y columna, es por ello que se usaran vigas chatas de espesor igual a la losa aligerada y un ancho de 25 centímetros.

### 3. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA

$$\bar{L} := 3.525 \cdot m \quad \text{Luz libre de la losa}$$

Calculamos la altura de la losa aligerada, que se debe encontrar entre los valores (h/25).

$$\bar{h} := \frac{L}{25} = 0.141 \text{ m}$$

Empleamos:  $\bar{h} := 20 \cdot \text{cm}$

**Adoptamos losa aligerada de espesor de 20 cm**

### 4. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA MACIZA

$$\bar{L} := 2.40 \cdot m \quad \text{Luz libre de la losa}$$

Calculamos la altura de la losa, que se debe encontrar entre los valores (h/30).

$$\bar{h} := \frac{L}{30} = 0.08 \text{ m}$$

Empleamos:  $\bar{h} := 15 \cdot \text{cm}$

**Adoptamos losa maciza de espesor de 15 cm**

## **Anexo I. Fichas técnicas**

## TABLA COMPARATIVA: Sistema Unidireccional vs. Sistema con Ladrillo DIPROPOR®

Luces (medidas máximas)	Espesor de Losa	Altura de ladrillo de arcilla techo	Peso de ladrillo de arcilla	Peso de ladrillo / m <sup>2</sup>	Peso de Losa / m <sup>2</sup>	Peso de Losa / m <sup>2</sup> con Ladrillo DIPROPOR®	Porcentaje de ahorro por m <sup>2</sup>
4.25m	17cm	12cm	7.20 Kg	60 Kg/m <sup>2</sup>	260 Kg/m <sup>2</sup>	200 Kg/m <sup>2</sup>	23.0%
5.00m	20cm	15cm	8.40 Kg	70 Kg/m <sup>2</sup>	300 Kg/m <sup>2</sup>	230 Kg/m <sup>2</sup>	23.3%
6.25m	25cm	20cm	10.2 Kg	85 Kg/m <sup>2</sup>	350 Kg/m <sup>2</sup>	265 Kg/m <sup>2</sup>	24.3%
7.30m	30cm	25cm	12.0 Kg	100 Kg/m <sup>2</sup>	380 Kg/m <sup>2</sup>	280 Kg/m <sup>2</sup>	26.3%

## RECOMENDACIONES

### Aplicaciones para tarrajeo \*

#### Porción de Mezcla (en volumen)

4 de Arena gruesa (tamizada max 5mm)  
1 de cemento  
1 de Cal Hidráulica (cal apagada)

#### Dosificación para 01 m<sup>3</sup> de mezcla (en cantidades específicas)

Arena gruesa      0.7 m<sup>3</sup>  
Cemento              05 Bls (Bls de 42.5 Kg.)  
Cal Hidráulica      03 Bls (Bls de 30 Kg.)

#### Aplicación en 02 Capas

1 Pañeteo (Cemento - Cal - Arena Gruesa 1:1:4)  
máx. 1 cm incl. chicoteo.  
2 Afinado (Cemento - Arena Fina 1:4)

Dejar 1 día entre las capas 1 y 2

\* Sacar el tarrajeo con arena gruesa mejora la resistencia por tener mayor superficie específica y por ser aristada. La cal hidráulica aporta resistencia y le da elasticidad a la mezcla.

### Habilitación y Corte

El Poliestireno Expandido, es trabajado en obra con elementos de corte convencional (es decir con hoja de sierra, navaja, cúter, etc.) y para lograr cortes rápidos y limpios se sugiere utilizar cortadores para Poliestireno (de hilo caliente).

### Manipulación, almacenaje y conservación

Los bloques de Poliestireno expandido se acopiarán en condiciones adecuadas debiendo estar protegidos contra la acción del viento, del sol y del fuego.

**Importante:** El tarrajeo al ser un mortero cementicio, debe ser "curado" conforme a la recomendación del ACI de dos a tres veces al día durante 10 o 15 minutos con agua en los primeros 7 días de vida, o en su defecto cambiar el procedimiento por un curador químico.

### Nota Legal

La información y en particular las recomendaciones sobre la utilización y el uso final de los productos Dipropor® son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Indupol S.A.C. respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como utilizados en condiciones normales.

En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se utilizarán los productos son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual.

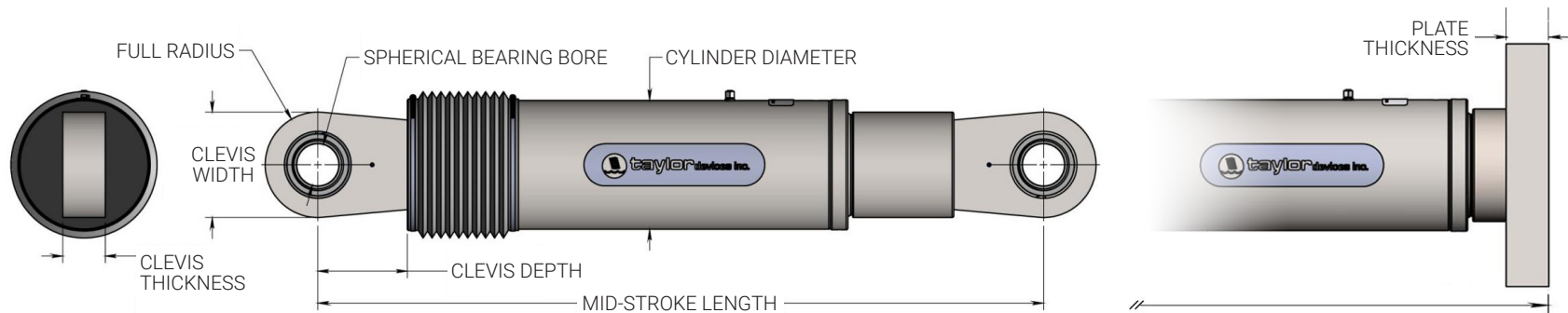




## FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES DIMENSIONS

CLEVIS END CONDITION

BASE PLATE END CONDITION



FORCE (KIP)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	MID-STROKE LENGTH (IN) CLEVIS-BASE*	MID-STROKE LENGTH (IN) CLEVIS-CLEVIS*	STROKE (IN)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (IN)	WEIGHT (LB) CLEVIS-BASE	WEIGHT (LB) CLEVIS-CLEVIS	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (IN)	CLEVIS DEPTH (IN)	CLEVIS THICKNESS (IN)	SPHERICAL BEARING BORE (IN)
55	17120	31.00	34.13	±3	4½	100	90	4	3.25	1.67	1.50
110	17130	39.25	42.00	±4	5¾	215	180	5	4.00	2.16	2.00
165	17140	40.00	47.00	±4	7¼	370	300	6	5.10	2.31	2.25
220	17150	41.25	48.75	±4	8¼	560	425	7¼	5.88	2.78	2.75
330	17160	43.50	51.75	±4	9½	675	550	8	6.38	3.03	3.00
440	17170	53.00	62.00	±5	11¼	1100	900	9¼	7.50	3.56	3.50
575	20860	59.00	67.00	±5	12¾	1585	1310	10¼	7.50	4.40	4.00
750	20870	62.00	71.00	±5	14½	2150	1780	10¾	8.50	4.90	4.50
975	20880	**	76.00	±5	17	**	2700	12¼	8.50	5.56	5.00
1350	17200	**	84.00	±5	20¼	**	4000	13¾	12.00	6.00	6.00
1800	17210	**	90.25	±5	22¼	**	5500	16¼	13.50	7.00	7.00

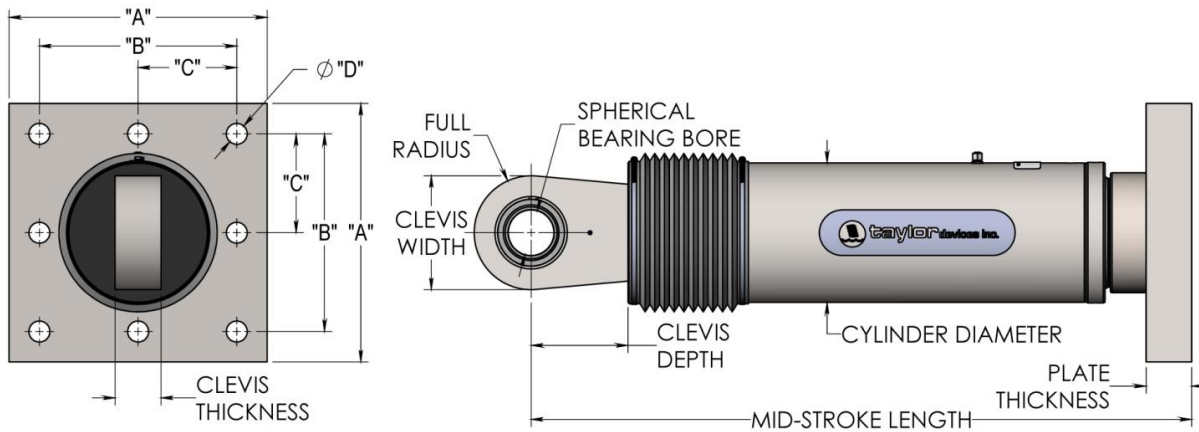
NOTE:  
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ±3" UP TO ±42". FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR LONGER STROKES.

\* MIDSTROKE LENGTH VALUES BASED ON STANDARD STROKE FOR SQUARE AND ROUND FLANGE PLATES. RECTANGULAR FLANGE PLATES WILL BE LONGER. CONSULT THE FACTORY FOR DIMENSIONS.  
\*\* CONSULT THE FACTORY FOR DIMENSIONS NOT SHOWN.

MADE IN USA



## FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES CLEVIS – BASE PLATE CONFIGURATION, METRIC UNITS



**NOTE:**

VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM  $\pm 50$  TO  $\pm 900$  mm. FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER  $\pm 1$  mm OF STROKE.

EXAMPLE: 1000kN  $\pm 100$ mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1048mm  
 1000 kN  $\pm 150$  mm STROKE, 150-100= 50, 50\*5=250  
 1048+250 = 1298 mm MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR DEVICES FOR STROKE OVER  $\pm 300$  mm AND/OR FOR FORCE CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)	"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)	"D" (mm)	PLATE THICKNESS (mm)
250	17120	38.10	787	$\pm 75$	43	102	83	33	114	44	178 $\pm 3$	127 $\pm 25$	†	20.6 $\pm 25$	38 $\pm 76$
500	17130	50.80	997	$\pm 100$	55	127	102	44	146	98	282 $\pm 3$	203 $\pm 25$	†	31.8 $\pm 25$	38 $\pm 76$
750	17140	57.15	1016	$\pm 100$	59	152	129	50	184	168	343 $\pm 3$	254 $\pm 25$	127 $\pm 25$	28.7 $\pm 25$	61 $\pm 76$
1000	17150	69.85	1048	$\pm 100$	71	184	150	61	210	254	419 $\pm 3$	318 $\pm 25$	159 $\pm 25$	31.8 $\pm 25$	76 $\pm 15$
1500	17160	76.20	1105	$\pm 100$	77	203	162	67	241	306	432 $\pm 3$	330 $\pm 25$	165 $\pm 25$	34.9 $\pm 25$	76 $\pm 15$
2000	17170	88.90	1346	$\pm 125$	91	235	191	78	292	503	457 $\pm 3$	343 $\pm 25$	171.5 $\pm 25$	38.1 $\pm 25$	102 $\pm 15$
3000	17180	101.60	1441	$\pm 125$	117	286	203	89	350	805	508 $\pm 3$	406 $\pm 25$	203 $\pm 25$	41.4 $\pm 25$	102 $\pm 15$
4000	17190	127.00	1645	$\pm 125$	142	324	273	111	425	1088	**	**	**	**	**
6500	17200	152.40	1752	$\pm 125$	152	350	305	121	515	1930	**	**	**	**	**
8000	17210	177.80	1867	$\pm 125$	178	415	343	135	565	2625	**	**	**	**	**

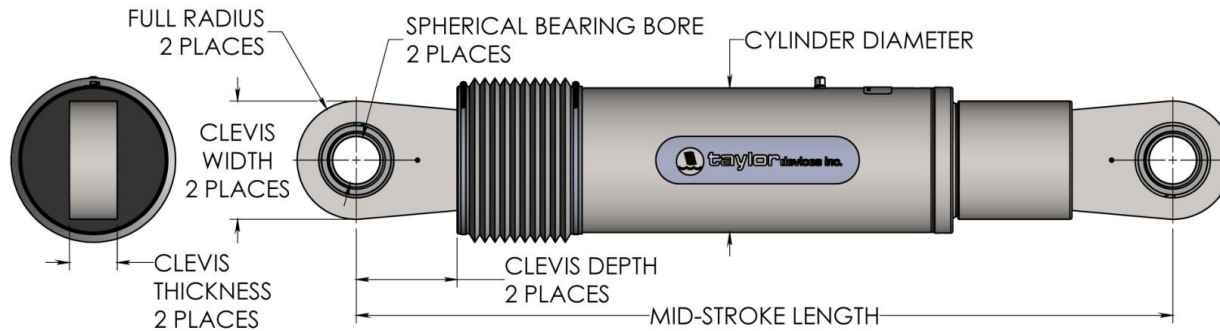
† DENOTES 4 HOLE PATTERN, MEANING NO CENTER HOLES.

\*\* CONSULT FACTORY FOR DIMENSIONS.

MADE IN USA



**FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES**  
**CLEVIS – CLEVIS CONFIGURATION, METRIC UNITS**



NOTE:  
 VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE FROM  $\pm 50$  TO  $\pm 900$ mm  
 FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER  
 THAN STROKE LISTED IN THE TABLE. ANY STROKE CHANGE  
 FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES  
 THE MIDSTROKE LENGTH BY 5 mm PER  $\pm 1$  mm OF STROKE.

EXAMPLE: 1000 kN  $\pm 100$ mm STROKE, MID-STROKE LG IS 1238mm  
 1000kN  $\pm 150$ mm STROKE, 150-100=50, 50\*5=250  
 1238+250= 1488mm MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS  
 DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR  
 DEVICES FOR STROKE OVER  $\pm 300$ mm AND/OR FOR FORCE  
 CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

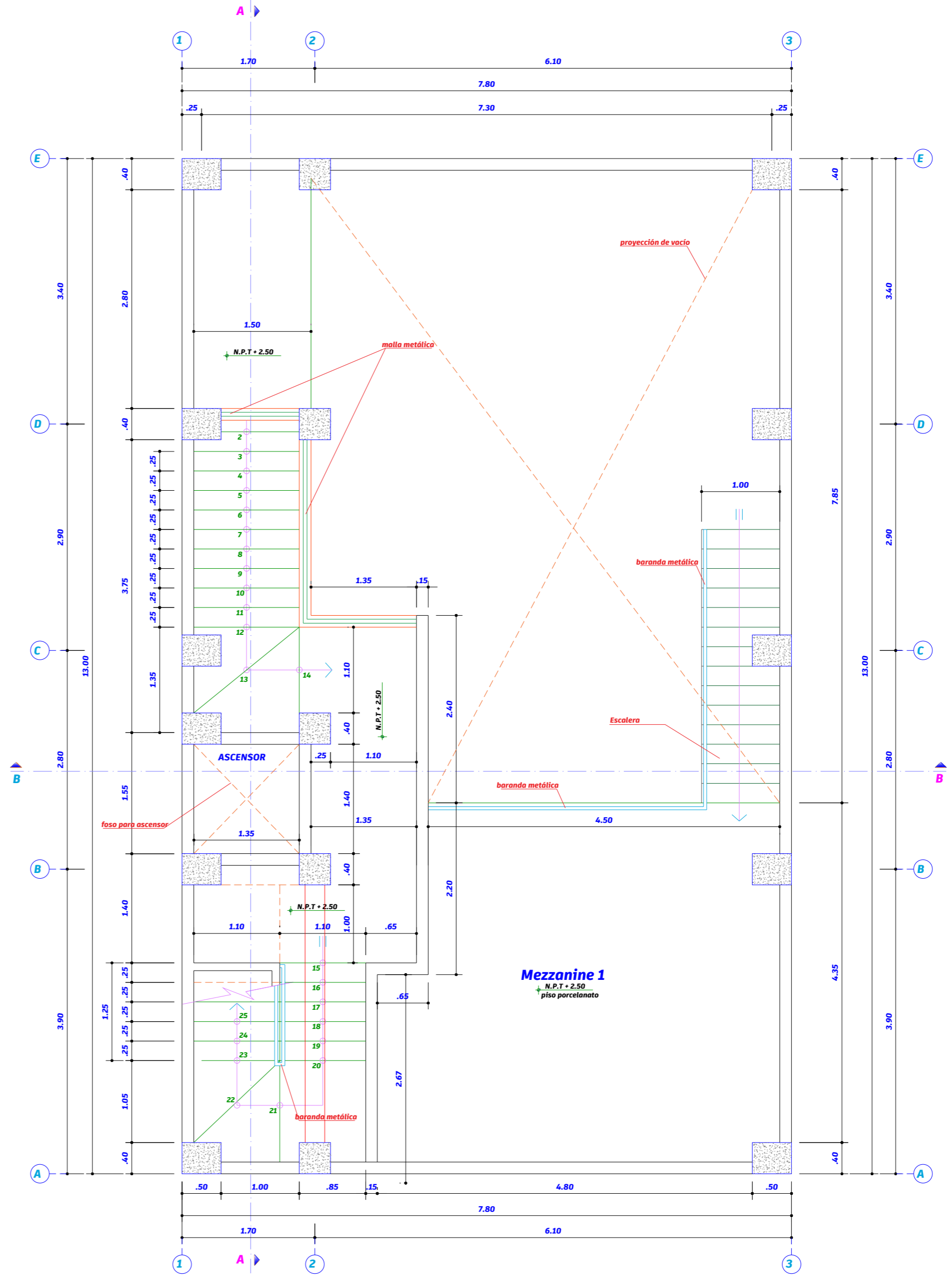
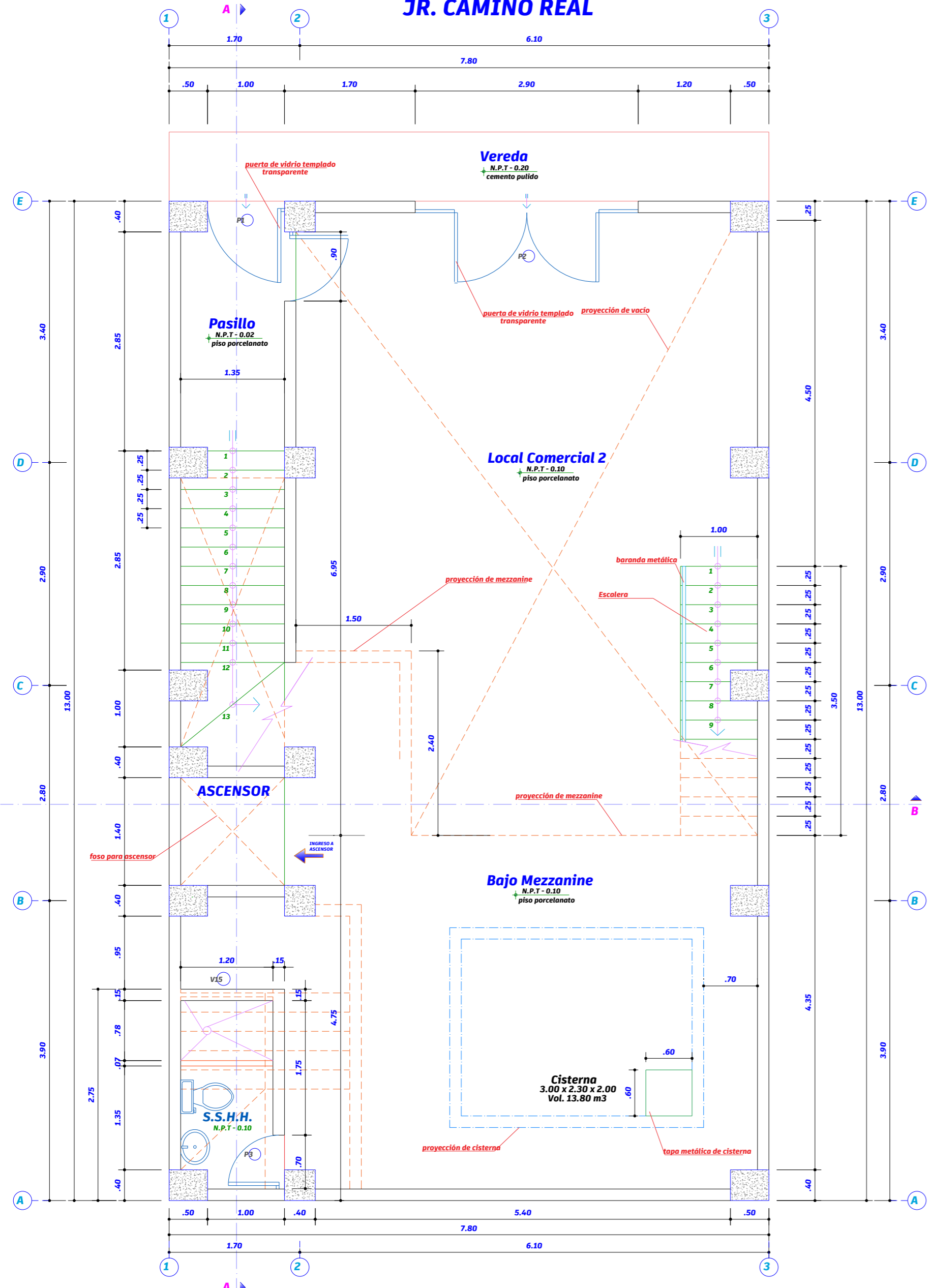
FORCE (kN)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (mm)	MID-STROKE LENGTH (mm)	STROKE (mm)	CLEVIS THICKNESS (mm)	BEARING THICKNESS (mm)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (mm)	CLEVIS DEPTH (mm)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (mm)	WEIGHT (kg)
250	17120	38.10	867	$\pm 75$	43	33	102	83	114	41
500	17130	50.80	1067	$\pm 100$	55	44	127	102	150	82
750	17140	57.15	1194	$\pm 100$	59	50	152	129	184	136
1000	17150	69.85	1238	$\pm 100$	71	61	184	150	210	193
1500	17160	76.20	1314	$\pm 100$	77	67	203	162	241	250
2000	17170	88.90	1575	$\pm 125$	91	78	235	191	285	408
3000	17180	101.60	1575	$\pm 125$	117/111*	89	286/324*	228/210*	350	701
4000	17190	127.00	1880	$\pm 125$	142	111	324	210	425	1225
6500	17200	152.40	2134	$\pm 125$	152	121	350	305	515	1810
8000	17210	177.80	2293	$\pm 125$	178	135	415	343	565	2495

\* DENOTES MODEL WITH DIFFERENT CLEVIS SIZES ON EACH END.

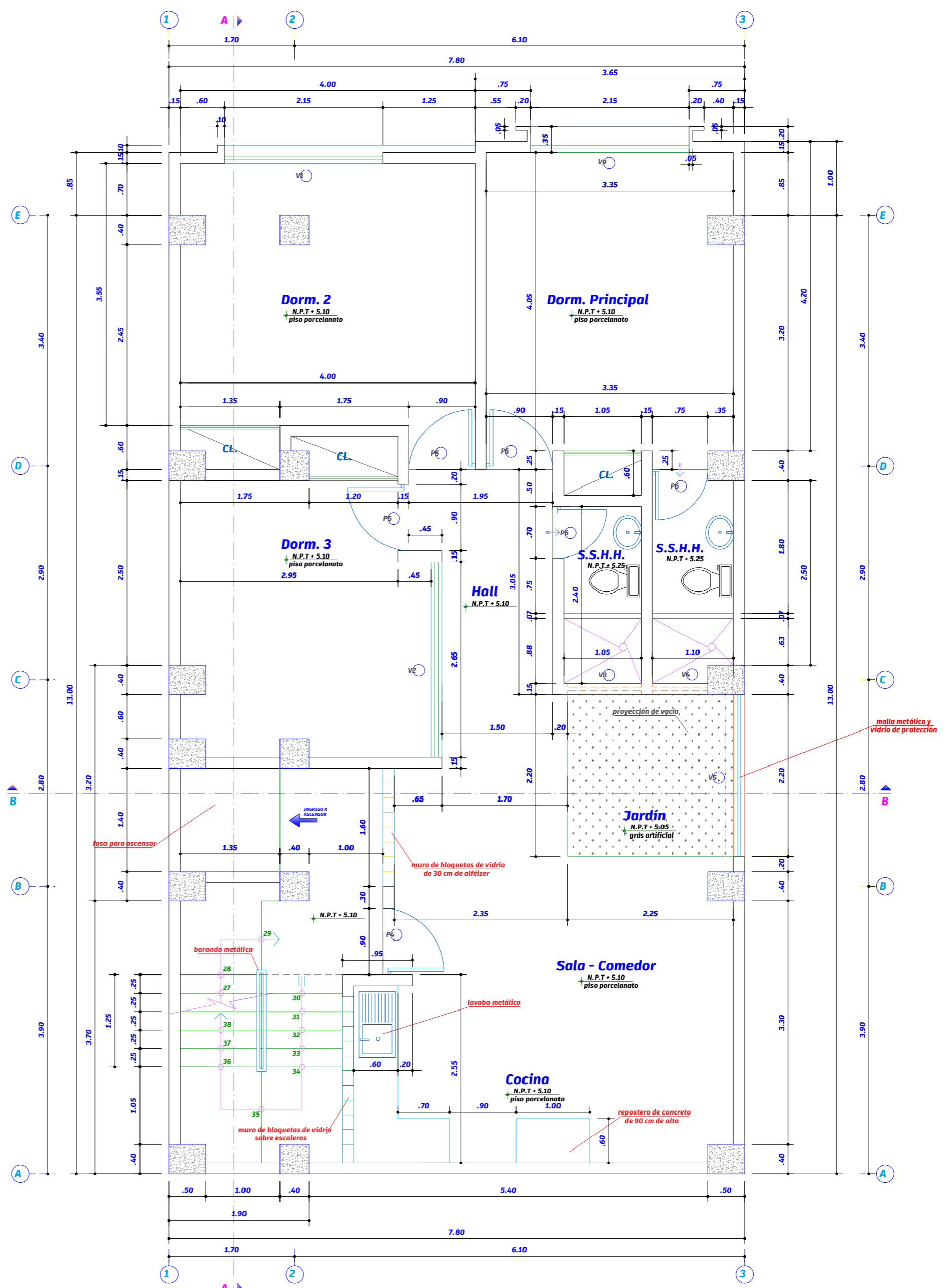
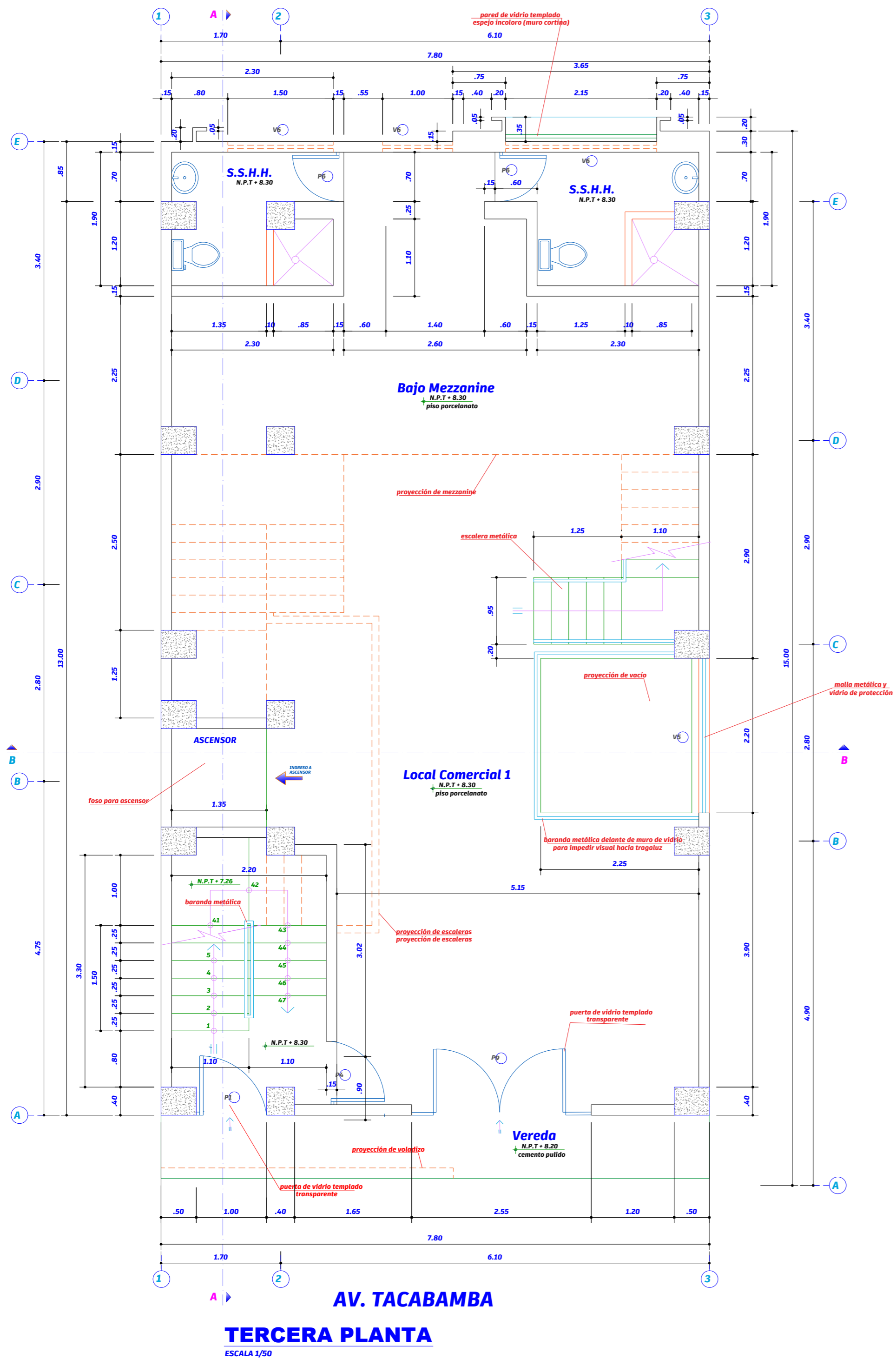
MADE IN USA

## **Anexo J. Planos**

**JR. CAMINO REAL**



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>	
PLANO: NIVEL 1 - MEZZANINE 1	UBICACIÓN: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA	ESCALA: 1/50
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLTIF	FECHA: JULIO 2017
REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO	<b>A-01</b>

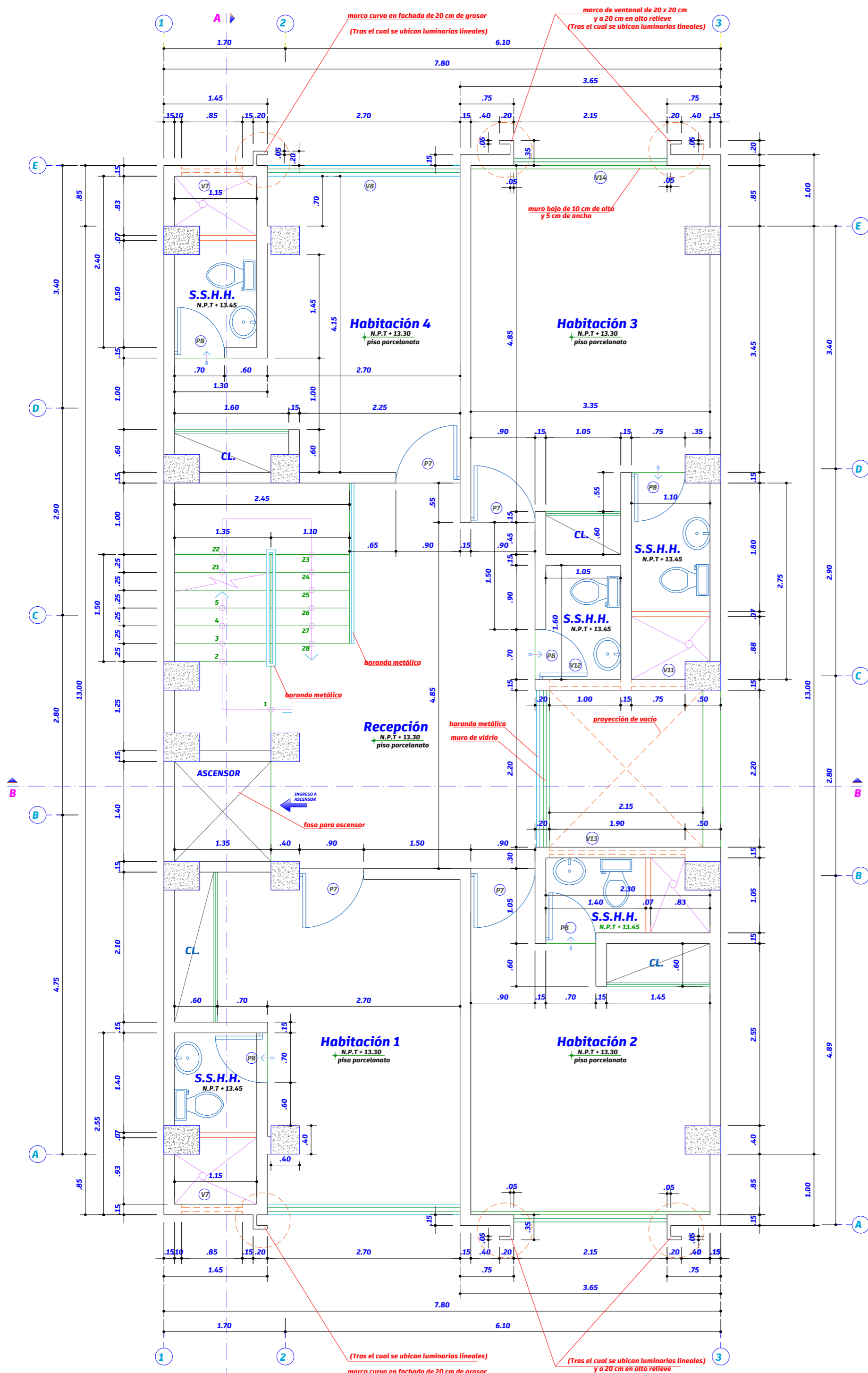


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

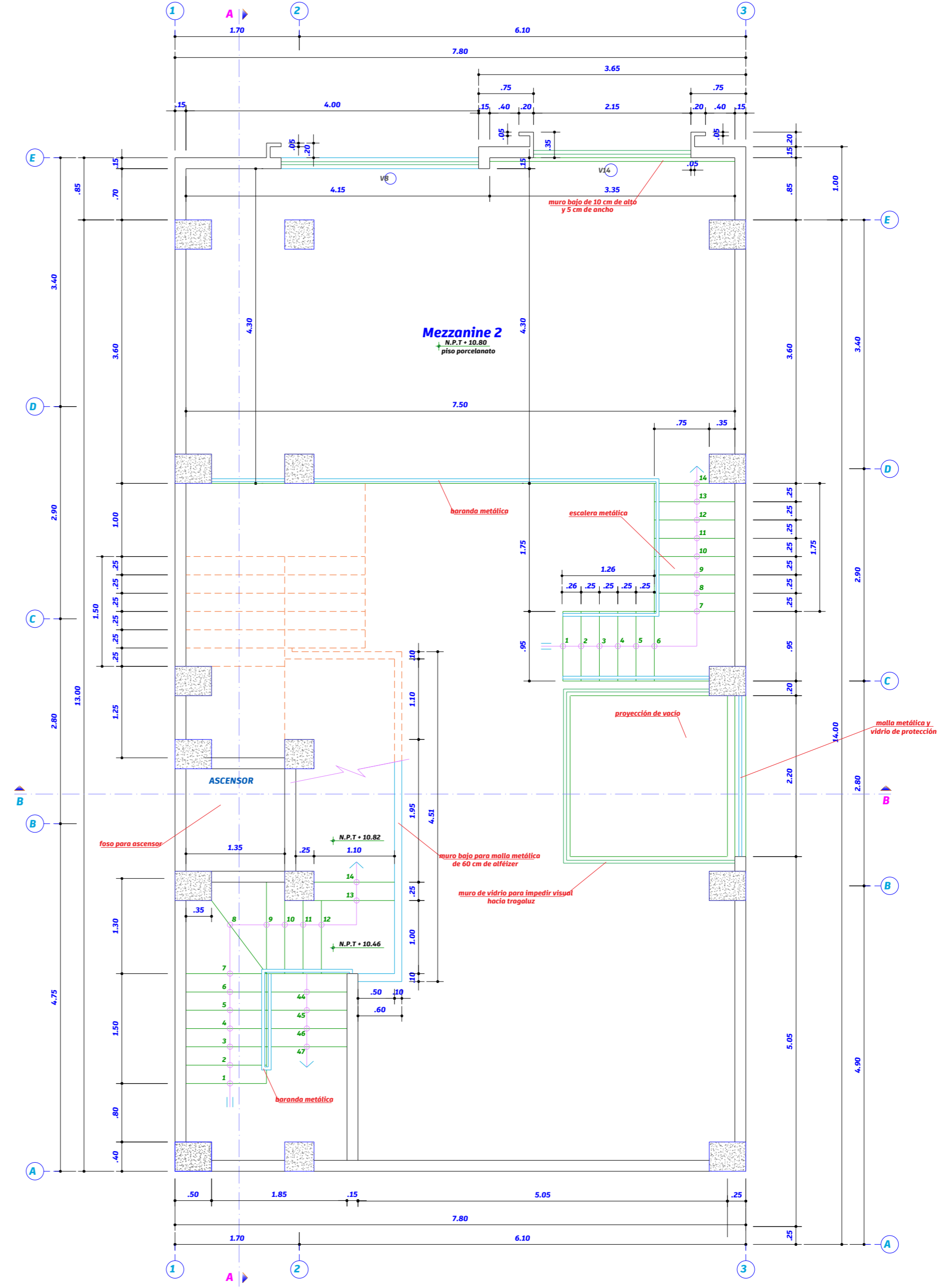
TESIS:  
**INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024**

PLANO:	NIVEL 2 - NIVEL 3	UBICACIÓN:	DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD:	ARQUITECTURA	ESCALA:	1/50
FECHA:	JULIO 2017	DIBUJO CAD:	BACH. EDV - BACH. JLTIF
REVISADO:	ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO		

**A-02**

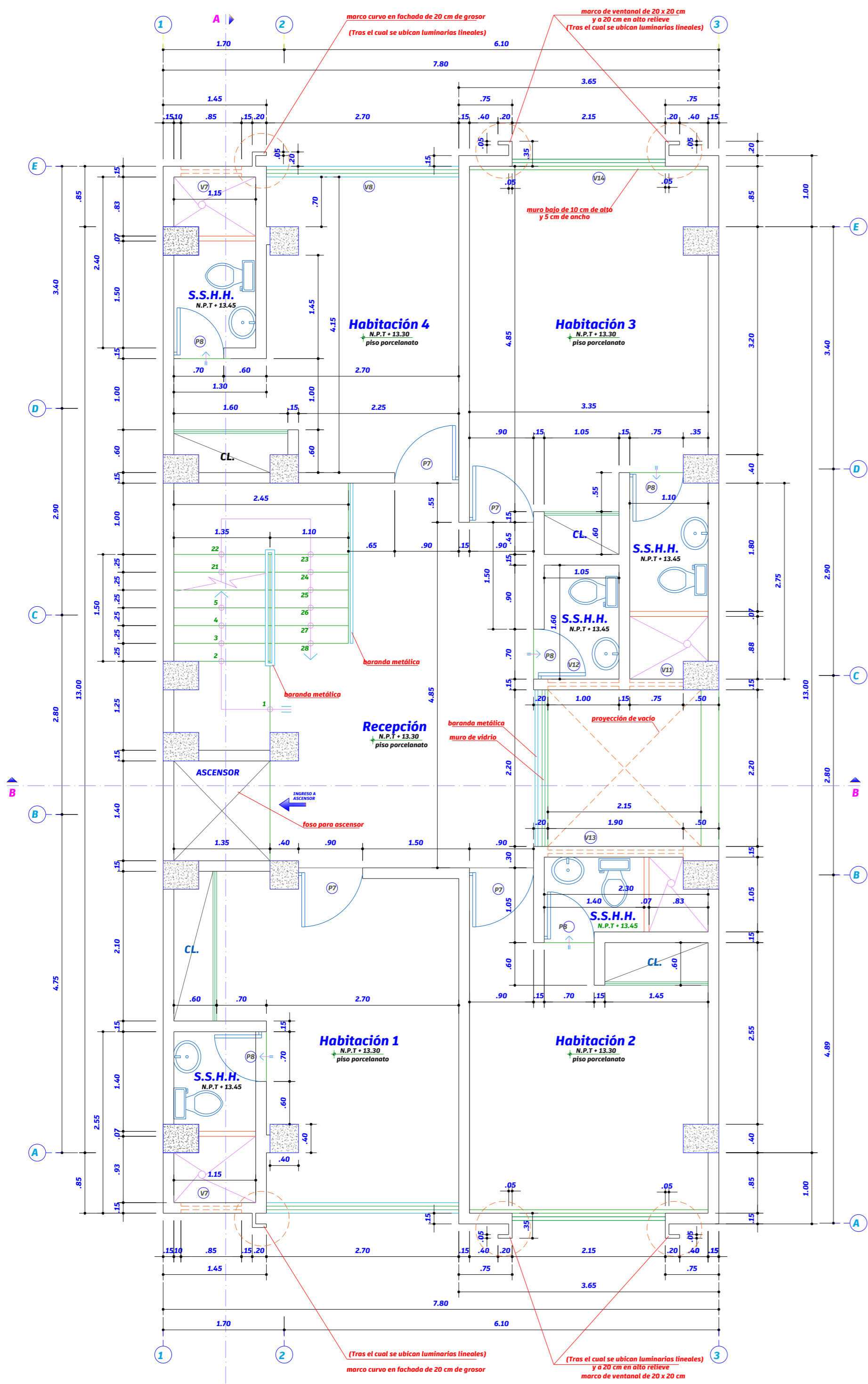


**CUARTA A SEPTIMA PLANTA (planta típica)**  
ESCALA 1/50



**PLANTA MEZZANINE 2**  
ESCALA 1/50

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
	
TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>	
PLANO: <b>MEZZANINE 2 - NIVEL 4 A NIVEL 7</b>	UBICACIÓN: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD: <b>ARQUITECTURA</b>	ESCALA: 1/50
ESCALA: 1/50	FECHA: JULIO 2017
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLTJF	REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO
<b>A-03</b>	



**OCTAVA A ONCEAVA PLANTA (planta típica)**  
 ESCALA 1/50

**CUADRO DE VANOS**

CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	ALFEIZER (m)	OBSERVACIONES	
VENTANAS	V1	2.15	1.50	1.00	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO, MARCO DE ALUMINIO, VENTANAS DE EMPUJE.
	V2	2.65	1.60	1.00	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V3	1.00	0.65	1.80	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V4	1.75	0.65	1.80	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V5	2.20	techo	0.60	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y MALLA METÁLICA DE PROTECCIÓN.
	V6	1.50	0.50	1.70	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V7	0.85	0.45	1.80	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V8	variable	1.40	1.00	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO, MARCO DE ALUMINIO, VENTANAS DE EMPUJE.
	V9	2.15	2.00	0.50	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO, MURO CORTINA, CON VENTANAS DE EMPUJE.
	V10	2.15	1.60	0.70	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO, MURO CORTINA, CON VENTANAS DE EMPUJE.
	V11	0.75	0.35	1.80	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V12	1.00	0.35	1.80	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V13	1.90	0.35	1.80	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.
	V14	2.15	2.50	----	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO, MURO CORTINA, CON VENTANAS DE EMPUJE.
	V15	1.20	0.60	1.80	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO Y TEXTURADO, MARCO DE ALUMINIO, CORREDIZA.

**CUADRO DE VANOS**

CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	ALFEIZER (m)	OBSERVACIONES	
PUERTAS	P1	1.00	3.72	--	PUERTA DE VIDRIO TEMPLADO INCOLORO CON MARCO DE ALUMINIO PLATEADO Y ASA DE ACERO INOXIDABLE
	P2	2.90	3.80	--	PUERTA DE VIDRIO TEMPLADO INCOLORO DE DOS TAPAS CON ASAS DE ACERO INOXIDABLE
	P3	0.70	2.10	--	PUERTA BLANCA DE MADERA, BARNIZADA.
	P4	0.90	2.20	--	PUERTA VIDRIADA, DE MADERA BLANCA, BARNIZADA
	P5	0.90	2.60	--	PUERTA BLANCA DE MADERA, BARNIZADA.
	P6	0.70	2.30	--	PUERTA BLANCA DE MADERA, BARNIZADA.
	P7	0.90	2.30	--	PUERTA BLANCA DE MADERA, BARNIZADA.
	P8	0.70	2.15	--	PUERTA BLANCA DE MADERA, BARNIZADA.
	P9	2.50	3.80	--	PUERTA DE VIDRIO TEMPLADO INCOLORO DE DOS TAPAS CON ASAS DE ACERO INOXIDABLE

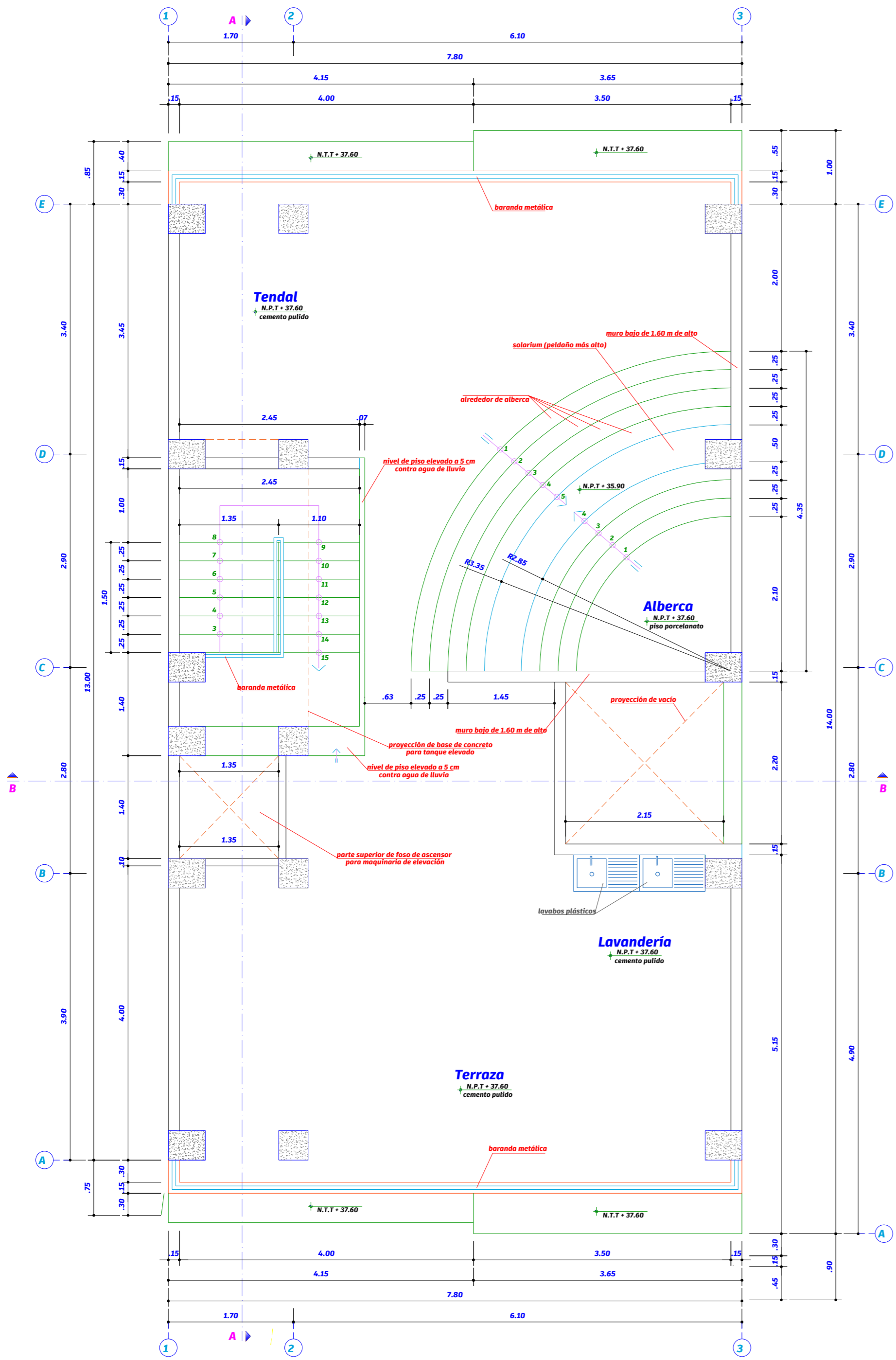
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA**  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



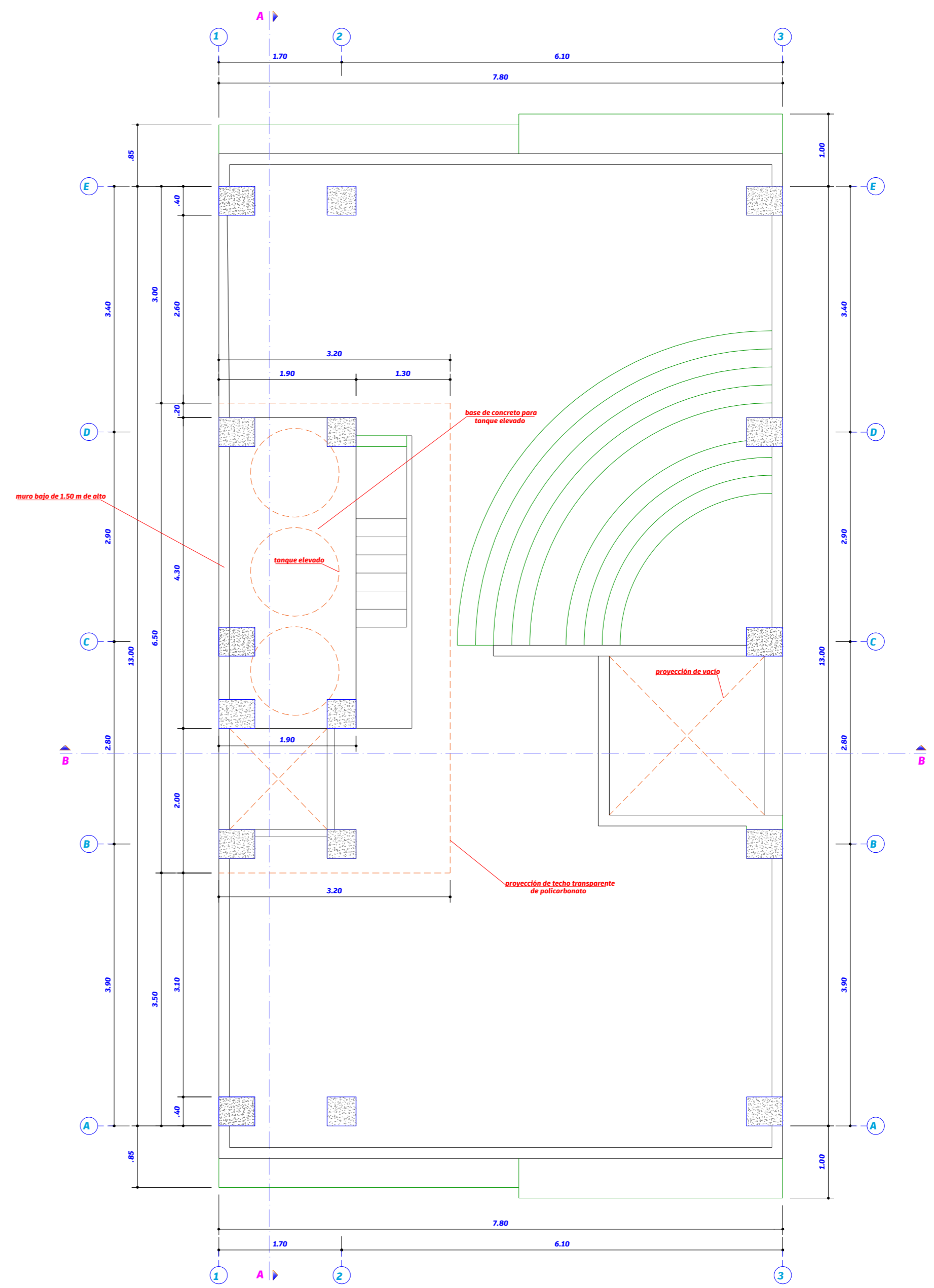
TESIS:  
**INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024**

PLANO:	<b>PLANTA TÍPICA NIVEL 8 A NIVEL 11</b>	UBICACIÓN:	DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD:	<b>ARQUITECTURA</b>	ESCALA:	1/50
FECHA:	<b>JULIO 2017</b>	DIBUJO CAD:	BACH. EDV - BACH. JLTJF
REVISADO:	<b>ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO</b>		

**A-04**



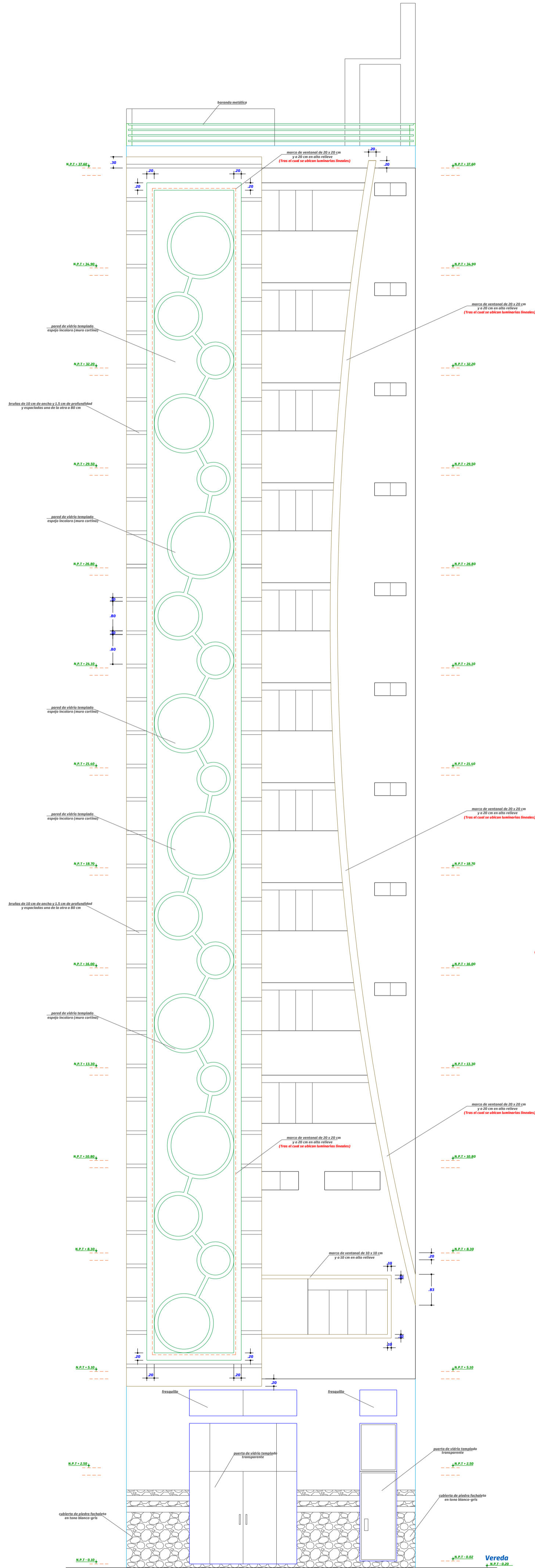
**AZOTEA**  
ESCALA 1/50



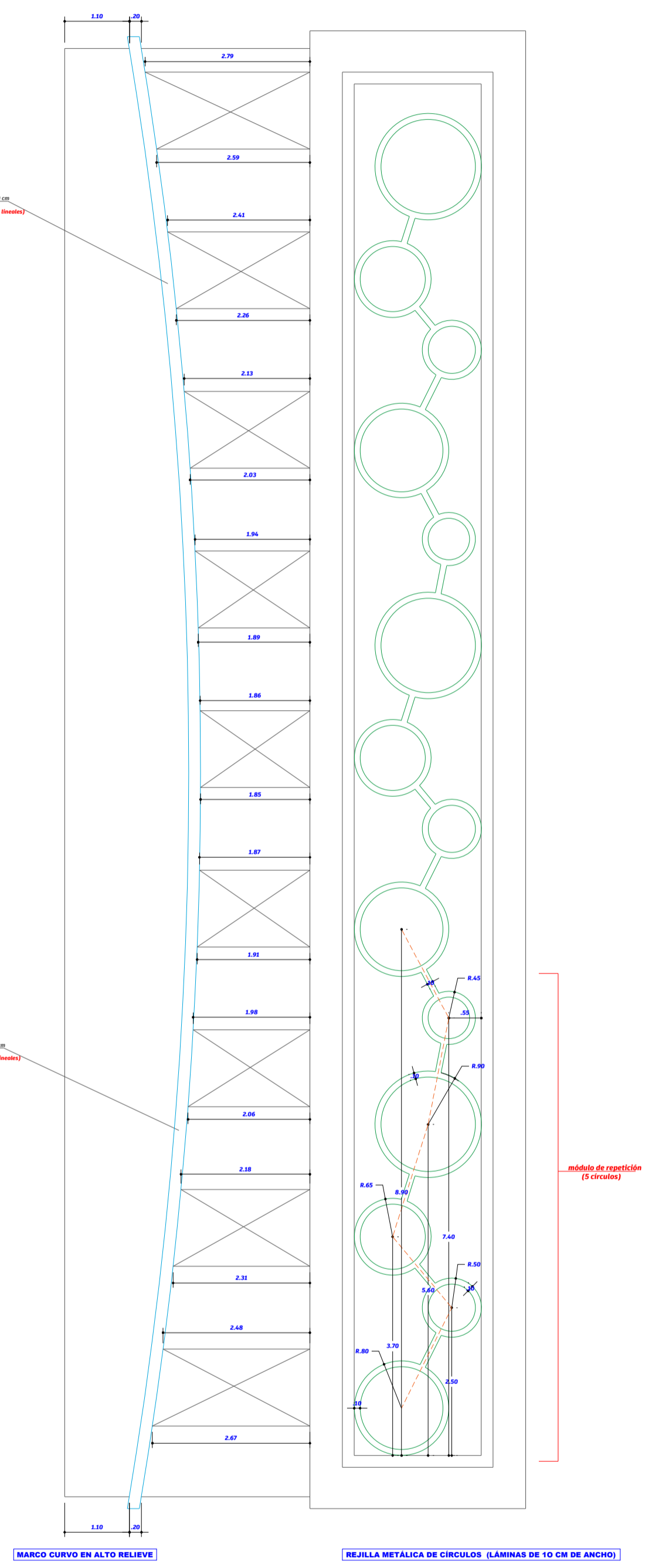
**PLANTA DE TECHOS**  
ESCALA 1/50

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>		
PLANO: <b>AZOTEA Y PLANTA DE TECHOS</b>	UBICACIÓN: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA	
ESPECIALIDAD: <b>ARQUITECTURA</b>	ESCALA: 1/50	FECHA: JULIO 2017
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLTJF	REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO	<b>A-05</b>





**ELEVACIÓN FRONTAL : HACIA JR. CAMINO REAL**  
ESCALA 1/50

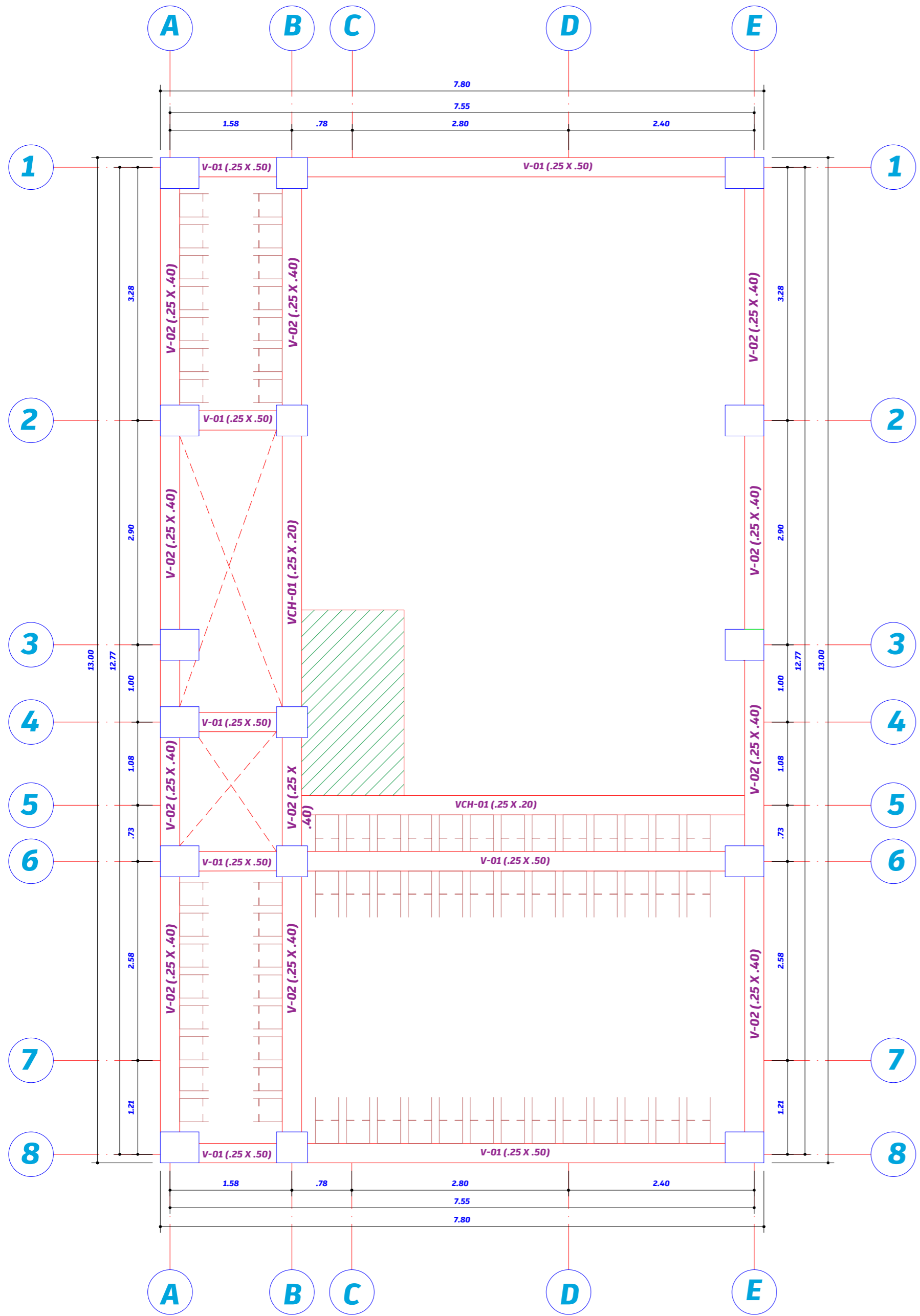


**DETALLES EN FACHADA**  
ESCALA 1/50

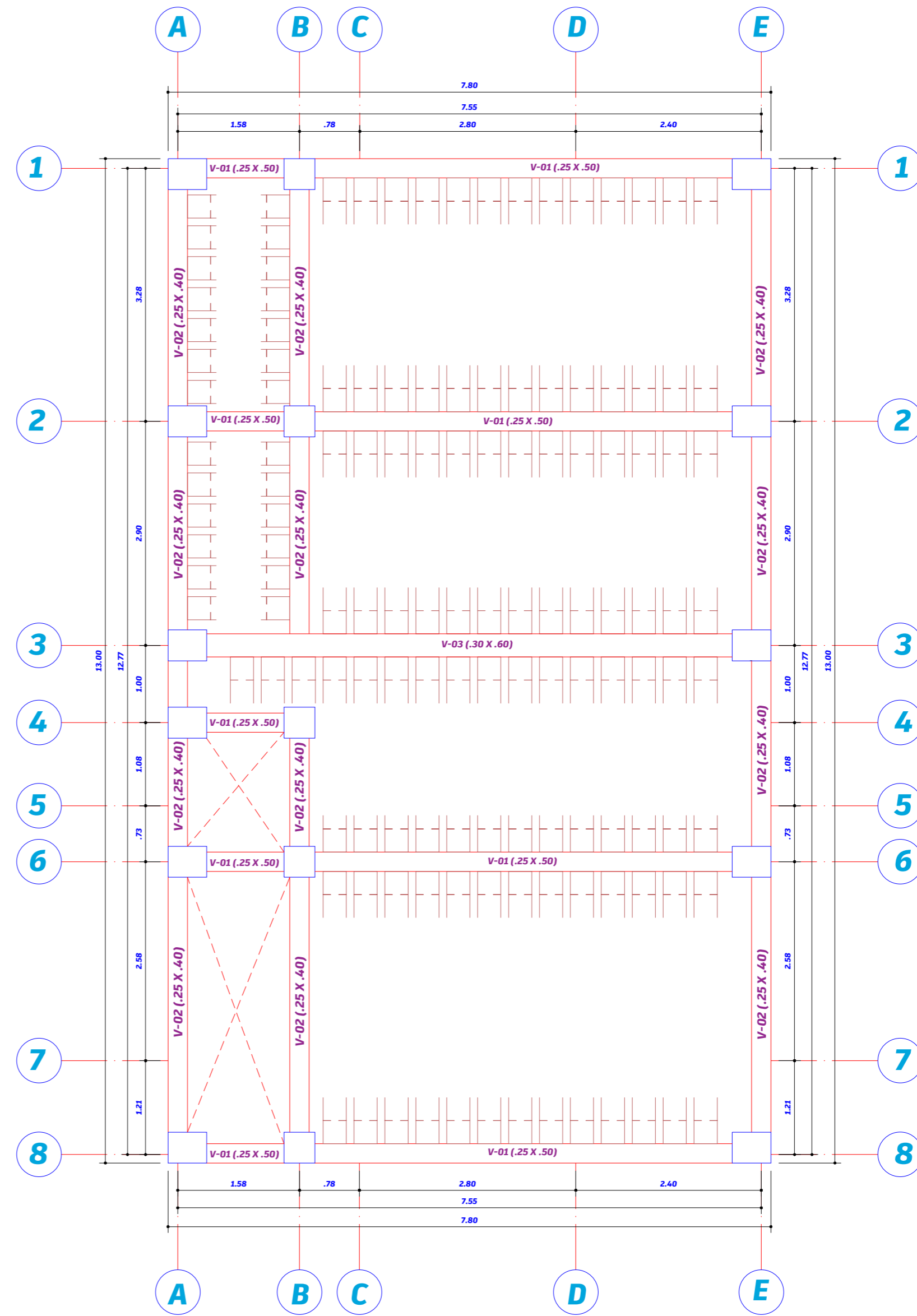
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
	TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>	
	PLANO: <b>ELEVACIÓN FRONTAL HACIA JR. CAMINO REAL</b>	UBICACIÓN: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD: <b>ARQUITECTURA</b>	ESCALA: 1/50	FECHA: JULIO 2017
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLTJ	REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO	<b>A-07</b>





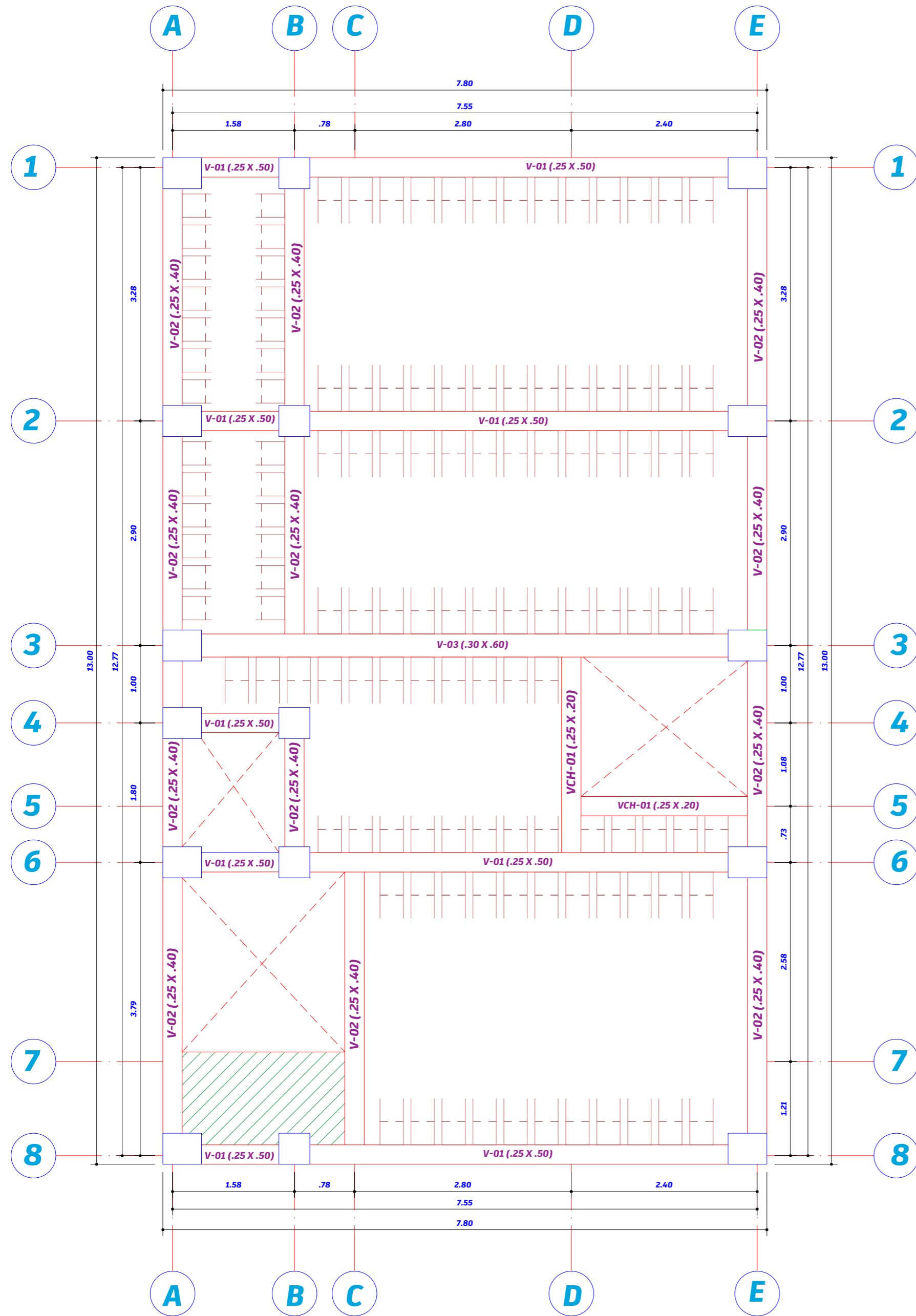


**ALIGERADO - TECHO PISO 1**  
ESCALA 1/50

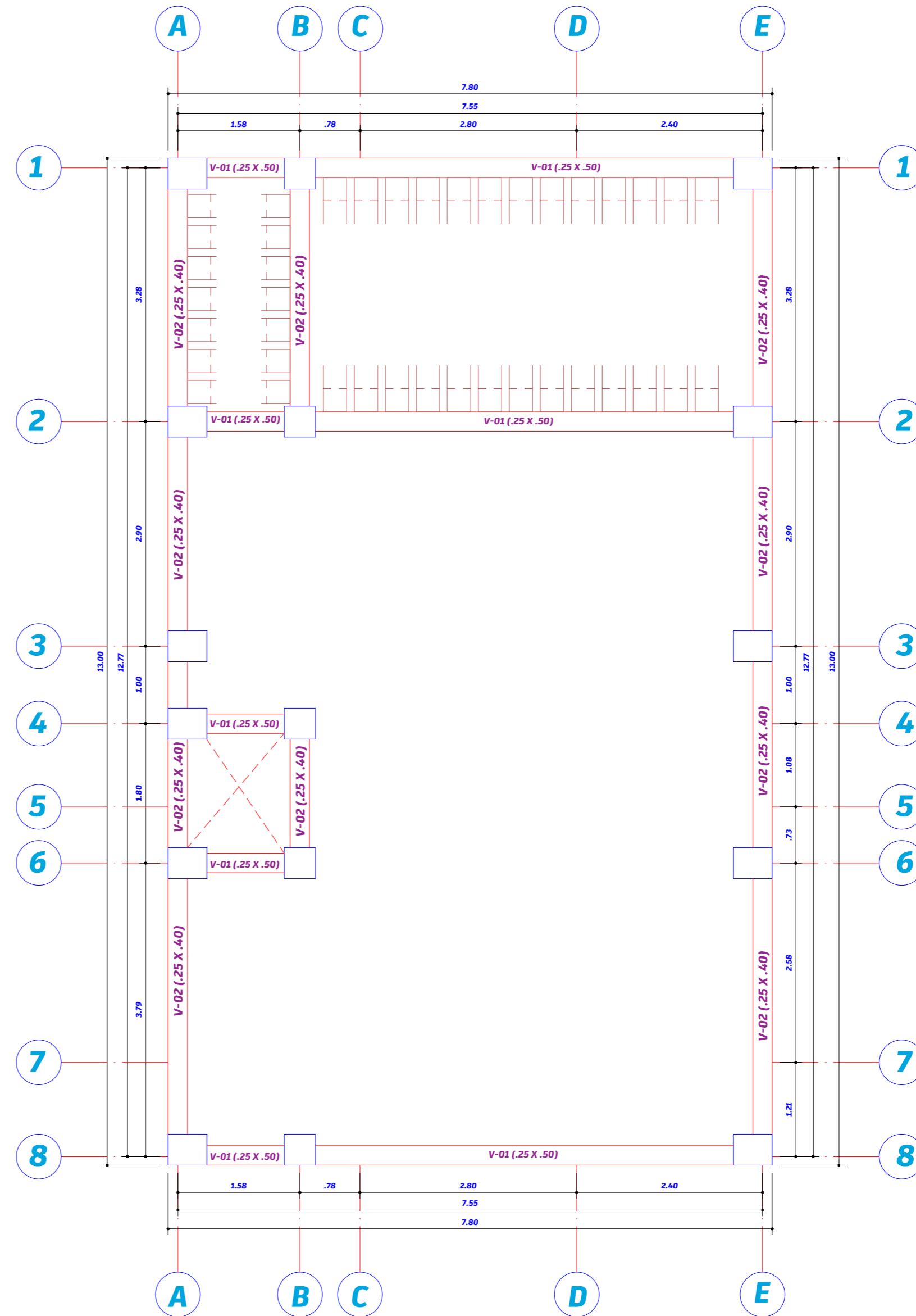


**ALIGERADO - TECHO MEZZANINE 1**  
ESCALA 1/50

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>	
	PLANO: <b>TECHO PISO 1 - MEZZANINE 1</b>	UBICACIÓN: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>	ESCALA: 1/50	FECHA: JULIO 2017
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLTIF	REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO	<b>E-01</b>

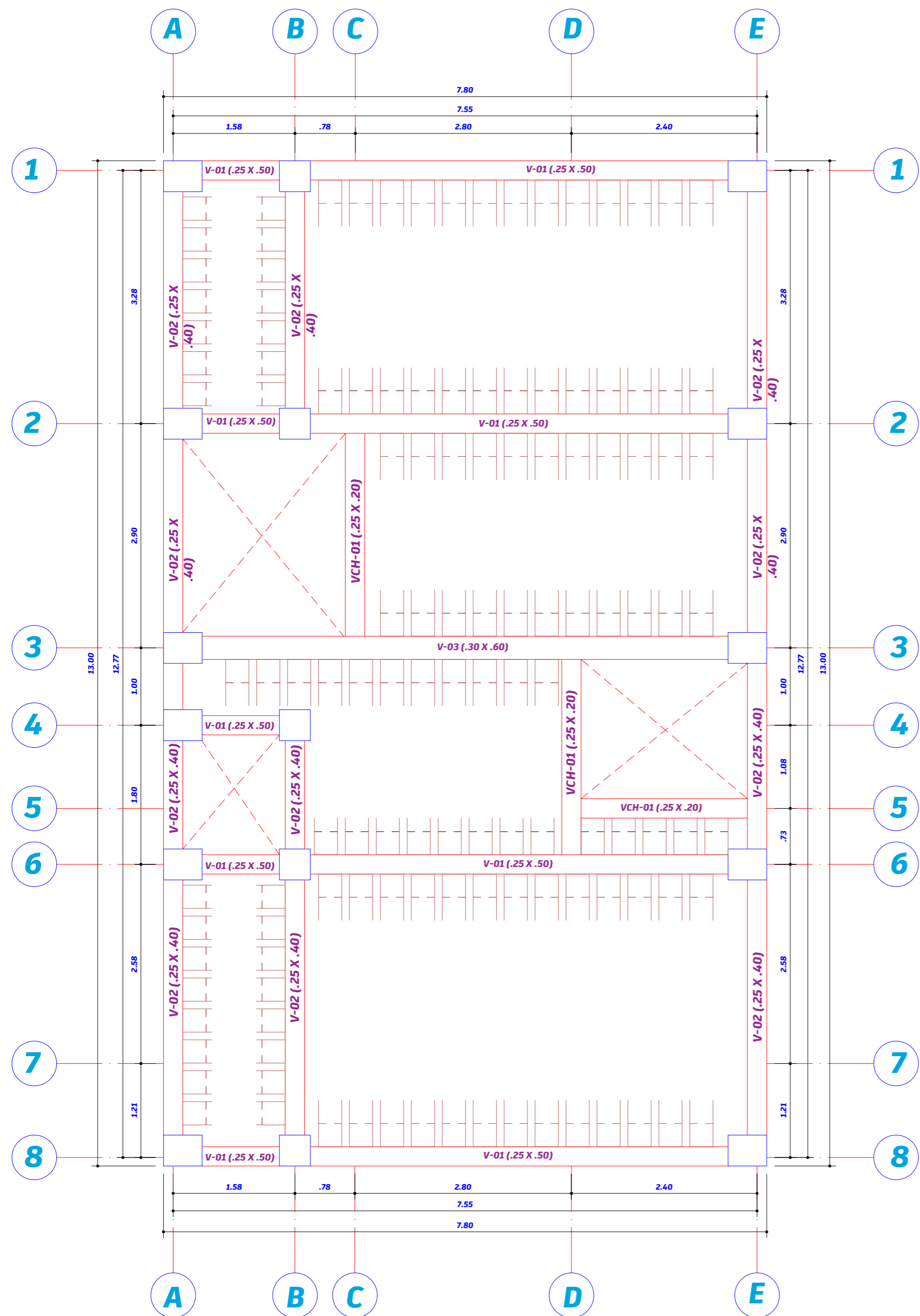


**ALIGERADO - TECHO PISO 2**  
ESCALA 1/50



**ALIGERADO - TECHO PISO 3**  
ESCALA 1/50

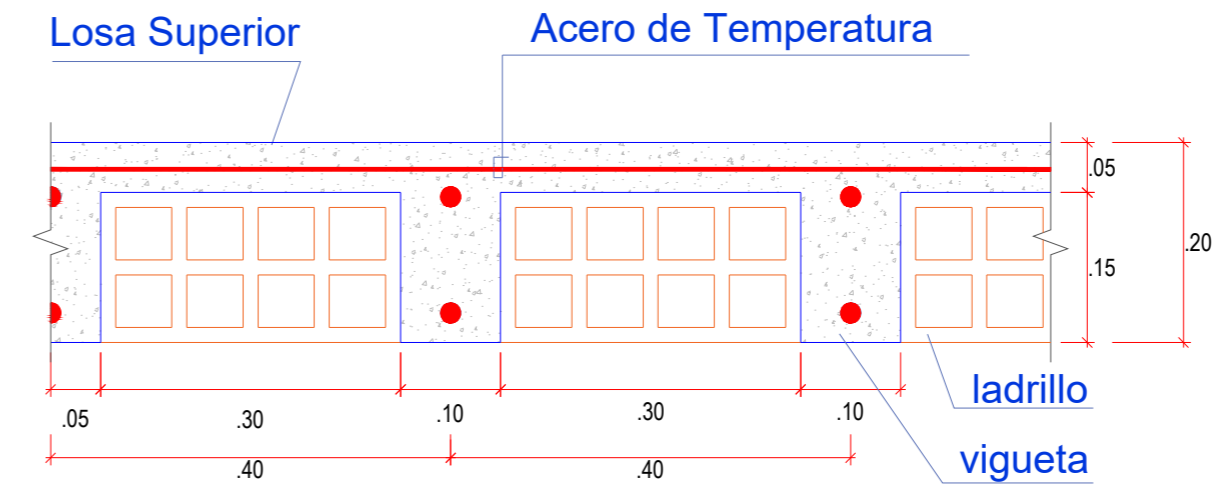
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>	
	PLANO: <b>TECHO PISO 2 - PISO 3</b>	UBICACIÓN: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>	ESCALA: 1/50	FECHA: JULIO 2017
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLTJ	REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO	<b>E-02</b>



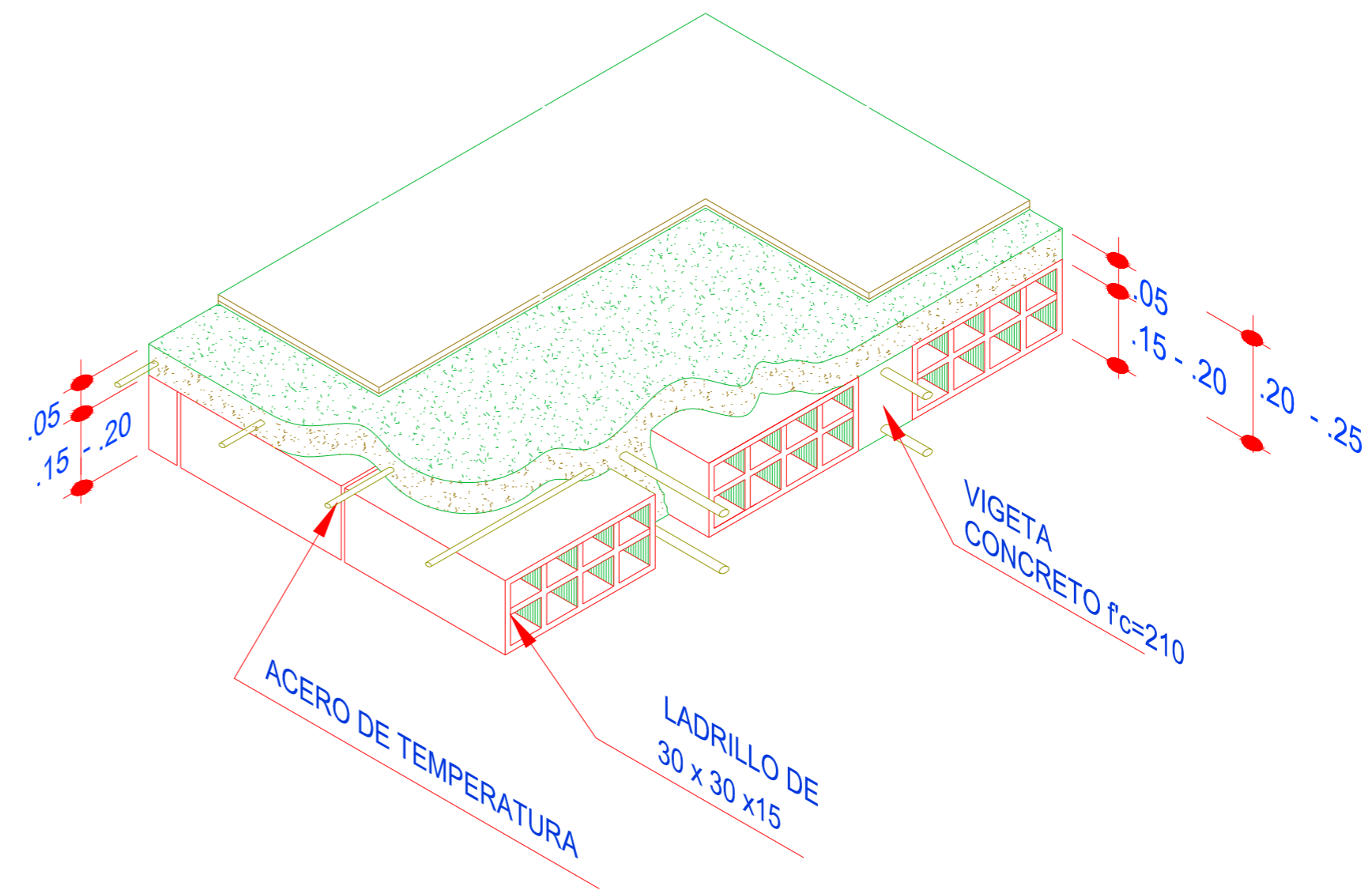
**ALIGERADO - TECHO MEZZANINE 2 A TECHO PISO 13**

ESCALA 1/50

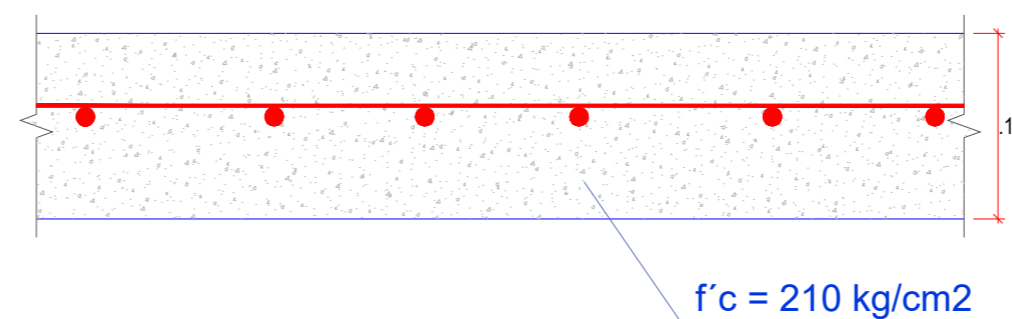
**DETALLE DE LOSA ALIGERADA TIPICA**




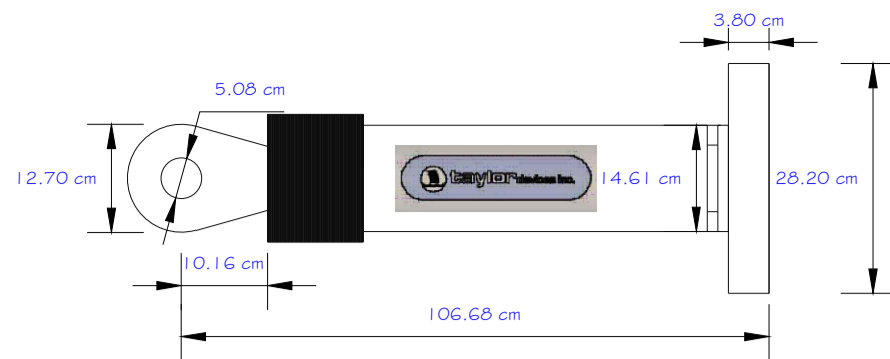
**DETALLE ISOMETRICO DE ALIGERADO**



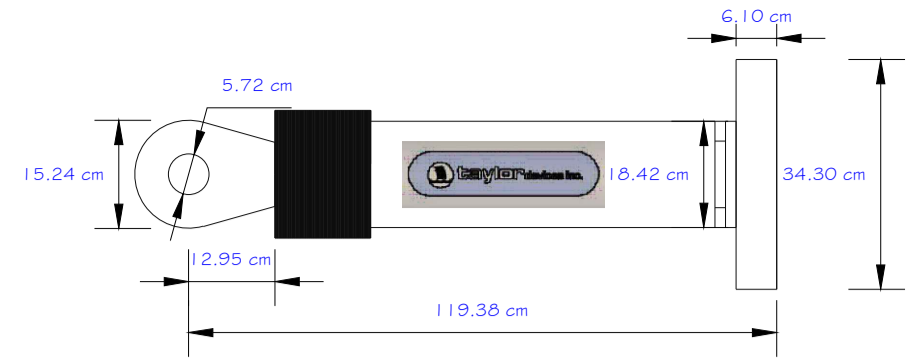
**DETALLE DE LOSA MACIZA**



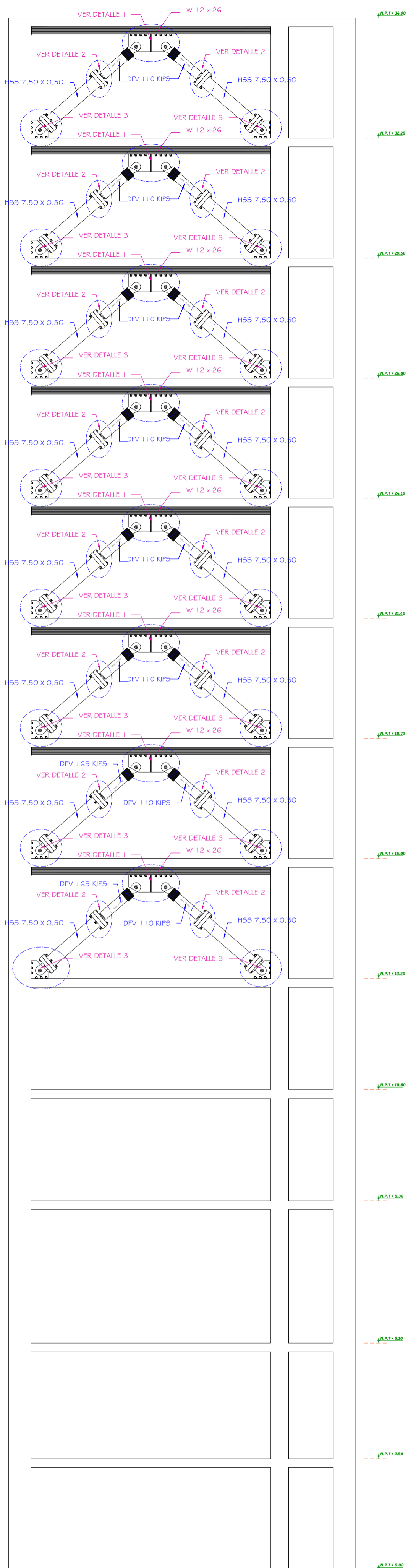
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTEADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>	
	PLANO: <b>TECHO MEZZANINE 2 - PISO 13</b>	UBICACIÓN: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAJAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD: <b>ESTRUCTURAS</b>	ESCALA: 1/50	FECHA: JULIO 2017
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLTJF	REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO	<b>E-03</b>



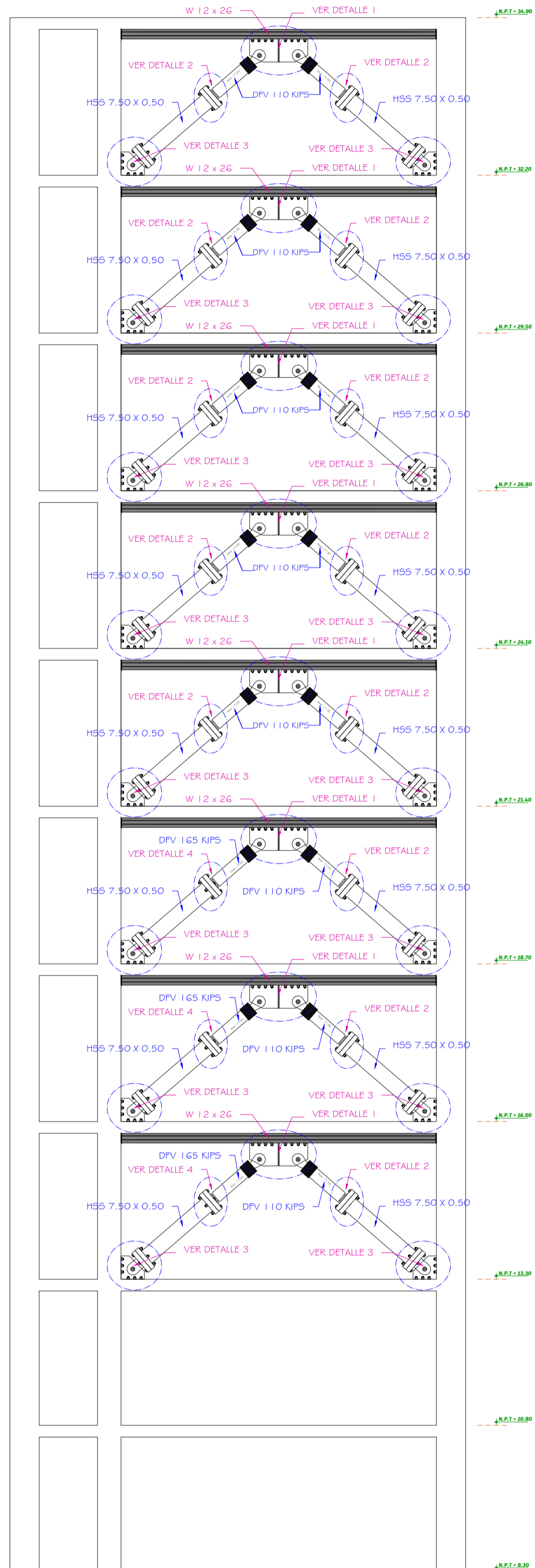
DISIPADOR DE 110 KIPS



DISIPADOR DE 165 KIPS

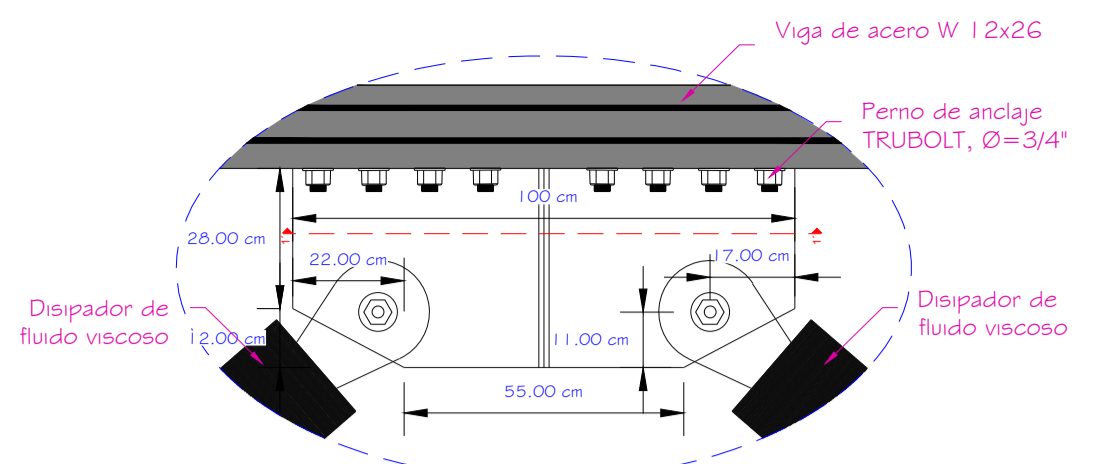
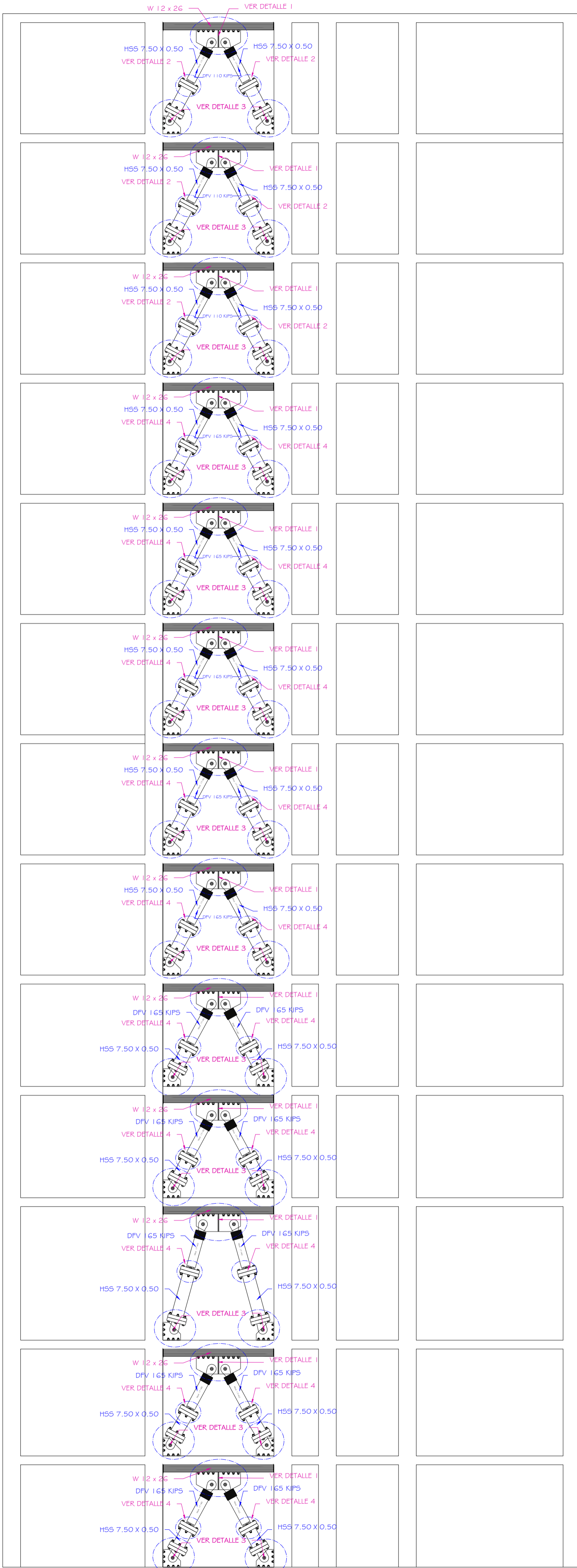


PORTICO EN EL JR. LA LIBERTAD ESC: 1/50

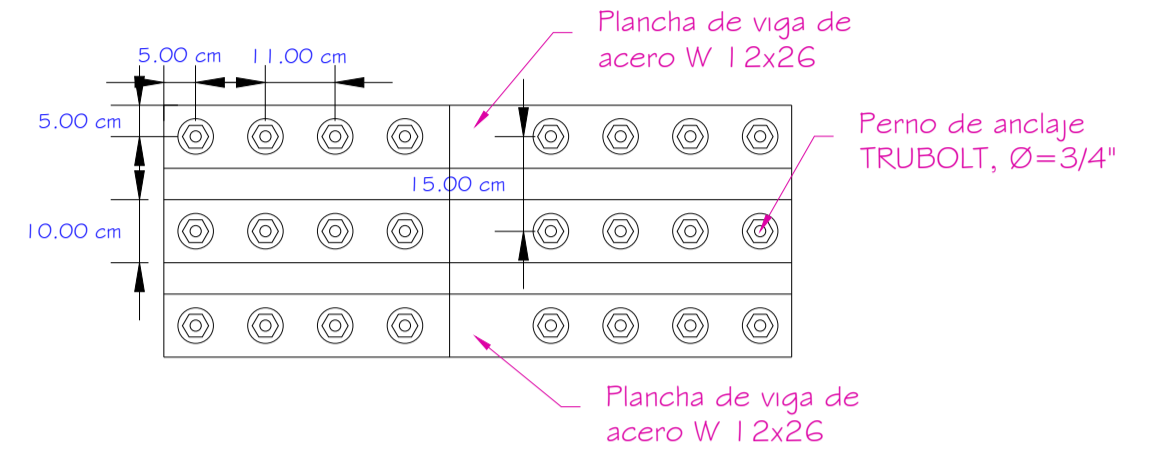


PORTICO EN LA AV. TACABAMABA ESC: 1/50

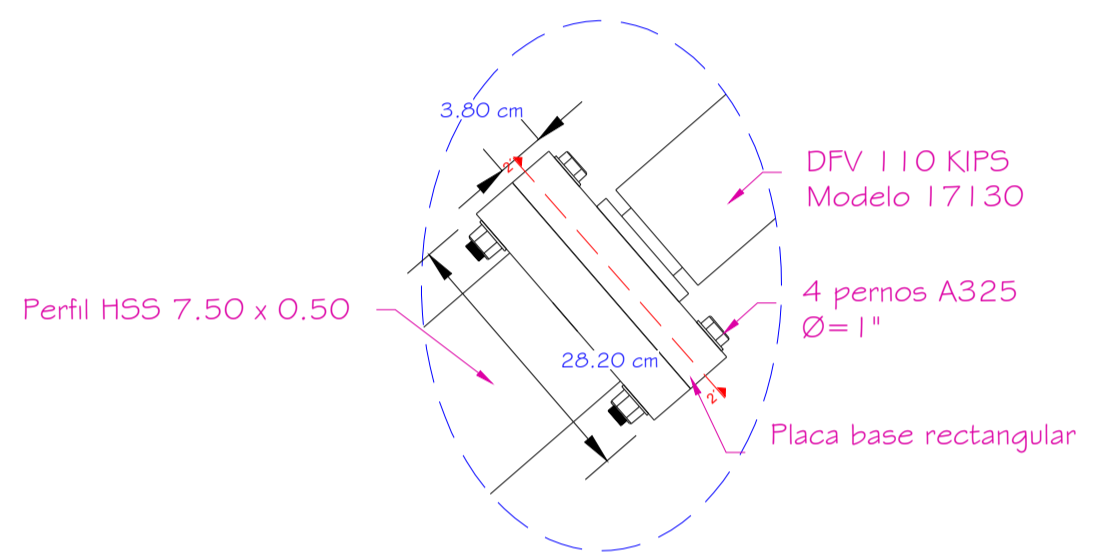
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	TESIS: <b>INFLUENCIA DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE EDIFICACIONES APORTICADAS EN EL SECTOR N° 1 - CHOTA, 2024</b>	
	PLANO: <b>DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO</b>	UBICACION: DISTRITO : CHOTA PROVINCIA : CHOTA DEPARTAMENTO : CAMARCA CALLE 1 : JR. CAMINO REAL CALLE 2 : AV. TACABAMBA
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	ESCALA: 1/50	FECHA: MARZO 2025
DIBUJO CAD: BACH. EDV - BACH. JLF	REVISADO: ING. MIGUEL ANGEL SILVA TARRILLO	<b>E-04</b>



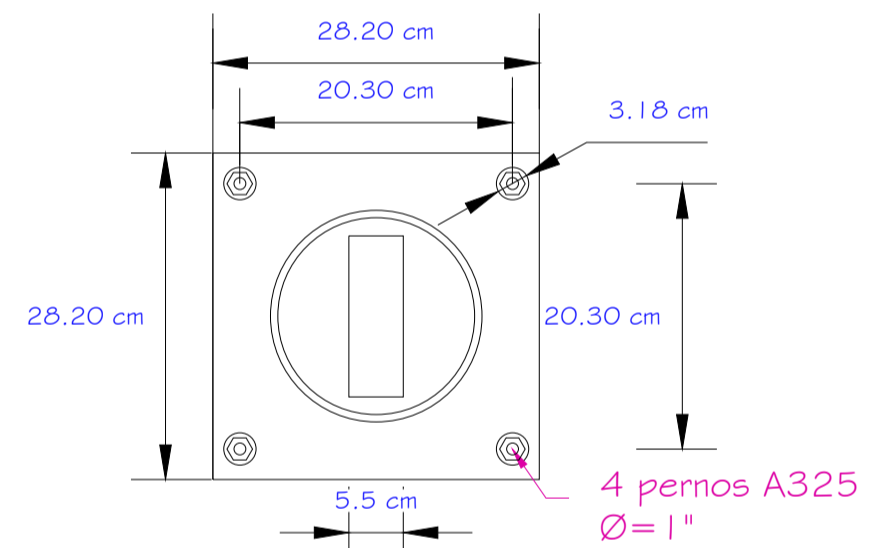
DETALLE 1



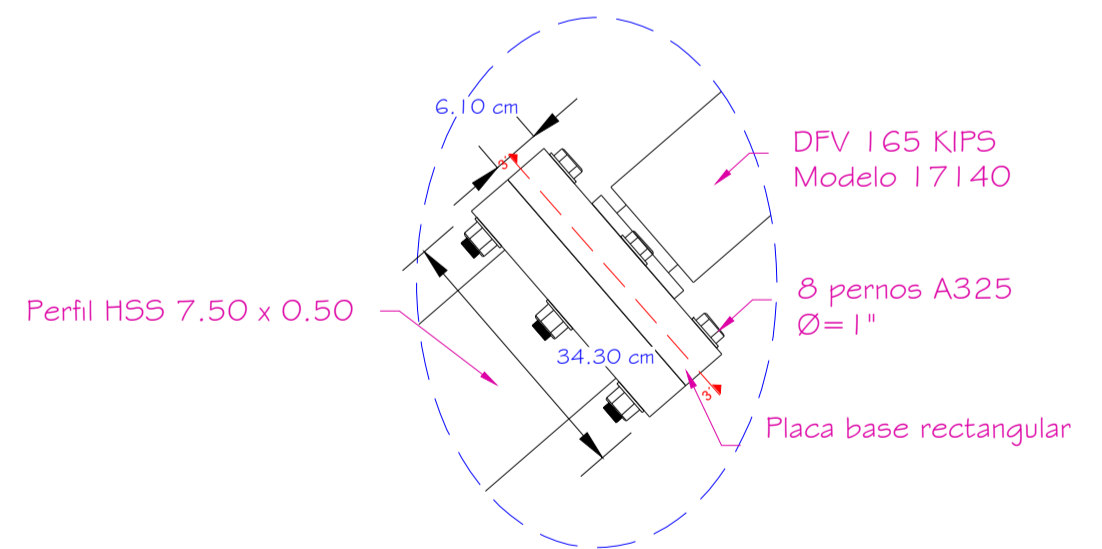
CORTE 1' - 1'



DETALLE 2



CORTE 2' - 2'



DETALLE 4

