

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS**

**“INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL  
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1  
NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA”**

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

**AUTOR:**

Bach. Waldir Edil VALDEZ AMAMBAL

**ASESOR:**

Ing. Marcos MENDOZA LINARES

CAJAMARCA – PERÚ

2024

## **CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA**

- Investigador:** VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL  
**DNI:** 76550290  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Civil
- Asesor:** MARCOS MENDOZA LINARES  
**Facultad:** Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
  
"INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA"
- Fecha de evaluación:** 30/01/2025
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 22 %
- Código Documento:** 3117: 425103187
- Resultado de la Evaluación de Similitud:** 22%  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 30/01/2025



**FIRMA DEL ASESOR**

**Nombres y Apellidos Marcos Mendoza Linares**

**DNI: 26612819**



Firmado digitalmente por:

BAZAN DIAZ Laura Sofia

FAU 20148258601 soft

Motivo: En señal de conformidad

Fecha: 30/01/2025 22:44:25-0500

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI**



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.**

TITULO : "INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II - 1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA"

ASESOR : Ing. Marcos Mendoza Linares.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0104-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 31 de enero de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los cinco días del mes de febrero de 2025, siendo las once horas (11:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

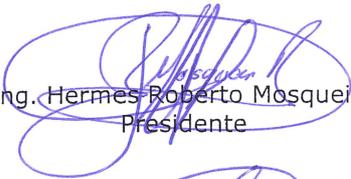
- Presidente : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
- Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
- Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II - 1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA", presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil WALDIR EDIL VALDEZ AMAMBAL, asesorado por el Ing. Marcos Mendoza Linares, para la obtención del Título Profesional

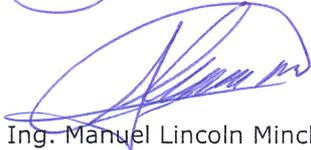
Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

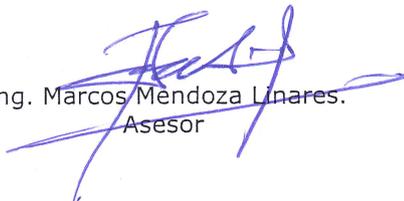
EVALUACIÓN PRIVADA : ..... 07 ..... PTS.  
 EVALUACIÓN PÚBLICA : ..... 10 ..... PTS.  
 EVALUACIÓN FINAL : ..... 17 ..... PTS. Diecisiete (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de 1.7 (Diecisiete) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 12:00 a.m. horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

  
 Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.  
 Presidente

  
 Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
 Vocal

  
 M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.  
 Secretario

  
 Ing. Marcos Mendoza Linares.  
 Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130

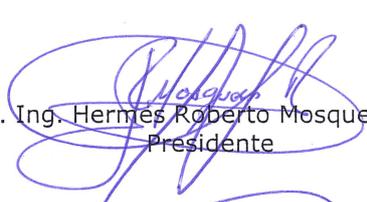


**EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.**

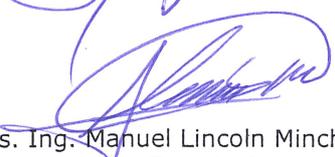
Bachiller en Ingeniería Civil: WALDIR EDIL VALDEZ AMAMBAL.

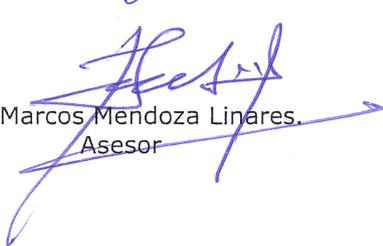
RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
<b>2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA</b>	
2.1. Capacidad de síntesis	03
2.2. Dominio del tema	03
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	02
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	02
<b>PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)</b>	<b>10</b>

Cajamarca, 05 de febrero de 2025

Dr. Ing.  Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.  
Presidente

Dr. Ing.  Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Vocal

M.Cs. Ing.  Manuel Lincoln Minchán Pajares.  
Secretario

Ing.  Marcos Mendoza Linares.  
Asesor



# Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



### EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: WALDIR EDIL VALDEZ AMAMBAL.

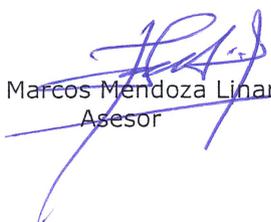
RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	07
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	10
<b>EVALUACIÓN FINAL</b>	
EN NÚMEROS ( A + B )	17
EN LETRAS ( A + B )	Dicisieta
- Excelente 20 - 19	Muy Bueno
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 05 de febrero de 2025

  
Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.  
Presidente

  
Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Vocal

  
M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.  
Secretario

  
Ing. Marcos Mendoza Linares.  
Asesor

COPYRIGHT © 2024 by  
**WALDIR EDIL VALDEZ AMAMBAL**  
Todos los derechos reservados

## **AGRADECIMIENTO**

Muy contento de poder mencionar todos a quienes agradezco el poder llegar al cumplimiento de esta meta tan anhelada que es mi título profesional a través de este trabajo de tesis:

Al Dios de Abraham, Isaac y Jacob por guiar mi vida y permitirme culminar esta linda carrera universitaria.

A mis padres Edilberto Valdez Calua y Victoria Amambal Tejada, a mis abuelitos y tíos, por brindarme su apoyo incondicional y motivarme en mi desarrollo profesional.

A mi asesor Ing. Marcos Mendoza Linares y a cada uno de los catedráticos de esta prestigiosa universidad, por su apoyo y orientación en el desarrollo de esta tesis.

## **DEDICATORIA**

A Dios

Por dar dirección a mi vida, por darme fuerza y valor en los momentos más difíciles e iluminarme en todo lo que he emprendido.

A mis Padres

Por luchar por mi bienestar, mi educación y mi salud; por educarme con sus consejos y valores para ser una persona bien.

A mis Abuelitos y tíos

Quienes me motivaron a superarme en mi desarrollo profesional.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	19
1.1. Planteamiento del Problema.....	19
1.2. Formulación del problema .....	21
1.3. Hipótesis.....	21
1.4. Justificación de la investigación.....	22
1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación.....	23
1.5.1. Alcances.....	23
1.6. Limitaciones.....	23
1.7. Objetivos .....	24
1.7.1. Objetivo General.....	24
1.7.2. Objetivos específicos.....	24
1.8. Descripción del contenido de los capítulos .....	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. Antecedentes Teóricos .....	26

2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	26
2.1.2.	Antecedentes Nacionales .....	27
2.2.	Bases Teóricas.....	29
2.2.1.	Teoría de la tectónica global de placas.....	29
2.2.2.	Mapa sísmico del Perú .....	31
2.2.3.	Diseño sismorresistente convencional.....	32
2.2.4.	Balance de energía.....	33
2.2.5.	Sistemas de protección sísmica.....	35
2.2.6.	Sistemas pasivos de protección sísmica.....	36
2.2.7.	Tipos de disipadores de energía.....	37
2.2.8.	Disipadores de energía de fluido viscoso.....	38
2.2.9.	Desempeño y deriva sismorresistente de edificaciones.....	61
2.2.10.	Definición de términos básicos.....	68
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....		70
3.1.	Ubicación de la zona de estudio .....	70
3.1.1.	Ubicación geográfica .....	70
3.1.2.	Ubicación temporal.....	70
3.2.	Metodología.....	71
3.2.1.	Tipo, nivel, enfoque, medición y diseño de la investigación .....	71
3.2.2.	Variables .....	71
3.2.3.	Población de estudio .....	71
3.2.4.	Muestra .....	72
3.2.5.	Unidad de análisis .....	72

3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
3.4.	Procesamiento y análisis de datos.....	72
3.5.	Descripción de la estructura de estudio .....	73
3.6.	Metrado de cargas.....	74
3.7.	Procedimiento y análisis .....	75
3.7.1.	Modelamiento estructural.....	75
3.7.2.	Análisis sísmico convencional según NTP E.030-2019.....	78
3.7.3.	Análisis con la inclusión de disipadores de energía de fluido viscoso .....	100
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		163
4.1.	Presentación de los resultados.....	163
4.1.1.	Desplazamiento en el centro de masa.....	163
4.1.2.	Derivas de entrepiso.....	164
4.1.3.	Esfuerzos máximos en los elementos de corte .....	166
4.2.	Análisis de resultados.....	168
4.3.	Contrastación de hipótesis.....	169
4.4.	Discusión de resultados.....	169
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		172
5.1.	Conclusiones.....	172
5.2.	Recomendaciones.....	173
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		174
ANEXOS.....		179

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores empleados del exponente $\alpha$ en estructuras civiles .....	47
<b>Tabla 2.</b> Parámetros lambda ( $\lambda$ ) respecto al exponente ( $\alpha$ ) .....	54
<b>Tabla 3.</b> Valores empleados del exponente $\alpha$ en estructuras civiles .....	63
<b>Tabla 4.</b> Niveles de movimiento sísmico.....	64
<b>Tabla 5.</b> Matriz de desempeño .....	65
<b>Tabla 6.</b> Tipos de edificio y clasificación según su sistema estructural .....	66
<b>Tabla 7.</b> Descripción de daño estructural para edificios C1 y C2 .....	67
<b>Tabla 8.</b> Distorsiones máximas permisibles.....	68
<b>Tabla 9.</b> Propiedades geométricas de la edificación en estudio.....	73
<b>Tabla 10.</b> Propiedades y especificaciones técnicas del concreto.....	73
<b>Tabla 11.</b> Propiedades y especificaciones técnicas de la albañilería .....	74
<b>Tabla 12.</b> Propiedades y especificaciones técnicas del suelo de cimentación .....	74
<b>Tabla 13.</b> Cargas para el diseño.....	74
<b>Tabla 14.</b> Cargas en la cobertura para el diseño .....	75
<b>Tabla 15.</b> Periodos de vibración de la estructura para la dirección X y dirección Y.....	79
<b>Tabla 16.</b> Valores de zonificación.....	80
<b>Tabla 17.</b> Factor de amplificación de Suelo .....	81
<b>Tabla 18.</b> Periodos $T_p$ y $T_L$ .....	81
<b>Tabla 19.</b> Valores del coeficiente básico de reducción sísmica .....	82
<b>Tabla 20.</b> Resumen de Masa sísmica.....	83
<b>Tabla 21.</b> Resumen de los parámetros sísmicos para análisis estático preliminar.....	86
<b>Tabla 22.</b> Factores para el Etabs para el análisis estático preliminar en “X” .....	86
<b>Tabla 23.</b> Factores para el Etabs para el análisis estático preliminar en “Y” .....	87
<b>Tabla 24.</b> Fuerza cortante estática preliminar en “X” y “Y” .....	88
<b>Tabla 25.</b> Irregularidad de Rigidez-Piso blando en la dirección “X” y “Y” .....	88
<b>Tabla 26.</b> Irregularidad de Resistencia-Piso débil en la dirección “X” y “Y” .....	89

<b>Tabla 27.</b> Irregularidad de Torsión en la dirección “X” y “Y” .....	90
<b>Tabla 28.</b> Fuerza cortante en la base de las placas en “X” .....	91
<b>Tabla 29.</b> Fuerza cortante en la base de las placas en “Y” .....	91
<b>Tabla 30.</b> Parámetros sísmicos para análisis estático definitivo.....	92
<b>Tabla 31.</b> Factores para el Etabs para el análisis estático definitivo en “X” .....	92
<b>Tabla 32.</b> Factores para el Etabs para el análisis estático definitivo en “Y” .....	92
<b>Tabla 33.</b> Fuerza cortante basal estática en “X” y “Y” .....	93
<b>Tabla 34.</b> Porcentaje de participación modal de la estructura.....	94
<b>Tabla 35.</b> Parámetros sísmicos para análisis dinámico. ....	95
<b>Tabla 36.</b> Fuerza cortante basal dinámica en “X” y “Y” .....	99
<b>Tabla 37.</b> Control de derivas inelásticas en “X” y “Y” .....	99
<b>Tabla 38.</b> Fuerza cortante mínima en “X” y “Y” .....	100
<b>Tabla 39.</b> Parámetros para sismo dinámico modal – espectral con R = 1.....	101
<b>Tabla 40.</b> Control de derivas en análisis dinámico con R = 1.....	102
<b>Tabla 41.</b> Datos de los registros sísmicos considerados para en análisis.....	102
<b>Tabla 42.</b> Aceleraciones máximas de los registros sísmicos escalados.....	104
<b>Tabla 43.</b> Control de derivas en la dirección X (Análisis tiempo historia lineal) .....	105
<b>Tabla 44.</b> Control de derivas en la dirección Y (Análisis tiempo historia lineal) .....	105
<b>Tabla 45.</b> Razón de derivas del ATH Lineal vs análisis dinámico con R=1 en X.....	105
<b>Tabla 46.</b> Razón de derivas del ATH Lineal vs análisis dinámico con R=1 en Y.....	106
<b>Tabla 47.</b> Derivas máximas del sismo de diseño vs deriva objetivo en X.....	107
<b>Tabla 48.</b> Derivas máximas del sismo de diseño vs deriva objetivo en Y.....	107
<b>Tabla 49.</b> Dimensiones y propiedades del perfil metálico .....	110
<b>Tabla 50.</b> Valores del coeficiente de amortiguamiento.....	113
<b>Tabla 51.</b> Factor de participación modal en la dirección X.....	113
<b>Tabla 52.</b> Amplitud para la dirección X .....	113
<b>Tabla 53.</b> Factor de participación modal en la dirección Y.....	114

<b>Tabla 54.</b> Amplitud para la dirección Y .....	114
<b>Tabla 55.</b> Desplazamientos relativos en los extremos del disipador en X .....	115
<b>Tabla 56.</b> Desplazamientos relativos en los extremos del disipador en Y .....	115
<b>Tabla 57.</b> Coeficiente de amortiguamiento del disipador en X .....	115
<b>Tabla 58.</b> Coeficiente de amortiguamiento del disipador en Y-Y.....	117
<b>Tabla 59.</b> Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 5% .....	119
<b>Tabla 60.</b> Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 5% .....	119
<b>Tabla 61.</b> Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 10% .....	120
<b>Tabla 62.</b> Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 10% .....	120
<b>Tabla 63.</b> Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 15% .....	120
<b>Tabla 64.</b> Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 15% .....	120
<b>Tabla 65.</b> Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 20% .....	121
<b>Tabla 66.</b> Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 20% .....	121
<b>Tabla 67.</b> Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 40% .....	121
<b>Tabla 68.</b> Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 40% .....	121
<b>Tabla 69.</b> Fuerza y peso de los disipadores provistos por Taylor .....	134
<b>Tabla 70.</b> Fuerza de los disipadores acoplados en el eje X .....	135
<b>Tabla 71.</b> Fuerza de los disipadores acoplados en el eje Y .....	136
<b>Tabla 72.</b> Dispositivos a emplear.....	138
<b>Tabla 73.</b> Modos, períodos y masa participativa en edificio optimizado .....	138
<b>Tabla 74.</b> Deformación de los disipadores acoplados al edificio .....	139
<b>Tabla 75.</b> Fuerza de los disipadores con sismo máximo esperado .....	140
<b>Tabla 76.</b> Propiedades del perfil HSS.....	141
<b>Tabla 77.</b> Dimensiones nominales de pernos y tuercas hexagonales pesados.....	143
<b>Tabla 78.</b> Dimensiones nominales de las arandelas .....	144
<b>Tabla 79.</b> Incremento en el grip de acuerdo al diámetro del perno .....	146
<b>Tabla 80.</b> Especificaciones de los pernos expansivos Trubolt. ....	156

<b>Tabla 81.</b> Factores de reducción de la resistencia.....	156
<b>Tabla 82.</b> Dimensiones de los pernos de anclaje por cada diámetro. ....	158
<b>Tabla 83.</b> Longitud estandarizada de los pernos de anclaje. ....	158
<b>Tabla 84.</b> Desplazamiento en el centro de masa X.....	163
<b>Tabla 85.</b> Desplazamiento en el centro de masa Y.....	164
<b>Tabla 86.</b> Derivas de entrepiso eje X.....	164
<b>Tabla 87.</b> Derivas de entrepiso eje Y.....	165
<b>Tabla 88.</b> Fuerza axial en los elementos de corte.....	166
<b>Tabla 89.</b> Fuerza cortante en los elementos de corte.....	167
<b>Tabla 90.</b> Momento flector en los elementos de corte.....	168
<b>Tabla 91.</b> Verificación del mejoramiento estructural.....	169

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Anillo de fuego .....	29
<b>Figura 2.</b> Distribución de placas tectónicas en la tierra.....	30
<b>Figura 3.</b> Mapa sísmico del Perú.....	32
<b>Figura 4.</b> Balance energético de estructuras .....	35
<b>Figura 5.</b> Clasificación de los sistemas de protección sísmica .....	36
<b>Figura 6.</b> Incorporación de disipadores a la estructura .....	37
<b>Figura 7.</b> Clasificación de disipadores de energía.....	38
<b>Figura 8.</b> Funcionamiento de los disipadores de fluido viscoso .....	42
<b>Figura 9.</b> Comportamiento desfasado del disipador viscoso.....	43
<b>Figura 10.</b> Curva histerética del amortiguador fluido viscoso.....	44
<b>Figura 11.</b> Elementos principales de un disipador de fluido viscoso .....	45
<b>Figura 12.</b> Detalle de la cabeza del pistón.....	45
<b>Figura 13.</b> Conexiones en la disposición diagonal.....	48
<b>Figura 14.</b> Efecto en el espectro de desplazamiento al incorporar los disipadores.....	50
<b>Figura 15.</b> Efectos del amortiguamiento (amortiguador viscoso – formato ADRS) .....	51
<b>Figura 16.</b> Relación velocidad vs fuerza del disipador.....	53
<b>Figura 17.</b> Ángulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador de energía.....	55
<b>Figura 18.</b> Disipadores instalados en disposición diagonal.....	59
<b>Figura 19.</b> Primer caso de análisis .....	60
<b>Figura 20.</b> Segundo caso de análisis .....	60
<b>Figura 21.</b> Ubicación del edificio hospitalario en estudio .....	70
<b>Figura 22.</b> Vista en planta de grillas de los ejes de la edificación en Etabs V21.0.0. ....	75
<b>Figura 23.</b> Vista en 3D del modelo estructural de la edificación en el software Etabs.....	76
<b>Figura 24.</b> Sección de aligerado de 25 cm de altura.....	76
<b>Figura 25.</b> Vista en 3D de las cargas aplicadas en la estructura piso en Etabs. ....	77
<b>Figura 26.</b> Mapa de zonificación del Perú .....	80

<b>Figura 27.</b> Geometría en planta de la edificación en estudio.....	84
<b>Figura 28.</b> Definición del sismo estático preliminar en “X” .....	87
<b>Figura 29.</b> Definición del sismo estático preliminar en “Y” .....	87
<b>Figura 30.</b> Asignación de Pier Label a las placas .....	90
<b>Figura 31.</b> Definición de masa sísmica en dirección X y Y en Etabs .....	94
<b>Figura 32.</b> Modos de vibración considerados para el análisis dinámico en ETABS. ....	94
<b>Figura 33.</b> Espectro “T vs C” .....	96
<b>Figura 34.</b> Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección “X” y “Y”.....	97
<b>Figura 35.</b> Definición del sismo dinámico en “X”.....	98
<b>Figura 36.</b> Definición del sismo dinámico en “Y” .....	98
<b>Figura 37.</b> Espectro de pseudo-aceleración $R = 1$ (T vs $S_a$ ) y el espectro “T vs C” .....	101
<b>Figura 38.</b> Ondas corregidas vs no corregidas en el SeismoSignal.....	103
<b>Figura 39.</b> Registro sin escalar, registro escalado y espectro objetivo .....	104
<b>Figura 40.</b> Vista en planta de la ubicación de los disipadores .....	110
<b>Figura 41.</b> Longitud del brazo metálico (L) .....	111
<b>Figura 42.</b> Vista 3D del modelo estructural con disposición y ubicación de los DEFV ...	119
<b>Figura 43.</b> Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje X-3 .....	122
<b>Figura 44.</b> Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje X-1 .....	122
<b>Figura 45.</b> Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje Y-15 .....	123
<b>Figura 46.</b> Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje Y-10 .....	123
<b>Figura 47.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 5% de amortiguamiento en eje X....	124
<b>Figura 48.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 5% de amortiguamiento en eje Y ....	125
<b>Figura 49.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 10% de amortiguamiento en eje X..	126
<b>Figura 50.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 10% de amortiguamiento en eje Y ..	127
<b>Figura 51.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 15% de amortiguamiento en eje X..	128
<b>Figura 52.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 15% de amortiguamiento en eje Y ..	129
<b>Figura 53.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 20% de amortiguamiento en eje X..	130

<b>Figura 54.</b> Curvas histeréticas de disipadores con 20% de amortiguamiento en eje Y ..	131
<b>Figura 55.</b> Balance energético en eje X - dispositivos con 5% de amortiguamiento .....	132
<b>Figura 56.</b> Balance energético en eje Y - dispositivos con 5% de amortiguamiento .....	133
<b>Figura 57.</b> Disipadores acoplados en el eje 3.....	134
<b>Figura 58.</b> Disipadores acoplados en el eje 1 .....	134
<b>Figura 59.</b> Disipadores acoplados en el eje 15.....	135
<b>Figura 60.</b> Disipadores acoplados en el eje 10.....	135
<b>Figura 61.</b> Propiedades de los dispositivos y dimensiones de placa base.....	137
<b>Figura 62.</b> Detalles del perno y tuerca hexagonal pesada. ....	143
<b>Figura 63.</b> Dimensiones del perno y tuerca de 1 1/8 in, para disipador de 110 KIP.....	144
<b>Figura 64.</b> Detalles de la arandela.....	145
<b>Figura 65.</b> Dimensiones de la arandela de 1 1/8 in, para disipador de 110 KIP.....	145
<b>Figura 66.</b> Dimensión del grip y longitud del perno 1 1/8", para disipador de 110 KIP ...	146
<b>Figura 67.</b> Conexión Brazo metálico (HSS 7.50x0.50) - Disipador viscoso 110 KIP .....	147
<b>Figura 68.</b> Detalle de la unión placa base - Disipador viscoso 110 KIP .....	147
<b>Figura 69.</b> Detalle de unión Brazo metálico – Placa Base de disipador viscoso .....	148
<b>Figura 70.</b> Conexión Brazo metálico - Barra de conexión.....	148
<b>Figura 71.</b> Detalle de la conexión inferior Long. Perno.....	149
<b>Figura 72.</b> Dimensiones de la cartela para disipador de 110 kip.....	149
<b>Figura 73.</b> Dimensiones del perno y tuerca de la barra de conexión. ....	150
<b>Figura 74.</b> Dimensiones de la arandela de la barra de conexión. ....	150
<b>Figura 75.</b> Fuerza a la que es sometido el perno (Cortante doble). ....	150
<b>Figura 76.</b> Fuerza a la que es sometido el perno (Cortante doble). ....	152
<b>Figura 77.</b> Espaciamiento mínimo de un perno con respecto a los bordes.....	154
<b>Figura 78.</b> Espaciamiento mínimo de un perno con respecto a los bordes.....	154
<b>Figura 79.</b> Fuerza de tracción (Nua) y corte (Vua) producto de la acción del disipador .	157
<b>Figura 80.</b> Nomenclatura para determinar las dimensiones de los pernos de anclaje ...	159

<b>Figura 81.</b> Dimensiones finales del perno de $\frac{3}{4}$ .....	159
<b>Figura 82.</b> Plancha metálica en la cual irán los pernos de anclaje (Vista en planta) .....	160
<b>Figura 83.</b> Plancha metálica en la cual irán los pernos de anclaje (Vista isométrica) ....	160
<b>Figura 84.</b> Ubicación típica del Disipador de Fluido Viscoso de 110 kip en un pórtico...161	
<b>Figura 85.</b> Detalle 01A (conexión: disipador – cartela – estructura de concreto). .....	161
<b>Figura 86.</b> Detalle 02A (conexión brazo metálico – cartela – estructura de concreto)....	162
<b>Figura 87.</b> Disminución en la dirección X .....	163
<b>Figura 88.</b> Disminución en la dirección Y .....	164
<b>Figura 89.</b> Derivas de entrepiso eje X .....	165
<b>Figura 90.</b> Derivas de entrepiso eje Y .....	165

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

HNSRC	: Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba
DEFV	: Disipadores de energía de fluido viscoso
ATH	: Análisis Tiempo Historia
FPS	: Friction pendulum systems (Sistemas de péndulos de fricción)
SEAOC	: Structural Engineers Association of California (Asociación de ingenieros estructurales de California)
HAZUS	: Hazards-United States
FEMA	: Federal Emergency Management Agency (Agencia federal para el manejo de emergencias)
ATC	: Applied Technology Council (Consejo de Tecnología Aplicada)
MINSA	: Ministerio de Salud del Perú
E.030	: Norma Técnica de Diseño Sismorresistente
ADRS	: Espectro de respuesta de aceleración – desplazamiento (acceleration-displacement response spectrum).
NTP	: Norma Técnica Peruana.
ASCE	: American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles)

## RESUMEN

En el Perú y América Latina, durante los últimos años los sismos han destruido muchos hospitales, dado a que nos encontramos en una zona altamente sísmica; por lo cual la presente investigación, tuvo como objetivo determinar de qué manera incide la inclusión de Disipadores de Fluido Viscoso en el comportamiento estructural del Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, de corte transversal. Al realizar el análisis sísmico estático y dinámico de la estructura, se verificó que los desplazamientos y derivas máximas cumplen con la norma E.030-2019, y luego de realizar el análisis tiempo-historia, las derivas máximas se mantuvieron por debajo de las permitidas por la norma E.030 (0.007) y la Metodología Hazus (0.004). El análisis considerando la inclusión de disipadores de energía de fluido viscoso se hizo de manera iterativa considerando 5%, 10%, 15%, 20% y con 40% de amortiguamiento viscoso, observado finalmente que los disipadores con 5% de amortiguamiento viscoso trabajan mejor. Finalmente se concluye que la inclusión de disipadores de fluido viscoso en el Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba, incide en el mejoramiento de su comportamiento estructural, dado que los desplazamientos en el centro de masa se han reducido hasta en un 12.89%, las derivas hasta en un 13.79%, los esfuerzos hasta en un 26.88% y la energía absorbida por la estructura hasta en un 32.72%.

*Palabras clave: Disipadores de energía de fluido viscoso, Comportamiento Estructural, Hospital.*

## ABSTRACT

In Peru and Latin America, earthquakes have destroyed many hospitals in recent years, as we are located in a highly seismic zone. For this reason, the objective of this research was to determine how the inclusion of Viscous Fluid Dampers affects the structural behavior of Sector C1 of the Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba. The research was applied, with a quantitative approach, a non-experimental design, and a cross-sectional scope. By performing static and dynamic seismic analysis of the structure, it was verified that the maximum displacements and drifts comply with the E.030-2019 standard. After conducting the time-history analysis, the maximum drifts remained below those allowed by the E.030 standard (0.007) and the Hazus Methodology (0.004). The analysis considering the inclusion of viscous fluid energy dampers was carried out iteratively with 5%, 10%, 15%, 20%, and 40% viscous damping, and it was observed that dampers with 5% viscous damping performed the best. Finally, it is concluded that the inclusion of viscous fluid dampers in Sector C1 of the Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba improves its structural behavior, as displacements at the center of mass were reduced by up to 12.89%, drifts by up to 13.79%, forces by up to 26.88%, and energy absorbed by the structure by up to 32.72%.

*Key words: Viscous Fluid Energy Dampers, Structural Behavior, Hospital.*

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Los eventos sísmicos en el mundo generan gran preocupación por los efectos sobre las edificaciones, pues llegan a provocar pérdidas económicas y vidas humanas. El Perú es un país altamente sísmico debido a que se encuentra ubicado dentro del Cinturón Circumpacífico y al borde del encuentro de dos placas tectónicas, en donde la Placa de Nazca subduce debajo de la Placa Sudamericana, (Kuroiwa, 2002).

En América Latina y el Caribe, el 67 % de los 18 000 hospitales están situados en regiones con alto riesgo de catástrofes. Numerosos hospitales quedaron inservibles a causa de terremotos, huracanes e importantes inundaciones. Las repercusiones de las catástrofes en los centros sanitarios provocaron que casi 45 millones de personas se vieran privadas de tratamiento médico hospitalario durante años, mientras que las pérdidas económicas directas por daños en infraestructuras y equipos superaron los 4000 millones de dólares en los últimos 25 años (MINSa, 2010).

Los importantes fenómenos sísmicos en Perú han afectado profundamente la infraestructura de numerosos centros de salud, en particular el sismo de 2001, que afectó a 246 instalaciones en el sur de Perú, y el sismo de 2007, que dañó 84 instalaciones, incluidos hospitales del Ministerio de Salud y del Seguro Social de Salud – EsSalud, en tres provincias de la región de Ica (MINSa, 2010).

El sismo de Arequipa del 23 de junio de 2001 afectó a 246 instituciones sanitarias, de los cuales 8 fueron hospitales, 81 centros de salud y 157 puestos de salud. Se documentaron daños en 93 establecimientos en Arequipa, 67 en Tacna, 55 en Moquegua y 31 en Ayacucho. Se estimó que se necesitaron 18 millones de dólares para las labores de reparación y rehabilitación, de los cuales el 84 % se destinó a hospitales (Bambaren Alatrística & Alatrística Gutierrez, 2007).

El sismo de Ica del 15 de agosto del 2007 con una magnitud de 7.0ML (escala de Richter) y 7.9Mw (escala Momento), el cual el Instituto Geofísico del Perú lo calificó como el mayor sismo ocurrido en los últimos 100 años en el país y el peor de la costa central de los últimos 290 años, dejó como saldo 596 muertes, 1292 heridos, 464 314 damnificados, 75 756 viviendas destruidas; además afectó 84 establecimientos de salud, de los cuales 6 fueron totalmente destruidos y 5 tuvieron daños severos. La provincia de pisco perdió el 95% de las camas hospitalarias y Chíncha perdió el 40% de su capacidad operativa (Organización Panamericana de la Salud, 2010). El impacto del terremoto ascendió a 139,1 millones de dólares, el 95% correspondió a daños a los establecimientos de salud y 5% a las pérdidas (Bambarén Alatrística & Alatrística Gutiérrez, 2009).

En el Perú contamos con una norma de Diseño Sismorresistente, que a lo largo de los años ha ido evolucionando, de acuerdo con las experiencias vividas y adecuándose a nuevas tecnologías en sismorresistencia que están llegando a nuestro país, siendo lo más interesante y novedoso que a partir de la norma E.030-2016 y en la norma actual E.030-2019, se introduce los Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía, disponiendo un artículo donde se indica las condiciones para su uso (art. 3.9 de la norma E.030-2016 y art. 23 de la norma E.030-2019) y se comienza a solicitar consideraciones especiales orientadas a lograr que las edificaciones esenciales permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo, obligando así a las nuevas edificaciones de categoría A1 usar aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en la zona sísmica 4 y 3.

En el norte de Perú, los terremotos intraplaca son los de mayor incidencia, como resultado de la formación y reactivación de fallas geológicas ubicadas dentro del continente, concentradas principalmente en la zona subandina (Tavera & Bernal, 2008).

En las últimas décadas, la región de Cajamarca no ha experimentado terremotos de alta intensidad; sin embargo, su historia sísmica de 400 años indica la ocurrencia de terremotos con intensidades que van desde VII MM hasta un máximo de X MM. Además,

una falla importante en la zona es la Falla Chaquilbamba, situada en la Cordillera Occidental del norte de Perú, entre Chaquilbamba y Marcabal, aproximadamente a 13 km al SSE de Cajabamba, en la frontera de las regiones de Cajamarca y La Libertad, (Zavala Carrión & Rosado Seminario, 2011).

El Hospital Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba (en adelante HNSRC), está ubicado en el distrito de Cajabamba, provincia de Cajabamba región de Cajamarca, fue diseñado y construida considerando la norma E.030-2006 (sin aislamiento sísmico en la base), el cual según el MINSA es de categoría II-1, siendo el Sector C1 la edificación más importante donde se encuentra la sala de operaciones, recuperación y estar médico.

Por lo expuesto, para disminuir los daños y mejorar el comportamiento estructural en edificaciones hospitalarias que no cuentan con aislamiento sísmico en la base, es necesario implementar nuevas tecnologías, así como son los Disipadores de Energía de Fluido Viscoso (en adelante DEFV) para asegurar su continuidad operativa luego de un sismo severo. Es así que esta investigación buscó comprobar y determinar si la inclusión de los DEFV en el Sector C1 del HNSRC influye mejorado su comportamiento estructural.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera incide la inclusión de Disipadores de Fluido Viscoso en el comportamiento estructural del Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba?

## **1.3. Hipótesis**

La inclusión de disipadores de fluido viscoso en el Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba, incide mejorando su comportamiento estructural.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

Los años 2020 y 2021, debido a la pandemia ocurrida por la Covid-19, nos ha dado una gran lección sobre la gran importancia que tienen los centros médicos. Si bien es cierto la educación presencial puede en cierta medida reemplazarse por métodos virtuales, en el ámbito de la atención médica aún estamos lejos de lograrlo. Si durante esos mismos años, se hubiera producido en paralelo un sismo severo, el resultado hubiese sido un caos, razón por la cual este estudio es crucial y se justifica en vista de que el Sector C1 del HNSRC, según la Norma de Diseño Sismorresistente E.030-2019, está clasificado como Categoría A1 y situado en la Zona Sísmica 3, además está ubicado cerca de la falla Chaquibamba y la zona subandina en Cajamarca, región considerada como zona de silencio sísmico, encontrándose susceptible a sufrir terremotos significativos, por lo que es necesario asegurar su operatividad luego de un sismo severo.

La presente investigación es de mucha importancia porque nos permitirá determinar si el comportamiento estructural mejora al reforzar con DEFV un edificio hospitalario que fue diseñada con la norma peruana de Diseño Sismorresistente E.030-2006 en la que todavía no era de carácter obligatorio a las edificaciones de categoría A1 usar aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en la zona sísmica 4 y 3, y en la que aún no incorporaba los factores de Irregularidad en altura ( $I_a$ ) y en planta ( $I_p$ ) en el diseño sísmico.

También se justifica porque emplea los DEFV para mejorar el comportamiento estructural del HNSRC añadiendo amortiguamiento a la estructura, debido a que a partir de la tercera norma de diseño sismorresistente de 1997 se empezó obligar tener edificaciones más rígidas, y los DEFV solamente añaden amortiguamiento mas no rigidez.

La presente investigación aportará con información y resultados que serán de utilidad para que las autoridades competentes determinen reforzar o no el Sector C1 del HNSRC con DEFV y para las futuras investigaciones.

## **1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación**

### **1.5.1. Alcances**

Para la presente investigación se empleó como objeto de estudio el edificio del Sector C1 del HNSRC, el cual consta de 3 niveles y se encuentra ubicado en la provincia de Cajabamba, región Cajamarca.

Este edificio fue diseñado con la Norma de Diseño Sismorresistente E.030-2006, pero para el desarrollo de esta investigación se usó la norma peruana actual E.030-2019, las normativas ASCE/SEI 7-16, Fema 273 y 274, Visión 2000 (SEAOC) y la metodología Hazus para la determinación de los parámetros inherentes de los disipadores.

Para la elaboración de la presente investigación se pudo obtener información del Expediente Técnico proporcionado por el “GRC Unidad Ejecutora de Programas Regionales PROREGIÓN – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA”; sin embargo, no se encontró el Estudio de Mecánica de Suelos.

### **1.6. Limitaciones**

Los diferentes modelos estructurales (con y sin la inclusión de disipadores de fluido viscoso) se realizaron sin considerar la interacción suelo – estructura.

En cuanto a los disipadores de energía utilizados para el estudio, la investigación se limita al uso de DEFV del Tipo No Lineal con una disposición Diagonal, del fabricante Taylor Devices Incorporation.

Para esta investigación no fue posible realizar un Estudio de Mecánica de Suelos del suelo de fundación del edificio en estudio, pues no se logró obtener los permisos respectivos debido a que el HNSRC aún no ha sido recepcionada por la DIRESA, por lo que se tuvo que recurrir al estudio realizado para una construcción aledaña, la cual es una construcción que fue ejecutada en el año 2023 dentro del mismo hospital.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar de qué manera incide la inclusión de Disipadores de Fluido Viscoso en el comportamiento estructural del Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar el comportamiento estructural del Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba sin la inclusión de disipadores de fluido viscoso (estructura convencional).
- ✓ Determinar el comportamiento estructural del Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba con la inclusión de disipadores de fluido viscoso.
- ✓ Realizar la comparación del comportamiento estructural del Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba sin y con la inclusión de disipadores de fluido viscoso, a través de los desplazamientos en el centro de masa, las derivas, los esfuerzos en los elementos de corte y la energía disipada por los disipadores de fluido viscoso.

## **1.8. Descripción del contenido de los capítulos**

Capítulo I. Introducción: en este capítulo se encuentra la realidad problemática, formulación del problema de investigación, la hipótesis, justificación de la investigación, alcances o delimitación de la investigación, limitaciones.

Capítulo II. Marco teórico: en este capítulo se hace una descripción de los antecedentes internacionales, nacionales y locales que nos sirven para tener en cuenta las investigaciones que se han elaborado relacionadas al tema en estudio, y también bases teóricas que se tendrán en cuenta para el desarrollo de la presente tesis.

Capítulo III. Materiales y métodos: En este capítulo se explica el lugar donde se llevó a cabo la presente investigación, el procedimiento y descripción de la metodología que se tuvo en consideración para la toma de datos. Se indican también las diferentes herramientas que se usaron para el procesamiento de la información tomada en campo.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados: en este capítulo se desarrolló el análisis de la consistencia de la investigación.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones: en este capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones.

Anexos: En este capítulo se presenta el Estudio de Suelos y los Planos del estudio.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes Teóricos**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Aguilar y Arias, (2019) en su tesis Propuesta de reforzamiento de un edificio afectado en el sismo del 16 de abril de 2016 ubicado en la ciudad de portoviejo utilizando disipadores de energía de fluido viscoso. El objetivo de la investigación fue proponer un modelo de reforzamiento estructural no convencional para el edificio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí, utilizando un sistema de disipadores de energía de fluido viscoso, para ofrecer una alternativa que permita la restauración integral de la capacidad estructural y la serviciabilidad; la metodología de investigación fue explicativo, cuantitativo, de diseño no experimental- transversal, obteniendo como resultados que al reforzar la estructura con disipadores la disipación de energía sísmica en forma de energía de amortiguamiento viscoso asciende a un valor promedio de 80%, las derivas máximas alcanzan un porcentaje de reducción promedio de 56% y los desplazamientos un 51%. Llegaron a concluir que la estructura tendrá un mejor comportamiento frente a sismos severos, dado a que la energía provocada por los sismos será absorbida en su mayor parte por los dispositivos de disipación reduciendo significativamente el número de rótulas.

Rosero, (2020) en su tesis 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. El objetivo de la investigación fue hallar la incidencia de la inclusión de dispositivos disipadores de energía viscosos, visco elásticos y por fricción en edificios de hormigón armado de 10,15 y 20 pisos. Teniendo como resultado que el mejor comportamiento de los dispositivos viscosos se da en el modelo de 10 niveles, pues se logró reducir los desplazamientos 24% y 46% en el sentido X y Y respectivamente, y las

derivadas 18% y 40% en el sentido X y Y respectivamente, además logró 43% de la energía sísmica

Macías, (2024) en su tesis Evaluación del comportamiento estructural de un edificio de hormigón armado sin disipadores y con disipadores de fluidos viscosos. El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento estructural de un edificio de hormigón armado de seis niveles resistente a momento, sin disipadores y con disipadores de fluidos viscosos; la presente investigación es del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo; teniendo como resultados que los desplazamientos promedio disminuyen un 40.74% y las derivadas de entrepiso un 27.49%.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Principe, (2020) en su tesis Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aparcada Trujillo 2020. El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de los disipadores de fluido viscoso incorporados en una edificación convencional de 8 niveles, el diseño de la investigación fue experimental, de nivel pre experimental, como resultados se propusieron el uso de disipadores de fluido viscoso en cantidad de 32, como conclusiones queda demostrado que la disipación de energía oscila entre 30% y 70%, los esfuerzos dinámicos se reducen entre 40% y 65%, por lo tanto se validó la hipótesis planteada en la investigación, que al incorporar disipadores de fluido viscoso la edificación presenta un mejor comportamiento estructural en comparación al modelo convencional.

Reynoso, (2022) Mejoramiento del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María. El objetivo de la investigación fue determinar la mejora del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso en una edificación de 20 niveles, la investigación fue aplicada, con un nivel descriptivo, con enfoque cuantitativo de

diseño no experimental, como resultados se obtuvieron que los desplazamientos máximos en el último nivel de la edificación con el empleo de los disipadores de fluido viscoso se redujeron en el eje X en 61%, y en el eje Y 56%, y las derivas máximas en el mismo nivel con el empleo de los disipadores de fluido viscoso se redujeron en la dirección X 61% y en la dirección Y 67%, las conclusiones fueron que el uso de sistemas de protección sísmica de los disipadores de fluido viscoso obtienen carácter muy importante, ya que con ello se logra disipar la energía sísmica de entrada.

Munive, (2020) en su tesis Análisis sismoresistente con disipadores de energía viscosos Taylor para el sistema estructural mixto en la infraestructura educativa Chiras. El objetivo de la investigación fue analizar el comportamiento sísmico de la edificación con disipadores de energía viscosos Taylor para el sistema estructural mixto en la infraestructura educativa Chiras, la investigación fue aplicada, de nivel explicativo, utilizando el método científico, de diseño no experimental, con enfoque cuantitativo; en los resultados se obtuvieron que al realizar la comparación en un edificio de cinco pisos se obtuvo una reducción de 35% para desplazamiento espectrales, de esa manera aumentando la efectividad en 15%; y como conclusión se obtuvo que al realizar el modelamiento de la estructura de cinco pisos posee deformación en sentido longitudinal, por la que su geometría y esbeltez sobrepasa en 50% del valor que se permite en la norma en el uso de disipadores de energía viscoso lineal, por lo tanto existió una reducción de desplazamientos, velocidad, aceleración de centros de masa en cada piso.

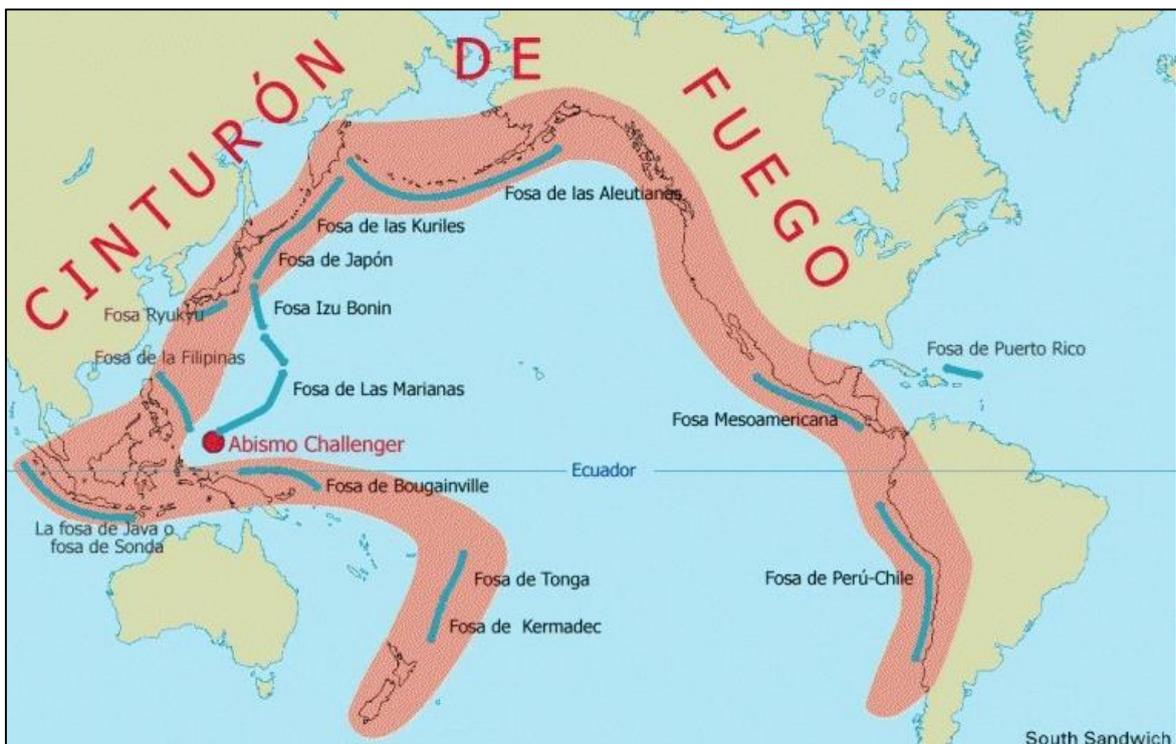
## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Teoría de la tectónica global de placas

La teoría de la tectónica global, considera que la superficie de la tierra se encuentra en permanente transformación y está conformada por placas tectónicas que al interactuar entre ellas generan los sismos, (Kuroiwa, 2002).

La distribución de terremotos de origen tectónico a escala global coincide con los bordes de las placas en un 95%, siendo posible delinear tres zonas activas principales: el Cinturón Circumpacífico conocido como “anillo o círculo de fuego”, la región Mediterráneo-Himalaya (Cinturón alpino o alpino-himalayo) y las dorsales oceánicas; el resto ocurre en el interior estable de las placas, a los que se denomina sismos intraplaca (Herráiz Sarachaga, 1997). Es en el Cinturón de Fuego del Pacífico donde ocurre el 90% de todos los sismos del mundo y el 80% de los terremotos más grandes, (Leire Ventas, 2014).

**Figura 1.** Anillo de fuego

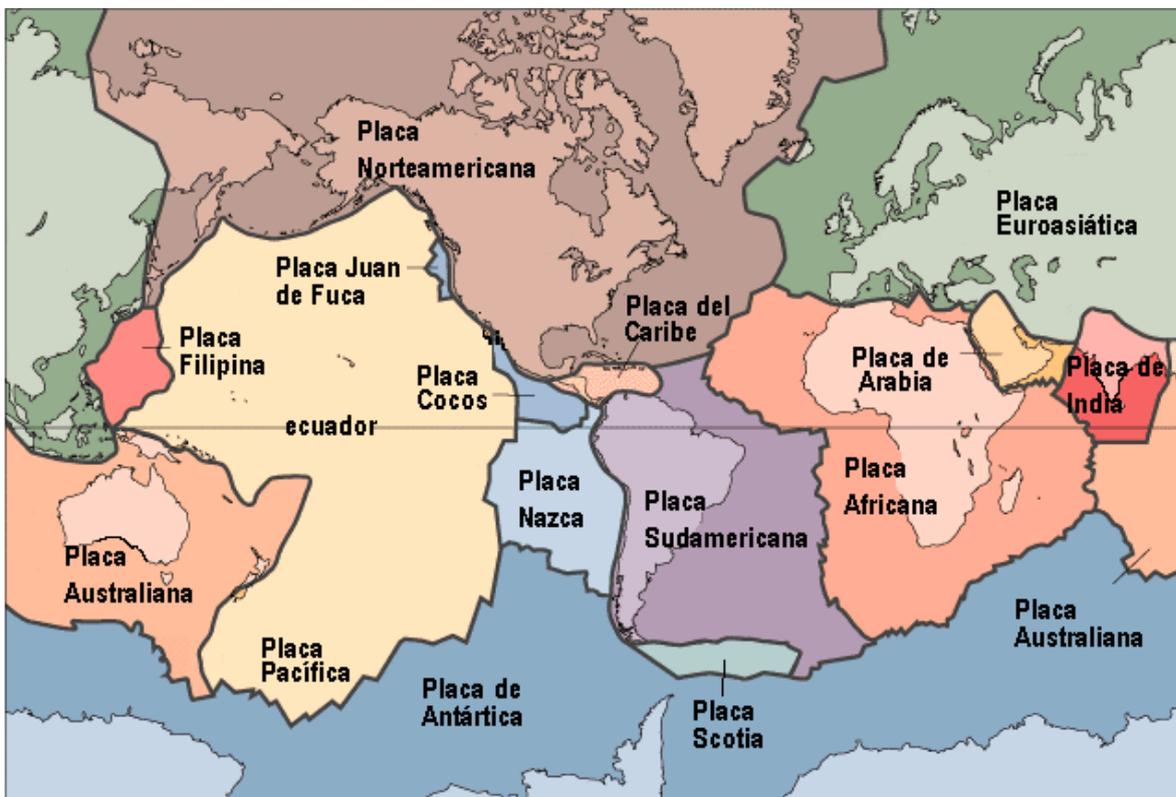


Fuente: Hechos News (2024)

El movimiento continuo de las placas tectónicas genera fricción y distorsión, lo que da lugar a la acumulación de esfuerzos considerables. Cuando la energía supera el límite elástico de las rocas, estas se rompen de forma abrupta y violenta. Esa liberación abrupta de energía se produce principalmente de dos formas: como calor generado por la intensa fricción entre masas rocosas, y como ondas sísmicas que viajan por el interior de la Tierra, percibidas como vibraciones; la ruptura inicial es lo que se denomina terremoto o sismo, (Argentina.gob.ar, 2022).

En la figura 2, se puede apreciar la distribución de las placas, entre las placas principales y de mayor tamaño tenemos la placa Sudamericana, la norteamericana, la del Pacífico, la Euroasiática, la africana, la Antártica y la australiana; y entre las placas de tamaño mediano tenemos la placa Caribeña, la de Cocos, la de Nazca, la Filipina, la Arábica, la de Scotia, la de India y la de Juan de Fuca.

**Figura 2.** *Distribución de placas tectónicas en la tierra*

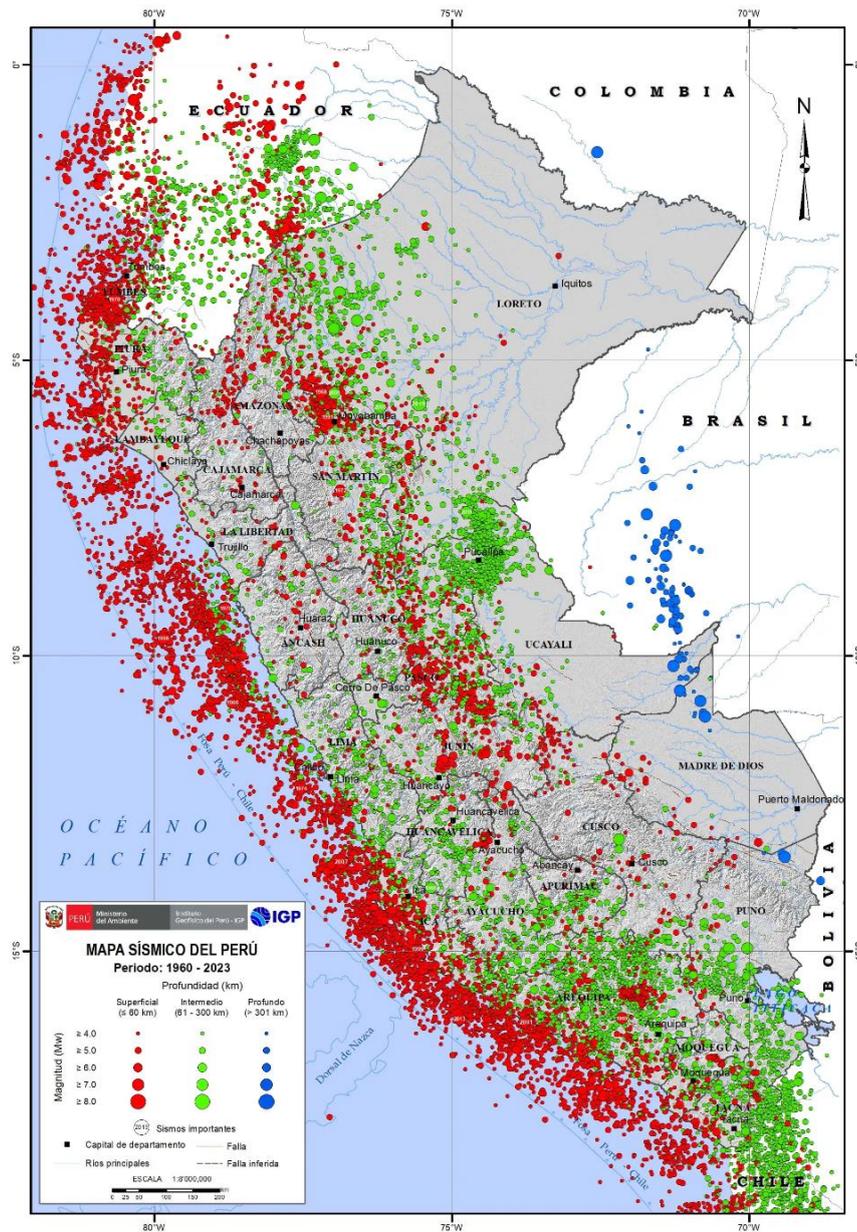


Fuente: INSTITUTO DE GEOLOGÍA-Universidad Nacional Autónoma de México (2020)

### **2.2.2. Mapa sísmico del Perú**

El mapa sísmico de Perú muestra la distribución geográfica de los eventos sísmicos con magnitudes de M4.0 o superiores que han ocurrido desde 1960 hasta la actualidad. Los terremotos se clasificaron en función de la profundidad de su hipocentro como superficiales, intermedios y profundos. El tamaño de los símbolos del mapa indica la magnitud del terremoto. En Perú, los terremotos se originan a partir de tres fuentes sismogénicas: (1) el contacto entre las placas de Nazca y Sudamérica, (2) la deformación de la corteza continental y (3) la deformación de la corteza oceánica, con profundidades focales superiores a 61 km. Dentro de la primera fuente se tiene el terremoto de Pisco del 15 de agosto de 2007 (8,0 Mw) se registró en la superficie con una intensidad de VII-VIII (MM), lo que provocó alrededor de 500 muertes, muchos heridos y daños estructurales considerables. En la segunda fuente se tiene el terremoto de Moyobamba del 5 de abril de 1991 (M6.0), que produjo en la superficie intensidades de VII (MM) e infligió daños considerables a viviendas. Un ejemplo de la tercera fuente es el terremoto del 24 de agosto de 2011 (M7.0), percibido en superficies con intensidades de V (MM), lo que provocó licuefacción del suelo y desprendimientos de rocas en lugares cercanos al epicentro. El mapa sísmico indica que la peligrosidad sísmica de Perú está clasificada como “alto”, con una mayor actividad sísmica en las regiones centro y sur, mientras que la zona norte presenta una actividad moderada. Estos datos permiten delimitar las zonas sismogénicas de Perú, proporcionando información crucial para diversas iniciativas de investigación centradas en la prevención sísmica (Instituto Geofísico del Perú, 2023).

Figura 3. Mapa sísmico del Perú



Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2023)

### 2.2.3. Diseño sismorresistente convencional

La forma convencional de controlar la respuesta de una estructura consiste en dotar a esta de una adecuada rigidez, resistencia sísmica y ductilidad. Con este diseño una estructura presenta un comportamiento elástico ante un sismo leve y un comportamiento inelástico ante un sismo severo.

Siendo la ductilidad lo que permite a la estructura frente un sismo severo,

deformarse más allá del rango elástico (disipación de energía en el rango inelástico); en otras palabras, gran parte de la Energía de entrada es transformada en Energía histerética, lo que se traduce en daño en los elementos estructurales.

(Villarreal & Díaz La Rosa, 2016) afirman que el diseño convencional incorpora una amortiguación estructural inherente que oscila entre el 1 % y el 5 % para los edificios de concreto armado.

Con este diseño es posible prevenir el colapso de la estructura y evitar pérdida de vidas humanas, pero frente a un sismo severo podría presentar daños importantes al incursionar en su rango inelástico; dado a que la disipación de energía ocurre en regiones de rótulas plásticas dúctiles, las cuales son regiones de daño concentrado del pórtico que en mayoría de los casos queda irreparable, (Villarreal & Oviedo, 2009).

Cabe indicar que, en estructuras esenciales como hospitales, centros educativos, estaciones de bomberos y otros, no se permiten estos daños, la estructura debe permanecer en condiciones operativas luego de un sismo severo, por lo que el diseño convencional ya no es el más adecuado.

Ante esto, en las últimas décadas han surgido nuevas alternativas de diseño incorporando sistemas de protección sismorresistente, con el propósito de mejorar el comportamiento de las estructuras frente a un evento sísmico. Este mejoramiento radica en el aislamiento, adición de rigidez o amortiguamiento (dependiendo de los dispositivos) en las estructuras.

#### **2.2.4. Balance de energía**

“Durante un evento sísmico, una cantidad finita de energía se infiltra en la estructura”. Esta energía de entrada se convierte en energía cinética y energía potencial (deformación), que debe ser absorbida o disipada en forma de calor” (Villarreal & Oviedo, 2009:10-11).

En otras palabras, la energía que el sismo trasmite a la estructura se transforma en

energía elástica de movimiento y deformación ( $EE$ ) y en energía disipada ( $ED$ ). La energía elástica a su vez está formada por energía cinética ( $E_k$ ) y energía elástica no disipada o recuperable ( $E_s$ ); y la energía disipada está formada por la energía de amortiguamiento ( $E_a$ ) y energía histerética ( $E_h$ ), (Huerta Ramírez, 2017).

A continuación, se muestra la ecuación de la relación de la conservación de la energía (balance de energía):

$$E = E_k + E_s + E_a + E_h$$

Donde:

$E$  : Energía de entrada del movimiento sísmico o del viento.

$E_k$  : Energía cinética, es la parte de la energía total que se transforma en movimiento.

$E_s$  : Energía de deformación elástica recuperable (Energía elástica no disipada), es la parte de la energía que se transforma en deformación de los elementos del sistema.

$E_a$  : Energía de amortiguamiento, es la parte de la energía que es disipada por fuentes de amortiguamiento.

$E_h$  : Energía irrecuperable, disipada por el sistema estructural a través de la inelasticidad u otras formas de acción (energía de deformación plástica o histerética).

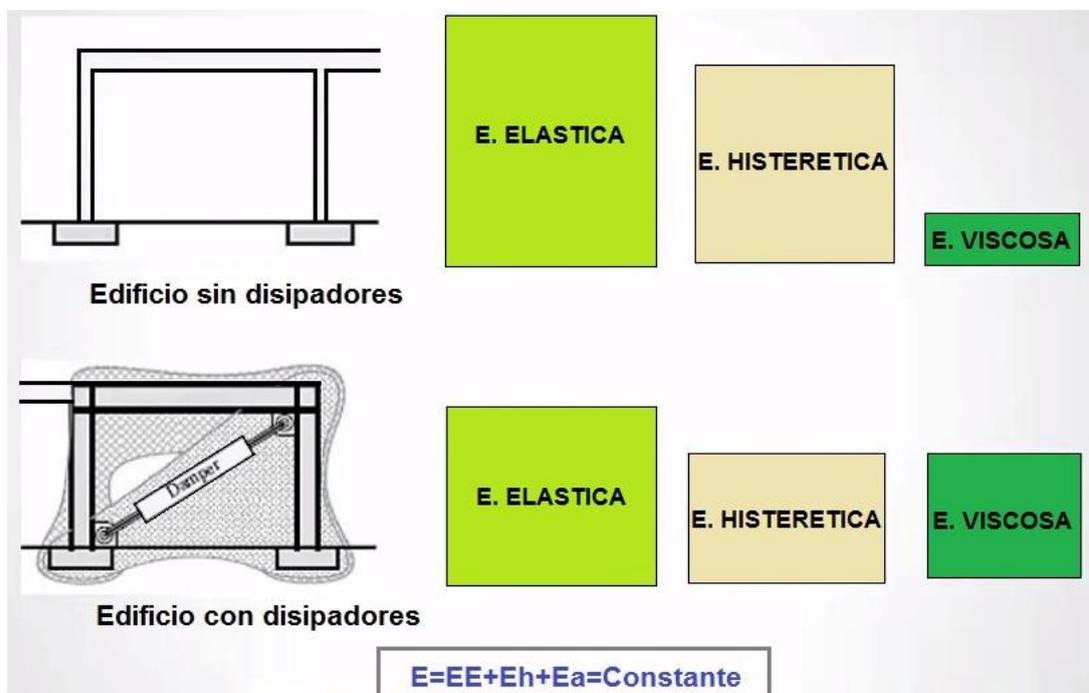
(Villarreal & Díaz La Rosa, 2016:6), sostienen que, para que el sistema estructural soporte las fuerzas sísmicas, su capacidad de respuesta debe exceder la demanda sísmica. La energía de entrada ( $E$ ) debe ser absorbida o disipada por la energía cinética ( $E_k$ ), la energía de deformación elástica recuperable ( $E_s$ ), la energía de amortiguamiento ( $E_a$ ) y la energía inelástica ( $E_h$ ).

Las estructuras contienen siempre un grado de amortiguación inherente que absorbe parte de la energía entrante, disminuyendo la amplitud de la vibración hasta cuando el movimiento se detiene; sin esta amortiguación, las vibraciones podrían persistir indefinidamente. La norma E.030-2019 establece que la amortiguación natural (inherente) corresponde al 5 % de la relación de amortiguación crítica.

Las formas más conocidas para evitar que las estructuras incurrieren en el rango inelástico ante un sismo severo, son:

- Mejorar la amortiguación interna ( $E_a$ ) mediante la integración de dispositivos de disipación de energía (véase la figura 4), lo que reduce la necesidad de disipación de energía a través de la inelasticidad ( $E_h$ ) en diversos componentes estructurales, como columnas y placas (Villareal y Díaz La Rosa, 2016).
- Desacoplar la estructura mediante dispositivos colocados en la base del edificio, que impiden la transmisión de todo el movimiento del suelo a la superestructura.

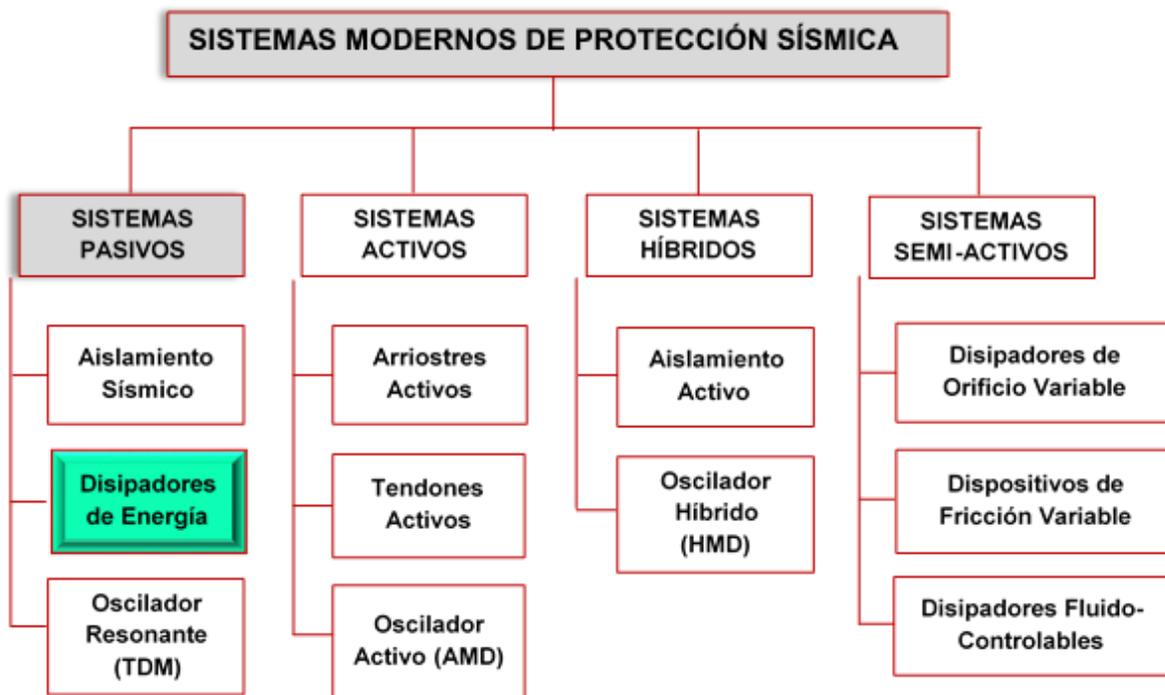
**Figura 4.** Balance energético de estructuras



### 2.2.5. Sistemas de protección sísmica

En la actualidad, existen varios sistemas de protección contra terremotos, diseñados para controlar los desplazamientos de una estructura, teniendo entre los más conocidos, los sistemas de aislamiento sísmico y los sistemas de disipación de energía, debido a su compatibilidad con las estructuras de nuestro país y su rentabilidad

**Figura 5.** Clasificación de los sistemas de protección sísmica



Fuente: Villarreal Castro & Díaz La Rosa Sánchez (2016)

### 2.2.6. Sistemas pasivos de protección sísmica

Los sistemas de control pasivo utilizan componentes que responden a las acciones sísmicas a través de la inercia. A diferencia de otros sistemas, no necesitan sensores energéticos ni controladores en tiempo real para funcionar, no requieren una fuente de energía eléctrica externa y son mecánicamente sencillos y rentables. Funcionan alterando las propiedades dinámicas de la estructura, lo que conduce a una reducción de la respuesta estructural.

Se clasifican en tres tipos: aisladores sísmicos, disipadores de energía y osciladores resonantes (TDM). En este estudio se abordarán los conceptos fundamentales de los disipadores de energía, pero nos centraremos más en los disipadores de energía de fluido viscoso.

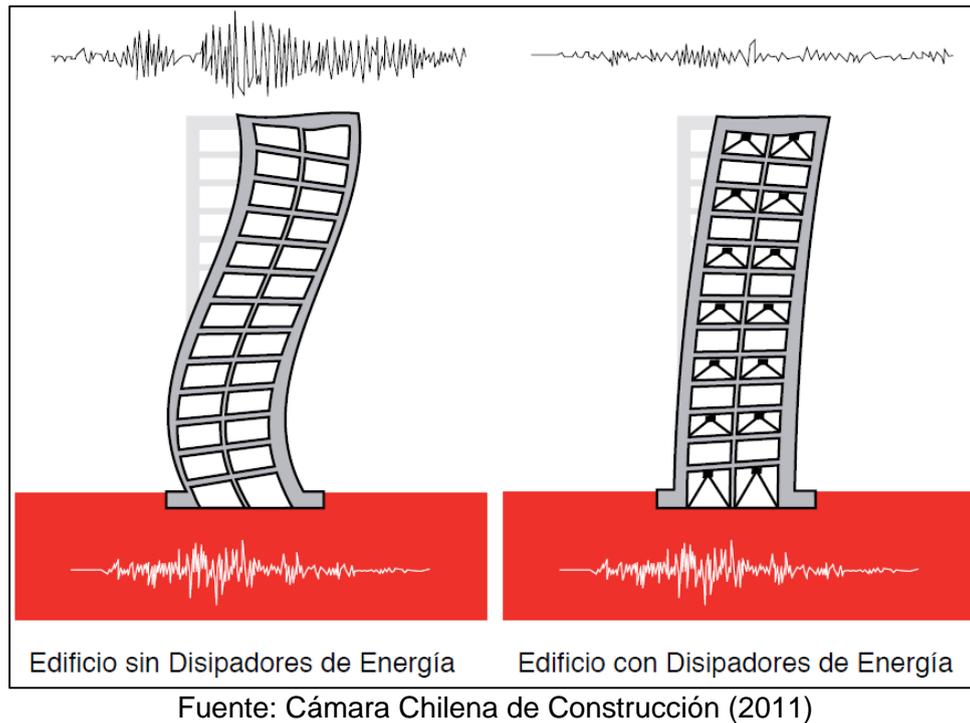
#### 2.2.6.1. Sistemas con disipadores de energía

Son dispositivos de control pasivo, que no alteran la energía de entrada, sino que manifiestan su eficiencia maximizando la energía disipada, pues absorben gran parte de la

energía sísmica, lo que permite una disminución de la respuesta estructural.

Estos dispositivos evitan que el edificio reciba todo el impacto, asegurándose de esta manera, que otros elementos estructurales no sean sobre exigidos, generando de esta forma una reducción en las deformaciones de la estructura, (Villarreal & Díaz La Rosa 2016).

**Figura 6.** Incorporación de disipadores a la estructura

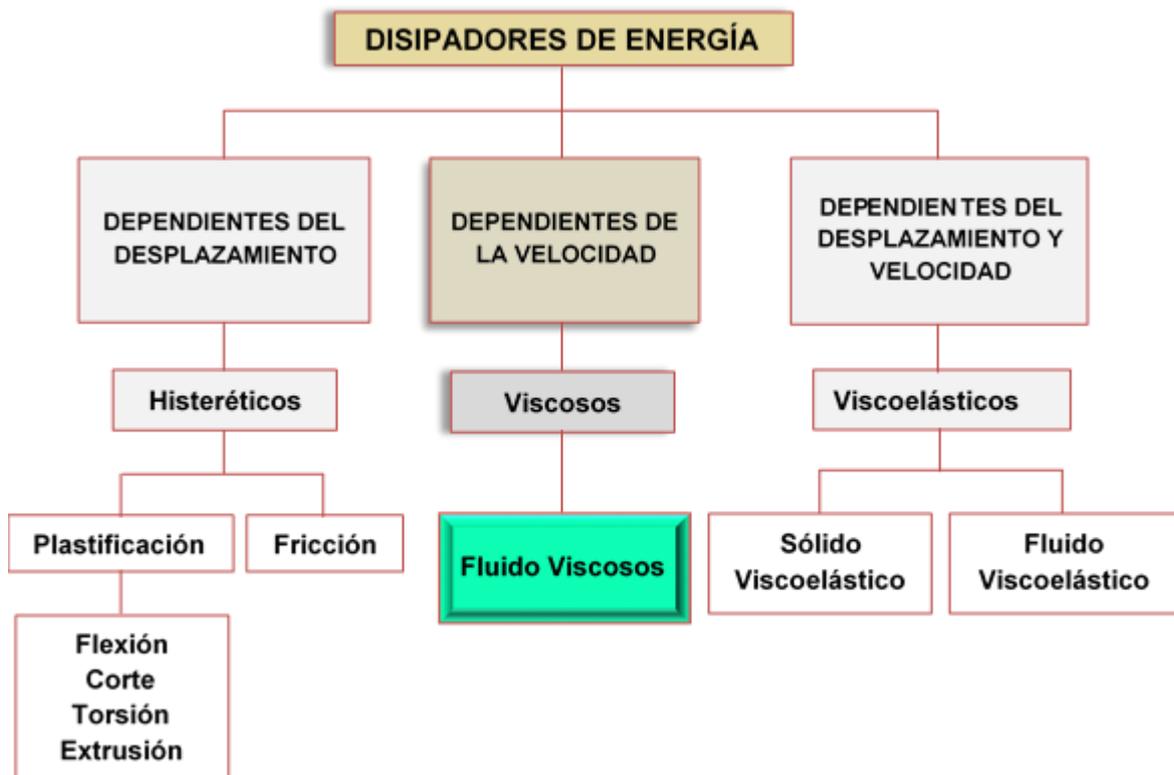


### 2.2.7. Tipos de disipadores de energía

La clasificación de estos sistemas está en función de la manera en la que son activados sus mecanismos de disipación (“Dependientes del desplazamiento”, “Dependientes de la velocidad” y “Dependientes del desplazamiento y la velocidad”), teniendo de esta manera disipadores histeréticos, viscosos y viscoelásticos; todos trabajan a dependencia de la fuerza sísmica.

A continuación en la figura 7, se puede apreciar la clasificación de los disipadores de energía.

**Figura 7.** Clasificación de disipadores de energía



Fuente: Chavez Aguirre (2016)

### 2.2.7.1. Disipadores viscosos

Estos dispositivos se activan por la velocidad relativa de entrepiso. A diferencia de los disipadores de energía por desplazamiento, no adicionan rigidez a la estructura, manteniendo así un periodo constante. Este tipo de disipadores incluye los disipadores de energía de fluido viscoso, del cual veremos sus conceptos más a profundidad en siguiente ítem.

### 2.2.8. Disipadores de energía de fluido viscoso

La amortiguación es el efecto que da lugar a la reducción de las vibraciones estructurales hasta que cesan por completo. En casos de amortiguación excesiva, existe un umbral conocido como amortiguación crítica; cuando los valores alcanzan o superan este umbral, la respuesta estructural se amortigua y se reduce sin oscilación. Después de un terremoto, las estructuras convencionales oscilan, y la amplitud de sus ciclos disminuye

gradualmente hasta que cesan, pues estos tienen coeficientes de amortiguamiento que están por debajo del crítico (Genatios & Lafuente, 2016).

La medición de la tasa de disminución de la magnitud de la oscilación conduce a la cuantificación del amortiguamiento de la estructura, normalmente expresado como un porcentaje del amortiguamiento crítico (Genatios & Lafuente, 2016).

La cuantificación de la amortiguación en los edificios se ha estudiado durante varios años, teniendo como factores principales a la fricción en las juntas, las micro grietas en el concreto y la mampostería, y las vibraciones transmitidas al suelo. Este fenómeno está relacionado con la amortiguación interna de los materiales en los elementos estructurales del edificio y a menudo se denomina “amortiguación natural, amortiguación inherente o amortiguación viscosa equivalente”.

Una estructura típica disipa la energía sísmica cuando las vigas y columnas desarrollan rótulas plásticas o cuando falla su relleno los edificios de albañilería, su amortiguamiento inherente aporta muy poco a disipar energía ante un sismo severo.

Dado a que nos encontramos en un país altamente sísmico, es necesario echar mano de las nuevas tecnologías que se han venido desarrollando en el mundo, así como los DEFV que incorporan amortiguamiento a la estructura y logran absorber casi toda la energía sísmica.

Chavez Aguirre (2017), afirma que los DEFV previenen por completo las rótulas plásticas, ofrecen una configuración lineal, restringen adecuadamente los desplazamientos entre piso, regulan significativamente los cortantes de entre piso y el cizallamiento de la base, preservando así el edificio intacto y preparado para un uso rápido después del sismo.

Los DEFV están considerados como los mejores dispositivos a nivel mundial, con una ventaja significativa sobre los dispositivos de histéresis debido a su tecnología patentada por la NASA y su capacidad para evitar el aumento de los esfuerzos estructurales, (Chavez Aguirre, 2016).

Estos dispositivos se han llegado a convertir actualmente en Perú, en uno de los más usados como sistemas de protección sísmica tanto para edificaciones nuevas como para reforzamiento de existentes (edificaciones antiguas), especialmente en edificaciones esenciales como hospitales y clínicas. Además, según Alvarez Vargas (2017), estos dispositivos pueden utilizarse en Edificaciones aporticadas, así como Mixtas (aporticadas con muros de corte).

Guevara Torres, citado por Anampa (2016:46), nos indica que la conveniencia en el uso de los DEFV depende exclusivamente de la flexibilidad o rigidez de la estructura. Así un sistema de muros de concreto armado tendría dispositivos destinados a controlar el daño con efectividad únicamente en las primeras etapas de agrietamiento, mientras que un sistema de pórticos o dual tendría la ventaja de controlar las derivas de entrepiso y el daño estructural generados durante todo el proceso.

De acuerdo con CDV, una edificación con disipadores puede reducir la energía de un terremoto hasta en un 80%, su inversión se estima entre el 1% y 3% del total del valor del proyecto y no requieren mantenimiento ni reemplazo una vez ocurrido el terremoto.

Estos dispositivos tienen 35 años de garantía, 75 años de vida útil sin mantenimiento después del sismo, sobrepasando los 50 años para el cual está diseñado la edificación, pero en realidad no hay un límite práctico en la vida esperada.

#### **2.2.8.1. Fabricantes**

Actualmente, a nivel mundial dos empresas producen dispositivos: Kajima Corporation de Japón y Taylor Devices Incorporation de Estados Unidos, ambas utilizan el mismo principio de disipación de energía mediante el flujo forzado de un fluido (aceite o silicona), (Rojas Rodríguez, 2019).

Taylor Devices Incorporation, con sede en Nueva York, ha sido el principal fabricante mundial de estos DEFV durante unos 60 años. Esta tecnología se diseñó principalmente para aplicaciones militares y de industria pesada; con la conclusión de la

Guerra Fría en 1990, se permitió su distribución comercial a la población en general. En nuestro país, la empresa CDV Representaciones es responsable de la comercialización de los aisladores sísmicos elastoméricos y los amortiguadores de fluido viscoso de Taylor Devices Inc.

Su aplicación para la disipación de energía sísmica en estructuras de ingeniería civil comenzó en 1993, con la implementación inaugural en cinco edificios del CENTRO MÉDICO DEL CONDADO DE SAN BERNARDINO COUNTY en Los Ángeles, California, EE. UU. (84 000 m<sup>2</sup>), donde se instalaron 186 disipadores que ejercen una fuerza de  $F = 145,6$  toneladas, (MABIE, 2020).

Esta investigación utilizará dispositivos Taylor, ya que son el principal fabricante y están disponibles en nuestro país.

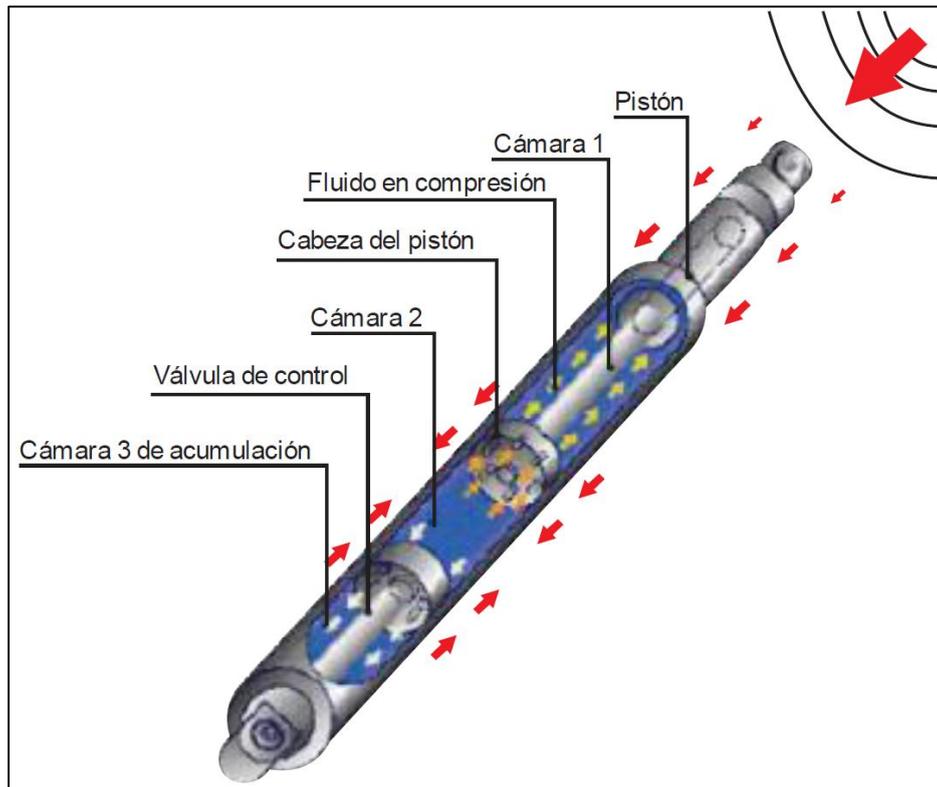
#### **2.2.8.2. Funcionamiento**

Durante un sismo el DEFV funciona igual que un amortiguador de autos, con la diferencia que debe garantizar cero reemplazos durante la vida útil del edificio. Los disipadores viscosos o dampers se adosan a los pórticos estructurales y basan su funcionamiento en el concepto de amortiguación viscosa, la viscosidad es una propiedad de los fluidos que describe su resistencia al flujo, cuando un fluido viscoso fluye a través de un orificio restringido, se produce fricción, lo que genera calor y disipación la energía.

La figura 8, muestra un amortiguador típico. Un pistón central atraviesa una cámara llena de líquido. A medida que el pistón se mueve, empuja el fluido a través de los orificios alrededor y a través de la cabeza del pistón. La velocidad del fluido es muy alta en esta región, por lo que la energía de presión aguas arriba se convierte casi por completo en energía cinética. Cuando el fluido se expande subsiguientemente en todo su volumen en el otro lado de la cabeza del pistón, se ralentiza y pierde su energía cinética en turbulencia, hay muy poca presión en el lado de aguas abajo de la cabeza del pistón en comparación con la presión total en el lado de aguas arriba de la cabeza del pistón. Esta diferencia de

presiones produce una gran fuerza que resiste el movimiento del amortiguador, (Lee & Taylor, s.f.).

**Figura 8.** *Funcionamiento de los disipadores de fluido viscoso*



Fuente: Villarreal & Díaz La Rosa (2016)

“Los amortiguadores viscosos, cuando se diseñan y fabrican correctamente, tienen cero fugas y no requieren acumulador ni dispositivo externo de almacenamiento de líquidos para mantenerlos llenos de líquido. Tienen un sellado casi perfecto. En un amortiguador viscoso correctamente diseñado y fabricado, no hay nada que se desgaste o deteriore con el tiempo”, (Lee & Taylor, s.f.). La CDV ingeniería antisísmica, nos indica que el sello y el pistón del disipador Taylor garantiza cero mantenimientos, cero reemplazos y cero fugas.

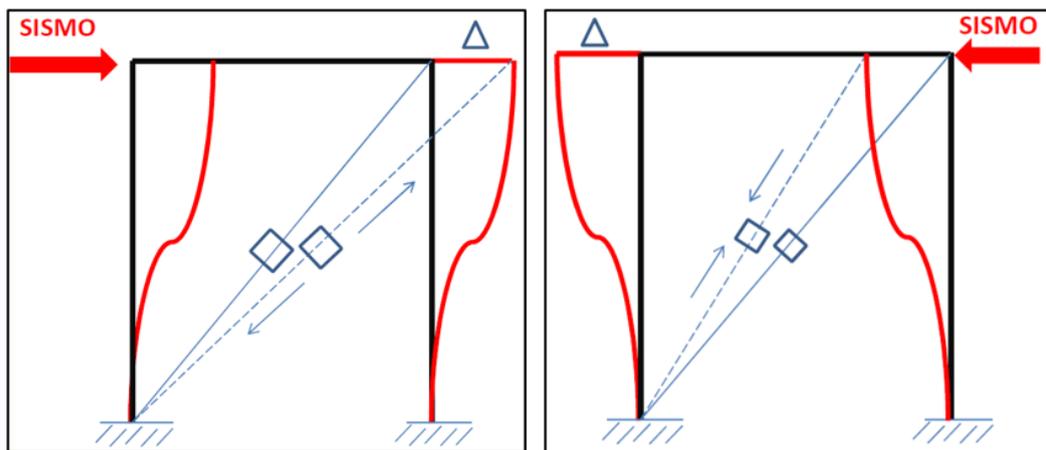
Estos dispositivos dependen de la velocidad, es decir se activan a partir de las velocidades relativas de los extremos del dispositivo, generadas por el sismo. Adicionan amortiguamiento a la estructura, pero sin afectar su rigidez, por consiguiente, el periodo de esta no varía; logrando de esta forma reducir simultáneamente los esfuerzos y la deflexión, porque la fuerza del disipador está completamente fuera de fase con los esfuerzos debido

a la flexión de las columnas, (MABIE, 2020).

(Villarreal & Oviedo, 2009), nos indica que los DEFV no incrementan la resistencia o rigidez de una estructura a menos que la frecuencia de excitación sea muy alta. Por otro lado, (Anampa Pancca, 2016) indica que si actúa una fuerza elevada en los disipadores puede acarrear como consecuencia el aumento de las axiales de las columnas adyacentes al disipador.

Durante un evento sísmico, la fuerza de amortiguamiento del Dispositivo de Fluido Viscoso se reduce a cero cuando un edificio alcanza su desplazamiento máximo debido a que en este instante la velocidad es cero, momento donde la estructura comienza a cambiar de dirección y donde el esfuerzo de las columnas es máximo; mientras que la máxima fuerza de amortiguamiento ocurre cuando la velocidad es máxima, es decir, cuando el desplazamiento de las columnas es cero, este también es en instante donde el edificio se encuentra el punto de equilibrio y este es también el instante donde los esfuerzos en las columnas es el mínimo (ver figura 9); esta es la respuesta desfasada, característica única de estos disipadores, (Pardo Verdugo, 2007).

**Figura 9.** Comportamiento desfasado del disipador viscoso



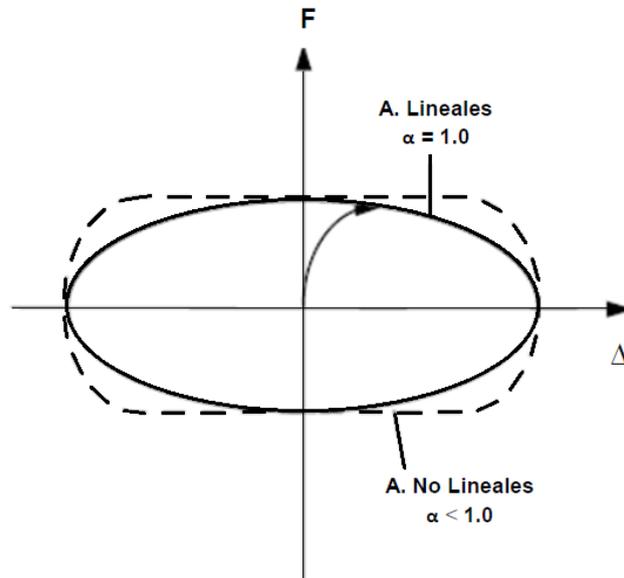
Fuente: MABIE (2020)

### 2.2.8.3. Comportamiento histerético

Para poder apreciar mejor el comportamiento de un DEFV, se muestra la curva “desplazamiento vs fuerza del disipador” o curva histerética en la figura 10, en la que se

aprecia un ciclo de histéresis de un amortiguador con un comportamiento viscoso lineal y no lineal, como se puede apreciar se tiene curvas elípticas paralela al eje de las abscisas. Para el primer caso ( $\alpha = 1$ ) el ciclo muestra una elipse perfecta.

**Figura 10.** Curva histerética del amortiguador fluido viscoso



Fuente: Boza Farfán & Galán Tirapo (2013)

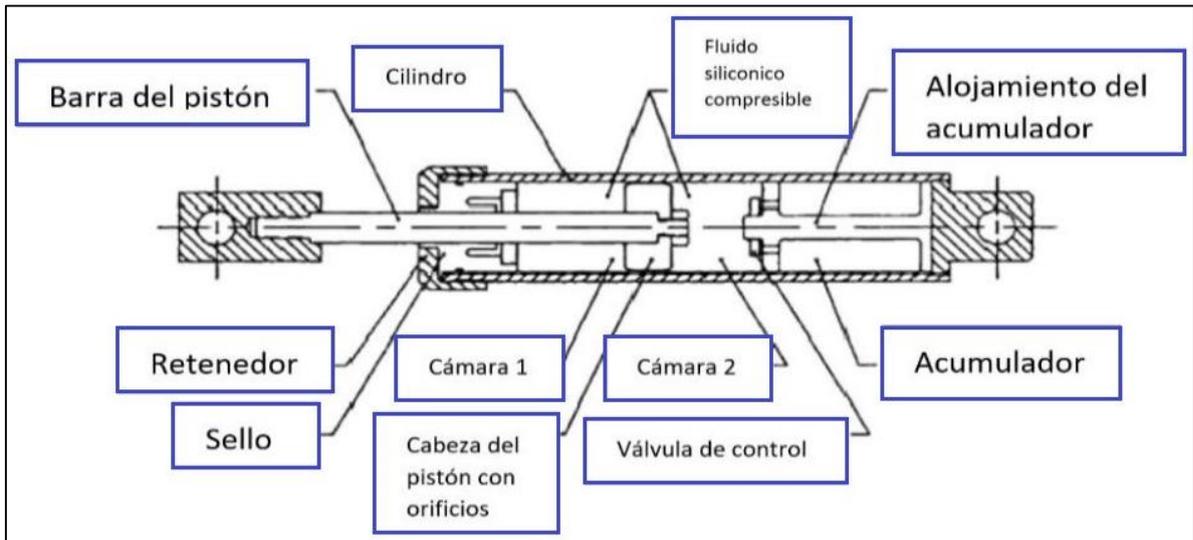
#### 2.2.8.4. Componentes de un disipador viscoso

Este dispositivo de acero inoxidable (ver figura 11), en esencia está compuesto de dos elementos: un cilindro que contiene en su interior un fluido altamente viscoso perteneciente a la familia de las siliconas (resistente al fuego, estable a los cambios de temperatura y a los largos períodos de tiempo) y de un pistón el cual tiene en uno de sus bordes una cabeza (divide el interior del cilindro en dos cámaras) con pequeños orificios (ver figura 12).

Durante un evento sísmico, el pistón dentro del cilindro se desliza a altas velocidades ocasionando el paso de fluido de una cámara a otra, generando así una presión diferencial, la misma que origina la fuerza de amortiguamiento.

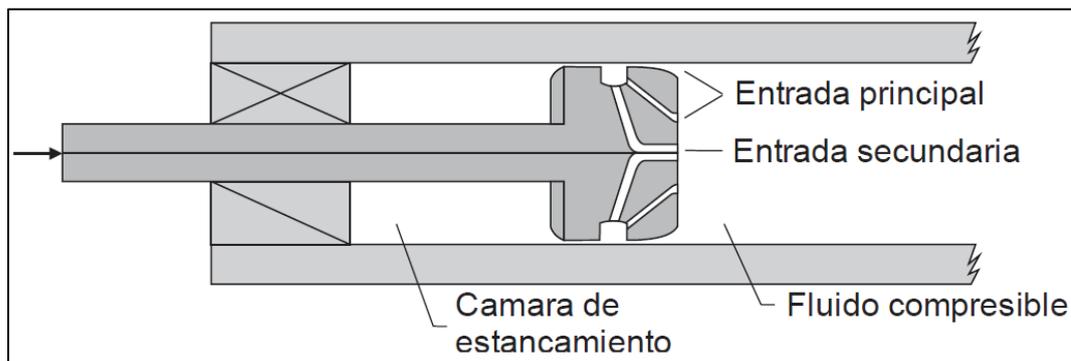
Existe una tercera cámara del cilindro denominada de acumulación, dentro del cilindro, cuya función es compensar la expansión y contracción térmica del fluido, debido a que el desplazamiento del pistón genera la conversión de energía cinética en calor.

**Figura 11.** Elementos principales de un dissipador de fluido viscoso



Fuente: Chavez Aguirre (2017)

**Figura 12.** Detalle de la cabeza del pistón



Fuente: Villarreal & Díaz La Rosa (2016)

A continuación, se dará un breve comentario de algunos de los elementos principales que conforman un típico dissipador de fluido viscoso:

- **Barra del pistón**

Está fabricado con acero inoxidable de alta aleación y luego pulido. Este alto pulido garantiza una mayor vida útil del sello. El vástago del pistón está diseñado para ser rígido y resistir el pandeo bajo compresión y para evitar la flexión bajo carga, lo que podría comprometer el sello, (Lee & Taylor, s.f.).

- **Cilindro**

El cilindro aloja el fluido de trabajo y debe soportar la presión durante el funcionamiento del amortiguador. Los cilindros suelen estar contruidos con tubos de

acero sin soldadura y, a veces, pueden estar fabricados con barras de acero. La presión de prueba suele ser 1,5 veces la presión interna prevista para el mayor evento sísmico creíble, (Lee & Taylor, s.f.).

- **Fluido**

Las aplicaciones estructurales necesitan un fluido que sea resistente al fuego, no tóxico, térmicamente estable y resistente a la degradación con el tiempo. Las normas actuales de la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) estipulan un punto de inflamación no inferior a 200 °F. El fluido de silicona se utiliza a menudo debido a su punto de inflamación superior a 650 °F, su inercia cosmética, su no toxicidad y su excepcional estabilidad térmica, (Lee & Taylor, s.f.).

- **Sello**

El sello debe proporcionar una vida útil funcional de no menos de 35 años sin necesidad de reemplazo. Dado que los amortiguadores suelen permanecer inactivos durante largos periodos de tiempo, el sello no debe mostrar una adhesión a largo plazo ni permitir la fuga de fluidos. El sello dinámico está fabricado con polímero estructural de alta resistencia para evitar la adhesión o la deformación por compresión durante largos periodos de inactividad. Entre los materiales permitidos se encuentran el teflón A, el nailon estabilizado y otros miembros de la familia de las resinas de acetilo. Los sellos dinámicos compuestos de polímeros estructurales no muestran envejecimiento, degradación ni fluencia en frío con el paso del tiempo, (Lee & Taylor, s.f.).

- **Cabeza de pistón**

La cabeza del pistón está fijada al vástago del pistón, de modo que el cilindro se divide en dos cámaras de presión distintas. El espacio entre el diámetro exterior del pistón y el diámetro interior del cilindro constituye el orificio. La cabeza del pistón suele estar compuesta de un material distinto al del cilindro para facilitar el ajuste del calor. A medida que aumenta la temperatura, el espacio anular entre la cabeza del pistón y el cilindro disminuye para compensar la dilución del fluido, (Lee & Taylor, s.f.).

- **Acumulador**

La figura 11 ilustra un amortiguador que emplea un acumulador interno para adaptarse a la variación de volumen durante el impacto de la barra. Este acumulador consiste en un bloque de espuma plástica de celda cerrada, un pistón móvil presurizado o una vejiga de goma. El acumulador también se adapta a la expansión y contracción térmica del fluido de silicona, (Lee & Taylor, s.f.).

- **Orificios**

Los orificios controlan el flujo de fluido presurizado a través de la cabeza del pistón. El flujo a través de un orificio cilíndrico fundamental se ajusta a la ecuación de Bernoulli, y la respuesta del disipador proporcionará una fuerza proporcional al cuadrado de la velocidad del pistón. El diseño de los orificios del disipador de calor utiliza una configuración única de pasajes finamente formados e incorpora mecanismos de control fluídico. Se pueden calcular fuerzas que son proporcionales a  $|u|^{\alpha}$ , a partir de la geometría y dimensiones de estos pasajes, donde  $u$  denota la velocidad relativa entre los extremos del disipador de calor, y el exponente  $\alpha$  suele variar de 0,3 a 1,0. La Tabla 1 muestra los valores atribuidos al exponente  $\alpha$  en diferentes estructuras civiles en todo Estados Unidos, (Fuentes Sadowski, 2015).

**Tabla 1.** *Valores empleados del exponente  $\alpha$  en estructuras civiles*

TIPO DE ESTRUCTURA	$\alpha$
Diseño de edificios con cargas sísmicas, Puentes en las zonas sísmicas 3 y 4	0.4 – 0.5
Puentes en otras zonas sísmicas	2
Diseño de puentes con cargas de viento	0.5 – 1.0

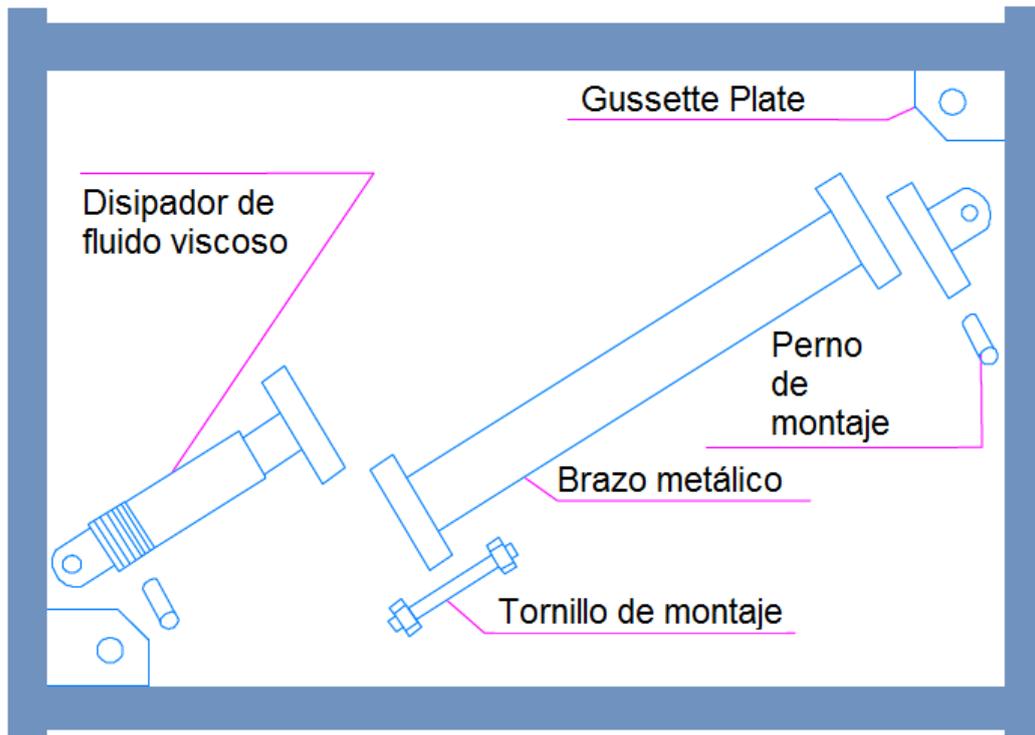
Fuente: Fuentes Sadowski (2015), tomado de Taylor (1999)

### 2.2.8.5. Componentes suplementarios de un disipador viscoso

El sistema de protección sísmica pasivo de DEFV completo, está compuesto por los disipadores, brazos metálicos, viga de acero, tornillo de montaje, gussete plate (cartela) y placa base (ver figura 13).

La norma ASCE 7-16 estipula que los componentes adicionales (conexiones) deben evaluarse de acuerdo con los criterios de diseño de resistencia y deben diseñarse para soportar las fuerzas, desplazamientos y velocidades del sismo máximo esperado, que es 1,5 veces el sismo de diseño. Debemos tener en cuenta que algunas piezas son suministradas por el mismo proveedor.

**Figura 13.** Conexiones en la disposición diagonal



Los brazos metálicos y los DEFV son los elementos principales que conforman el sistema completo y de sus dimensiones depende los pernos de anclaje y barras. A continuación, se dará una descripción de estos elementos:

- **Brazos metálicos**

Son elementos de acero hueco los cuales tienen por función arriostrar al disipador en el pórtico mediante distintas disposiciones. Su funcionamiento dependiendo de las disposiciones trabajarán solo axialmente tanto a tracción como a compresión debido a los desplazamientos dados en el entrepiso; el diseño tendrá que vencer la fuerza axial máxima producida en el disipador la cual se transmite a los brazos que tratan de sufrir pandeo. Para el diseño en acero puede usarse la norma AISC Steel

Construction 13th. Para el modelamiento en el software Etabs nos pide ingresar el coeficiente de rigidez (Chavez Aguirre, 2017).

El perfil metálico seleccionado debe poseer suficiente momento de inercia (I) y área (A) para proporcionar suficiente resistencia al pandeo en la dirección de compresión. La elección de los perfiles metálicos a menudo implica el uso de perfiles HSS o PIPE, principalmente por motivos estéticos y de comodidad de instalación.

En el proceso de diseño del brazo metálico se deben satisfacer las siguientes condiciones:

$$\phi T_n = \phi * F_y * A_g < T_u \quad ; \text{ para verificar la tensión.}$$

Donde:

$T_n$  : Tensión nominal

$\phi$  : Factor de reducción (0.9)

$A_g$  : Área bruta de la sección del brazo metálico

$T_u$  : Tensión última obtenida a partir de las fuerzas en el disipador

$$\phi P_n = \phi * F_{cr} * A_g < P_u \quad ; \text{ para verificar la compresión.}$$

Donde:

$P_n$  : Compresión nominal

$P_u$  : Compresión última obtenida a partir de las fuerzas en el disipador

- **Viga de acero**

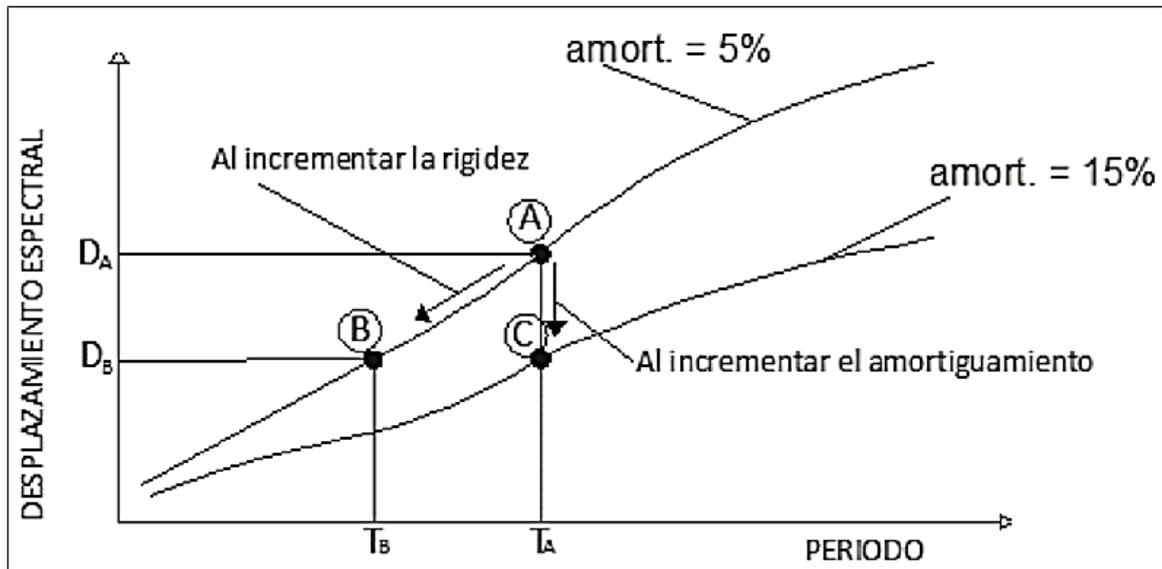
Los brazos metálicos y los disipadores no están anclados directamente al marco de hormigón armado, sino a una viga de acero, que absorberá las fuerzas en el punto concéntrico de la viga donde se producen los mayores esfuerzos debido al ángulo producido por los brazos metálicos con el plano. La fuerza céntrica se determina mediante un análisis estructural básico, considerando apoyos fijos en los extremos de la viga. Su uso más común es en la disposición Chevron Brace Modificado (Chavez Aguirre, 2017).

### 2.2.8.6. Efecto del aumento de la amortiguación en las edificaciones

El efecto del aumento de la amortiguación en una edificación se ve reflejado en la disminución de la energía histerética, con la ventaja de que el periodo de vibración de la estructura no varía.

La figura 14, muestra el efecto en el espectro de desplazamiento (Desplazamiento Espectral vs periodo de Vibración) al incrementar el amortiguamiento.

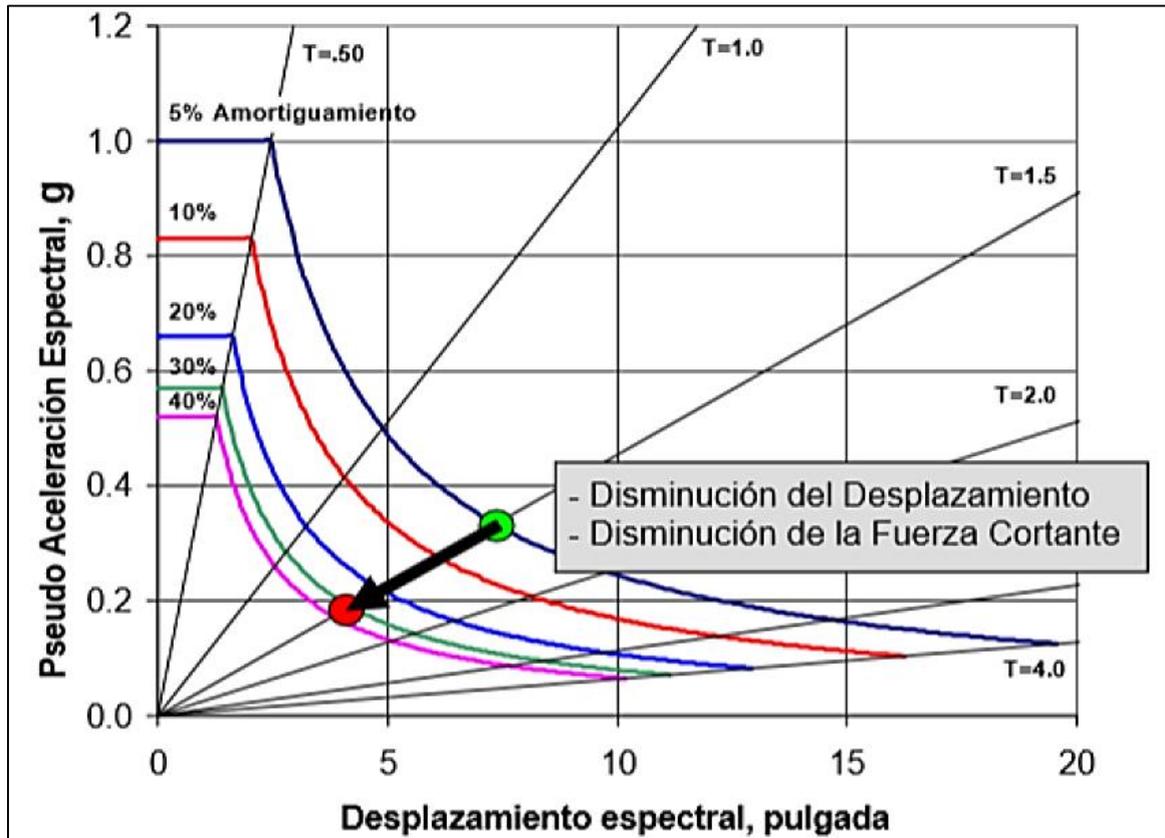
**Figura 14.** Efecto en el espectro de desplazamiento al incorporar los disipadores



Fuente: Alvarez Vargas (2017)

También podemos observar los efectos del amortiguamiento añadido (amortiguador viscoso) en formato ADRS (Acceleration-Displacement Response Spectrum) en la figura 15:

**Figura 15.** Efectos del amortiguamiento (amortiguador viscoso – formato ADRS)



Fuente: Michael D. Symans (2003)

### 2.2.8.7. Parámetros y características inherentes a los disipadores de fluido viscoso

#### ➤ Fuerza del disipador

Los disipadores de fluido viscosos proveen una fuerza que resiste el movimiento de la estructura. La fuerza de amortiguamiento del disipador viscoso resulta de la diferencia de presiones entre cada lado de la cabeza del pistón a causa de los sismos. Esta fuerza es proporcional a la velocidad relativa entre los extremos del amortiguador. Se caracteriza por la siguiente ecuación:

$$F = CV^\alpha$$

Donde:

$F$ : Fuerza en el disipador.

$C$ : Constante o coeficiente de amortiguamiento.

$V$ : Velocidad relativa en el amortiguador.

$\alpha$ : Exponente de velocidad, en la mayoría de los casos varía entre 0.3 y 1.0.

➤ **Exponente de velocidad “ $\alpha$ ”**

El exponente "  $\alpha$  " define la reacción del dispositivo ante los impactos de velocidad, a su vez, determina el comportamiento histerético de los disipadores empleados.

Villareal y Díaz La Rosa (2016), señalan que cuando los disipadores viscosos toman un valor  $\alpha=1$ , son llamados disipadores “lineales”, pues  $F$  aumenta linealmente con la velocidad relativa. Cuando  $\alpha$  toma un valor diferente de 1, son llamados disipadores “no lineales”, habitualmente aquellos con valores de  $\alpha>1$  no son empleados en edificaciones, porque necesitarían de grandes velocidades para incrementar significativamente la fuerza en el disipador.

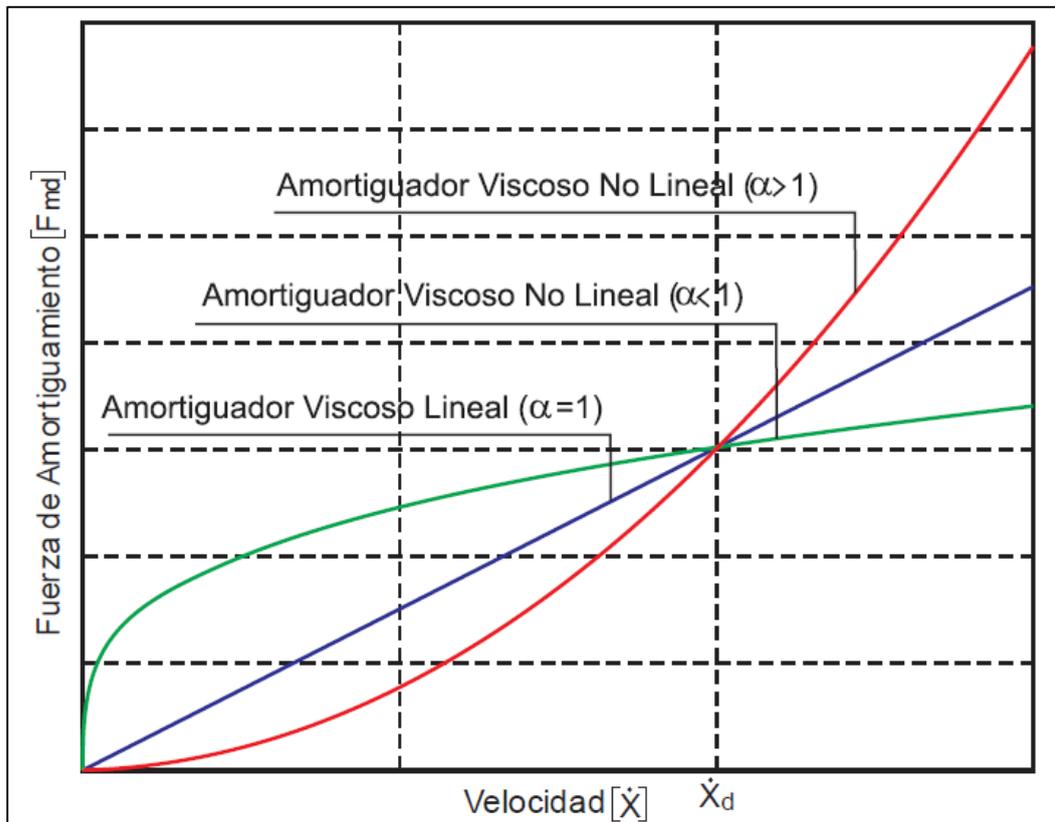
El valor exacto de “ $\alpha$ ” depende de la forma de la cabeza del pistón. Anampa Pancca (2016:39) nos dice que, “según el fabricante, Taylor Devices, este exponente está ligado a la dimensión de los orificios del pistón y puede tomar valores de 0.3 a 2”.

Los valores de “ $\alpha$ ”, que han demostrado ser más populares, están en el rango de 0,4 a 0,5 para diseño de edificaciones con registros sísmicos, (MABIE, 2020).

“Debido a su gran eficiencia, los amortiguadores con un exponente  $\alpha= 0.5$  son útiles en aplicaciones que involucren choques de gran velocidad” (Villaverde, citado por Cuntó 2014:68).

En la figura 16 se puede observar la eficiencia del Disipador Viscoso No lineal ( $\alpha<1$ ), también se puede apreciar que, para pequeñas velocidades relativas, puede desarrollar una mayor fuerza de amortiguamiento en comparación a los otros tipos de Disipadores ( $\alpha=1$  y  $\alpha>1$ ).

**Figura 16.** Relación velocidad vs fuerza del disipador



Fuente: Villarreal & Díaz La Rosa (2016)

➤ **Constante de amortiguamiento**

Es un coeficiente que está relacionado a las propiedades del fluido. Para estimar su valor depende del disipador a usar (“lineal” o “no lineal”) y del amortiguamiento esperado.

- **Amortiguadores no lineales:**

Para dispositivos no lineales ( $\alpha < 1$ ), su valor se estima al despejar “ $C_j$ ”, de la siguiente fórmula brindada por el FEMA 273 y 274:

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Despejando tenemos la siguiente ecuación, la cual considera un coeficiente de amortiguamiento constante para todos los dispositivos:

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

Donde:

$\beta_H$  : amortiguamiento viscoso de la estructura.

$\lambda$  : parámetro lambda.

$C_j$  : coeficiente de amortiguamiento del disipador j.

$\phi_{rj}$  : es el desplazamiento relativo de primer modo entre los extremos del dispositivo j en la dirección horizontal (con nuestro sismo de diseño).

$\theta_j$  : ángulo de inclinación del dispositivo j con respecto a la horizontal.

$A$  : amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal relativo desde el techo hasta la base).

$\omega$  : frecuencia angular.

$m_i$  : masa del nivel i.

$\phi_i$  : desplazamiento modal en el nivel i correspondiente al primer modo de vibración (con nuestro sismo de diseño).

El parámetro lambda  $\lambda$  depende del valor del exponente de velocidad  $\alpha$ . La norma FEMA 274 nos facilita la siguiente tabla:

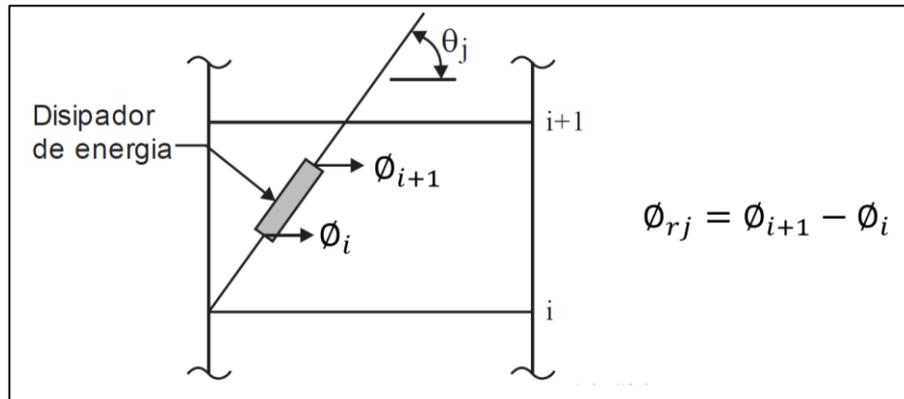
**Tabla 2.** *Parámetros lambda ( $\lambda$ ) respecto al exponente ( $\alpha$ )*

Exponente $\alpha$	Parámetro $\lambda$
0.25	3.7
0.5	3.5
0.75	3.3
1	3.1
1.25	3
1.5	2.9
1.75	2.8
2	2.7

Fuente: FEMA 274

El desplazamiento relativo  $\phi_{rj}$  y el ángulo de inclinación  $\theta_j$  son representados en la figura 17:

**Figura 17.** Ángulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador de energía



Fuente: FEMA 274

Para calcular  $\beta_H$  podemos emplear el siguiente procedimiento, teniendo en cuenta que el cálculo se tendrá que realizar tanto para el eje X como para el eje Y:

### 1. Determinar el factor de reducción de la respuesta sísmica ( $B$ )

$$B = \frac{D_{m\acute{a}x}}{D_{objetivo}}$$

Donde:

$D_{m\acute{a}x}$  : distorsión máxima del edificio, obtenida mediante el análisis tiempo-historia lineal para el sismo de diseño seleccionado.

$D_{objetivo}$ : distorsión objetivo o de diseño, es el valor al cual deseamos llegar cuando el edificio cuente con los disipadores. Se obtiene mediante la norma de cada país (en el caso del Perú, la Norma de Diseño Sismo-Resistente E030, el cual indica que para edificios de concreto armado es 0.007) o por medio de la relación daño-distorsión de la metodología HAZUS.

### 2. Calcular el amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ )

En el año 2000 el Programa Nacional para la Reducción de Peligro Sísmico (NEHRP), propuso la siguiente ecuación a partir del cual se obtiene el amortiguamiento efectivo (Anampa Pancca, 2016):

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

Donde:

$\beta_0$ : Amortiguamiento inherente (amortiguamiento natural o llamado también amortiguamiento viscoso equivalente de la estructura). Nuestra norma de Diseño Sismorresistente considera el 5% del amortiguamiento crítico.

### 3. Calcular el amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ )

Viene a ser el aporte de los disipadores en el amortiguamiento viscoso.

$$\beta_H = \beta_{eff} - \beta_0$$

Por sugerencia del fabricante “CDV INGENIERIA ANTISISMICA”, los DEFV deben ser diseñados considerando que el amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ ) esté en el intervalo del 20% al 40% para un comportamiento eficaz.

“Según fuentes si una estructura requiere menos de 20% o más de 40% de amortiguamiento es recomendable optar por otros sistemas de protección” (Caceres Perez & Pichihua Alata, 2020).

Por pautas de los fabricantes, si el valor sale menor del 20% no será necesario el uso de los disipadores (el efecto que estos ofrezcan al sistema no será considerable) y se usarán elementos de corte para contrarrestar los desplazamientos, si sale mayor al 40% tampoco es recomendable el uso de los disipadores ya que incrementará el costo de la edificación por la cantidad de disipadores y también la estructura ya no trabajaría íntegramente, (Ramos Bernabé & Rodriguez Carhuaz, 2019).

#### ➤ **Coefficiente de rigidez del brazo metálico “K”**

Dado a que la rigidez axial del disipador es menor que la del brazo metálico (conector del dispositivo con la estructura) para el modelamiento se considera la rigidez del brazo metálico, la cual se calcula con siguiente fórmula (ASCE 7-16):

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

Donde:

$E$  : módulo de elasticidad del acero.

$A$  : área de la sección del brazo metálico.

$L$  : longitud del brazo metálico.

Cabe señalar que la longitud del brazo metálico se considera completa, es decir incluyendo el disipador de energía.

#### **2.2.8.8. Ubicación y disposición de los disipadores de fluido viscoso**

La ubicación y la disposición (arreglo o configuración) de estos dispositivos dentro de la estructura tiene gran influencia en la eficiencia del control de la respuesta estructural, por lo cual la obtención óptimos resultados se consigue a través de un proceso iterativo, probando con la variación ambos factores.

La norma ASCE 7-16, nos indica que se debe contar con dos dispositivos como mínimo por piso, los cuales se recomienda usar en los pórticos exteriores y estar ubicados constantes en toda la altura, y simétricos de manera de evitar que se genere torsión (Condo Benique & Luque Monzon, 2021).

Tomando en cuenta los estudios realizados por los diferentes investigadores acerca del amortiguamiento suplementario alcanzado por cada disposición, se han realizado algunos estudios de reforzamiento de edificios antiguos considerando diferentes disposiciones, y se ha podido verificar que la efectividad de la protección sísmica con DEFV depende directamente de su disposición o arreglo; así mismo en la tesis de pregrado de Carlos Robles (UNI) donde se realizó una comparación de la efectividad según la disposición de los DEFV se llegó a la misma conclusión (MABIE, 2022).

Es necesario mencionar que la arquitectura y uso del edificio también juegan un papel importante, cuando la edificación es concebida desde el principio con estos dispositivos el efecto sobre la respuesta estructural es mucho más óptimo que de la edificación a ser reforzada, debido a que en el segundo caso la edificación es existente y al instalar estos dispositivos podría afectar los requerimientos del diseño arquitectónico, así

como interrupción del libre tránsito, bloqueo de algún ambiente, remoción de elementos no estructurales, estética, etc.; por lo que el criterio de los profesionales responsables es muy importante.

La instalación se puede hacer de diversas formas, sin embargo, las disposiciones más comunes son las de Chevron, Diagonales y Scissor Jack, siendo las de uso más difundido las disposiciones Chevron y Diagonal, ambas con requerimiento de brazos metálicos para conectar el dispositivo a la estructura (Chavez Aguirre, 2017). Si bien ambas brindan mayor comodidad en su instalación; sin embargo, estas disposiciones requieren amortiguadores más grandes para garantizar que la deriva sea menor que la permitida, lo que implica que el costo de los disipadores sea mayor; por otro lado hay que tener presente que cada disposición tiene una eficiencia ( $f$ ) diferente.

#### ➤ **Disposición diagonal simple**

Es el arreglo más económico y simple, debido a que para su instalación no es necesario ningún refuerzo adicional en el pórtico solo requiere de un extensor (brazo metálico) que una el disipador con un nudo rígido (unión viga-columna); sin embargo, es la menos eficiente, pues debido al ángulo de inclinación del brazo metálico ( $\theta$ ), la componente horizontal de la fuerza es la que brindará el amortiguamiento.

El amortiguamiento que brinde depende de esta inclinación y se expresa mediante la siguiente expresión  $f = \cos(\theta)$ , donde  $f$  es el factor de amplificación.

Este tipo de configuración es ideal para ser diseñado e instalado tanto en edificios nuevos como también en existentes que requieran ser reforzados, esto debido a que no generan sobreesfuerzos en la estructura. En la figura 18, se puede apreciar este arreglo.

**Figura 18.** *Disipadores instalados en disposición diagonal*



Fuente: Robles Mendoza (2019)

#### **2.2.8.9. Recomendaciones para el diseño**

Actualmente en nuestra norma de diseño sismorresistente propone el análisis tiempo historia (en adelante ATH) como un análisis complementario al análisis dinámico espectral. Sin embargo, para llevar a cabo el análisis sísmico de la edificación con los DEFV es necesario aplicar un ATH no lineal porque el comportamiento del disipador ante un sismo severo es no lineal, (Burgos, citado por Anampa 2016).

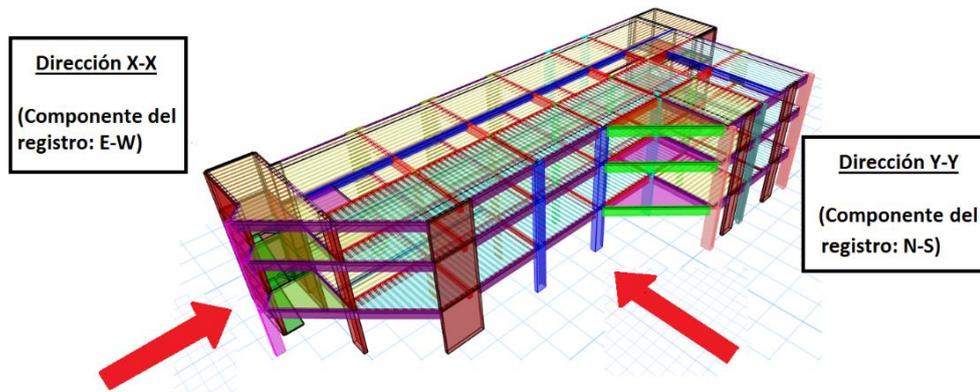
La norma ASCE 7-16 menciona que una estructura con un sistema de

amortiguamiento deberá ser diseñada utilizando procedimientos lineales, procedimientos no lineales, o una combinación de los procedimientos lineales y no lineales, pero pone restricciones para un análisis dinámico espectral y de fuerza lateral equivalente, dejando como una alternativa generalizada el ATH no lineal.

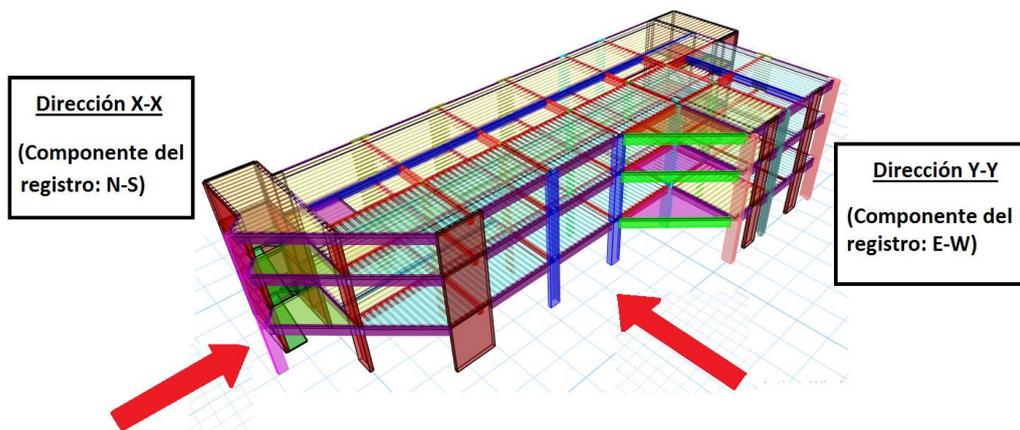
En actualidad el ATH es considerado como uno de los métodos de análisis estructural más avanzado, pues la respuesta obtenida con esta metodología se aproxima más a la respuesta real esperada, razón por la cual en nuestro país se ha fijado como procedimiento de análisis a estructuras que incorporan disipadores de energía.

La norma peruana indica que para llevar a cabo el ATH, se debe usar como mínimo tres conjuntos de registros sísmicos en la que cada conjunto consiste en dos componentes horizontales en direcciones ortogonales, escalados al espectro de diseño (donde el valor de R sea igual a 1) y aplicados en fuerza horizontal como se muestra a continuación:

**Figura 19.** Primer caso de análisis



**Figura 20.** Segundo caso de análisis



Para determinar el sismo de diseño para el cálculo de las propiedades de los DEFV será el que más se ajuste al espectro de diseño, es decir el cociente de las derivas halladas con el análisis tiempo historia lineal vs las derivas halladas con el análisis dinámico con  $R=1$  no debe ser menor que 0.8 ni mayor que 1.5, se elegirá aquellos valores sea del caso de análisis 1 o 2 que estén lo más próximos a la unidad, (Chavez Aguirre, 2017). Una vez determinado el sismo de diseño, se procede a realizar el análisis tiempo historia no lineal de la estructura con la inclusión de los DEFV.

Para lograr conseguir una mayor exactitud con el Análisis Tiempo Historia, se recomienda empezar un software especializado para la corrección y escalamiento de los registros sísmicos.

## **2.2.9. Desempeño y deriva sismorresistente de edificaciones**

### **2.2.9.1. Desempeño sismorresistente de edificaciones**

Nuestra norma E.030-2019 basa su diseño sismorresistente en base a objetivos primarios (filosofía de diseño o aspiraciones básicas) los cuales no se pueden alcanzar plenamente en zonas altamente sísmicas; nuestra norma reconoce que no es posible mantener una edificación sin daño en todos los sismos, pues durante la vida útil, la probabilidad que se presente un sismo severo es mucho menor que la de un sismo moderado, sin embargo, las demandas sísmicas de un evento severo son mayores que las de un evento moderado.

La norma E.030 de manera general ha definido el sismo de diseño para edificaciones comunes, como el evento que produce una aceleración horizontal máxima tal que la probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años y con un periodo de retorno de 475 años (Muñoz Peláez, 2020).

Por otro lado, la norma E.030-2019 señala que, para las edificaciones esenciales, se debería tener consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo, pero no define que son los sismos

severos o moderados y no incluye un escenario con múltiples niveles de desempeño, por lo que solo podemos usarlo como un conjunto de requisitos mínimos que deben cumplirse.

A través de los años la ingeniería sismorresistente se ha ido fortaleciendo, gracias a la experiencia adquirida en los sismos recientes. Hoy en día, se ha llegado a comprender que un edificio diseñado para que no colapse ante un sismo severo, no implica necesariamente un comportamiento aceptable ante un sismo de pequeña o moderada intensidad. Motivo por el que surgieron algunas iniciativas para definir los objetivos del diseño sismorresistente de edificaciones que relacionan algunos escenarios de peligro sísmico, con distintos estados de daño y la importancia de las edificaciones, es decir incluir un escenario con múltiples niveles de desempeño.

Desarrollando estos conceptos, aparecen las propuestas presentadas por la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), el ATC-40 (1996), el programa HAZUS, FEMA 273 y 274, entre otros.

Si bien es cierto que han venido surgiendo diversas metodologías de diseño con el fin de mejorar el comportamiento de las edificaciones ante un sismo, es el Diseño por Desempeño el que mayor difusión y aceptabilidad ha tenido. La propuesta del SEAOC a través del Comité VISION 2000, que fue desarrollada en el año 1995 y aparece en el apéndice G del libro "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary"; y se cataloga como uno de los principales desarrolladores e impulsores de este tipo de diseño, por lo que lo emplearemos para el desarrollo de esta investigación.

De acuerdo con esta propuesta, el desempeño sísmico de las edificaciones se establece sobre tres conceptos: Nivel de demanda sísmica, nivel de desempeño sísmico para la edificación y el nivel de importancia de la edificación, relacionándolos mediante la matriz de desempeño.

#### **A. Nivel de desempeño y estado de daño**

El nivel de desempeño describe un estado límite de daño. Representa una condición límite establecida en función de los posibles daños físicos sobre la edificación, la

amenaza sobre la seguridad de los ocupantes y la funcionalidad de la edificación posterior al terremoto, (ATC-40, 1996).

De acuerdo con la Propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995), se establece cinco niveles de desempeño, que representan la tolerancia establecida en función a tres aspectos:

- ✓ Daños físicos de la edificación (elementos estructurales, no estructurales y contenido).
- ✓ Amenaza de la seguridad de los ocupantes a raíz de los daños de la edificación.
- ✓ Funcionalidad de la edificación después del sismo.

**Tabla 3.** *Valores empleados del exponente  $a$  en estructuras civiles*

Nivel de desempeño	Estado de Daño	Características Principales
<b>Totalmente Operacional</b>	<b>Despreciable</b>	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
<b>Operacional</b>	<b>Ligero</b>	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
<b>Seguridad</b>	<b>Moderado</b>	Daños moderados. La estructura sufre daños, pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse
<b>Pre-Colapso</b>	<b>Severo</b>	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
<b>Colapso</b>	<b>Completo</b>	Colapso estructural.

Fuente: Structural Engineers Association of California SEAOC (1995)

## **B. Niveles de amenaza sísmica**

El desempeño esperado de una edificación es una expresión del comportamiento deseado o del desempeño objetivo que debe ser capaz de alcanzar un edificio sujeto a un determinado nivel de movimiento sísmico, (Structural Engineers Association of California SEAOC, 1995).

El desempeño esperado está íntimamente ligado a la definición de los niveles de amenaza sísmica que puede ser expresado en forma probabilística (especificando un nivel de movimiento asociado con una probabilidad de ocurrencia) o determinística (en términos del movimiento máximo esperado para un evento, con una magnitud dada y asociado a una fuente específica).

De acuerdo con la propuesta del comité VISION 2000 (Structural Engineers Association of California SEAOC, 1995) los movimientos sísmicos de diseño son expresados en intervalos de ocurrencia y en función a la probabilidad de excedencia, en general establece cuatro niveles de amenaza sísmica, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 4.** Niveles de movimiento sísmico

<b>Movimiento sísmico de diseño</b>	<b>Periodo medio de retorno T (años)</b>	<b>Probabilidad de excedencia (%)</b>
Sismos frecuentes	43	50% en 30 años
Sismos ocasionales	72	50% en 50 años
Sismos raros	475	10% en 50 años
Sismos muy raros	970	10% en 100 años

Fuente: Structural Engineers Association of California SEAOC (1995)

### **C. Nivel de importancia de la edificación**

La Propuesta del Comité VISION 2000 (Structural Engineers Association of California SEAOC, 1995) clasifica a las edificaciones en tres grupos, según el grado de importancia y su función antes y después de un sismo:

- Edificaciones de seguridad crítica: Aquellas que contienen materiales peligrosos dañinos para la población. Aquí se encuentran: plantas industriales y centrales nucleares.
- Edificaciones esenciales o riesgosas: Aquellas cuya función no debería interrumpirse luego de ocurrido el sismo. En este grupo tenemos: hospitales, cuarteles de bomberos, policía, etc.

- Edificaciones comunes: En este grupo se encuentran todas las edificaciones que no hayan sido incluidas anteriormente: edificios de viviendas, oficinas, hoteles, entre otras.

#### D. Objetivos de diseño sísmico basados en desempeño

Según la Propuesta del Comité VISION 2000 (Structural Engineers Association of California SEAOC, 1995) señala que los objetivos del desempeño Sismorresistente se definen por la combinación entre los niveles de amenaza sísmica, los niveles de desempeño deseados y la importancia de la edificación. Estos tres conceptos se ven relacionados a través de la matriz de desempeño.

**Tabla 5. Matriz de desempeño**

		NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA EDIFICACIÓN			
		Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Cerca al Colapso
NIVEL DEL DISEÑO SISMICO	Sismos frecuentes (T=43 años)	1	0	0	0
	Sismos ocasionales (T=72 años)	2	1	0	0
	Sismos raros (T=475 años)	3	2	1	0
	Sismos muy raros (T=970 años)		3	2	1

Fuente: Structural Engineers Association of California SEAOC (1995)

Para seleccionar estos objetivos es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Ocupación.
- Importancia de las funciones dentro de la estructura.
- Costo de la interrupción de las actividades.
- Costo de reparación.
- Importancia de la estructura para el propietario.

Para la presente investigación se está usando un edificio hospitalario, catalogada según la E.030 como edificación esencial, el cual cómo podemos observar podrá tener distintos comportamientos ante diferentes niveles de amenaza sísmica.

## 2.2.9.2. Relación Daño-Deriva

Una de las formas de poder relacionar el daño esperado con el desplazamiento de entrepiso de la estructura es utilizando las tablas del Manual Multi-hazard Loss Estimation Methodology HAZUS (Metodología de estimación de pérdidas por amenazas múltiples HAZUS), el cual es un programa desarrollado por el FEMA. “Esta metodología nos presenta 36 tipos de edificios, los cuales clasifica en 16 sistemas estructurales de tipos de edificios específicos, los cuales a la vez están subdivididos por altura (FEMA, 2020). En la tabla 6 podemos algunos tipos y clasificaciones.

**Tabla 6.** *Tipos de edificio y clasificación según su sistema estructural*

#	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 – 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 – 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 – 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120

Fuente: FEMA (2020, pág. 78)

Por otro lado, también establece para cada tipo de edificio, estados de daño estructural: Leve, Moderado, Severo, Completo, similar a lo establecido por el SEAOC (ver tabla 7); todo esto para cada nivel de exigencia del código que se usó en el diseño sísmico: pre-código (Pre-Code; diseño sin normas sísmicas, referido a edificaciones construidas antes de la utilización de algún código sismorresistente para su diseño), el código de nivel bajo (Low-Code), de nivel moderado (Moderate-Code) y el de alto nivel (High-Code). Además, para cada tipo de edificio asocia una deriva de entre piso con cada estado de daño.

La tabla 7 proporciona las descripciones de los estados de daño estructural Leve, Moderado, Extenso y Completo, para un edificio de Pórticos de Concreto Armado Resistente a Momentos (C1) y de un edificio de Muros de Corte (C2).

**Tabla 7.** Descripción de daño estructural para edificios C1 y C2

TIPO EDIFICIO	Daño Estructural	Descripción
Aporticado (C1)	<b>Leve</b>	Fracturas menores por flexión o cizallamiento en algunas vigas y columnas junto a las juntas o dentro de ellas.
	<b>Moderado</b>	En los pórticos dúctiles, algunos componentes del pórtico han alcanzado su capacidad de rendimiento, como lo demuestran las importantes fracturas por flexión y el desconchado del hormigón. Los pórticos no dúctiles pueden presentar fracturas por cizallamiento y desconchados más importantes.
	<b>Extenso</b>	Ciertos elementos del marco han alcanzado su capacidad máxima, como se evidencia en los marcos dúctiles por grietas de flexión significativas, desprendimiento de hormigón y deformación de la armadura primaria; los elementos no dúctiles del marco pueden haber experimentado fallas por cizallamiento o fallas de adherencia en las juntas de refuerzo, rotura de tirantes o deformación de la armadura primaria en las columnas, lo que podría provocar un colapso parcial.
	<b>Completo</b>	La estructura se ha derrumbado o está en riesgo inmediato de derrumbarse debido a la rotura por fragilidad de los componentes no dúctiles del armazón o a la pérdida de estabilidad dentro del armazón. Se prevé que alrededor del 13 % de los edificios de baja altura, el 10 % de las estructuras de mediana altura y el 5 % de los edificios de gran altura de la categoría C1, que han sufrido daños totales, puedan derrumbarse.
Muros de Corte (C2)	<b>Leve</b>	Fracturas diagonales finas presentes en la mayoría de las superficies de los muros de corte; poco desconchado de hormigón en algunas zonas.
	<b>Moderado</b>	Muchas superficies de los muros de corte presentan fracturas diagonales; algunos muros de corte han superado su capacidad de rendimiento, como muestran las grietas diagonales más pronunciadas y el desconchado de hormigón en los extremos del muro.
	<b>Extenso</b>	La mayoría de los muros de corte de hormigón han superado su capacidad de rendimiento; algunos muros han excedido sus límites máximos, como lo demuestran las importantes grietas diagonales, el considerable desconchado alrededor de las fisuras y el refuerzo de los muros claramente deformado o la rotación de muros delgados con cimientos insuficientes. El colapso parcial puede deberse al fallo de columnas no dúctiles que carecen de disposiciones de diseño para la resistencia a cargas laterales.
	<b>Completo</b>	La estructura se ha derrumbado o está en riesgo inmediato de derrumbarse debido a la ruptura de la mayoría de los muros de corte y al fallo de muchas vigas o columnas cruciales. Se prevé que alrededor del 13 % de los edificios de baja altura, el 10 % de las estructuras de mediana altura y el 5 % de los edificios de gran altura de la categoría C2, que han sufrido daños totales, puedan derrumbarse.

Fuente: FEMA (2020, págs. 84-91)

La tabla 8 resume el nivel de daño asociado a las derivas objetivo para edificios de 1 a más pisos, para edificios de pórticos (C1L) y para edificio de Muros Estructurales (C2L), y para cada nivel de exigencia del código que se usó en el diseño del edificio.

**Tabla 8.** *Distorsiones máximas permisibles*

NIVEL DE DISEÑO SÍSMICO	TIPO		PISOS	DERIVA DE ENTREPISO EN EL LÍMITE PARA EL ESTADO DE DAÑO			
				Leve	Moderado	Severo	Completo
ALTO	APORTICADO	C1L	1 - 3	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800
		C1M	4 - 7	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533
		C1H	8+	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400
	MUROS DE CORTE	C2L	1 - 3	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800
		C2M	4 - 7	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533
		C2H	8+	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400
MODERADO	APORTICADO	C1L	1 - 3	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
		C1M	4 - 7	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
		C1H	8+	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
	MUROS DE CORTE	C2L	1 - 3	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
		C2M	4 - 7	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
		C2H	8+	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300
BAJO	APORTICADO	C1L	1 - 3	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500
		C1M	4 - 7	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333
		C1H	8+	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250
	MUROS DE CORTE	C2L	1 - 3	0.0040	0.0076	0.0197	0.0500
		C2M	4 - 7	0.0027	0.0051	0.0132	0.0333
		C2H	8+	0.0020	0.0038	0.0099	0.0250
PRE-CÓDIGO	APORTICADO	C1L	1 - 3	0.0040	0.0064	0.0160	0.0400
		C1M	4 - 7	0.0027	0.0043	0.0107	0.0267
		C1H	8+	0.0020	0.0032	0.0080	0.0200
	MUROS DE CORTE	C2L	1 - 3	0.0032	0.0061	0.0158	0.0400
		C2M	4 - 7	0.0021	0.0041	0.0105	0.0267
		C2H	8+	0.0016	0.0031	0.0079	0.0200

Fuente: FEMA (2020, págs. 111-117)

Nuestra Norma Peruana E.030 para edificios de concreto armado, independiente de la altura, fija la deriva máxima en 0.7%.

## 2.2.10. Definición de términos básicos

- **Comportamiento estructural:** Viene a ser el funcionamiento de una estructura o edificación bajo cierto estado de cargas dependiente de su configuración, sistema

estructural, localización, entre otros aspectos propios de la edificación (Alvarez Vargas, 2017).

- **Amortiguamiento:** El amortiguamiento es ese efecto que produce que la vibración de la estructura vaya disminuyendo en cada ciclo oscilatorio hasta alcanzar nuevamente el reposo. (Genatios & Lafuente, 2016). Por otro lado, también se le puede definir como una propiedad de los materiales de construcción o de los sistemas de protección sísmica de absorber energía, lo cual se puede observar cuando se realiza un balance energético (Villarreal, citado por Calderón 2014).
- **Deriva o distorsión de entre piso:** De acuerdo con la norma E.030 – 2019, es la fracción de la altura de entrepiso, es decir el cociente entre la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura entre la altura de dicho entrepiso.
- **Acelerograma:** Un acelerograma viene a ser el registro aceleración vs. tiempo (Villarreal, citado por Calderón 2014).
- **Rigidez:** Es la oposición que tiene un cuerpo a ser deformado ante una fuerza impuesta.
- **Modos de Vibración:** Forma de vibrar de una estructura, siendo dependiente de la interacción de la masa y la rigidez de la estructura (Villarreal, citado por Calderón 2014).
- **Dispositivo de disipación de energía:** De acuerdo con FEMA 273, es un elemento diseñado con la finalidad de disipar energía de forma permanente durante ciclos consecutivos de terremoto.

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

#### 3.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en la zona norte de la región de Cajamarca, precisamente en la provincia de Cajabamba, con coordenadas UTM en E=825766.88 m, N=9154831.07 m y Z=2636 m.

- País : Perú
- Región : Cajamarca.
- Provincia : Cajabamba.
- Distrito : Cajabamba.

**Figura 21.** *Ubicación del edificio hospitalario en estudio*



Fuente: Google Earth Pro (2024)

#### 3.1.2. Ubicación temporal

La investigación se llevó a cabo desde el mes de enero del 2023 hasta el mes de

octubre del 2024.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Tipo, nivel, enfoque, medición y diseño de la investigación**

- **Tipo:** Aplicada, porque se utilizaron conocimientos estructurados de acuerdo con el marco teórico y las herramientas que fueron aplicados en la investigación.
- **Nivel o alcance:** Descriptivo, se levantó la información en el estado actual, para describir de cómo se encontró en base a las comparaciones realizadas en el estudio.
- **Enfoque:** La presente investigación fue cuantitativa porque los datos que se han obtenido son valores numéricos con las pruebas realizadas y medidas tomadas del expediente técnico, y con ellos se ha evaluado si las estructuras cumplen con las normativas.
- **Medición:** Transversal, se recolectaron los datos en un solo periodo de tiempo, el año 2023.
- **Diseño:** Esta investigación tuvo un diseño no experimental, porque no se ha manipulado ninguna variable de estudio, las mismas que han sido estudiadas en su contexto natural sin alterar ninguna situación.

### **3.2.2. Variables**

- **Variable dependiente:** Comportamiento Estructural
- **Variable independiente:** Inclusión de Disipadores de Fluido Viscoso

### **3.2.3. Población de estudio**

La población estuvo constituida por los edificios construidos dentro del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba.

### **3.2.4. Muestra**

La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico y estuvo constituida únicamente por el Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba, edificación esencial existente de Categoría A1 según la norma E030-2019.

### **3.2.5. Unidad de análisis**

La unidad de análisis es el comportamiento estructural del Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba, al que posteriormente se le incorporan los disipadores de fluido viscoso con el fin de determinar su incidencia.

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

- **Técnica de recolección de datos:** La técnica empleada para la recolección de datos en esta investigación fue la revisión documental y bibliográfico, dado a que se efectuó la revisión del expediente técnico, estudio de suelos, normas y reglamentos.
- **Instrumento:** Como principal instrumento se tuvo el expediente técnico, normas e investigaciones; además para el instrumento de procesamiento, simulación y análisis de la estructura que se utilizó fue el software Etabs.

## **3.4. Procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento y recolección de datos se realizó en forma computarizada utilizando softwares, como se indica a continuación:

- La simulación y análisis de la estructura se realizó de forma computacional utilizando el software ETABS.
- El procesamiento y recolección de los datos se hizo utilizando Microsoft Excel, Microsoft Word, Documento de Texto, Autodesk AutoCAD, SeismoSignal y el SeismoMatch.

### 3.5. Descripción de la estructura de estudio

El HNSRC, fue diseñado y construida considerando la norma E.030-2006, su construcción inicio en el año 2012 y culmino en el año 2018. De acuerdo con el Ministerio de Salud este hospital es de categoría II-1 y la nueva norma de Diseño Sismorresistente E.030-2019 lo cataloga como una edificación esencial (Categoría A1).

La edificación del módulo Sector C1 del HNSRC tiene 03 niveles, cuenta con los siguientes servicios: sala de operaciones, recuperación y estar médico. La estructura tiene diferentes secciones de columnas y vigas, las placas son de 0.25m de espesor y el diafragma rígido está conformado por una losa aligerada de 25cm de peralte.

A continuación, se presenta detalladamente las propiedades geométricas, del concreto, acero de refuerzo, albañilería y del suelo obtenidas del Expediente Técnico y del Estudio de Mecánica de Suelos realizado para una construcción colindante a la edificación en estudio:

**Tabla 9.** *Propiedades geométricas de la edificación en estudio*

Nivel	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
3	3	554.85
2	4	554.85
1	4	554.85

Fuente: Expediente Técnico

**Tabla 10.** *Propiedades y especificaciones técnicas del concreto*

Elemento	f'c (Según planos)	E (Módulo de elasticidad) (kg/cm <sup>2</sup> )	U (módulo de Poisson)	Recubr. Libre (cm)	Peso unitario del concreto (kg/m <sup>3</sup> )
		$E = 15000\sqrt{f'c}$			
Vigas	210 kg/cm <sup>2</sup>	217370.65	0.20	4.0	2400
Columnas	210 kg/cm <sup>2</sup>	217370.65		4.0	
Placas	210 kg/cm <sup>2</sup>	217370.65		4.0	
Losa Aligerada	210 kg/cm <sup>2</sup>	217370.65		2.0	

Fuente: Expediente Técnico

**Tabla 11.** *Propiedades y especificaciones técnicas de la albañilería*

PROPIEDAD	VALOR
Tipo	IV
Dimensiones	9x13x24 cm
Resistencia a la compresión	45 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad E	22500 kg/cm <sup>2</sup>
Peso específico	1800 kg/cm <sup>3</sup>

Fuente: Expediente Técnico

**Tabla 12.** *Propiedades y especificaciones técnicas del suelo de cimentación*

PROPIEDAD	VALOR
Tipo de perfil de suelo según E 0.30	S2: Suelo Intermedio
Profundidad de la cimentación	1.5m
Ángulo de fricción Interna	28°
Cohesión (C)	0.13 kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de Suelo (Clasificación SUCS)	Grava Arcillosa (GC)

Fuente: Expediente Técnico

### 3.6. **Metrado de cargas**

El metrado de cargas se ha realizado según la NTP E.020. A continuación, se detalla los valores de las cargas usados:

**Tabla 13.** *Cargas para el diseño*

	CARGAS	VALOR
<b>Carga Muerta</b>	Concreto	2400 kg/m <sup>3</sup>
	Albañilería	1700 kg/m <sup>3</sup>
	Aligerado (h=25cm)	350 kg/m <sup>2</sup>
	Piso terminado	100 kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga Viva</b>	Sala de operación	300 kg/m <sup>2</sup>
	Cuartos	200 kg/m <sup>2</sup>
	Azotea	100 kg/m <sup>2</sup>
	Corredores y escaleras	400 kg/m <sup>2</sup>

Dado a que la tabiquería que está sobre las losas no es móvil, se asignó como carga muerta de 150 kg/m<sup>2</sup> y debido que se conoce la ubicación de los tabiques sobre las vigas estos quedaron expresados como cargas distribuidas por metro lineal mediante la siguiente expresión:

$$W_{tabique} = \gamma_{labrillo} \times Altura \times Ancho$$

Para la cobertura metálica, los valores para las cargas se extrajeron de las fichas técnicas de cada material usado y el valor de la sobrecarga se extrajo de la NTP E.020, a continuación, se detalla los valores:

**Tabla 14.** Cargas en la cobertura para el diseño

	<b>CARGAS</b>	<b>VALOR</b>
<b>Carga Muerta</b>	Ángulo de 1-1/2"X1-1/2"X3/16"	16.072 kg/6m
	Acero Estructural Grado 60 - 3/8"	0.560kg/m
	Correa madera tornillo 2.5"x6"	900kg/m3
	Calaminon TR-4	4.3kg/m2
<b>Carga Viva</b>	Sobre Carga	60kg/m2

### 3.7. Procedimiento y análisis

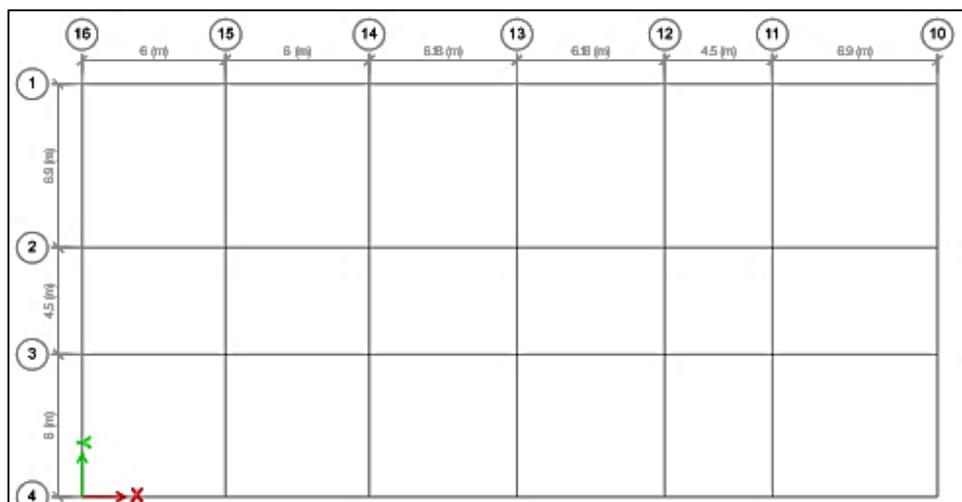
A continuación, se detalla el procedimiento que se llevó a cabo para el desarrollo de la presente investigación:

#### 3.7.1. Modelamiento estructural

##### 3.7.1.1. Geometría de la edificación

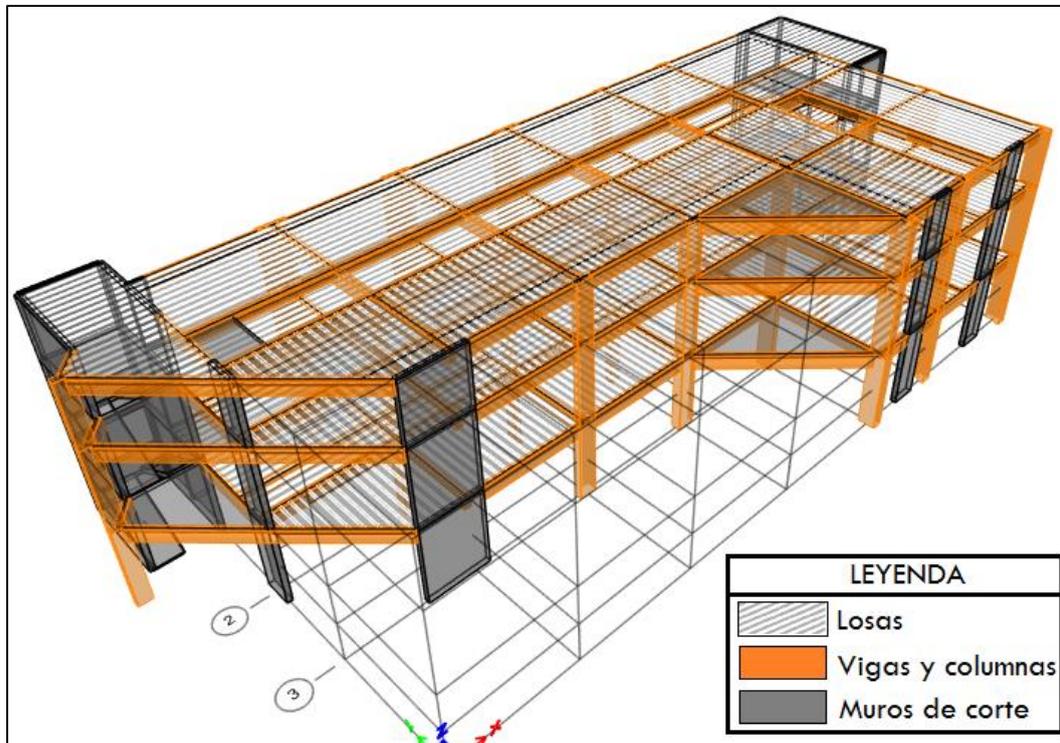
Se procedió a realizar el modelamiento de la estructura del sector C1 del HNSRC, mediante el uso del software ETABS V21.0.0. Con la información tanto en planta como en altura obtenida de los planos estructurales y de arquitectura se procedió la asignación de grillas.

**Figura 22.** Vista en planta de grillas de los ejes de la edificación en Etabs V21.0.0.



Luego se definió las propiedades de los materiales de los elementos estructurales, se definió de las secciones de los elementos estructurales y finalmente se llevó a cabo el modelamiento de los elementos estructurales que fueron definidos:

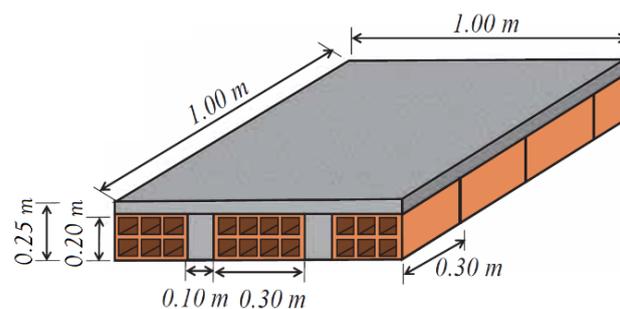
**Figura 23.** Vista en 3D del modelo estructural de la edificación en el software Etabs.



### 3.7.1.2. Asignación de cargas

Asignamos las respectivas cargas que se mostraron anteriormente; sin embargo, para el caso de la losa aligerada el software solo considera el peso de concreto (viguetas), por lo que es necesario adicionar el peso del ladrillo, a continuación, se muestra el cálculo respectivo:

**Figura 24.** Sección de aligerado de 25 cm de altura.



Volumen del concreto en  $1\text{m}^2$  de losa aligerada  $h=0.25\text{m}$ :

$$V_C = (1m \times 0.05m + 0.20m \times 0.10m \times 3) \times 1m = 0.11m^3$$

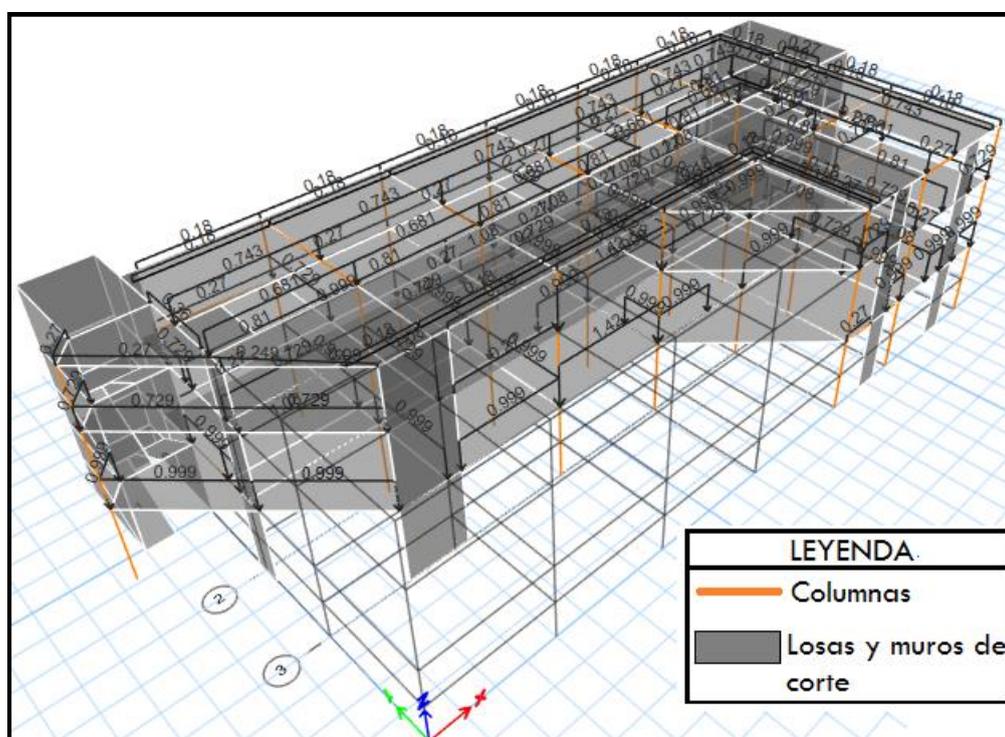
Peso del concreto en 1m<sup>2</sup>:

$$W_C = 2400 \frac{kg}{m^3} \times 0.11m^3 \times \frac{1}{m^2} = 264 \frac{kg}{m^2}$$

La norma E.020 indica que el peso total ( $W_{Total}$ ) de una losa aligerada en una dirección de  $h=0.25m$  es  $350 \frac{kg}{m^2}$ , por lo que el peso de ladrillo en 1 m<sup>2</sup> será:

$$W_{Lad.} = W_{Total} - W_C = 350 \frac{kg}{m^2} - 264 \frac{kg}{m^2} = 86 \frac{kg}{m^2}$$

**Figura 25.** Vista en 3D de las cargas aplicadas en la estructura piso en Etabs.



### 3.7.1.3. Criterios de modelación estructural adicionales

Luego de haber realizado el modelamiento de la geometría de la edificación y asignado las cargas respectivas en cada elemento estructural, se tuvo en cuenta los siguientes criterios de modelación estructural:

- Se chequeó error de dibujo, para evitar errores de conexión y evitar que las losas se estén superponiendo.
- Se liberó toda la estructura para evitar que algún punto en el espacio esté restringido y luego se restringió la base de la edificación mediante apoyos empotrados.

- Se definió y asignó diafragmas rígidos, para que el software reconozca las losas de entrepiso como una losa infinitamente rígida, esto permitirá que las losas se integren a los elementos verticales, lo que compatibilizará los desplazamientos laterales y permitirá obtener los centros de masas de cada nivel.
- Se asignó los brazos rígidos “End length offsets o también denominado nudos rígidos” a los elementos frame (vigas y columnas), esto debido a que en el punto de unión o cruce de viga-columna, la rigidez toma un valor muy elevado, por lo que en el modelamiento no se tomará en cuenta los esfuerzos y deformaciones ahí, sino más bien en el claro libre desde las caras de los elementos estructurales.
- Se definió la masa sísmica, considerando lo especificado por la NTP E.030 - 2019, donde para nuestra edificación de Categoría A (Edificación esencial) se toma el 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva.
- En la definición de la masa se consideró una excentricidad accidental del 5% en las direcciones “X” y “Y” de acuerdo la Norma E.030, esto con el fin de que la excentricidad se considere en todos los modos de vibración.
- Se definió un análisis modal, el cual calcula los modos de vibración para la estructura basado en la rigidez de los elementos y masas presentes. Esos modos son requeridos como una base para los análisis posteriores (análisis estático, análisis dinámico y tiempo-historia).

### **3.7.2. Análisis sísmico convencional según NTP E.030-2019**

Luego de realizar el modelamiento de la estructura como se puede apreciar en la figura 26, se realizó un análisis convencional con el fin de analizar si los resultados satisfacen los parámetros establecidos por la norma E.030-2019.

#### **3.7.2.1. Análisis sísmico estático**

El presente de análisis denominado también “Análisis de Fuerzas Estáticas Equivalentes”, se llevó a cabo debido a que es aplicable a la estructura en estudio ya que cumple con los requisitos dados en la NTP E.030.

Este análisis se realizó con el fin de determinar irregularidades, determinar el sistema estructural, verificar las derivas y verificación del cortante Dinámico.

Es importante precisar que para realizar el procedimiento de este análisis se hizo en dos partes, un análisis estático preliminar con parámetros sísmicos conocidos en primera instancia y un análisis estático definitivo con los parámetros sísmicos corroborados.

### 3.7.2.1.1. Parámetros sísmicos iniciales

#### a) Período fundamental de vibración

Luego de correr el programa y realizar un análisis modal, se obtuvo el valor del periodo de la estructura, debido a que nos brinda un valor más exacto que con la fórmula que brinda la NTP E.030-2019 en el art. 28.4.1.

De la tabla 15, podemos observar los valores de los periodos de vibración de la estructura para cada dirección de análisis, los cuales son los siguientes:

$$T_x = 0.208 \text{ s.}$$

$$T_y = 0.167 \text{ s.}$$

**Tabla 15.** *Periodos de vibración de la estructura para la dirección X y dirección Y*

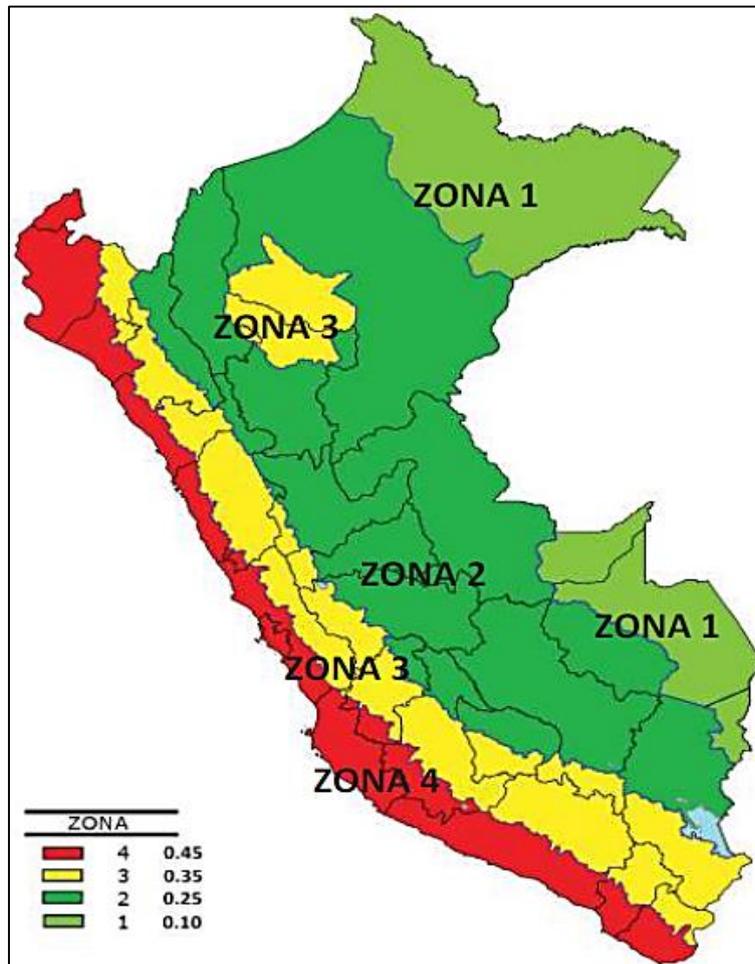
TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Modal	1	<b>0.208</b>	0.7849	0.014	0.0064	0.7849	0.014	0.0064
Modal	2	<b>0.167</b>	0.0188	0.7278	0.0486	0.8037	0.7418	0.0549
Modal	3	<b>0.104</b>	0.0019	0.0688	0.7526	0.8056	0.8106	0.8075
Modal	4	0.053	0.1733	0.0008	0.0006	0.9789	0.8114	0.8082
Modal	5	0.043	0.0009	0.1748	0.0063	0.9798	0.9861	0.8145
Modal	6	0.03	0.0198	0.0002	0.0035	0.9996	0.9863	0.818
Modal	7	0.029	0.00003895	0.0007	0.1651	0.9997	0.9871	0.9831
Modal	8	0.026	7.146E-07	0.012	0.002	0.9997	0.9991	0.9851
Modal	9	0.018	0.0000122	0.000001385	0.0111	0.9997	0.9991	0.9962

#### b) Zonificación – factor zona (Z)

La edificación en estudio se sitúa en la provincia de Cajabamba, región Cajamarca;

según el mapa de zonificación de la norma E.030-2019 (ver figura 26), se encuentra en una “Zona 3” al cual le corresponde un factor  $Z=0.35$  como se puede apreciar en la tabla 16.

**Figura 26.** Mapa de zonificación del Perú



Fuente: Norma técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (2019)

**Tabla 16.** Valores de zonificación

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (2019)

**c) Parámetros de sitio ( $S$ ,  $T_p$ ,  $T_L$ )**

El tipo de perfil de suelo sobre el que se emplaza el edificio en estudio es un suelo  $S_2$ , es decir un suelo intermedio.

La tabla 17, nos indica que para el suelo  $S_2$  y una zona  $Z_3$  el factor de amplificación es:

$$S = 1.15$$

Luego de la tabla 18, se determina el valor del periodo que define la plataforma del espectro " $T_p$ " y el valor del periodo que define el inicio de la zona del factor  $C$  con desplazamiento constante " $T_L$ ". Para un perfil de suelo  $S_2$ , se obtuvo:

$$T_p = 0.6 \text{ s.}$$

$$T_L = 2.0 \text{ s.}$$

**Tabla 17. Factor de amplificación de Suelo**

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0,80	1,00	1,05	1,10
$Z_3$	0,80	1,00	1,15	1,20
$Z_2$	0,80	1,00	1,20	1,40
$Z_1$	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (2019)

**Tabla 18. Periodos  $T_p$  y  $T_L$**

Tabla N° 4 PERÍODOS " $T_p$ " Y " $T_L$ "				
	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (2019)

#### d) Factor de amplificación sísmica ( $C$ )

Luego de haber hallado el periodo fundamental de vibración la estructura para cada dirección, se definió el factor de amplificación sísmica ( $C$ ) para cada dirección, por las siguientes expresiones brindadas por la norma E.030-2019:

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

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

$$T < T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 \left( \frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)$$

Obteniendo de esta manera el valor de “C”, para cada dirección:

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

### e) Categoría de la edificación y factor de uso (U)

El factor “U” se interpreta como un amplificador de las solicitaciones sísmicas para las edificaciones esenciales e importantes con relación a las edificaciones comunes, para este análisis se utilizó un factor de uso o importancia  $U = 1.5$  (valor mínimo considerado por la norma E.030-2019, para una edificación esencial sin aislamiento sísmico).

### f) Sistema Estructural y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_0$ )

Para un análisis estático preliminar se consideró un Sistema Estructural Dual de concreto, que posteriormente será corroborado. De la tabla 19 podemos ver que, para este sistema estructural, le corresponde Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas  $R_0 = 7$ .

**Tabla 19.** Valores del coeficiente básico de reducción sísmica

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Norma técnica de Diseño Sismorresistente E.030 (2019)

## g) Factores de Irregularidad ( $I_a, I_p$ )

### ➤ Irregularidades estructurales en altura ( $I_a$ )

#### - Irregularidad de Rigidez – Piso Blando

Se determinó luego de realizar análisis estático preliminar.

#### - Irregularidad de Resistencia – Piso Débil

Se determinó luego de realizar análisis estático preliminar.

#### - Irregularidad de Masa o Peso

De la masa sísmica definida en un principio en el Software Etabs, se obtuvo:

**Tabla 20.** Resumen de Masa sísmica.

TABLE: Story Forces			
NIVEL	CASO	PESO (Tn)	PROPORCIÓN
Techo 03	PESO=100%CM+50%CV	556.0564	-
Techo 02	PESO=100%CM+50%CV	724.8154	1.30
Techo 01	PESO=100%CM+50%CV	773.6874	1.07

Como se puede observar en la tabla, las proporciones son menores a 1.5, por lo que no existe esta irregularidad.

#### - Irregularidad geométrica vertical

Las dimensiones en planta en cualquiera de las direcciones de análisis son constantes en todos los pisos, por ende, no existe esta irregularidad.

#### - Discontinuidad en los sistemas resistentes

Esta irregularidad queda descartada, ya que la estructura tiene elementos de corte homogéneos en todos sus niveles.

### ➤ Irregularidades estructurales en planta ( $I_p$ )

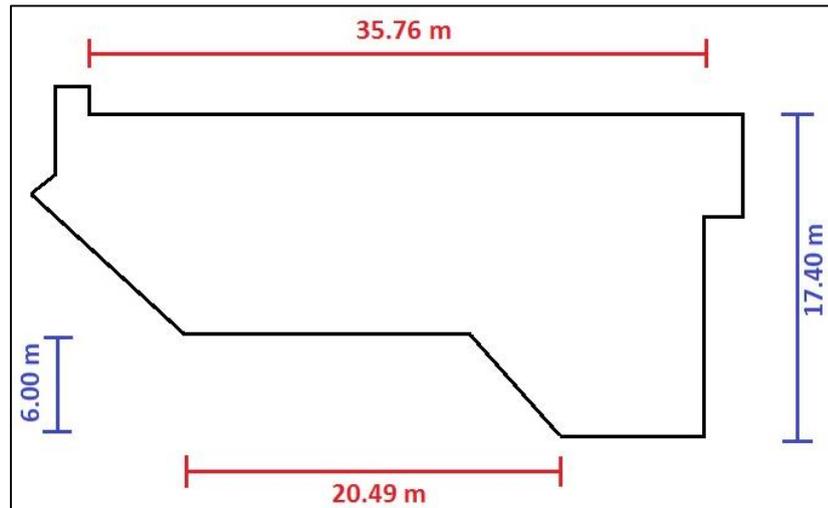
#### - Irregularidad Torsional

Se determinó luego de realizar análisis estático preliminar.

#### - Esquinas Entrantes

Según la arquitectura de la edificación, se procedió a calcular el porcentaje de esquinas entrantes (Ee) en ambas direcciones:

**Figura 27.** Geometría en planta de la edificación en estudio.



De la figura 27, podemos obtener:

$$Ee_x = \frac{\text{Longitud esquina entrante en } X}{\text{Longitud total en } X} \times 100$$

$$Ee_x = \frac{20.49 \text{ m}}{35.76 \text{ m}} \times 100 = 57.3\%$$

$$Ee_y = \frac{\text{Longitud esquina entrante en } Y}{\text{Longitud total en } Y} \times 100$$

$$Ee_y = \frac{6.00 \text{ m}}{17.40 \text{ m}} \times 100 = 34.48\%$$

La NTP E.030-2019, establece como máximo 20% el porcentaje de esquinas entrantes, pero como se puede apreciar este porcentaje resultó mayor a 20% en ambas direcciones, por lo que queda demostrada la existencia de esta irregularidad con un factor de 0.9.

#### - **Discontinuidad del diafragma**

De acuerdo con la arquitectura de la edificación se puede encontrar aberturas en techo 03 de la edificación, según NTP E.030-2019, la existencia de esta irregularidad se puede determinar de la siguiente manera:

Con el porcentaje de área de aberturas:

$$\%Aberturas = \frac{\text{Áreas de aberturas}}{\text{Área bruta del diafragma}} \times 100$$

$$\%Aberturas = \frac{104.3m^2}{529.59m^2} \times 100 = 19.69 \%$$

Con el porcentaje de área neta resistente de sección transversal. Dado a que en ancho de la sección transversal del diafragma rígido de la edificación es constante, se analizó con la longitud resistente en ambas direcciones:

$$\%Longitud\ resistente = \frac{Longitud\ resistente}{Longitud\ total} \times 100$$

$$\%Longitud\ resistente_x = \frac{8.65\ m}{35.76\ m} \times 100 = 24.19 \%$$

$$\%Longitud\ resistente_y = \frac{6.90\ m}{17.40\ m} \times 100 = 39.66 \%$$

Podemos observar que el porcentaje de aberturas es menor a 50% lo cual indica que no hay esta irregularidad para ambas direcciones, el porcentaje de longitud resistente en “Y” es mayor que 25% lo cual también indica que no existe irregularidad en “Y”, pero el porcentaje de longitud resistente en “X” es menor que 25% con lo cual se comprobó que si existe esta irregularidad en esta dirección, al cual lo corresponde un factor de 0.85.

#### - **Sistemas no paralelos**

Todos los elementos resistentes a fuerzas laterales son paralelos, por lo que se descartó la existencia de esta irregularidad.

Se puede observar que en planta se encontró inicialmente irregularidad por esquinas entrantes en ambas direcciones y en la dirección “X” irregularidad por discontinuidad del diafragma, para lo cual según la norma E.030 tomaremos el menor valor para cada dirección.

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

Se determina de la siguiente manera:

$$R_X = I_a \times I_p \times R_0 = 1 \times 0.85 \times 7 = 5.95$$

$$R_Y = I_a \times I_p \times R_0 = 1 \times 0.9 \times 7 = 6.30$$

A continuación, la tabla 21 muestra el resumen de los parámetros sísmicos iniciales para el análisis sísmico estático preliminar:

**Tabla 21.** Resumen de los parámetros sísmicos para análisis estático preliminar.

Parámetros Sísmicos Preliminares	Dirección	
	X-X	Y-Y
T(s)	0.208 s	0.167 s
Z	0.35	0.35
S	1.15	1.15
TP(s)	0.6	0.6
TL(s)	2	2
C	2.5	2.5
U	1.5	1.5
R0	7	7
la	1	1
lp	0.85	0.9
R	5.95	6.3

### 3.7.2.1.2. Análisis sísmico estático preliminar

#### a) Factores para el Etabs (C', K)

Para definir el Análisis Estático, el software Etabs nos pide dos factores: el factor "C" el cual viene a ser el coeficiente de cortante basal, que para no confundir con el factor de amplificación sísmica en esta investigación lo definiremos como " C' " y el factor "K" el cual se determinó de acuerdo con el Art. 28.4.1 de la NTP E.030-2019. Además, se verificó el valor de C/R.

**Tabla 22.** Factores para el Etabs para el análisis estático preliminar en "X"

PARA LA DIRECCIÓN X-X				
C'X=ZUCS/R=	0.253676			
C/R=	0.42	>	0.11	OK
Kx=	1			

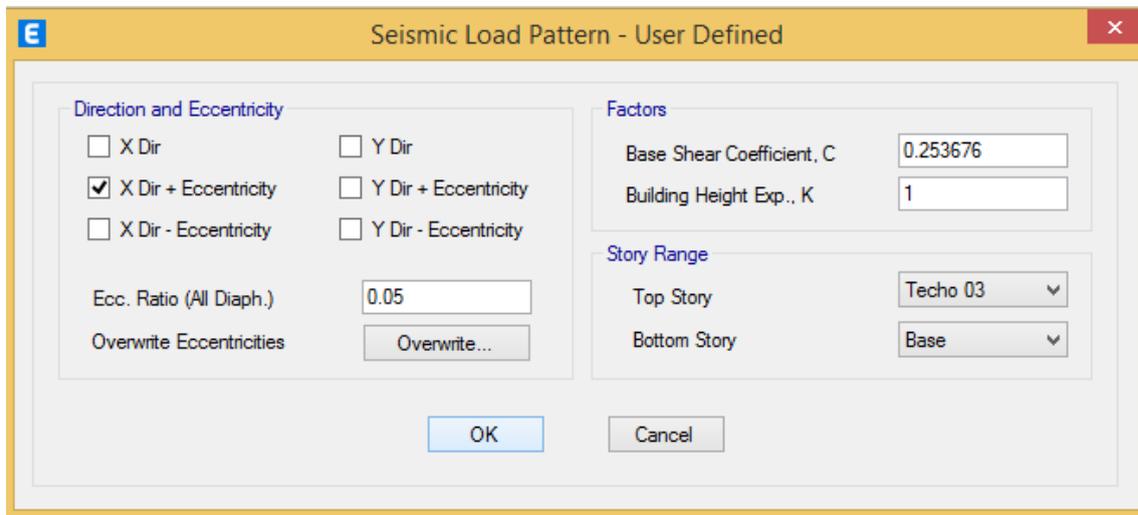
**Tabla 23.** Factores para el Etabs para el análisis estático preliminar en “Y”

PARA LA DIRECCIÓN Y-Y				
C'Y=ZUCS/R=	0.239583			
C/R=	0.40	>	0.11	OK
Ky=	1			

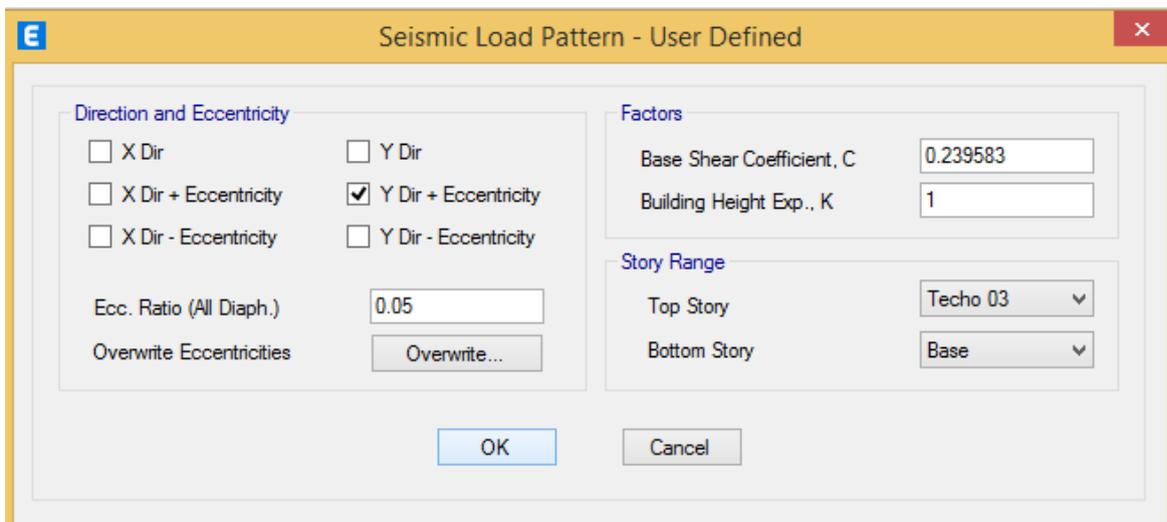
**b) Definición del análisis sísmico estático en el Etabs**

Como se puede observar en las figuras 28 y 29, se consideró 5% de excentricidad accidental en ambas direcciones.

**Figura 28.** Definición del sismo estático preliminar en “X”



**Figura 29.** Definición del sismo estático preliminar en “Y”



### c) Fuerza cortante preliminar en la base (VE)

Luego de correr el software, podemos obtener la fuerza cortante en la base en ambas direcciones, pero es un valor preliminar.

**Tabla 24.** Fuerza cortante estática preliminar en “X” y “Y”

TABLE: Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient							
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
SEX	0.05	Techo 03	Base	0.253676	1	1972.57295	500.3944
SEY	0.05	Techo 03	Base	0.239583	1	1972.57295	472.5949

De la tabla obtenida del Etabs, se obtiene las cortantes estáticas:

$$VE_X = 500.3944 \text{ Tn.}$$

$$VE_Y = 472.5949 \text{ Tn.}$$

### 3.7.2.1.3. Verificación de irregularidades faltantes

#### ➤ Irregularidades estructurales en altura ( $I_a$ )

##### - Irregularidad de rigidez – piso blando

De acuerdo con la NTP E.030-2019, esta irregularidad se puede verificar mediante la rigidez lateral de entrepiso. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, los cuales se obtuvieron mediante el programa Etabs.

**Tabla 25.** Irregularidad de Rigidez-Piso blando en la dirección “X” y “Y”

Dirección	Story	Fuerza Cortante de Entrepiso (V)	Fuerza Cortante de Entrepiso (V) Tonf	Desplaz. en Centro de Masas (D) m	Desplaz. Relativo (Dr) m	Rigidez (K=V/Dr) Tonf/m	Proporc. (%)	Verific. <70%
X-X	Techo 03	-190.30	190.30	0.004275	0.001274	149372.61	-	-
	Techo 02	-390.98	390.98	0.003001	0.001856	210658.84	141.03%	No hay
	Techo 01	-500.39	500.39	0.001145	0.001145	437025.68	207.46%	No hay
Y-Y	Techo 03	-179.73	179.73	0.002475	0.000752	239000.66	-	-
	Techo 02	-369.26	369.26	0.001723	0.00105	351677.81	147.15%	No hay
	Techo 01	-472.59	472.59	0.000673	0.000673	702221.25	199.68%	No hay

De la tabla 25, podemos observar que se comprobó que no existe la irregularidad de piso blando en ninguna de las direcciones de análisis.

**- Irregularidad de resistencia – piso débil**

Según la NTP E.030, esta irregularidad se verifica mediante las fuerzas cortantes de entrepiso.

**Tabla 26. Irregularidad de Resistencia-Piso débil en la dirección “X” y “Y”**

<b>TABLE: Story Forces</b>							
<b>Dirección</b>	<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Location</b>	<b>V Tonf</b>	<b>Proporción (%)</b>	<b>Verificación &lt; 80%</b>
<b>X-X</b>	Techo 03	SEXX	LinStatic	Bottom	190.30	-	-
	Techo 02	SEXX	LinStatic	Bottom	390.98	205.46%	No hay piso debil
	Techo 01	SEXX	LinStatic	Bottom	500.39	127.98%	No hay piso debil
<b>Y-Y</b>	Techo 03	SEYY	LinStatic	Bottom	179.73	-	-
	Techo 02	SEYY	LinStatic	Bottom	369.26	205.46%	No hay piso debil
	Techo 01	SEYY	LinStatic	Bottom	472.59	127.98%	No hay piso debil

De la tabla 26 obtenida del Etabs, se comprobó que no existe esta irregularidad en ambas direcciones de análisis.

➤ **Irregularidades estructurales en planta ( $I_p$ )**

**- Irregularidad torsional**

La norma E.030, indica que esta irregularidad debe ser verificada siempre y cuando las derivas inelásticas sean menores que el 50% de la deriva (distorsión) máxima permitida para una estructura de concreto armado, la cual es 0.007; además nos indica que la deriva inelástica se obtiene multiplicando 0.85R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

**Tabla 27. Irregularidad de Torsión en la dirección “X” y “Y”**

TABLE: Diaphragm Max Over Avg Drifts							
Dirección	Story	Output Case	Case Type	Item	Max Drift	Deriva Inelastica	Deriva Inelastica > 50%(0.007)
X-X	Techo 03	SEXX	LinStatic	Diaph D3 X	0.00044	0.00221	No aplica la Irregularidad
	Techo 02	SEXX	LinStatic	Diaph D2 X	0.00048	0.00243	No aplica la Irregularidad
	Techo 01	SEXX	LinStatic	Diaph D1 X	0.00029	0.00149	No aplica la Irregularidad
Y-Y	Techo 03	SEYY	LinStatic	Diaph D3 Y	0.00035	0.00188	No aplica la Irregularidad
	Techo 02	SEYY	LinStatic	Diaph D2 Y	0.00034	0.00182	No aplica la Irregularidad
	Techo 01	SEYY	LinStatic	Diaph D1 Y	0.00019	0.00102	No aplica la Irregularidad

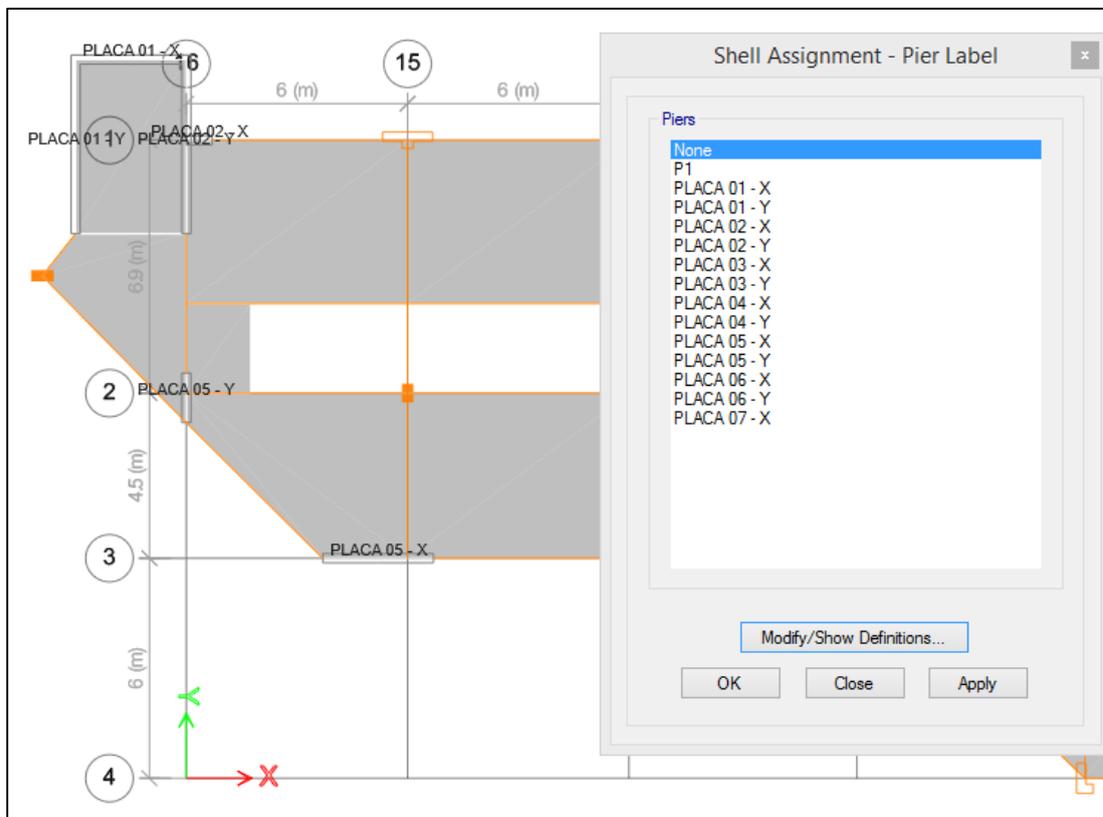
De la tabla obtenida del Etabs, se comprobó que las derivas inelásticas no superaron 50% de 0.007, por lo que no se aplicó el criterio de comprobación de esta irregularidad.

### 3.7.2.1.4. Comprobación del sistema estructural

#### a) Asignación de Pier Label a las placas

Se asignó “Pier Label” a las placas para poder obtener la cortante que estos toman.

**Figura 30. Asignación de Pier Label a las placas**



## b) Clasificación del sistema estructural

Para poder determinar el sistema estructural se calculó la fuerza cortante que actúa en la base de las placas en ambas direcciones de análisis y luego se comparó con la fuerza cortante total en la base en cada dirección de análisis respectivamente.

**Tabla 28.** Fuerza cortante en la base de las placas en “X”.

TABLE: Pier Forces									
Dirección	Story	Pier	Output Case	Case Type	Location	V2 tonf	%VXX placas		
	Techo 01	PLACA 01 - X	SEXX	LinStatic	Bottom	101.115			
	Techo 01	PLACA 02 - X	SEXX	LinStatic	Bottom	17.1996			
	Techo 01	PLACA 03 - X	SEXX	LinStatic	Bottom	125.3384			
X-X	Techo 01	PLACA 04 - X	SEXX	LinStatic	Bottom	103.1725	86.84%		
	Techo 01	PLACA 05 - X	SEXX	LinStatic	Bottom	52.8715			
	Techo 01	PLACA 06 - X	SEXX	LinStatic	Bottom	19.01			
	Techo 01	PLACA 07 - X	SEXX	LinStatic	Bottom	15.852			
	CORTANTE TOMADA POR LAS PLACAS					<b>Vx-x placas=</b>		<b>434.559</b>	

**Tabla 29.** Fuerza cortante en la base de las placas en “Y”.

TABLE: Pier Forces							
Dirección	Story	Pier	Output Case	Case Type	Location	V2 tonf	%VYY placas
	Techo 01	PLACA 01 - Y	SEYY	LinStatic	Bottom	84.268	
	Techo 01	PLACA 06 - Y	SEYY	LinStatic	Bottom	7.4265	
	Techo 01	PLACA 05 - Y	SEYY	LinStatic	Bottom	9.0831	
Y-Y	Techo 01	PLACA 02 - Y	SEYY	LinStatic	Bottom	87.2787	94.66%
	Techo 01	PLACA 03 - Y	SEYY	LinStatic	Bottom	86.2711	
	Techo 01	PLACA 04 - Y	SEYY	LinStatic	Bottom	173.044	
	CORTANTE TOMADA POR LAS PLACAS					<b>Vx-x placas=</b>	

De las tablas 28 y 29 obtenidas del Etabs, podemos apreciar que el porcentaje de fuerza cortante que toman las placas en ambas direcciones de análisis no corresponde a un sistema estructural dual, sino que a un sistema estructural de “muros estructurales” en ambas direcciones, por lo que el valor del Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas será  $R_0 = 6$ .

### 3.7.2.1.5. Análisis sísmico estático definitivo

#### a) Parámetros sísmicos definitivos

Luego de verificar las irregularidades faltantes y de realizar la clasificación del sistema estructural, se obtiene los parámetros sísmicos finales para el análisis sísmico estático definitivo, a continuación, la tabla 30 muestra el resumen:

**Tabla 30.** *Parámetros sísmicos para análisis estático definitivo.*

Parámetros Sísmicos Preliminares	Dirección	
	X-X	Y-Y
T(s)	0.208 s	0.167 s
Z	0.35	0.35
S	1.15	1.15
TP(s)	0.6	0.6
TL(s)	2	2
C	2.5	2.5
U	1.5	1.5
RO	6	6
la	1	1
lp	0.85	0.9
R	5.1	5.4

#### b) Factores para el Etabs (C', K)

A continuación, se muestra los valores definitivos de C' y K, para subirlo al Etabs:

**Tabla 31.** *Factores para el Etabs para el análisis estático definitivo en "X"*

PARA LA DIRECCIÓN X-X				
C'X=ZUCS/R =	0.295956			
C/R =	0.49	>	0.11	OK
Kx =	1			

**Tabla 32.** *Factores para el Etabs para el análisis estático definitivo en "Y"*

PARA LA DIRECCIÓN Y-Y				
C'Y=ZUCS/R =	0.279514			
C/R =	0.46	>	0.11	OK
Ky =	1			

### c) Definición del análisis sísmico estático en el Etabs

Debido a que el valor del factor C' ha variado en ambas direcciones de análisis ha variado, se prosiguió a rectificar este valor en el Etabs.

### d) Fuerza cortante estática (VE)

Luego de correr el software, podemos obtener la fuerza cortante en la base en ambas direcciones, pero estos son valores definitivos.

**Tabla 33.** Fuerza cortante basal estática en "X" y "Y"

TABLE: Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient							
Name	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
SEXX	0.05	Techo 03	Base	0.295956	1	1972.57295	583.7948
SEYY	0.05	Techo 03	Base	0.279514	1	1972.57295	551.3618

De la tabla 33 obtenida del Etabs, se obtiene las cortantes estáticas definitivas:

$$VE_X = 583.7948 \text{ Tn}$$

$$VE_Y = 551.3618 \text{ Tn.}$$

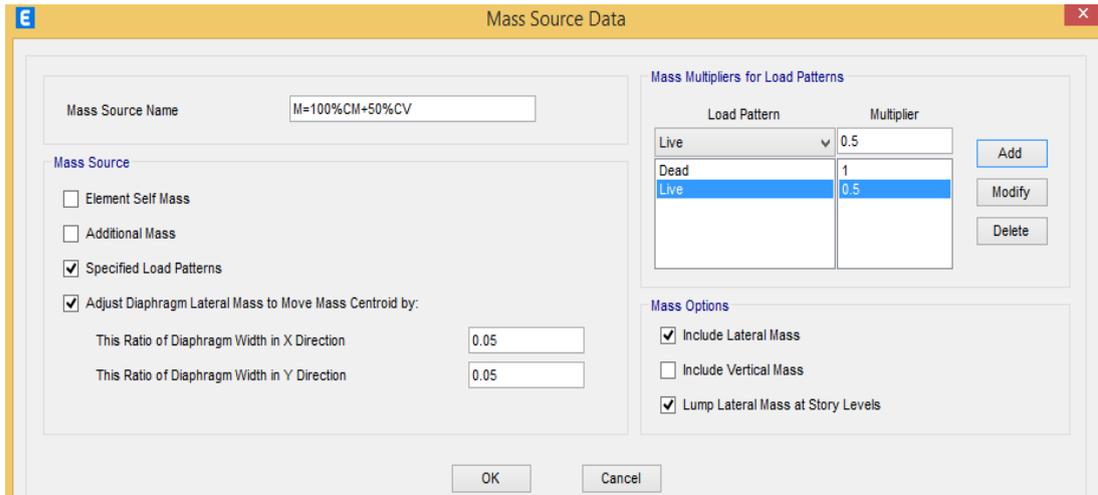
### 3.7.2.2. Análisis sísmico dinámico Modal Espectral

Para el análisis dinámico no hay restricciones, puede ser analizada cualquier edificación.

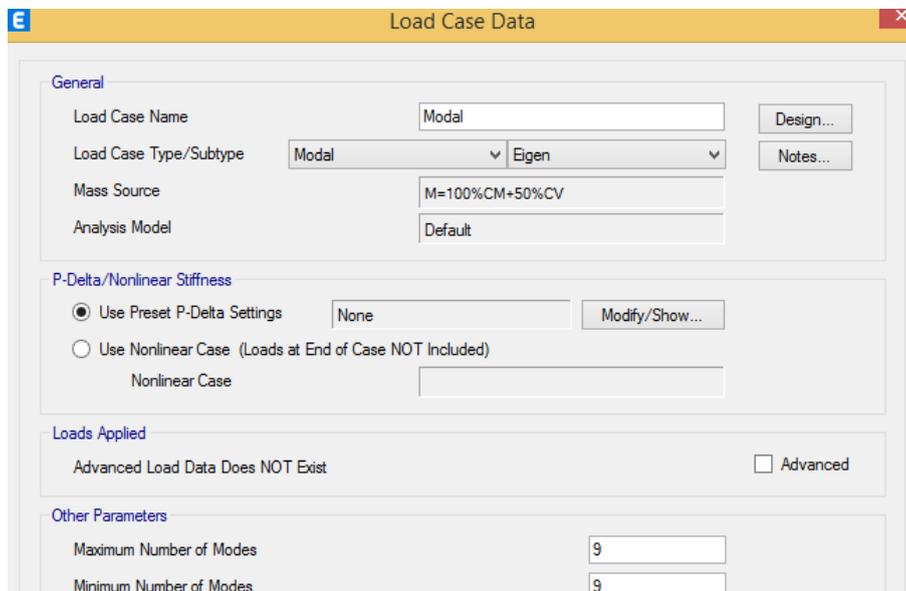
#### 3.7.2.2.1. Modos de vibración

Para llevar a cabo el análisis dinámico, previamente se definió la masa sísmica considerando una excentricidad accidental del 5% en las direcciones "X" y "Y" (ver figura 31), para luego realizar un análisis modal en el que se consideró 3 modos de vibración por nivel obteniéndose 9 en total (ver figura 32), en los cuales la suma de la masa efectiva sobrepasa el 90% de la masa total de acuerdo con lo especificado por la versión de la norma E.030 (ver tabla 33).

**Figura 31.** Definición de masa sísmica en dirección X y Y en Etabs



**Figura 32.** Modos de vibración considerados para el análisis dinámico en ETABS.



**Tabla 34.** Porcentaje de participación modal de la estructura.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Modal	1	0.208	0.7849	0.014	0.0064	0.7849	0.014	0.0064
Modal	2	0.167	0.0188	0.7278	0.0486	0.8037	0.7418	0.0549
Modal	3	0.104	0.0019	0.0688	0.7526	0.8056	0.8106	0.8075
Modal	4	0.053	0.1733	0.0008	0.0006	0.9789	0.8114	0.8082
Modal	5	0.043	0.0009	0.1748	0.0063	0.9798	0.9861	0.8145
Modal	6	0.03	0.0198	0.0002	0.0035	0.9996	0.9863	0.818
Modal	7	0.029	0.00003895	0.0007	0.1651	0.9997	0.9871	0.9831
Modal	8	0.026	7.146E-07	0.012	0.002	0.9997	0.9991	0.9851
Modal	9	0.018	0.0000122	0.00001385	0.0111	0.9997	0.9991	0.9962

### 3.7.2.2.2. Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos usados para este análisis se muestran en la tabla 35, son los mismos que se utilizaron para el análisis estático.

**Tabla 35.** Parámetros sísmicos para análisis dinámico.

PARÁMETROS SÍSMICOS	DIRECCIÓN	
	X-X	Y-Y
Z	0.35	0.35
S	1.15	1.15
TP(s)	0.6	0.6
TL(s)	2	2
U	1.5	1.5
R	5.1	5.4
g (m/s <sup>2</sup> )	9.80665	9.80665

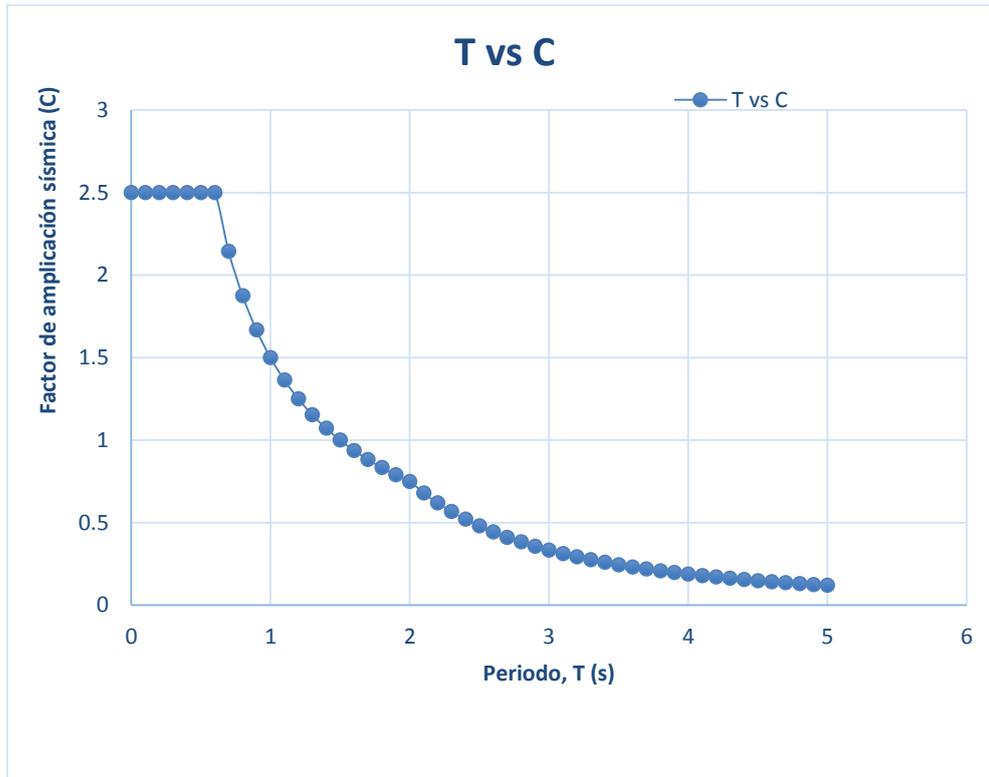
### 3.7.2.2.3. Espectro de diseño (X, Y)

De acuerdo con la norma E.030, para cada una de las direcciones horizontales analizadas se debe utilizar un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones. La pseudo-aceleración está definido por:

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

El factor que va a dar la forma al espectro va a ser el coeficiente de amplificación sísmica “C”, el cual se calculó de acuerdo de acuerdo con el art. 14 de la norma E.030 para diferentes periodos y es del mismo valor en ambas direcciones de análisis. A continuación, la figura 33, muestra el cálculo de C (factor de amplificación sísmica) vs T (periodo).

**Figura 33. Espectro “T vs C”**



Para obtener los valores de pseudo-aceleración, se necesita multiplicar los valores de C mostrados en la figura 33, por un factor de escala (*F.E.*) calculados para cada dirección de análisis, mediante la siguiente expresión:

$$F.E. = \frac{Z.U.S}{R} \cdot g$$

Factor de escala en X-X:

$$F.E. = \frac{Z.U.C.g}{R_X} = \frac{0.35 \times 1.5 \times 1.15 \times 9.80665}{5.1} = 1.16093$$

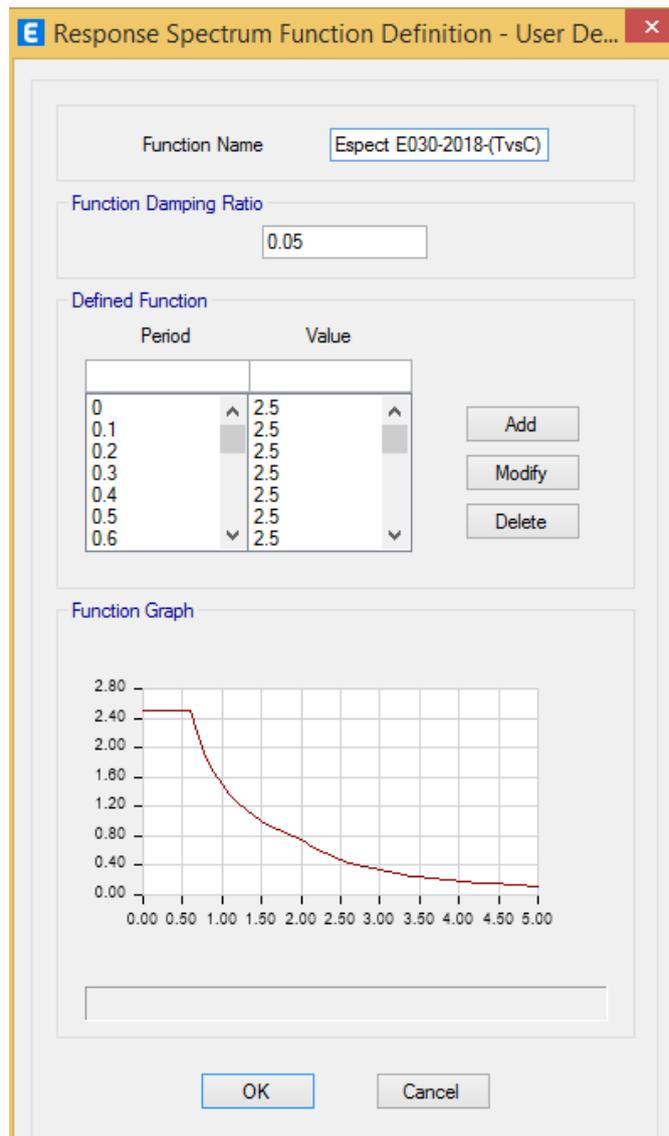
Factor de escala en Y-Y:

$$F.E. = \frac{Z.U.C.g}{R_Y} = \frac{0.35 \times 1.5 \times 1.15 \times 9.80665}{5.4} = 1.09644$$

### 3.7.2.2.4. Definición del análisis sísmico dinámico en el Etabs

En primer lugar, se subió el espectro de respuesta (T vs. C) al Etabs, considerando 5% de amortiguamiento natural como se puede apreciar en la figura 34.

**Figura 34.** Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección “X” y “Y”



Luego definimos el análisis dinámico para ambas direcciones (ver las figuras 35 y 36) en función de los modos de vibración combinados mediante el criterio de combinación cuadrática completa “CQC”, el espectro de respuesta (T vs. C), el factor de escala (F.E.) para cada dirección respectivamente, un amortiguamiento natural del edificio de 5% y la masa sísmica previamente definida.

Hay que tener presente que el 5% de excentricidad accidental ya no se consideró aquí, pues ya fue considerada en la definición de la masa sísmica, esto con el motivo de que tenga participación en los diferentes modos de vibración.

**Figura 35.** Definición del sismo dinámico en “X”

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
  - Load Case Name: SDXX
  - Load Case Type: Response Spectrum
  - Mass Source: Previous (M=100%CM+50%CV)
  - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espect E030-2018 - ...	1.1609
- Other Parameters:**
  - Modal Load Case: Modal
  - Modal Combination Method: CQC
  - Include Rigid Response
  - Rigid Frequency, f1: [empty]
  - Rigid Frequency, f2: [empty]
  - Periodic + Rigid Type: [empty]
  - Earthquake Duration, td: [empty]
  - Directional Combination Type: SRSS
  - Absolute Directional Combination Scale Factor: [empty]
  - Modal Damping: Constant at 0.05
  - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

**Figura 36.** Definición del sismo dinámico en “Y”

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
  - Load Case Name: SDYY
  - Load Case Type: Response Spectrum
  - Mass Source: Previous (M=100%CM+50%CV)
  - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Espect E030-2018 - ...	1.0964
- Other Parameters:**
  - Modal Load Case: Modal
  - Modal Combination Method: CQC
  - Include Rigid Response
  - Rigid Frequency, f1: [empty]
  - Rigid Frequency, f2: [empty]
  - Periodic + Rigid Type: [empty]
  - Earthquake Duration, td: [empty]
  - Directional Combination Type: SRSS
  - Absolute Directional Combination Scale Factor: [empty]
  - Modal Damping: Constant at 0.05
  - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

### 3.7.2.2.5. Fuerza cortante dinámica (VD)

Luego de correr el programa Etabs, se obtuvo la fuerza cortante basal dinámica para ambas direcciones:

**Tabla 36.** Fuerza cortante basal dinámica en “X” y “Y”

TABLE: Story Forces					
Story	Output Case	Case Type	Location	VX tonf	VY tonf
Techo 01	SDXX	LinRespSpec	Bottom	471.8471	84.3109
Techo 01	SDYY	LinRespSpec	Bottom	79.6274	417.8548

### 3.7.2.2.6. Control de derivas

Para el cálculo de los desplazamientos inelásticos, se multiplicó por “0.85R” los desplazamientos elásticos obtenidos en el centro de masas de cada diafragma, por tratarse de una estructura irregular, para posteriormente realizar el cálculo y control de derivas.

**Tabla 37.** Control de derivas inelásticas en “X” y “Y”

TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements									
Dirección	Story	Diaphragm	Output Case	U m	D. Relativo m	A. Entrepiso m	Deriva Elastica m	Deriva Inelástico m	Control E- 030 ≤ 0.007
X-X	Techo 03	D3	SDXX	0.00415	0.00126	3	0.00042	0.0018	OK
	Techo 02	D2	SDXX	0.00289	0.00180	4	0.00045	0.0020	OK
	Techo 01	D1	SDXX	0.00109	0.00109	4	0.00027	0.0012	OK
Y-Y	Techo 03	D3	SDYY	0.00233	0.00073	3	0.00024	0.0011	OK
	Techo 02	D2	SDYY	0.00160	0.00099	4	0.00025	0.0011	OK
	Techo 01	D1	SDYY	0.00061	0.00061	4	0.00015	0.0007	OK

Como se puede apreciar las derivas inelásticas cumple con lo establecido en nuestra norma de diseño sismorresistente E.030 el valor máximo de 0.007, lo que indica que la estructura está dotada de suficiente rigidez.

### 3.7.2.2.7. Verificación del cortante dinámico

Se comprobó que se cumpla con el art. 29.4 de la norma E.030 (Fuerza Cortante Mínima), en donde se indica que para estructuras irregulares la cortante dinámica tiene que ser como mínimo el 90% de la cortante estática en cada dirección de análisis.

$$Factor\ Escala = \frac{0.9 \times V_{Estática}}{V_{Dinámica}} \quad (estructura\ irregular)$$

**Tabla 38. Fuerza cortante mínima en “X” y “Y”**

<b>Load Case/Combo</b>	<b>FX tonf</b>	<b>FY tonf</b>
SEXX	500.3944	-
SEYY	-	472.5949
SDXX	471.8471	-
SDYY	-	417.8548
%	94%	88%
Factor Escala	-	<b>1.02</b>
SISXX	471.8471	
SISYY		426.2119
%	94%	90%

De la tabla 38, podemos observar que en la dirección X el cortante dinámico cumple con el porcentaje mínimo, mientras que en la dirección Y necesitó escalarse.

### **3.7.3. Análisis con la inclusión de disipadores de energía de fluido viscoso**

Con el análisis convencional se logra que tenga un mejor comportamiento ante un evento sísmico, pero se obtendría importantes daños estructurales ocasionados por las deformaciones plásticas (disipación de energía únicamente por la estructura).

Como se indicó en el ítem 2.2.10, la inclusión de DEFV en una estructura, puede mejorar su comportamiento estructural mediante la adición de amortiguamiento, permitiendo de esta forma reducir la participación de los elementos estructurales en la disipación de energía en el rango inelástico y logrando evitar posibles fallas de estos durante un sismo severo.

Dada la situación de que las estructura es una edificación esencial y la norma de diseño sismorresistente peruana no relaciona las derivas con el daño esperado, para el análisis de la estructura con DEFV se usará la Metodología Hazus.

#### **3.7.3.1. Análisis sísmico dinámico modal espectral con R = 1**

Para este análisis los parámetros a usar son los mismos que se empearon en el ítem 3.7.2.2, con la diferencia que esta vez se consideró el valor de R=1, con lo cual se está pasando de un sismo moderado a un sismo totalmente severo, obteniendo de esta forma un espectro de pseudo-aceleración total, el cual es denominado espectro objetivo

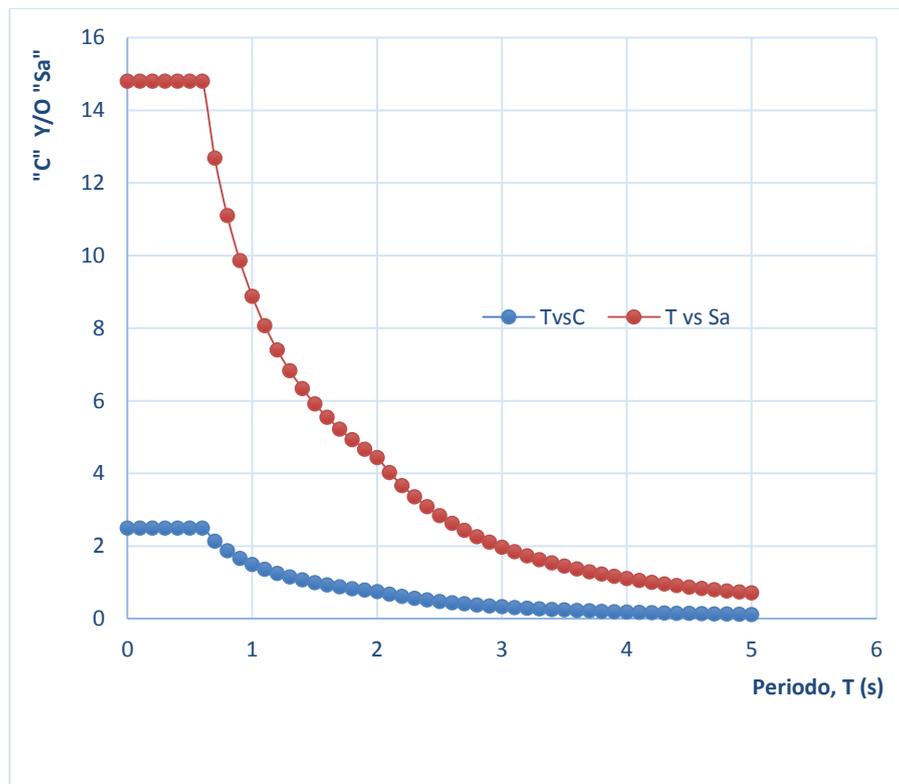
(Espectro de diseño o Target), al cual tendrán que escalarse los registros sísmicos, además sus resultados serán contrastados con los del análisis tiempo historia lineal y posteriormente se definirá al sismo de diseño para un análisis por desempeño.

**Tabla 39.** *Parámetros para sismo dinámico modal – espectral con  $R = 1$*

Parámetros Sísmicos	Dirección
Z	0.35
S	1.15
TP(s)	0.6
TL(s)	2
U	1.5
Rxx=Ryy	1
g (m/s <sup>2</sup> )	9.80665

Con los parámetros de la tabla 39, se procedió a crear un nuevo espectro de pseudo-aceleraciones llamado objetivo o de diseño.

**Figura 37.** *Espectro de pseudo-aceleración  $R = 1$  (T vs Sa) y el espectro "T vs C"*



La figura 37 muestra el espectro objetivo (T vs Sa), al cual tendrá que escalarse los registros sísmicos seleccionados para el análisis tiempo historia.

Para obtener los valores de pseudo-aceleración, se multiplicó los valores de C mostrados en la figura 37, por un factor de escala (*F.E.*) que su valor es igual para ambas direcciones de análisis y se calcula de la siguiente manera:

$$F.E. = \frac{Z.U.S.g}{R} = \frac{0.35 \times 1.5 \times 1.15 \times 9.80665}{1} = 5.92076$$

Para el análisis en el software Etabs se utilizó el espectro T vs C, pero con el factor de escala calculado con R=1. A continuación se muestra las derivas obtenidas:

**Tabla 40.** Control de derivas en análisis dinámico con  $R = 1$

TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements								
Dirección	Story	Diaphragm	Output Case	U m	D. Relativo m	A. Entrepiso m	Deriva Inelástica	Control E-030 $\leq 0.007$
X-X	Techo 03	D3	SDXX - R=1	0.02116	0.00640	3	0.00213	OK
	Techo 02	D2	SDXX - R=1	0.01476	0.00920	4	0.00230	OK
	Techo 01	D1	SDXX - R=1	0.00556	0.00556	4	0.00139	OK
Y-Y	Techo 03	D3	SDYY - R=1	0.01258	0.00393	3	0.00131	OK
	Techo 02	D2	SDYY - R=1	0.00865	0.00534	4	0.00133	OK
	Techo 01	D1	SDYY - R=1	0.00331	0.00331	4	0.00083	OK

### 3.7.3.2. Registros sísmicos

Se consideró 3 pares de registros sísmicos, siendo el mínimo permitido por la NTP E.030-2019, los cuales están considerados entre los más severo ocurridos en la historia del Perú.

**Tabla 41.** Datos de los registros sísmicos considerados para en análisis

Lugar	Ubicación de la Estación	Fecha	Componentes	Aceleración máxima (cm/s <sup>2</sup> )	Intervalo (s)	N° puntos	Duración (s)
Ica	Universidad Nacional San Luis Gonzaga (Ica)	15 de agosto del 2007	E-W	-272.20	0.01	21806	218.06
			N-S	334.10	0.01	21806	
ANCASH	Parque de la Reserva (Lima)	31 de mayo de 1970	E-W	-104.80	0.02	2259	45.16
			N-S	-97.70	0.02	2259	
Lima	Parque de la Reserva (Lima)	17 de octubre de 1966	E-W	-180.59	0.02	9882	197.64
			N-S	-269.34	0.02	9882	

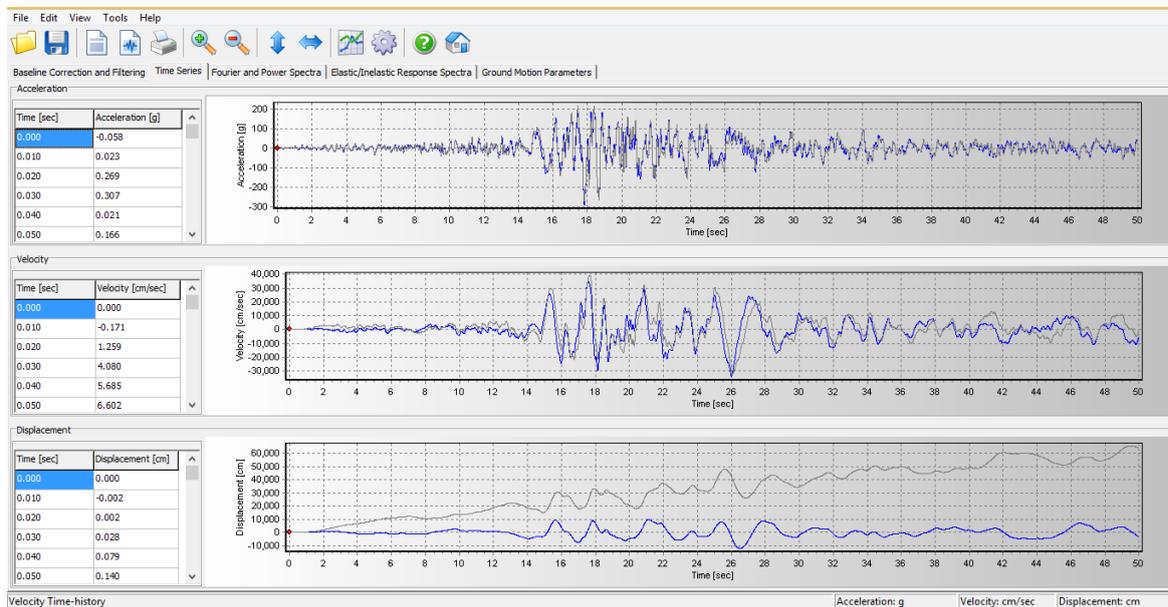
Se debe tener presente que los registros sísmicos se encuentran en unidades Gal ( $cm/s^2$ ), por lo que al subirlo al Etabs se debe tener en consideración.

### 3.7.3.3. Corrección y escalamiento de acelerogramas

Para la presente investigación se optó por usar el Software SeismoSignal para realizar la corrección por línea base y filtrado, y el software SeismoMatch para realizar el escalamiento respectivo al espectro de diseño construido con  $R=1$  (espectro objetivo).

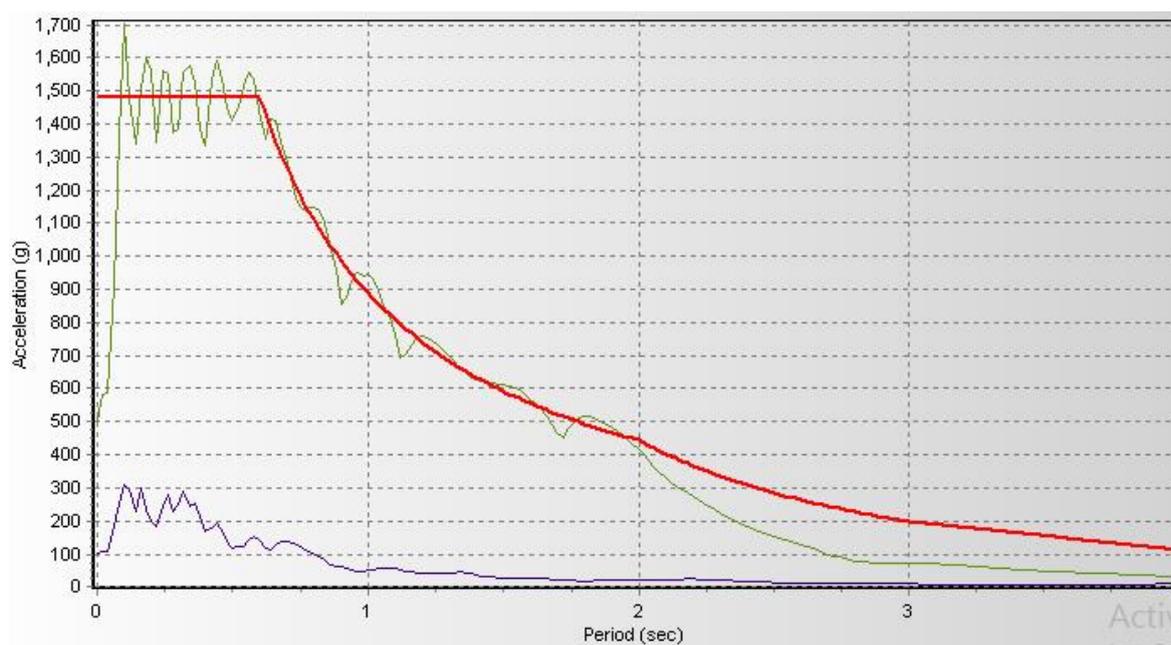
Se ejecutó las correcciones tanto de línea base como de filtrado, dejando así solo las ondas sísmicas en los acelerogramas. En la figura 38, se puede apreciar las ondas corregidas vs las no corregidas del sismo de Ica 2007 E-W en el SeismoSignal, de esta forma se realizó la corrección de los 3 pares de registros sísmicos.

**Figura 38.** Ondas corregidas vs no corregidas en el SeismoSignal



Luego se llevó a cabo el escalamiento de los 3 pares de registros sísmicos ya corregidos al espectro objetivo o de diseño. La figura 39 muestra el escalamiento del Sismo de Ica 2007 E-W, se puede apreciar con color morado el registro sin escalar, con color verde el registro escalado y con color rojo el espectro objetivo, de esta manera se realizó el escalamiento de los 3 pares de registros sísmicos.

**Figura 39.** Registro sin escalar, registro escalado y espectro objetivo



Una vez corregidos y escalados los acelerogramas en cada dirección ortogonal de análisis, se presenta las máximas aceleraciones en la siguiente tabla:

**Tabla 42.** Aceleraciones máximas de los registros sísmicos escalados

Ubicación de la Estación	Fecha	Componentes	Aceleración máxima (cm/s <sup>2</sup> )	Intervalo (s)	Duración (s)
Universidad Nacional San Luis Gonzaga (Ica)	15 de agosto del 2007 (ICA)	E-W	-674.556	0.01	218.06
		N-S	-620.132	0.01	
Parque de la Reserva (Lima)	31 de mayo de 1970 (ANCASH)	E-W	574.540	0.02	97.96
		N-S	601.456	0.02	
Parque de la Reserva (Lima)	17 de octubre de 1966 (LIMA)	E-W	550.47	0.02	197.64
		N-S	-741.12	0.02	

#### 3.7.3.4. Análisis tiempo historial lineal sin disipadores de fluido viscoso

Se procedió a ingresar al Software Etabs los acelerogramas corregidos y escalados al espectro objetivo ante sismo severo, determinando de esta manera las derivas máximas los dos casos de análisis por acelerograma.

**Tabla 43.** Control de derivas en la dirección X (Análisis tiempo historia lineal)

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X						
NIVEL	ICA 2007		LIMA 1966		ANCASH 1970	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
3	0.00165	0.00223	0.00167	0.00164	0.00135	0.00061
2	0.00180	0.00244	0.00245	0.00244	0.00192	0.00089
1	0.00112	0.00152	0.00106	0.00108	0.00077	0.00039

**Tabla 44.** Control de derivas en la dirección Y (Análisis tiempo historia lineal)

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y						
NIVEL	ICA 2007		LIMA 1966		ANCASH 1970	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
3	0.00141	0.00077	0.00070	0.00082	0.00080	0.00088
2	0.00148	0.00074	0.00097	0.00112	0.00107	0.00120
1	0.00097	0.00052	0.00044	0.00049	0.00044	0.00052

### 3.7.3.5. Determinación del sismo diseño

Seguidamente se muestra la variación existente entre las derivas halladas con el análisis tiempo historia lineal vs las derivas halladas con el análisis dinámico con  $R=1$ , mediante un cociente.

Como criterio adicional se recomienda elegir sismo de diseño el caso en los que los valores de este cociente estén lo más próximo a la unidad y descartar los casos en los que los valores que estén por debajo de 0.8 y por encima de 1.5, para cada dirección de análisis respectivamente.

**Tabla 45.** Razón de derivas del ATH Lineal vs análisis dinámico con  $R=1$  en X

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X						
NIVEL	ICA 2007		LIMA 1966		ANCASH 1970	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
3	0.773	1.047	0.782	0.770	0.632	0.285
2	0.784	1.063	1.066	1.062	0.836	0.389
1	0.803	1.096	0.760	0.778	0.557	0.279

**Tabla 46.** Razón de derivas del ATH Lineal vs análisis dinámico con  $R=1$  en Y

NIVEL	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y					
	ICA 2007		LIMA 1966		ANCASH 1970	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
3	1.07909	0.58418	0.53046	0.62297	0.61171	0.66932
2	1.10845	0.55797	0.72729	0.84117	0.80202	0.89830
1	1.17372	0.63384	0.53464	0.59381	0.53631	0.62590

Finalmente se eligió sismo de diseño severo el de ICA 2007 – CASO 2 para la dirección X y el de ICA 2007 – CASO 1 para la dirección Y, con los cuales se procederá a calcular las propiedades del disipador de fluido viscoso en cada dirección de análisis respectivamente.

### 3.7.3.6. Elección de la deriva objetivo

Como ya se ha indicado, con el fin de mejorar el comportamiento estructural de la estructura frente a un sismo severo, es que se incorporará disipadores de energía de fluido viscoso – Taylor, y luego se someterá a un análisis tiempo historia, para posteriormente poder comparar los resultados con los análisis anteriores.

De acuerdo con lo expuesto en el ítem 2.2.11.1 sobre el desempeño sismorresistente de las estructuras, podemos señalar que:

- Según la importancia establecida por el Structural Engineers Association of California (SEAOC) el edificio en estudio corresponde a una estructura del tipo esencial.
- El sismo al cual se somete la edificación es un sismo raro de 475 años de retorno y dada la importancia de la edificación se acepta un estado de daño ligero el cual representa un nivel de desempeño Operacional o Funcional.

Por otro lado, para la presente investigación, la estructura pasará el control de derivas rigiéndose a la metodología Hazus de relación daño – deriva; este control se realizó con las derivas máximas del sismo de diseño en cada dirección de análisis, tal como se muestra en las tablas 47 y 48.

Debido a que la estructura en estudio es de 3 pisos y posee un sistema estructural

de Muros Estructurales, de acuerdo con la tabla 6, es un edificio tipo C2L; por otro lado, considerando que la edificación en estudio fue diseñada usando un código de diseño moderado y es una estructura esencial, la deriva límite será para un estado de daño leve, al cual según la tabla 8 le corresponde un valor de 0.004.

**Tabla 47.** Derivas máximas del sismo de diseño vs deriva objetivo en X

NIVEL	DERIVAS EN X CASO 2 - ICA 2007	E-030 ≤ 0.007	HAZUS ≤ 0.004
3	0.00223	OK	OK
2	0.00244	OK	OK
1	0.00152	OK	OK

**Tabla 48.** Derivas máximas del sismo de diseño vs deriva objetivo en Y

NIVEL	DERIVAS EN Y CASO 1 - ICA 2007	E-030 ≤ 0.007	HAZUS ≤ 0.004
3	0.00141	OK	OK
2	0.00148	OK	OK
1	0.00097	OK	OK

Como se puede apreciar las tablas 47 y 48, la deriva máxima del sismo de diseño en cada dirección de análisis está cumpliendo, es menor valor límite establecido por la metodología Hazus; es decir la estructura sin la incorporación de disipadores de fluido cumple con las derivas establecidas por la metodología Hazus, pero para cumplir con el objetivo de esta investigación, buscaremos sacar beneficio al máximo de los disipadores y ver cuál es la incidencia de su inclusión en la estructura en estudio, por lo que adoptaremos una deriva objetivo de 0.00111 en la dirección X y una deriva objetivo de 0.00067 en la dirección Y, con la finalidad que el amortiguamiento viscoso sea el valor máximo permitido (40%).

### 3.7.3.7. Factor de reducción de la respuesta sísmica (B)

Este factor se calcula en base a la relación entre la máxima deriva obtenida del análisis tiempo-historia de la estructura sin disipadores y la deriva objetivo-planteada para

cada dirección ortogonal de análisis de la edificación.

$$B_{X,Y} = \frac{D_{m\acute{a}xima}}{D_{objetivo}}$$

- **Para X:**

$$B_X = \frac{0.00244}{0.00111} = 2.20$$

- **Para Y:**

$$B_Y = \frac{0.00148}{0.00067} = 2.21$$

### 3.7.3.8. Amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ ) y amortiguamiento viscoso ( $\beta_H$ )

Luego de haber obtenido el factor de reducción sísmica (B), se prosigue a calcular el amortiguamiento efectivo, con la siguiente fórmula:

$$B_{X,Y} = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff_{X,Y}})}$$

Luego, se procede a calcular el amortiguamiento viscoso mediante la siguiente fórmula:

$$\beta_{H_{X,Y}} = \beta_{eff_{X,Y}} - \beta_0$$

Donde:

$B_{X,Y}$  : Factor de reducción de respuesta

$\beta_{eff_{X,Y}}$  : Amortiguamiento efectivo

$\beta_0$  : Amortiguamiento Inherente de la estructura (5%)

$\beta_{H_{X,Y}}$  : Amortiguamiento viscoso

- **Para X:**

$$2.20 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff_X})}$$

$$\beta_{eff_X} = 44.91\%$$

Por consiguiente, el amortiguamiento viscoso será:

$$\beta_{HX} = 44.91\% - 5\% = 39.91\%$$

- **Para Y:**

$$2.21 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{effY})}$$

$$\beta_{effY} = 45.29\%$$

Por consiguiente, el amortiguamiento viscoso será:

$$\beta_{HX} = 45.29\% - 5\% = 40.29\%$$

Por recomendaciones de los fabricantes, el amortiguamiento viscoso debe usarse en un rango de 20% a 40%. Para esta investigación buscaremos sacar el máximo beneficio a los DEFV, por lo que se propone usar el máximo amortiguamiento viscoso permitido (40%), pero el análisis lo haremos de manera iterativa con 5%, 10%, 15%, 20% y finalmente con 40% de amortiguamiento viscoso, para finalmente ver con qué porcentaje trabaja mejor los disipadores.

### **3.7.3.9. Elección de la ubicación de los disipadores en la estructura**

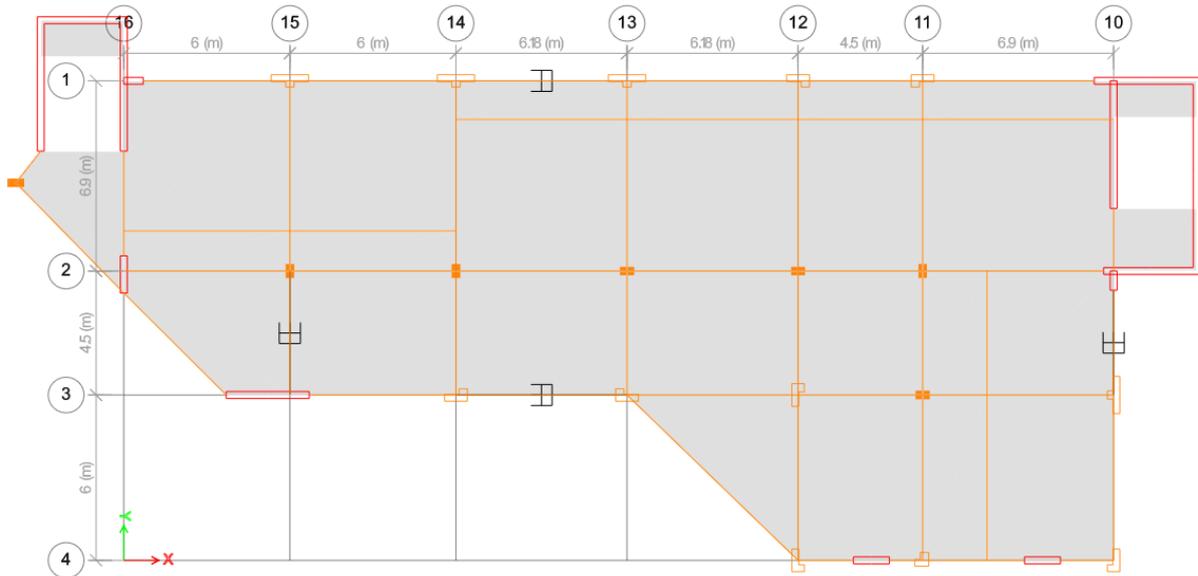
Según el análisis sísmico convencional de la estructura, las derivas están debajo del límite establecido por la norma, por lo que a priori podemos considerar colocar dos DEFV por piso en cada dirección de análisis, lo cual más adelante se corroborará con su cálculo correspondiente.

La ubicación de los DEFV se realizó como indica la norma ASCE 7-16, dos dispositivos como mínimo por piso, los cuales se usarán en los pórticos exteriores y serán ubicados constantes en toda la altura, y simétricos de manera de evitar que se genere torsión. además, se observó los esfuerzos internos más elevados en elementos de corte.

Tomando en cuenta los criterios mencionados anteriormente, para eje X-X se eligió ubicar los disipadores en el pórtico que está en el "Tramo 14 - 13 del eje 1 - 1" y el pórtico que está en el "Tramo 14 - 13 del eje 3 - 3"; por otro lado, para el eje Y-Y se eligió el pórtico que está en el "Tramo 3 - 2 del eje 15 - 15" y el pórtico que está en el "Tramo 3 - 2 del eje

10 - 10". En la figura 40 se puede observar la ubicación en planta de los DEFV.

**Figura 40.** Vista en planta de la ubicación de los disipadores



### 3.7.3.10. Propiedades del disipador de energía

#### 3.7.3.10.1. Rigidez del brazo metálico (K)

Para el cálculo de la rigidez del brazo metálico que estará anclado en diferentes pórticos de la estructura en análisis en disposición diagonal, se empleó un perfil metálico perfil metálico Round HSS 20.00 x 0.375, el cual cuenta con las siguientes propiedades:

**Tabla 49.** Dimensiones y propiedades del perfil metálico

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

Fuente: AISC Steel Construction.

Con los datos del perfil, se procede a calcular la rigidez del brazo metálico con la siguiente formula:

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

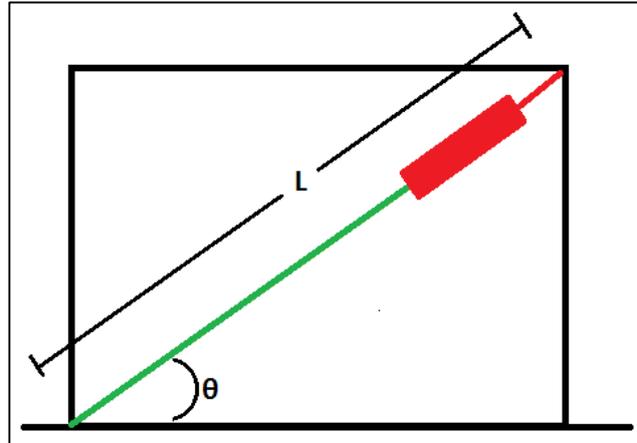
Donde:

$$E = 29000 \text{ ksi} \approx 20.4 \times 10^6 \text{ Tn/m}^2 \quad (\text{módulo de elasticidad del acero})$$

$$A = 10.3 \text{ in}^2 \approx 66.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (\text{área de la sección del brazo metálico}).$$

$L$  = longitud del brazo metálico (Ver Figura 41).

**Figura 41.** Longitud del brazo metálico ( $L$ )



a) Para la dirección X-X

$$L_{Piso\ 1\ y\ 2} = 7.36m \text{ (Piso 1 y 2).}$$

$$L_{Piso\ 3} = 6.87m \text{ (Piso 3).}$$

Por lo tanto:

$$K_{X\ (Piso\ 1\ y\ 2)} = \frac{AE}{L} = \frac{(66.45 \times 10^{-4})(20.4 \times 10^6)}{7.36} = 18418.21\ Tn/m$$

$$K_{X\ (Piso\ 3)} = \frac{AE}{L} = \frac{(66.45 \times 10^{-4})(20.4 \times 10^6)}{6.87} = 19731.88\ Tn/m$$

b) Para la dirección Y-Y

$$L_{Piso\ 1\ y\ 2} = 6.02m \text{ (Piso 1 y 2).}$$

$$L_{Piso\ 3} = 5.41m \text{ (Piso 3).}$$

Por lo tanto

$$K_{Y\ (Piso\ 1\ y\ 2)} = \frac{AE}{L} = \frac{(66.45 \times 10^{-4})(20.4 \times 10^6)}{6.02} = 22517.94\ Tn/m$$

$$K_{Y\ (Piso\ 3)} = \frac{AE}{L} = \frac{(66.45 \times 10^{-4})(20.4 \times 10^6)}{5.41} = 25056.93\ Tn/m$$

### 3.7.3.10.2. Exponente de velocidad “ $\alpha$ ”

El exponente de velocidad propuesto será del valor de 0.50, el cual corresponde a un disipador de fluido viscoso no lineal.

### 3.7.3.10.3. Coeficiente de amortiguamiento no lineal (C)

Se procedió calcular el coeficiente de amortiguamiento para el dispositivo no lineal, el cual es uno de los tres valores indispensables para poder ingresarlo al software, mediante la siguiente ecuación:

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

A continuación, calculamos cada término de la ecuación por separado, para cada dirección de análisis, para posteriormente ensamblarlos en la ecuación.

#### a) Amplitud del desplazamiento del modo fundamental (A)

Según (Villarreal & Díaz La Rosa, 2016), el cálculo de la amplitud de desplazamiento puede ser determinado con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{g \Gamma_1 S_{D1} T_{1D}}{4 \beta_{1D} \pi^2}$$

Donde:

$A$  : Amplitud de desplazamiento.

$g$  : Aceleración de gravedad.

$\Gamma_1$  : Factor de participación del modo fundamental de vibración.

$S_{D1}$  : Ordenada espectral.

$T_1$  : Periodo del primer modo de vibración.

$\beta_{1D}$  : Coeficiente de amortiguamiento (Ver tabla 50).

Primeramente, calculamos el factor de participación del modo fundamental de vibración ( $\Gamma_1$ ):

$$\Gamma_1 = \frac{\overline{M}_1}{\sum_{i=1}^n m_i \Phi_{i1}}$$
$$\overline{M}_1 = \frac{(\sum_{i=1}^n m_i \Phi_{i1})^2}{\sum_{i=1}^n m_i \Phi_{i1}^2}$$

Donde:

$\overline{M}_1$  : Masa sísmica efectivo del primer modo de vibración de la estructura.

$m_i$  : Masa sísmica del nivel  $i$  del edificio.

$\Phi_{i1}$  : Amplitud de desplazamiento en el  $i$ -ésimo nivel de la estructura en primer modo de vibración en la dirección de interés.

**Tabla 50.** Valores del coeficiente de amortiguamiento

Effective Damping, $\beta$ (percentage of critical)	$B_{V+I}, B_{1D}, B_{1E}, B_R, B_{1M}, B_{mD}, B_{mM}$ (where period of the structure $\geq T_0$ )
$\leq 2$	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
$\geq 100$	4.0

Fuente: ASCE SEI 7-16

Luego la amplitud será:

- Para la dirección X-X:

**Tabla 51.** Factor de participación modal en la dirección X

PISO	MASA (Tn.Seg <sup>2</sup> /m)	$\Phi_{i1}$	$m \cdot \Phi_{i1}$	$\Phi_{i1}^2$	$m \cdot \Phi_{i1}^2$
3	29.8552	0.023356	0.697299	0.000546	0.016286
2	40.1598	0.016436	0.660066	0.000270	0.010849
1	45.4730	0.006293	0.286161	0.000040	0.001801
<b>Total</b>	115.4880	-	1.643526	-	0.028936
$\Gamma_1$			<b>56.799</b>		

**Tabla 52.** Amplitud para la dirección X

Parámetro	Para 5%	Para 10%	Para 15%	Para 20%	Para 40%
<b>g</b>	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
<b>r1</b>	56.799	56.799	56.799	56.799	56.799
<b>Sd1</b>	0.296	0.296	0.296	0.296	0.296
<b>T1</b>	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208
<b>B1</b>	1	1.2	1.35	1.5	2.1
<b>Drroof</b>	<b>0.868</b>	<b>0.723</b>	<b>0.643</b>	<b>0.579</b>	<b>0.413</b>

- Para la dirección Y-Y:

**Tabla 53.** Factor de participación modal en la dirección Y

PISO	MASA (Tn.Seg <sup>2</sup> /m)	$\Phi_{i1}$	m. $\Phi_{i1}$	$\Phi_{i1}^2$	m. $\Phi_{i1}^2$
3	29.8552	0.017903	0.534498	0.000321	0.009569
2	40.1598	0.012160	0.488343	0.000148	0.005938
1	45.4730	0.004562	0.207448	0.000021	0.000946
<b>Total</b>	115.4880	-	1.230289	-	0.016454
$\Gamma_1$			<b>74.773</b>		

**Tabla 54.** Amplitud para la dirección Y

Parámetro	Para 5%	Para 10%	Para 15%	Para 20%	Para 40%
<b>g</b>	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
<b>r1</b>	74.773	74.773	74.773	74.773	74.773
<b>SD1</b>	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280
<b>T1</b>	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
<b>B1</b>	1	1.2	1.35	1.5	2.1
<b>Drroof</b>	<b>0.866</b>	<b>0.722</b>	<b>0.642</b>	<b>0.578</b>	<b>0.413</b>

**b) Frecuencia angular ( $\omega$ )**

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

Luego la frecuencia angular será:

- Para la dirección X-X:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.208} = 30.2076 \text{ rad/s}$$

- Para la dirección Y-Y:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.167} = 37.6239 \text{ rad/s}$$

**c) Desplazamiento en ambos extremos del pórtico que contiene el disipador**

– disposición diagonal

- Para la dirección X-X:

**Tabla 55.** Desplazamientos relativos en los extremos del disipador en X

PISO	MODO	Nudo 11/14	Nudo 10/13	$\Phi_{rj}$
3	1	-	0.023356	0.0069
2	1	0.016436	0.016436	0.0101
1	1	0.006293	0.006293	0.0063
Base	1	0	-	-

- Para la dirección Y-Y:

**Tabla 56.** Desplazamientos relativos en los extremos del disipador en Y

PISO	MODO	Nudo 11/16	Nudo 10/29	$\Phi_{rj}$
3	1	-	0.017903	0.0057
2	1	0.01216	0.01216	0.0076
1	1	0.004562	0.004562	0.0046
Base	1	0	-	-

#### d) Parámetro $\lambda$

Para un valor de  $\alpha = 0.5$  le corresponde un valor de  $\lambda$  igual a 3.5 de acuerdo con la tabla brindada por el FEMA 274.

#### e) Coeficiente de amortiguamiento del disipador en X

Se procedió a plasmar todos los valores hallados en cada tabla anteriormente, en el siguiente cuadro general:

**Tabla 57.** Coeficiente de amortiguamiento del disipador en X

PISO	MASA (Tn.Seg <sup>2</sup> /m)	$\theta$ (°)	COS $\theta$	$\Phi_i$	$\Phi_{rj}$	$\cos \theta^{(1+\alpha)} \cdot \Phi_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m \cdot \Phi_i^2$
3	29.8552	25.89	0.900	0.023356	0.006920	0.000491	0.016286
2	40.1598	32.91	0.840	0.016436	0.010143	0.000786	0.010849
1	45.4730	32.91	0.840	0.006293	0.006293	0.000384	0.001801
						<b>0.001661</b>	<b>0.028936</b>

- Para un amortiguamiento viscoso del 5%:

$$\sum C_j = \frac{0.05 \times 2\pi \times 0.868^{1-0.5} \times 30.2076^{2-0.5} \times 0.028936}{3.5 \times 0.001661} = 241.87 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección X:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{disipadores}}$$

$$C_j = \frac{241.87}{2} = 121 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 10%:

$$\sum C_j = \frac{0.10 \times 2\pi \times 0.723^{1-0.5} \times 30.2076^{2-0.5} \times 0.028936}{3.5 \times 0.001661} = 441.49 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección X:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{disipadores}}$$

$$C_j = \frac{441.49}{2} = 221 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 15%:

$$\sum C_j = \frac{0.15 \times 2\pi \times 0.643^{1-0.5} \times 30.2076^{2-0.5} \times 0.028936}{3.5 \times 0.001661} = 624.53 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección X:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{disipadores}}$$

$$C_j = \frac{624.53}{2} = 313 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 20%:

$$\sum C_j = \frac{0.2 \times 2\pi \times 0.579^{1-0.5} \times 30.2076^{2-0.5} \times 0.028936}{3.5 \times 0.001661} = 790.18 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección X:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{disipadores}}$$

$$C_j = \frac{790.18}{2} = 396 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 40%:

$$\sum C_j = \frac{0.4 \times 2\pi \times 0.413^{1-0.5} \times 30.2076^{2-0.5} \times 0.028936}{3.5 \times 0.001661} = 1334.72 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección X:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{1334.72}{2} = 668 \text{ Tn. s/m}$$

#### f) Coeficiente de amortiguamiento del disipador en Y

Se procedió a plasmar todos los valores hallados en cada tabla anteriormente, en el siguiente cuadro general:

**Tabla 58.** Coeficiente de amortiguamiento del disipador en Y-Y

PISO	MASA (Tn.Seg <sup>2</sup> /m)	$\theta$ (°)	COS $\theta$	$\Phi_i$	$\Phi_{rj}$	$\cos \theta^{(1+\alpha)} \cdot \Phi_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m \cdot \Phi_i^2$
3	29.8552	33.69	0.832	0.017903	0.005743	0.000330	0.009569
2	40.1598	41.63	0.747	0.012160	0.007598	0.000428	0.005938
1	45.4730	41.63	0.747	0.004562	0.004562	0.000199	0.000946
						<b>0.000957</b>	<b>0.016454</b>

- Para un amortiguamiento viscoso del 5%:

$$\sum C_j = \frac{0.05 \times 2\pi \times 0.866^{1-0.5} \times 37.6239^{2-0.5} \times 0.016454}{3.5 \times 0.000957} = 331.28 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección Y:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{331.28}{2} = 166 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 10%:

$$\sum C_j = \frac{0.1 \times 2\pi \times 0.722^{1-0.5} \times 37.6239^{2-0.5} \times 0.016454}{3.5 \times 0.000957} = 604.98 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección Y:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{604.98}{2} = 303 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 15%:

$$\sum C_j = \frac{0.15 \times 2\pi \times 0.642^{1-0.5} \times 37.6239^{2-0.5} \times 0.016454}{3.5 \times 0.000957} = 885.72 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección Y:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{885.72}{2} = 428 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 20%:

$$\sum C_j = \frac{0.2 \times 2\pi \times 0.578^{1-0.5} \times 37.6239^{2-0.5} \times 0.016454}{3.5 \times 0.000957} = 1082.59 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección Y:

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{1082.59}{2} = 542 \text{ Tn. s/m}$$

- Para un amortiguamiento viscoso del 40%:

$$\sum C_j = \frac{0.4 \times 2\pi \times 0.413^{1-0.5} \times 37.6239^{2-0.5} \times 0.016454}{3.5 \times 0.000957} = 1830.24 \text{ Tn. s/m}$$

Empleando 2 disipadores por nivel se tiene en la dirección Y:

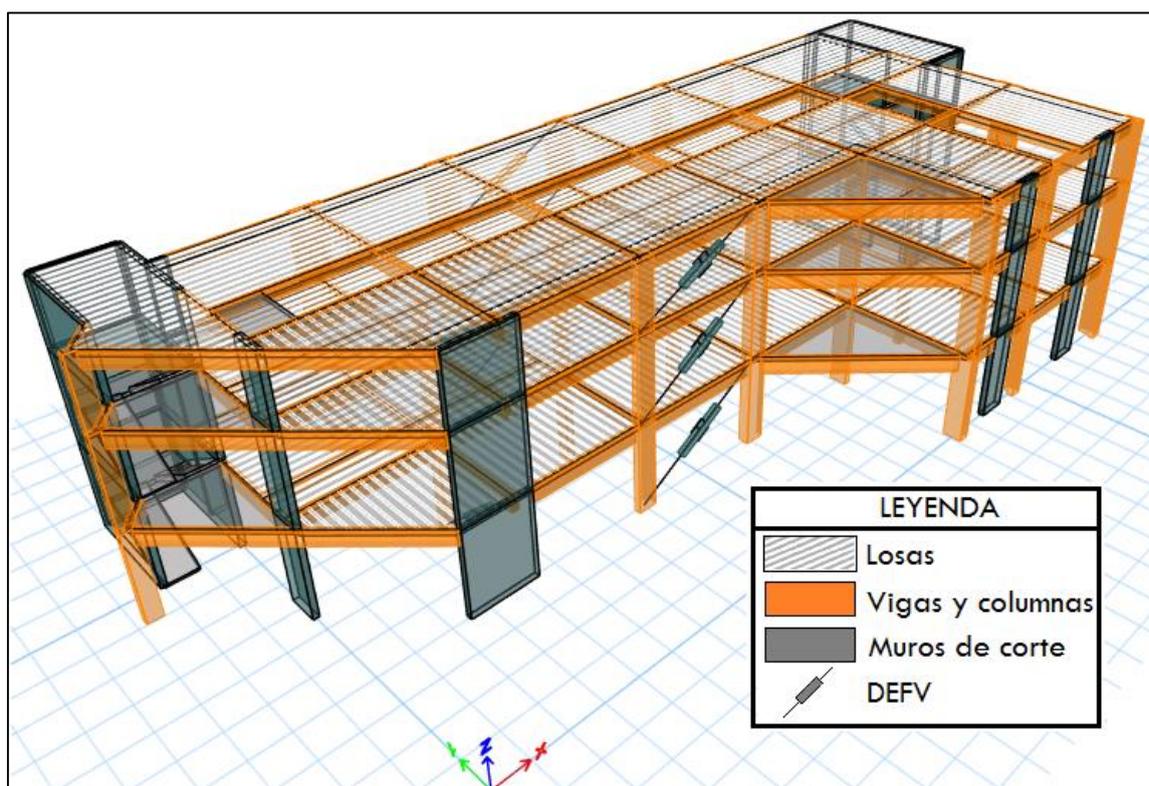
$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{1830.24}{2} = 916 \text{ Tn. s/m}$$

### 3.7.3.11. Análisis sísmico dinámico no lineal Tiempo – Historial con inclusión de disipadores

Con la inclusión de los DEFV en el modelamiento en el software Etabs (ver figura 42), se procedió a realizar el análisis no lineal tiempo – historia.

**Figura 42.** Vista 3D del modelo estructural con disposición y ubicación de los DEFV



### 3.7.3.11.1. Control de derivas de la estructura con los disipadores

Una vez calculadas las propiedades de los disipadores diagonales dos direcciones de análisis, se procede a calcular los desplazamientos y derivas para el sismo de diseño.

- Para un amortiguamiento viscoso del 5%

**Tabla 59.** Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 5%

Piso	Diaf.	Sismo	UX (m)	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 2_lca 2007 Max	0.020516	0.00603	3	0.00201	OK
2	D2	CASO 2_lca 2007 Max	0.014489	0.00888	4	0.00222	OK
1	D1	CASO 2_lca 2007 Max	0.005605	0.00561	4	0.00140	OK

**Tabla 60.** Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 5%

Piso	Diaf.	Sismo	UY (m)	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 1_lca 2007 Max	0.012235	0.00366	3	0.00122	OK
2	D2	CASO 1_lca 2007 Max	0.008577	0.00515	4	0.00129	OK
1	D1	CASO 1_lca 2007 Max	0.003429	0.00343	4	0.00086	OK

- Para un amortiguamiento viscoso del 10%

**Tabla 61.** Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 10%

Piso	Diáf.	Sismo	UX m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 2_lca 2007 Max	0.020135	0.00588	3	0.00196	OK
2	D2	CASO 2_lca 2007 Max	0.014253	0.00872	4	0.00218	OK
1	D1	CASO 2_lca 2007 Max	0.00553	0.00553	4	0.00138	OK

**Tabla 62.** Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 10%

Piso	Diáf.	Sismo	UY m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 1_lca 2007 Max	0.012025	0.00358	3	0.00119	OK
2	D2	CASO 1_lca 2007 Max	0.008448	0.00506	4	0.00126	OK
1	D1	CASO 1_lca 2007 Max	0.003392	0.00339	4	0.00085	OK

- Para un amortiguamiento viscoso del 15%

**Tabla 63.** Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 15%

Piso	Diáf.	Sismo	UX m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 2_lca 2007 Max	0.020076	0.00584	3	0.00195	OK
2	D2	CASO 2_lca 2007 Max	0.014239	0.00870	4	0.00217	OK
1	D1	CASO 2_lca 2007 Max	0.005542	0.00554	4	0.00139	OK

**Tabla 64.** Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 15%

Piso	Diáf.	Sismo	UY m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 1_lca 2007 Max	0.011998	0.00356	3	0.00119	OK
2	D2	CASO 1_lca 2007 Max	0.008441	0.00504	4	0.00126	OK
1	D1	CASO 1_lca 2007 Max	0.0034	0.00340	4	0.00085	OK

- Para un amortiguamiento viscoso del 20%

**Tabla 65.** Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 20%

Piso	Diaf.	Sismo	UX m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 2_lca 2007 Max	0.020057	0.00581	3	0.00194	OK
2	D2	CASO 2_lca 2007 Max	0.014243	0.00869	4	0.00217	OK
1	D1	CASO 2_lca 2007 Max	0.005556	0.00556	4	0.00139	OK

**Tabla 66.** Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 20%

Piso	Diaf.	Sismo	UY m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 1_lca 2007 Max	0.01199	0.00355	3	0.00118	OK
2	D2	CASO 1_lca 2007 Max	0.008442	0.00503	4	0.00126	OK
1	D1	CASO 1_lca 2007 Max	0.003412	0.00341	4	0.00085	OK

- **Para un amortiguamiento viscoso del 40%**

**Tabla 67.** Derivas en X del edificio con un amortiguamiento viscoso del 40%

Piso	Diaf.	Sismo	UX m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 2_lca 2007 Max	0.020138	0.00584	3	0.00195	OK
2	D2	CASO 2_lca 2007 Max	0.0143	0.00871	4	0.00218	OK
1	D1	CASO 2_lca 2007 Max	0.005592	0.00559	4	0.00140	OK

**Tabla 68.** Derivas en Y del edificio con un amortiguamiento viscoso del 40%

Piso	Diaf.	Sismo	UY m	D. Relativo (m)	A. entrepiso (m)	Derivas Inelásticas	Control HAZUS ≤ 0.004
3	D3	CASO 1_lca 2007 Max	0.011962	0.00353	3	0.00118	OK
2	D2	CASO 1_lca 2007 Max	0.008432	0.00501	4	0.00125	OK
1	D1	CASO 1_lca 2007 Max	0.003424	0.00342	4	0.00086	OK

Como se puede apreciar en la dirección X, la deriva máxima de 0.00244 (edificio sin disipadores), incorporando al edificio un amortiguamiento viscoso del 5% se redujo hasta 0.00222, incorporando 10% se redujo hasta 0.00218, incorporando 15% se redujo hasta 0.00217, incorporando 20% se redujo hasta 0.00217 e incorporando 40% se redujo hasta 0.00218.

En la dirección Y, la deriva máxima de 0.00148 (edificio sin disipadores), incorporando al edificio un amortiguamiento viscoso del 5% se redujo hasta 0.00129,

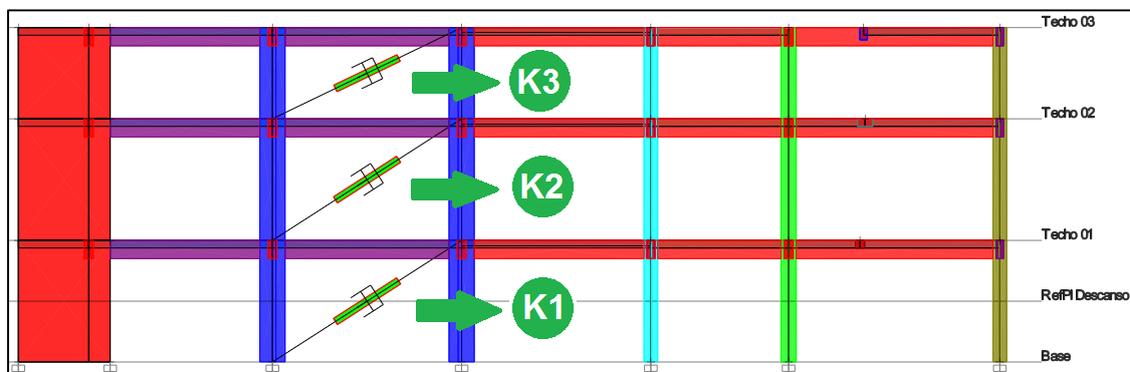
incorporando 10% se redujo hasta 0.00126, incorporando 15% se redujo hasta 0.00126, incorporando 20% se redujo hasta 0.00126 e incorporando 40% se redujo hasta 0.00125.

En ambas direcciones de análisis podemos observar que la reducción de las derivas insignificante, no se llega a la deriva objetivo-planteada; incorporando 40% de amortiguamiento en la estructura la deriva prácticamente es la misma que se logra al incorporar 20%, por lo que ya no se considerará en los análisis siguientes.

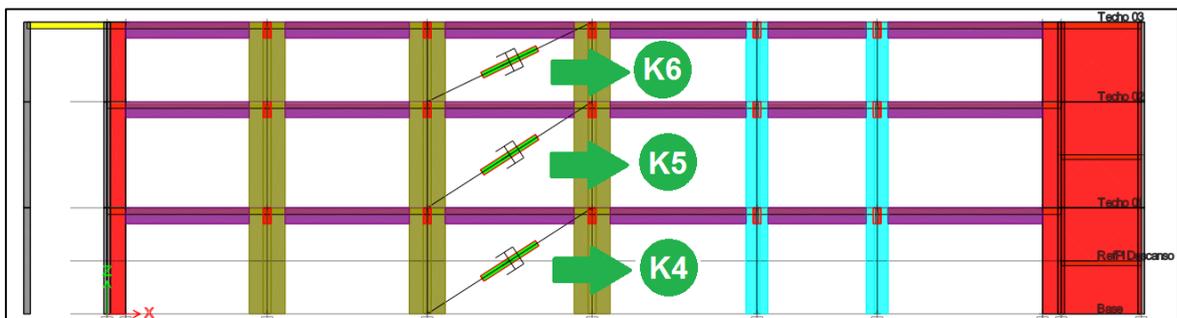
### 3.7.3.11.2. Comportamiento histerético

A continuación, se presenta la ubicación de los DEVF en la estructura y seguidamente se presenta las curvas de histéresis (Desplazamiento vs Fuerza) de los disipadores, para un amortiguamiento viscoso del 5%, 15% y 20%, para cada dirección de análisis respectivamente, con el objetivo de mostrar su comportamiento y forma histerética, teniendo en cuenta que para un disipador de fluido viscoso la forma ideal de la curva histerética debe tener una tendencia elíptica.

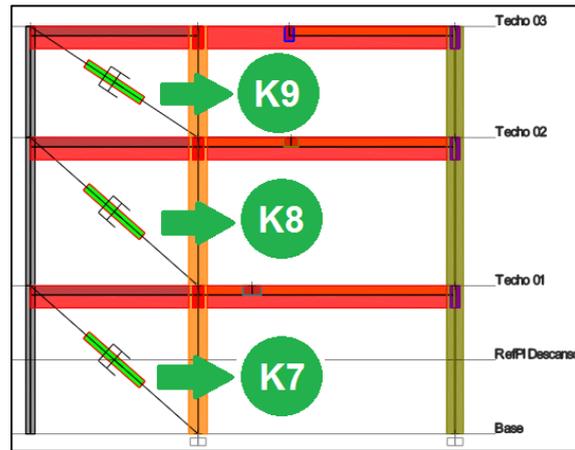
**Figura 43.** Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje X-3



**Figura 44.** Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje X-1



**Figura 45.** Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje Y-15



**Figura 46.** Vista de los disipadores en verificación histerética en el eje Y-10

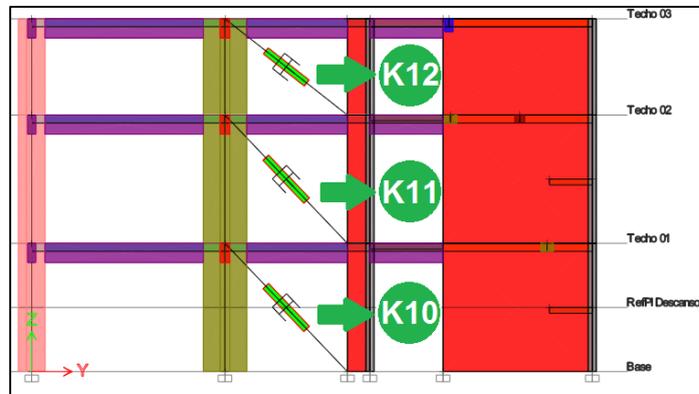


Figura 47. Curvas histeréticas de disipadores con 5% de amortiguamiento en eje X

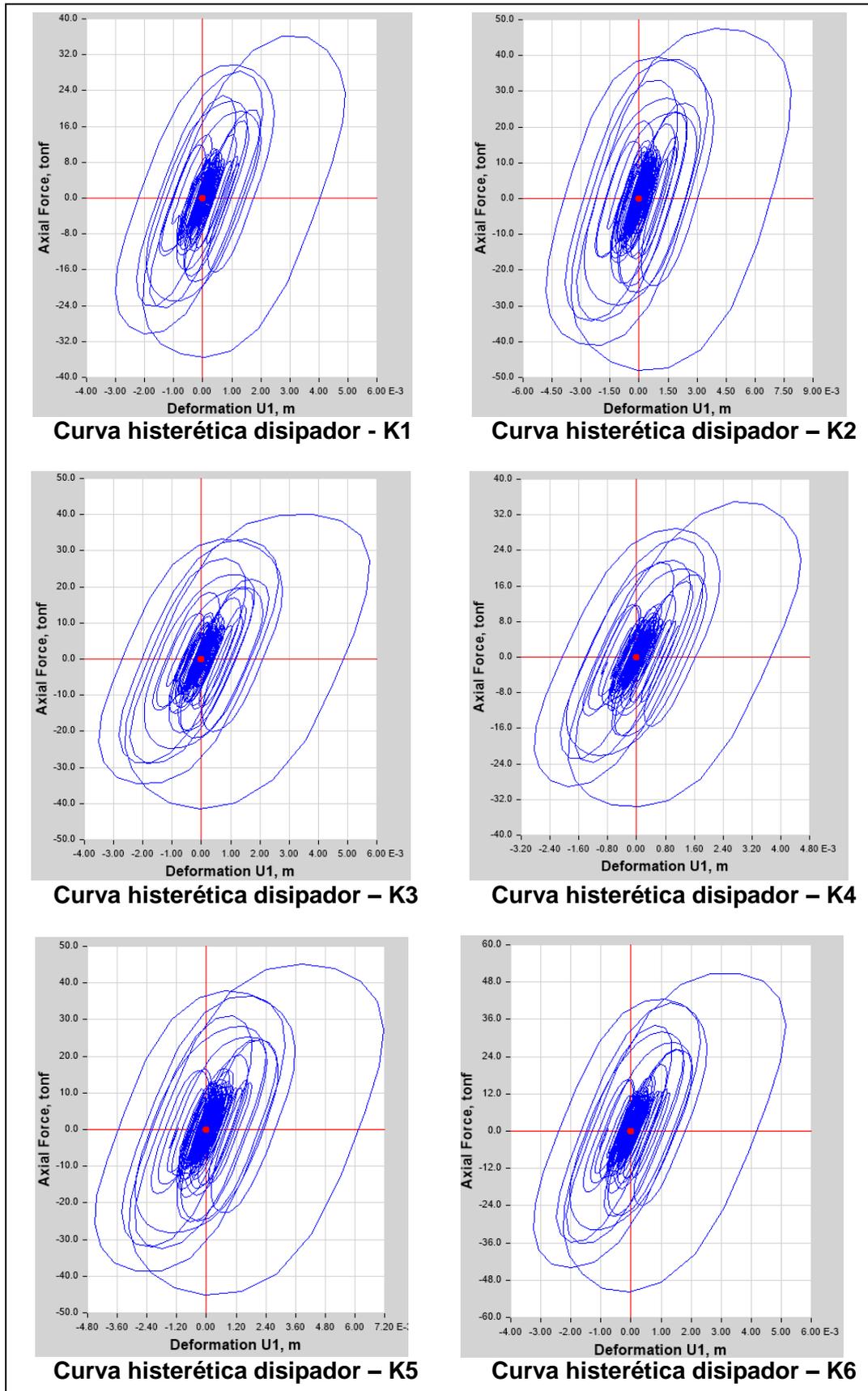
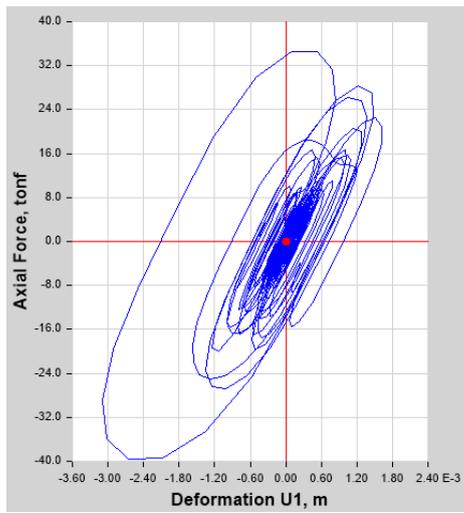
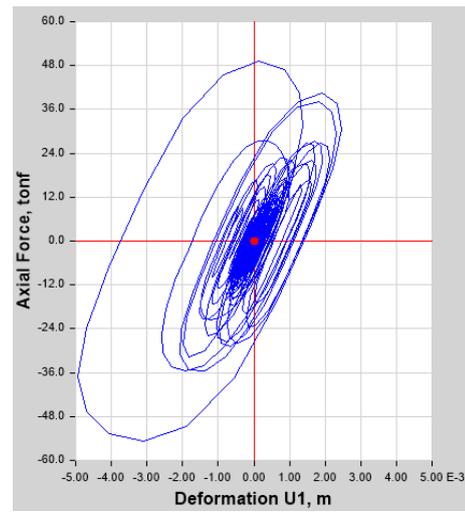


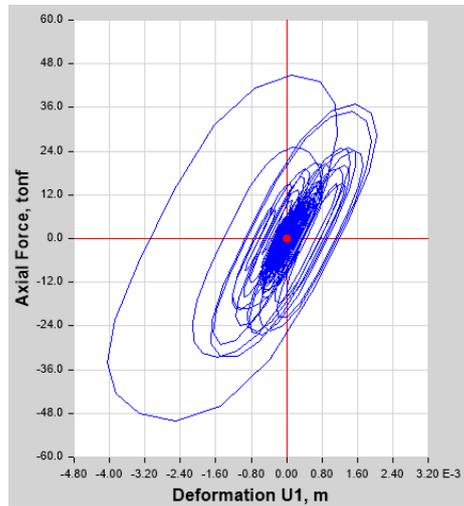
Figura 48. Curvas histeréticas de disipadores con 5% de amortiguamiento en eje Y



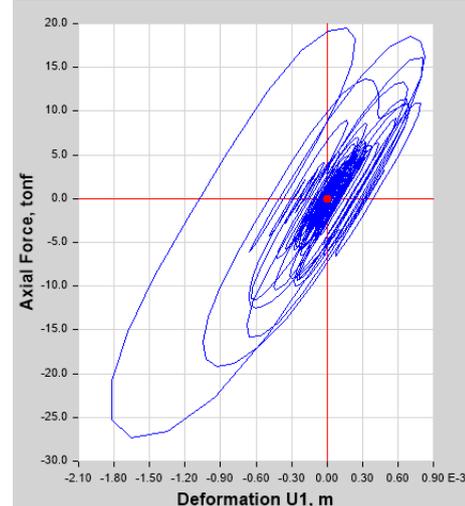
Curva histerética disipador - K7



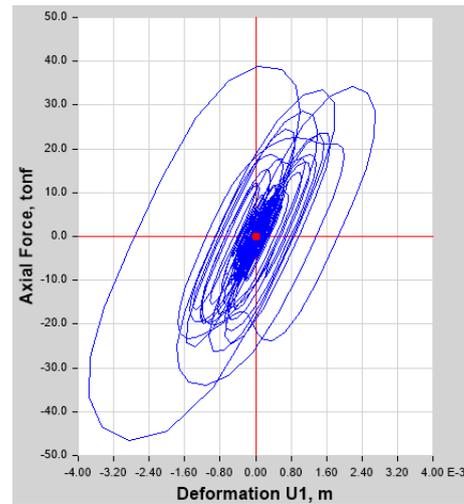
Curva histerética disipador - K8



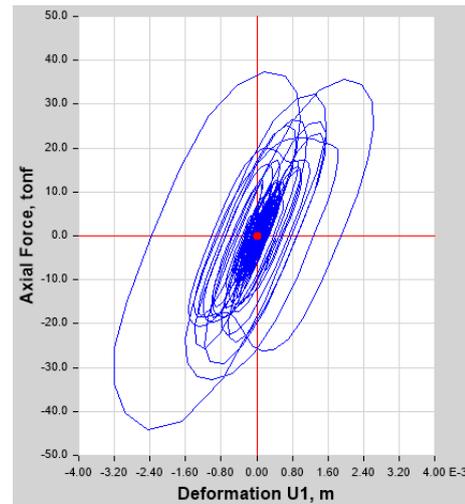
Curva histerética disipador - K9



Curva histerética disipador - K10



Curva histerética disipador - K11



Curva histerética disipador - K12

**Figura 49.** Curvas histeréticas de disipadores con 10% de amortiguamiento en eje X

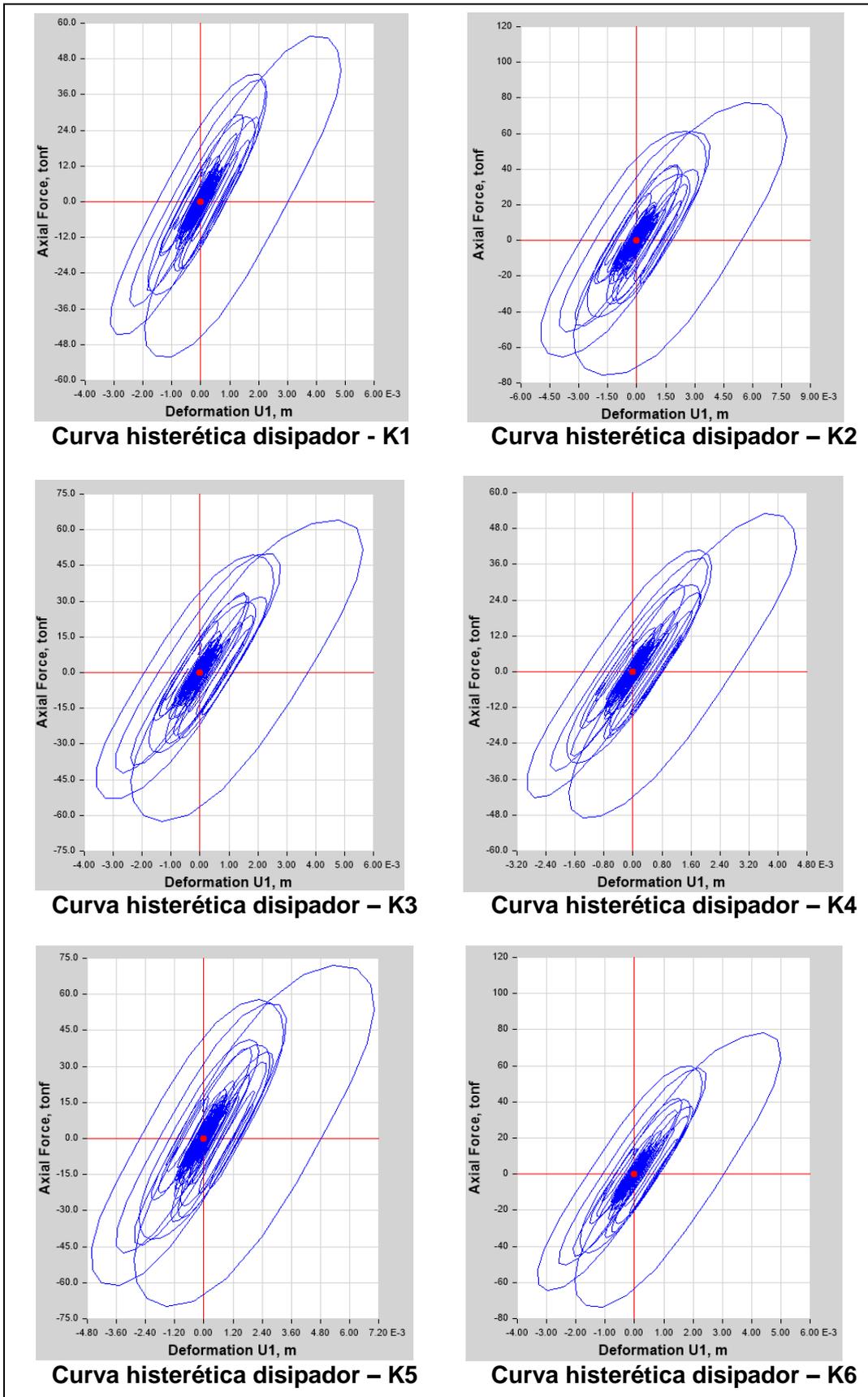
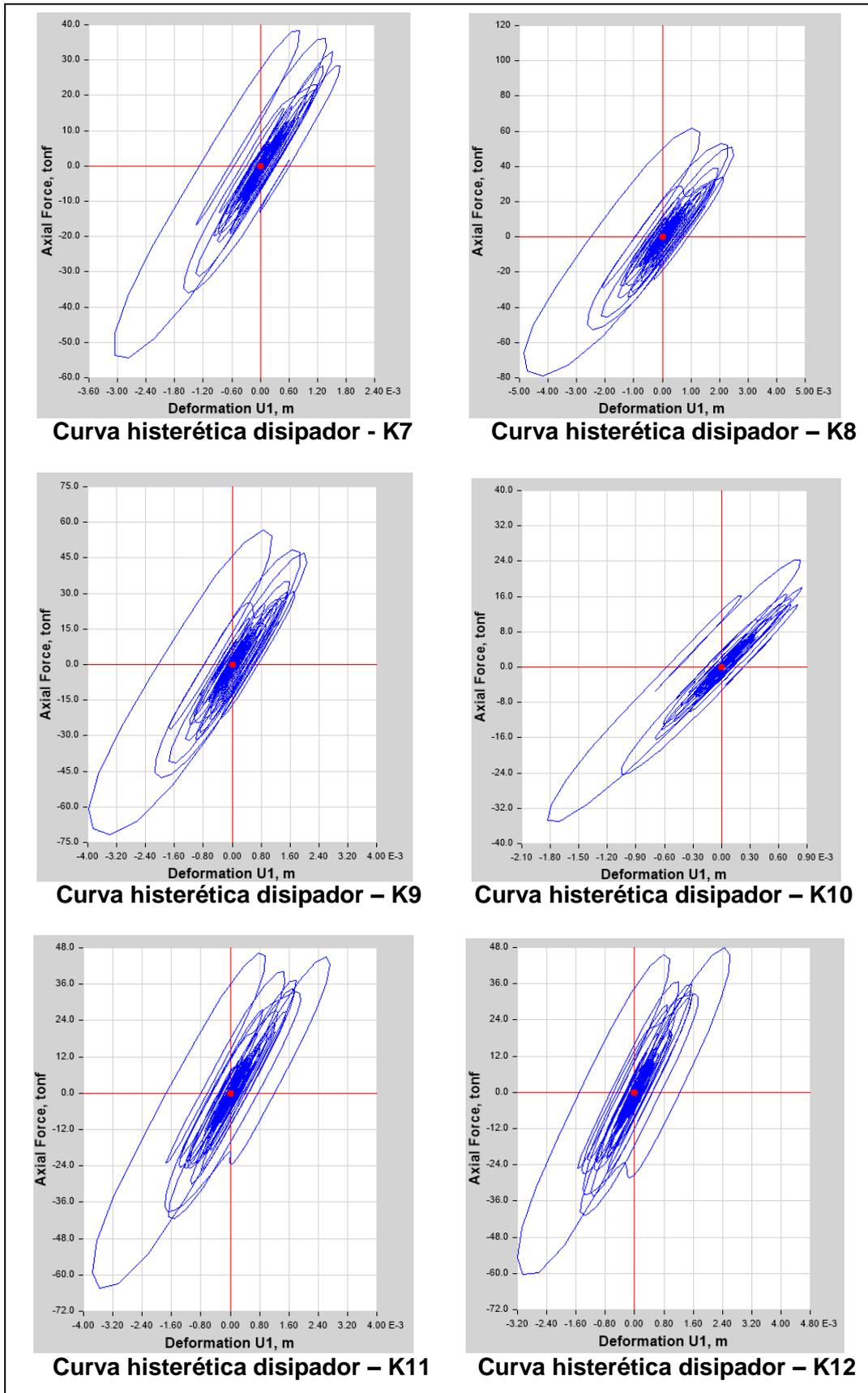


Figura 50. Curvas histeréticas de disipadores con 10% de amortiguamiento en eje Y



**Figura 51.** Curvas histeréticas de disipadores con 15% de amortiguamiento en eje X

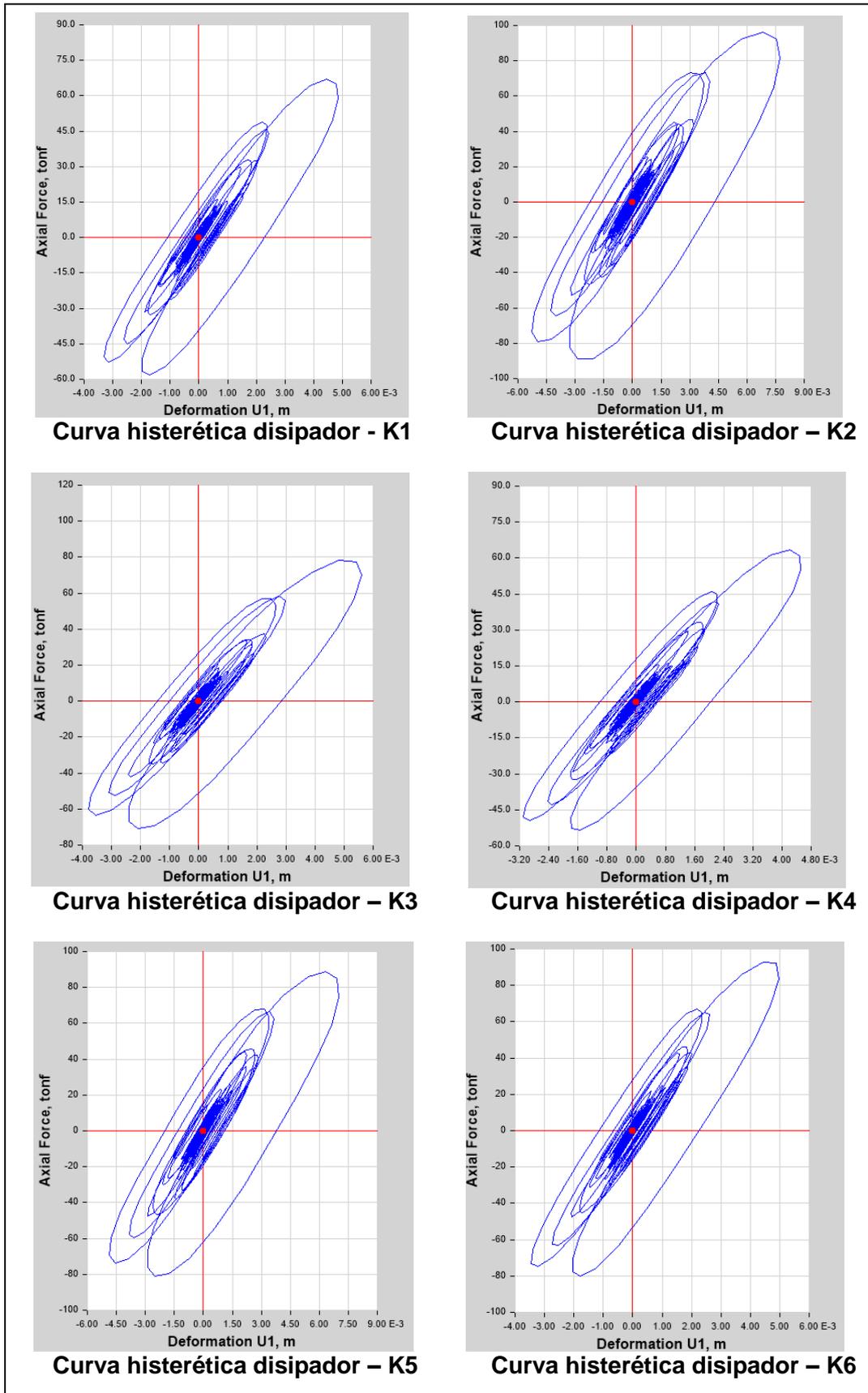


Figura 52. Curvas histeréticas de disipadores con 15% de amortiguamiento en eje Y

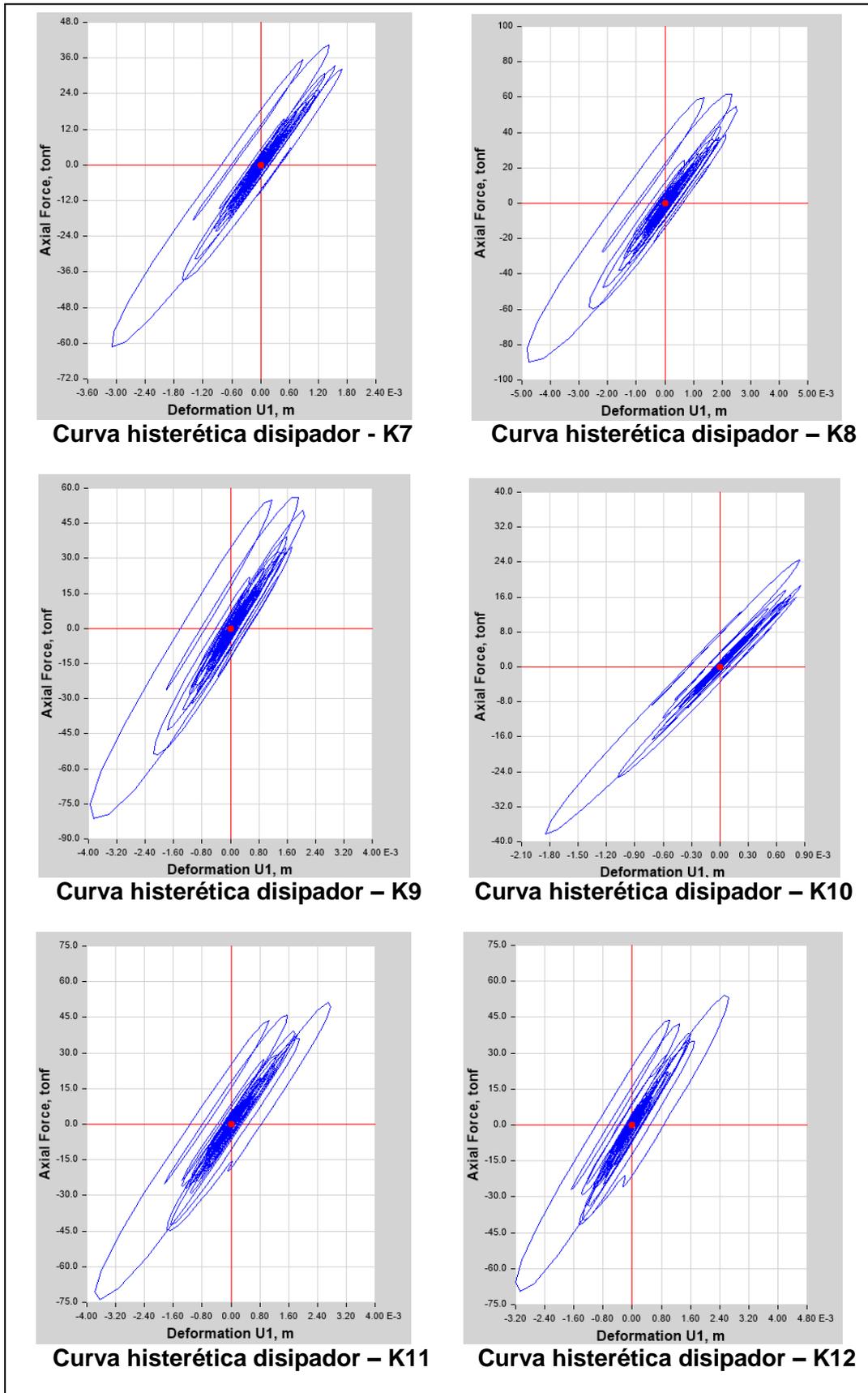


Figura 53. Curvas histeréticas de disipadores con 20% de amortiguamiento en eje X

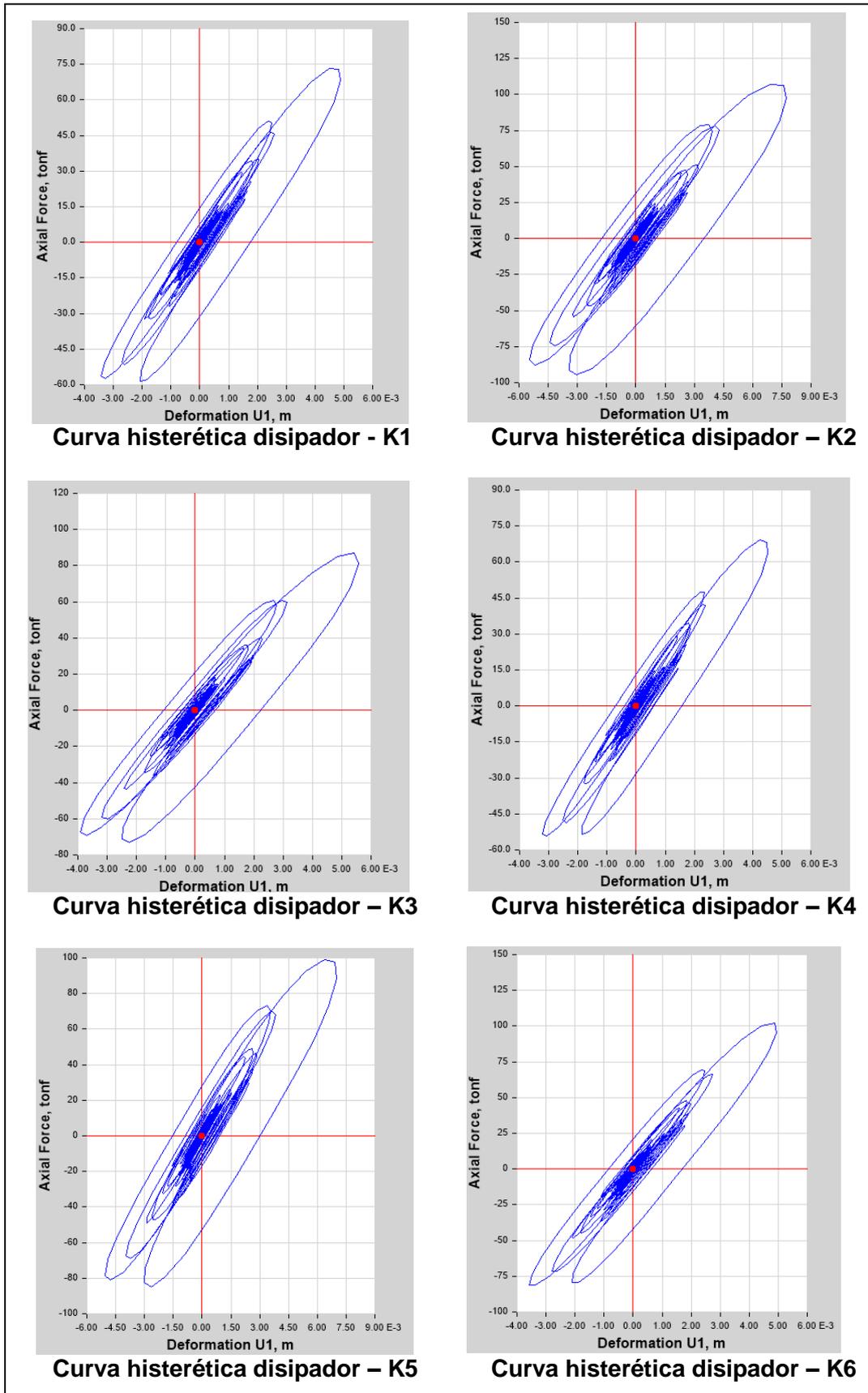
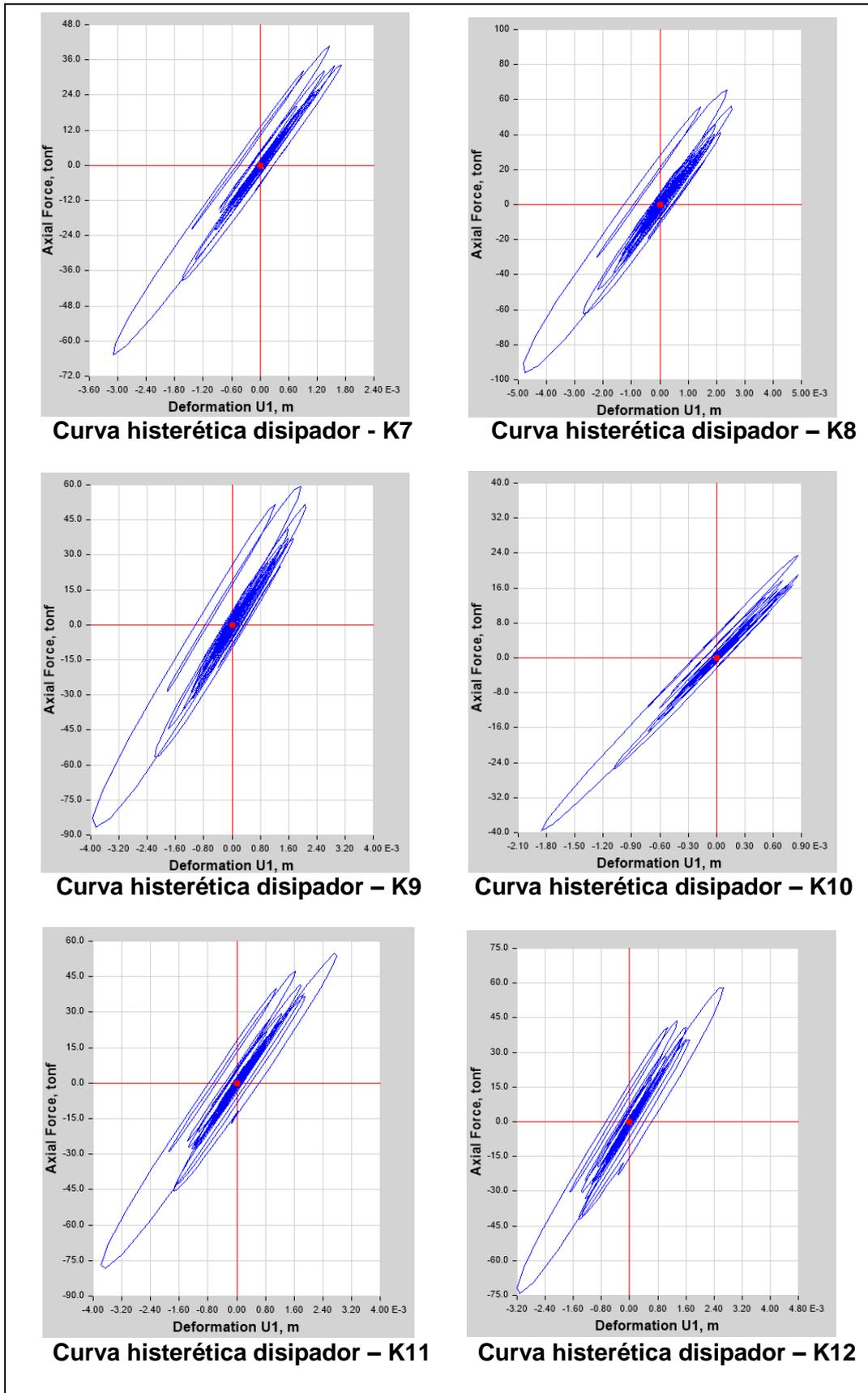


Figura 54. Curvas histeréticas de disipadores con 20% de amortiguamiento en eje Y



Al realizar la evaluación de cada uno de los disipadores para el 5%, 10%, 15% y 20% de amortiguamiento viscoso y para cada dirección de análisis, se observó que para los disipadores con un amortiguamiento viscoso del 5% se obtiene su comportamiento histerético correcto, es decir se logra las curvas histeréticas con una tendencia elíptica; mientras que para los dispositivos con 10%, 15% y 20% de amortiguamiento viscoso, los disipadores muestran un comportamiento irregular, por lo que para los cálculos siguientes solo usaremos la incorporación de 5% de amortiguamiento viscoso a la estructura.

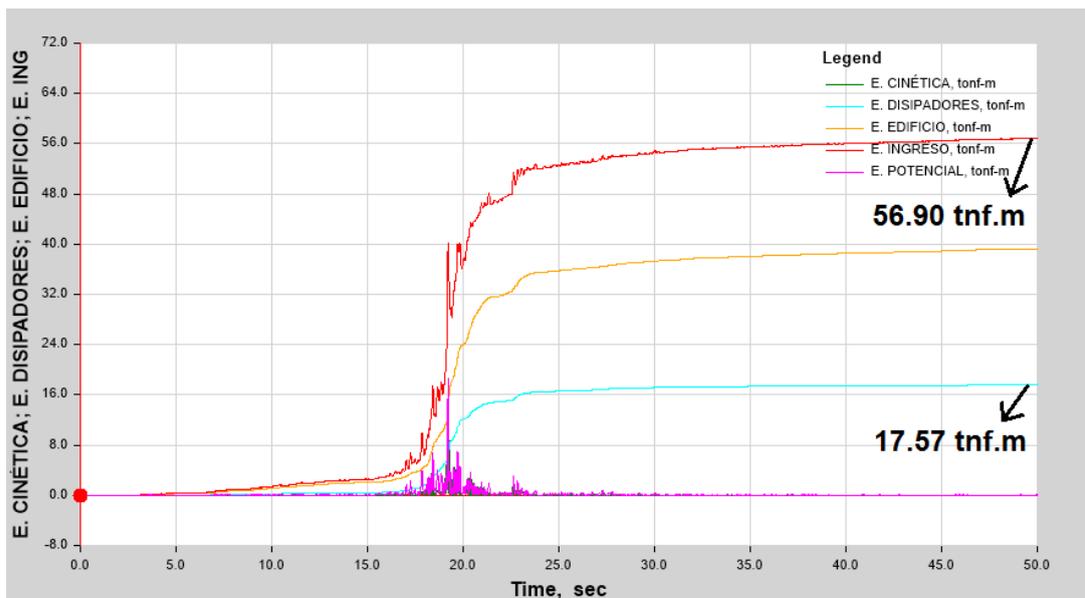
### 3.7.3.11.3. Balance energético

El porcentaje de disipación de energía se determina de la siguiente mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los disipadores de fluido viscoso}}{\text{Energía de entrada del sistema del sismo severo}} \times 100$$

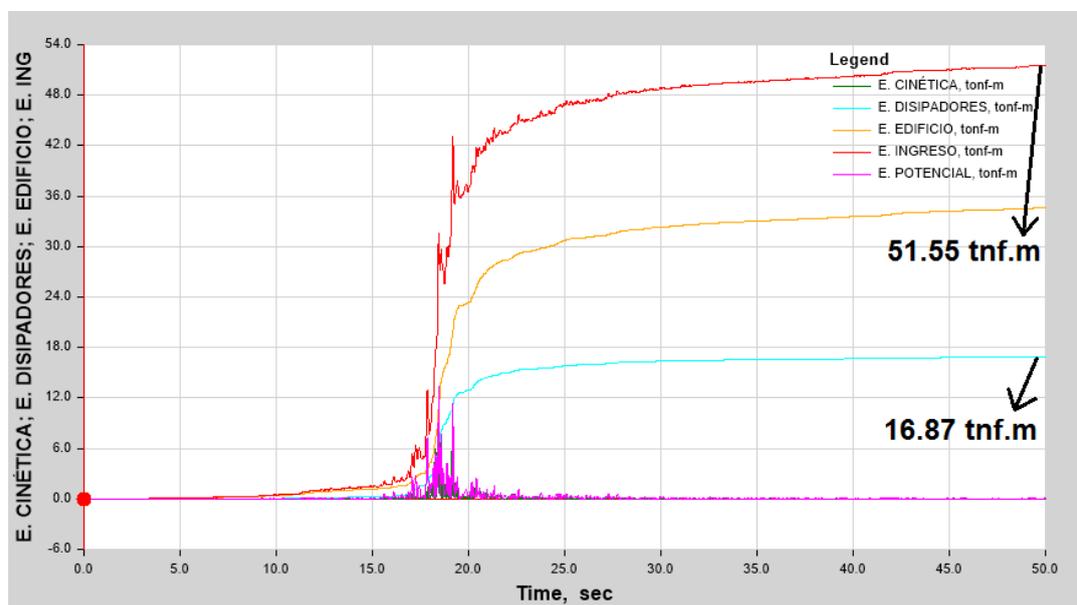
A continuación, las figuras 55 y 56 muestran de manera gráfica el balance de energía para el sismo de diseño en cada dirección de análisis, para los dispositivos con 5% de amortiguamiento viscoso, dado a que estos dispositivos son los que trabajan correctamente según sus curvas histeréticas.

**Figura 55.** Balance energético en eje X - dispositivos con 5% de amortiguamiento



$$\% \text{ Disipación de energía} = \frac{17.57}{56.90} \times 100 = 30.88\%$$

**Figura 56.** Balance energético en eje Y - dispositivos con 5% de amortiguamiento



$$\% \text{ Disipación de energía} = \frac{16.87}{51.55} \times 100 = 32.72\%$$

Podemos observar la disipación de energía en ambas direcciones de análisis es superior al 30%, lo cual quiere decir que gran parte de la energía sísmica será absorbida en primera instancia por los DEFV, dejando la diferencia a la estructura, consiguiendo de esta de esta forma reducir la participación de los elementos estructurales en la disipación de energía en el rango inelástico y logrando evitar posibles fallas de estos.

#### **3.7.3.11.4. Fuerza en los disipadores**

La empresa proveedora Taylor por medio de la empresa CDV representaciones en Perú, maneja una tabla con valores de fuerzas establecidas, por lo que las fuerzas axiales halladas en cada disipador de la estructura serán redondeadas a los valores establecidos en el catálogo de Taylor.

**Tabla 69.** Fuerza y peso de los disipadores provistos por Taylor

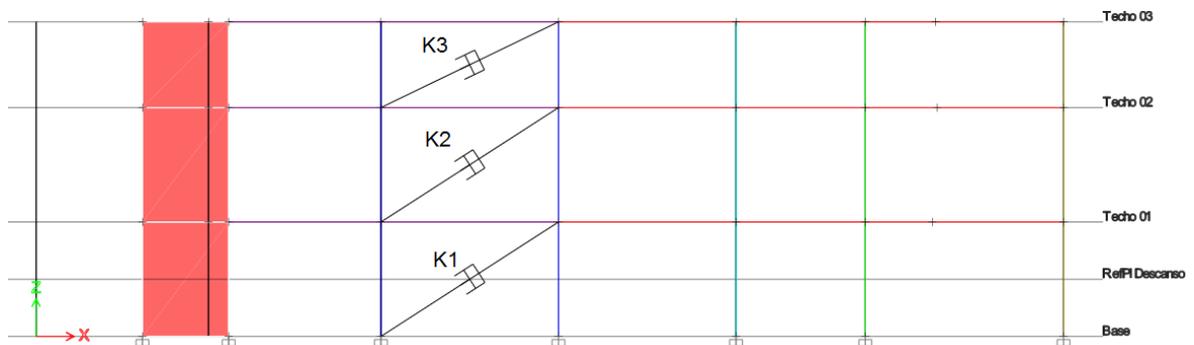
FUERZA TAYLOR (Kip)	Peso (Lbs)
55	98
110	215
165	400
220	560
330	675
440	1000
675	1750
900	2400
1450	consultar
1800	consultar

Fuente: Taylor Devices

**a) Fuerzas en el eje X**

En el eje X, tenemos los disipadores acoplados en el eje 1-1 y el eje 3-3, como se puede apreciar en las siguientes figuras, de los cuales se procede a extraer las fuerzas axiales respectivas.

**Figura 57.** Disipadores acoplados en el eje 3



**Figura 58.** Disipadores acoplados en el eje 1



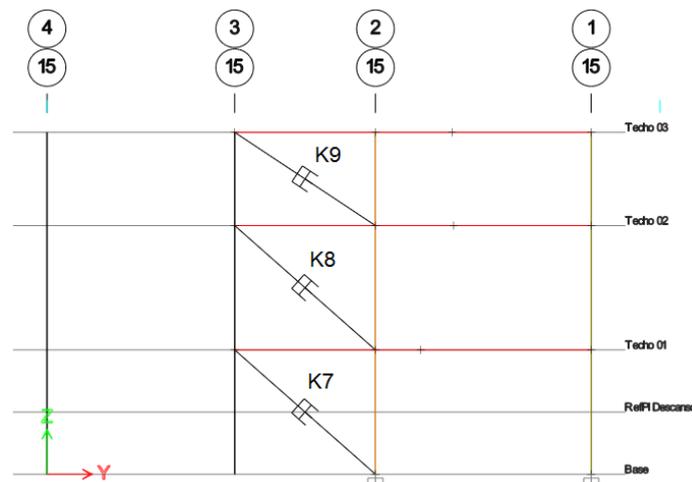
**Tabla 70. Fuerza de los disipadores acoplados en el eje X**

EJE	DISIPADOR	STORY	FUERZA (TNF)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
Eje 1-1	k6	Techo 03	50.6462	111.66	110
	k5	Techo 02	45.0889	99.40	110
	k4	Techo 01	34.8769	76.89	110
Eje 3-3	k3	Techo 03	40.0313	88.25	110
	k2	Techo 02	47.5269	104.78	110
	K1	Techo 01	36.2133	79.84	110

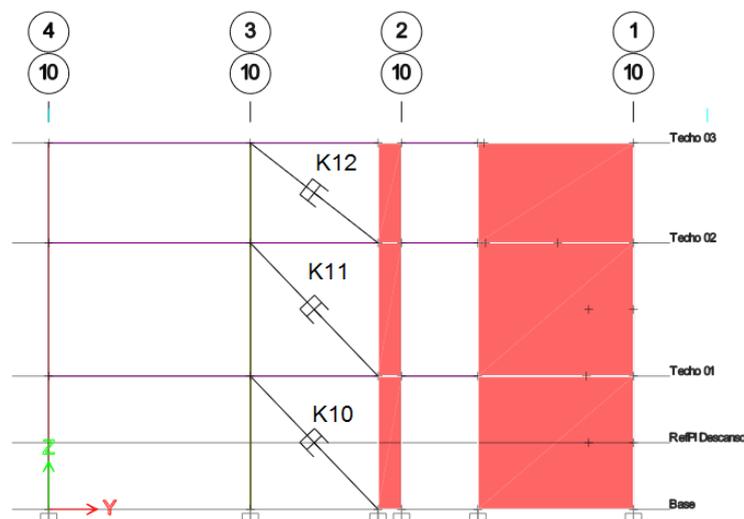
**b) Fuerzas en el eje Y**

En el eje Y, tenemos los disipadores acoplados en el eje 15-15 y el eje 10-10, como se puede apreciar en las siguientes figuras, de los cuales se procede a extraer las fuerzas axiales respectivas.

**Figura 59. Disipadores acoplados en el eje 15**



**Figura 60. Disipadores acoplados en el eje 10**

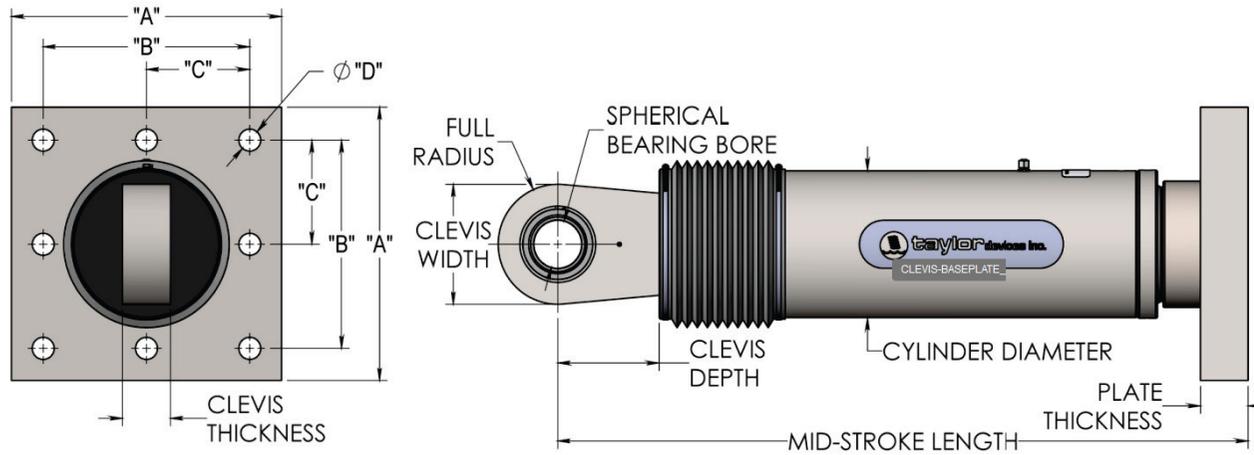


**Tabla 71.** Fuerza de los disipadores acoplados en el eje Y

EJE	DISIPADOR	STORY	FUERZA (TNF)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
Eje 10-10	K12	Techo 03	37.272	82.17	110
	K11	Techo 02	38.9043	85.77	110
	K10	Techo 01	19.5746	43.15	110
Eje 15-15	K9	Techo 03	44.8908	98.97	110
	K8	Techo 02	49.0933	108.23	110
	K7	Techo 01	34.6477	76.39	110

Finalmente se obtuvo como fuerzas axiales según Taylor para el eje X de 110 Kip, para el eje Y de 110 Kip, de los cuales sus características se muestran en la siguiente figura del catálogo de Taylor.

Figura 61. Propiedades de los dispositivos y dimensiones de placa base.



NOTE:

VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM  $\pm 2$  TO  $\pm 36$  INCHES. 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 INCHES PER  $\pm 1$  INCH OF STROKE.

EXAMPLE: 220 KIP  $\pm 4$ " STROKE, MID-STROKE LG. IS 48.75"  
 220 KIP  $\pm 6$  INCHES STROKE,  $6-4=2$ ,  $2*5=10$   
 $41.25+10 = 51.25$  INCHES MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR DEVICES FOR STROKE OVER  $\pm 12$  INCHES AND/OR FOR FORCE CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.

FORCE (KIP)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	BEARING BORE DIAMETER (IN)	MID-STROKE LENGTH (IN)	STROKE (IN)	CLEVIS THICKNESS (IN)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (IN)	CLEVIS DEPTH (IN)	BEARING THICKNESS (IN)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (IN)	WEIGHT (LB)	"A" (IN)	"B" (IN)	"C" (IN)	"D" (IN)	PLATE THICKNESS (IN)
55	17120	1.50	31.00	$\pm 3$	1.67	4	3.25	1.31	4½	100	7.00 $\pm$ .12	5.00 $\pm$ .01	†	0.81 $\pm$ .01	1.50 $\pm$ .03
110	17130	2.00	39.25	$\pm 4$	2.16	5	4.00	1.75	5¾	215	11.12 $\pm$ .12	8.00 $\pm$ .01	†	1.25 $\pm$ .01	1.50 $\pm$ .03
165	17140	2.25	40.00	$\pm 4$	2.31	6	5.10	1.97	7¼	370	13.50 $\pm$ .12	10.00 $\pm$ .01	5.00 $\pm$ .01	1.12 $\pm$ .01	2.40 $\pm$ .03
220	17150	2.75	41.25	$\pm 4$	2.78	7¼	5.88	2.40	8¼	560	16.50 $\pm$ .12	12.50 $\pm$ .01	6.25 $\pm$ .01	1.25 $\pm$ .01	3.00 $\pm$ .06
330	17160	3.00	43.50	$\pm 4$	3.03	8	6.38	2.62	9½	675	17.00 $\pm$ .12	13.00 $\pm$ .01	6.50 $\pm$ .01	1.375 $\pm$ .01	3.00 $\pm$ .06
440	17170	3.50	53.00	$\pm 5$	3.56	9	7.50	3.06	11¼	1100	18.00 $\pm$ .12	13.50 $\pm$ .01	6.75 $\pm$ .01	1.50 $\pm$ .01	4.00 $\pm$ .06
675	17180	4.00	56.75	$\pm 5$	4.60	11¼	8.00	3.50	13¾	1750	20.00 $\pm$ .12	16.00 $\pm$ .01	8.00 $\pm$ .01	1.63 $\pm$ .01	4.00 $\pm$ .06
900	17190	5.00	64.75	$\pm 5$	5.56	12¾	10.75	4.38	16¾	2400	**	**	**	**	**
1450	17200	6.00	69.00	$\pm 5$	6.06	13¾	12.00	4.75	20¾	4250	**	**	**	**	**
1800	17210	7.00	73.50	$\pm 5$	7.00	16¾	12.50	5.25	22¾	5775	**	**	**	**	**

Fuente: TAYLOR DEVICES INC.

En la siguiente tabla se muestra el número de dispositivos a usar por cada dirección de análisis.

**Tabla 72.** *Dispositivos a emplear*

Fuerza (KIP)	Número de dispositivos	
	X	Y
110	6	6
165	0	0
<b>TOTAL</b>	6	6
	<b>12</b>	

### 3.7.3.11.5. Modos, masa participativa y períodos de vibración en la estructura reforzada

En la siguiente tabla se muestra los 9 modos, periodos y masa participativa de la estructura reforzada con disipadores de fluido viscoso, la cual debe cumplir con sobrepasar el 90% de la masa total del edificio.

**Tabla 73.** *Modos, períodos y masa participativa en edificio optimizado*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period sec	SumUX %	SumUY %	SumRZ %
Modal	1	0.208	78.49%	1.40%	0.64%
Modal	2	0.167	80.37%	74.18%	5.49%
Modal	3	0.104	80.56%	81.06%	80.75%
Modal	4	0.053	97.89%	81.14%	80.82%
Modal	5	0.043	97.98%	98.61%	81.45%
Modal	6	0.03	99.96%	98.63%	81.80%
Modal	7	0.029	99.97%	98.71%	98.31%
Modal	8	0.026	99.97%	99.91%	98.51%
Modal	9	0.018	99.97%	99.91%	99.62%

Como se puede observar, los periodos y masa participativa de la edificación con inclusión de DEFV son exactamente iguales a los valores hallados con el análisis sísmico convencional, por lo que podemos afirmar que los disipadores solo aportarán amortiguamiento viscoso mas no rigidez a la estructura.

### 3.7.3.11.6. Máximo stroke

El Máximo Stroke, viene a ser la distorsión máxima del disipador, para el cual la empresa CDV pone un valor máximo de 5 cm; este dato viene a ser esencial para que el proveedor pueda diseñar la cámara de acumulación del líquido silicónico.

**Tabla 74.** Deformación de los disipadores acoplados al edificio

TABLE: Element Deformations - Links			
Story	Story	Disipador	U1 (m)
X-X	Techo 03	K3	0.005763
	Techo 03	K6	0.005149
	Techo 02	K2	0.007889
	Techo 02	K5	0.007170
	Techo 01	K1	0.004904
	Techo 01	K4	0.004567
Y-Y	Techo 03	K9	0.002044
	Techo 03	K12	0.002633
	Techo 02	K8	0.002460
	Techo 02	K11	0.002698
	Techo 01	K7	0.001629
	Techo 01	K10	0.000828

De la tabla 74, podemos observar que el máximo stroke se encuentra en el disipador k2, con un valor de 0.7889 cm.

### 3.7.3.11.7. Velocidad máxima

La velocidad máxima, se obtiene de la ecuación general de los disipadores viscosos:

$$F = CV^\alpha$$

Donde:

$$\begin{aligned} F &= 50.6462 \text{ tnf} \\ C &= 121 \text{ Tn. s/m} \\ \alpha &= 0.5 \end{aligned}$$

Despejando V, tenemos que la velocidad máxima es:

$$V = 0.175 \text{ m/s}$$

### 3.7.3.12. Diseño de los elementos de acero

Es importante señalar que, para el diseño de los elementos de acero en el sistema de disipación, se realizó considerando el sismo máximo esperado (1.5 del sismo de diseño).

### 3.7.3.12.1. Diseño del brazo metálico

En el presente ítem se realiza el diseño de los brazos metálicos, los cuales deberán resistir la fuerza axial generada en el DEFV por un sismo máximo esperado, para una disposición diagonal de los disipadores.

De la siguiente tabla se tomará el valor máximo de las fuerzas axiales generadas en los DEFV:

**Tabla 75.** Fuerza de los disipadores con sismo máximo esperado

EJE	DISIPADOR	NIVEL	FUERZA (TNF)	FUERZA (KIP)
Eje 1-1	k6	Techo 03	64.438	142.06
	k5	Techo 02	56.291	124.10
	k4	Techo 01	44.276	97.61
Eje 3-3	k3	Techo 03	50.284	110.86
	k2	Techo 02	59.307	130.75
	K1	Techo 01	45.950	101.30
Eje 10-10	K12	Techo 03	49.1943	108.46
	K11	Techo 02	51.7143	114.01
	K10	Techo 01	28.1967	62.16
Eje 15-15	K9	Techo 03	58.4921	128.95
	K8	Techo 02	63.9173	140.91
	K7	Techo 01	47.3504	104.39

Se está usando un perfil metálico Round HSS 7.50 x 0.50, el cual posee las siguientes características principales:

- Área del perfil metálico :  $A = 10.3 \text{ in}^2$
- Radio del perfil metálico :  $r = 2.49 \text{ in}$
- Módulo de elasticidad del acero :  $E = 29000 \text{ KSI}$
- Esfuerzo de fluencia :  $F_y = 42 \text{ KSI}$

El diseño del brazo metálico se realizó de forma estándar, por lo que se consideró para el caso más desfavorable, es decir para el axial mayor, el cual se presenta en el disipador k6 con una fuerza axial máxima de 64.438 tnf.

La longitud del brazo, se encuentra descontando a la longitud total, la longitud del disipador viscoso (ver en catálogo de Taylor Devices):

$$L_{brazo} = L_{total} - L_{disipador}$$

$$L_{brazo} = 6.87m - 1.01m$$

$$L_{brazo} = 5.86m \approx 230.71in$$

En la siguiente tabla, se muestra las características del brazo metálico que se está usando:

**Tabla 76.** Propiedades del perfil HSS

<b>Table 1-13 (continued)</b> <b>Round HSS</b> <b>Dimensions and Properties</b>										
Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>	Nominal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion	
									<i>J</i>	<i>C</i>
									in.	lb/ft
HSS7.50x0.500	0.465	37.42	10.3	16.1	63.9	17.0	2.49	23.0	128	34.1
×0.375	0.349	28.56	7.84	21.5	50.2	13.4	2.53	17.9	100	26.8
×0.312	0.291	23.97	6.59	25.8	42.9	11.4	2.55	15.1	85.8	22.9
×0.250	0.233	19.38	5.32	32.2	35.2	9.37	2.57	12.3	70.3	18.7
×0.188	0.174	14.70	4.00	43.1	26.9	7.17	2.59	9.34	53.8	14.3

Fuente: AISC Steel Construction

Sin embargo, es necesario verificar si las características del brazo metálico empleadas para el diseño del DEFV, están cumpliendo con la resistencia requerida. Con los datos mostrados, obtenemos:

$$F_e = \frac{\pi^2 x E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 x 29000}{\left(\frac{230.71}{2.49}\right)^2} = 33.34 \text{ KSI}$$

$$F_{cr} = 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} x F_y = 0.658^{\frac{42}{33.34}} x 42 = 24.79 \text{ KSI}$$

$$\phi P_n = \phi x F_{cr} x A = 0.9 x 24.79 x 10.3 = 229.80 \text{ KIPS} \approx 104.24 \text{ Tnf}$$

$$\phi T_n = \phi x F_y x A = 0.9 x 42 x 10.3 = 389.34 \text{ KIPS} \approx 176.60 \text{ Tnf}$$

$$\phi P_n > P_u = 64.44 \text{ Tnf} \quad (\text{OK})$$

$$\phi T_n > T_u = 64.44 \text{ Tnf} \quad (\text{OK})$$

Se puede apreciar que el perfil elegido para los brazos metálicos, si cumple con la resistencia requerida.

### **3.7.3.12.2. Diseño de la conexión del brazo metálico y disipador fluido viscoso**

El manual de Taylor Device (ver figura 61), también proporciona las dimensiones de la placa base, de la cual podemos apreciar que el diámetro del agujero para el perno es 1.25 in para el disipador de 110 KIP.

A partir de estas dimensiones brindadas, se puede obtener el diámetro del perno, el cual será un diámetro estándar y comercial.

$$d_h = d_b + 1/8''$$

Donde:

$d_h$ : Diámetro del agujero

$d_b$ : Diámetro del perno

- Para disipador de 110 KIP

$$d_b = d_h - 1/8'' = 1.25'' - 1/8'' = 1.125'' \approx 1\frac{1}{8}''$$

- **Pernos, tuercas y arandelas en la placa base**

Se empleará pernos estructurales hexagonales pesados de grado A325 y A490, que están normados como ASTM F3125, de los cuales el A325 alcanza una resistencia mínima a la tracción de 120 ksi.

Los pernos de grado A325 se clasifican en:

Tipo 1: acero al carbono, carbono boro, aleación o aleación de boro

Tipo 3: acero resistente a la intemperie

Para la conexión del brazo metálico con el DEFV de 110 KIP se usará los pernos A325

Tipo 1, pero tendrán que verificarse si cumplen con la resistencia a las cargas a la que serán sometidos.

Una vez elegido el tipo de perno, procedemos a elegir las dimensiones del perno y la

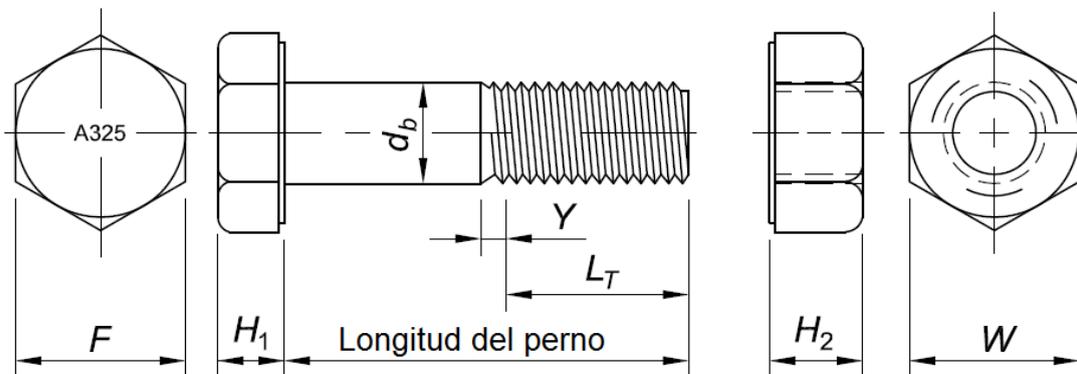
tuerca, para lo cual emplearemos el código RCSC, que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 77.** Dimensiones nominales de pernos y tuercas hexagonales pesados

DIMENSIONES NOMINALES DE PERNOS Y TUERCAS HEXAGONALES PESADOS						
Diámetro nominal del perno, db. in.	DIMENSIONES DEL PERNO HEXAGONAL PESADO, in.				DIMENSIONES DE LA TUERCA HEXAGONAL PESADA, in.	
	Ancho entre caras, F. (in)	Altura, H1. (in)	Longitud de la rosca, LT. (in)	Largo del hilo de transición, Y (in)	Ancho entre caras, W. (in)	Altura, H2. (in)
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

Fuente: RCSC (2020)

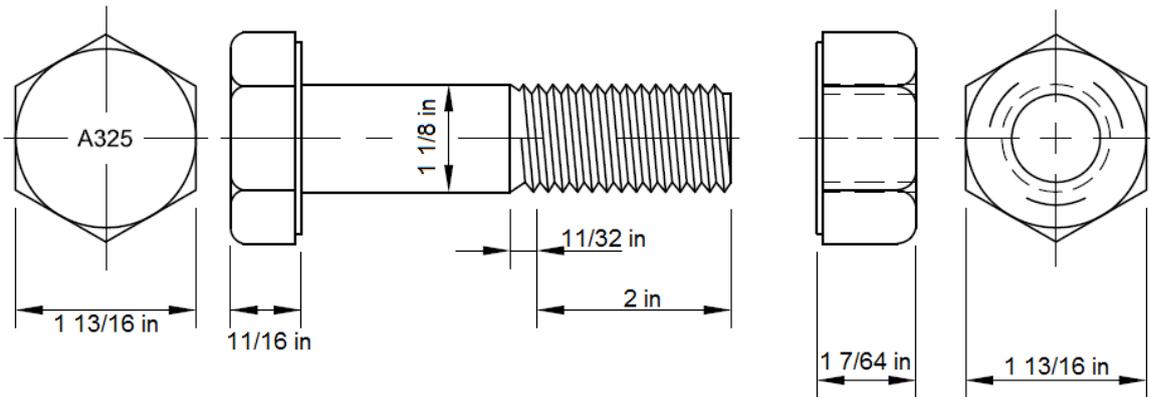
**Figura 62.** Detalles del perno y tuerca hexagonal pesada.



Fuente: RCSC (2020)

De la tabla 77 y la figura 62, se obtiene las dimensiones de los pernos y las tuercas, los cuales se muestran a continuación:

**Figura 63.** Dimensiones del perno y tuerca de 1 1/8 in, para dissipador de 110 KIP.



Para el uso de la arandela, se empleó las especificaciones ASTM F436, la cual cubre los requisitos químicos y mecánicos para arandelas endurecidas en diámetros que van desde 1/4" hasta 4". Estas arandelas tratadas térmicamente son para uso general y estructural, cuya función principal es aportar una superficie endurecida no abrasiva y evitar el desgaste por el giro de la tuerca. En la siguiente tabla se muestra sus dimensiones:

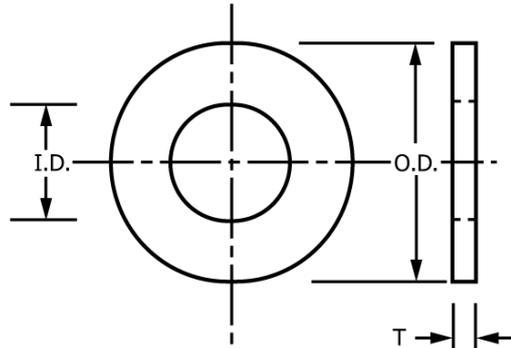
**Tabla 78.** Dimensiones nominales de las arandelas

SIZE, in	DIÁMETRO INTERIOR (I.D.), in		DIÁMETRO EXTERIOR (O.D.), in		ESPESOR ESTÁNDAR (T), in	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
1/4	0.281	0.313	0.593	0.657	0.051	0.08
5/16	0.344	0.376	0.656	0.720	0.051	0.08
3/8	0.406	0.438	0.781	0.845	0.051	0.08
7/16	0.469	0.501	0.890	0.954	0.051	0.08
1/2	0.531	0.563	1.031	1.095	0.097	0.177
9/16	0.625	0.657	1.156	1.220	0.110	0.177
5/8	0.688	0.720	1.281	1.345	0.122	0.177
3/4	0.813	0.845	1.436	1.500	0.122	0.177
7/8	0.938	0.970	1.718	1.782	0.136	0.177
1	1.063	1.126	1.937	2.063	0.136	0.177
1 1/8	1.188	1.251	2.187	2.313	0.136	0.177
1 1/4	1.375	1.438	2.437	2.563	0.136	0.177
1 3/8	1.500	1.563	2.687	2.813	0.136	0.177
1 1/2	1.625	1.688	2.937	3.063	0.136	0.177
1 3/4	1.875	1.938	3.312	3.438	0.178	0.280
2	2.125	2.188	3.687	3.813	0.178	0.280
2 1/4	2.375	2.438	3.937	4.063	0.240	0.340
2 1/2	2.625	2.688	4.437	4.563	0.240	0.340

2 3/4	2.875	2.938	4.937	5.063	0.240	0.340
3	3.125	3.188	5.437	5.563	0.240	0.340
3 1/4	3.375	3.500	5.875	6.125	0.240	0.340
3 1/2	3.625	3.750	6.375	6.625	0.240	0.340
3 3/4	3.875	4.000	6.875	7.125	0.240	0.340
4	4.125	4.250	7.375	7.625	0.240	0.340

Fuente: ASTM F436 (2019)

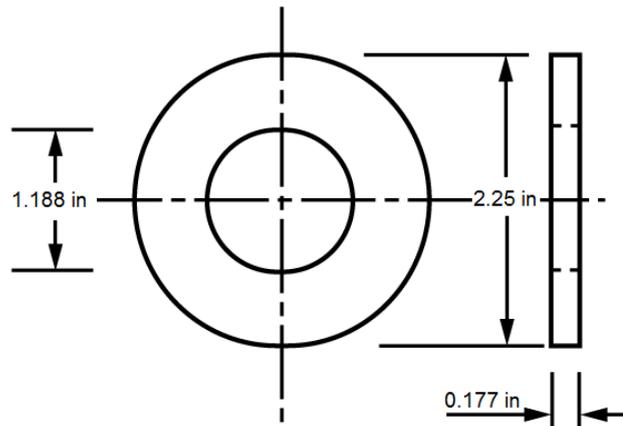
**Figura 64.** Detalles de la arandela.



Fuente: ASTM F436 (2019)

De la tabla 78 y la figura 64, se obtiene las dimensiones de las arandelas, las cuales se muestran a continuación:

**Figura 65.** Dimensiones de la arandela de 1 1/8 in, para dissipador de 110 KIP



Para determinar la longitud de perno requerida, se debe sumar el valor que se muestra en la tabla 79 al grip (es decir, el espesor total de todo el material conectado, excluidas las arandelas). Por cada arandela ASTM F436 que se utilice, sume 5/32 pulg. Finalmente, el valor el valor resultante se debe ajustar al incremento de 1/4 pulg. más cercano (o incremento de 1/2 pulg. para longitudes superiores a 6 pulg.).

**Tabla 79.** Incremento en el grip de acuerdo al diámetro del perno

Diámetro Nominal del Perno db in.	Longitud de incremento, añadir al grip. in.
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

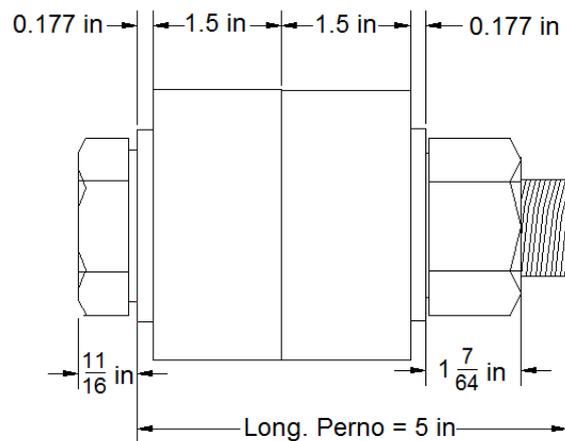
Fuente: RCSC (2020)

$$Long. Perno = Grip + (N^{\circ} arandelas \times 5/32 \text{ in}) + Long. Incremento$$

- Para perno de 1 1/8"

$$Long. perno 1 1/8" = 3" + (2 \times 5/32 ") + 1 1/2" = 4.81" \approx 5"$$

**Figura 66.** Dimensión del grip y longitud del perno 1 1/8", para dissipador de 110 KIP



Una vez obtenida todas las dimensiones de los pernos, se verificará si resiste las fuerzas de tensión, sabiendo que la resistencia mínima a tensión del perno grado A325 es 120 ksi; por lo tanto, la resistencia de diseño de cada uno de ellos será:

$$\phi T_n = \phi \times A_b \times F_u$$

Donde:

$\phi T_n$ : Resistencia de diseño de tracción

$\phi$  : Factor de resistencias, 0.75 (LRFD)

$A_b$  : Área bruta del perno

$F_u$  : Tensión nominal

La resistencia de diseño de cada perno de 1 1/8" es:

$$\phi T_n = 0.75 \times \frac{\pi \left(1 \frac{1}{8} \text{ in}\right)^2}{4} \times \frac{120 \text{ kip}}{\text{in}^2} = 89.46 \text{ kip} = 40.58 T_{nf}$$

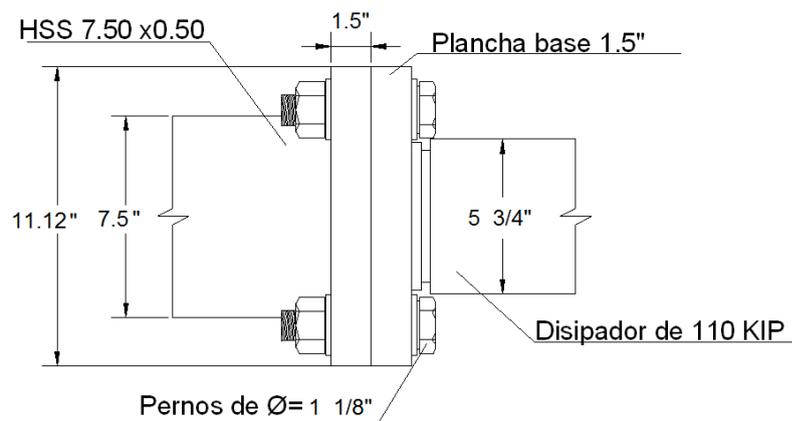
Como se sabe, la conexión brazo metálico – disipador está expuesta solo a esfuerzos axiales de tracción y compresión, mas no de corte, por ende, sólo se verificó la resistencia ante fuerzas de tensión:

- Verificación de pernos 1 1/8" para conexión "brazo metálico - disipador de 110 KIP":

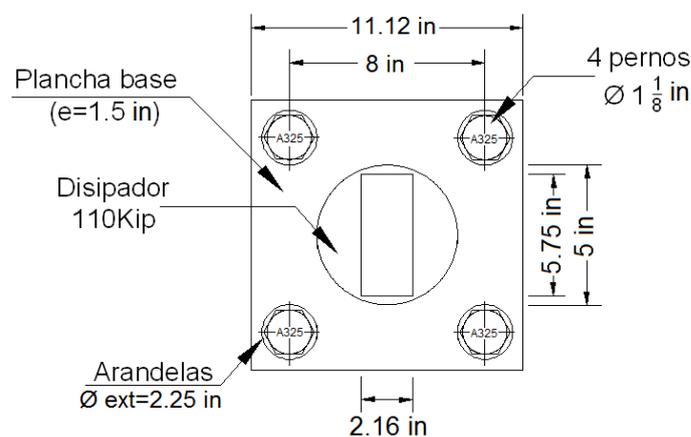
$$\phi T_n \geq T_u$$

$$\phi T_n = 4 \text{ pernos} \times 40.58 \frac{T_{nf}}{\text{perno}} = 162.32 T_{nf} \geq 64.44 T_{nf} \quad (\text{OK})$$

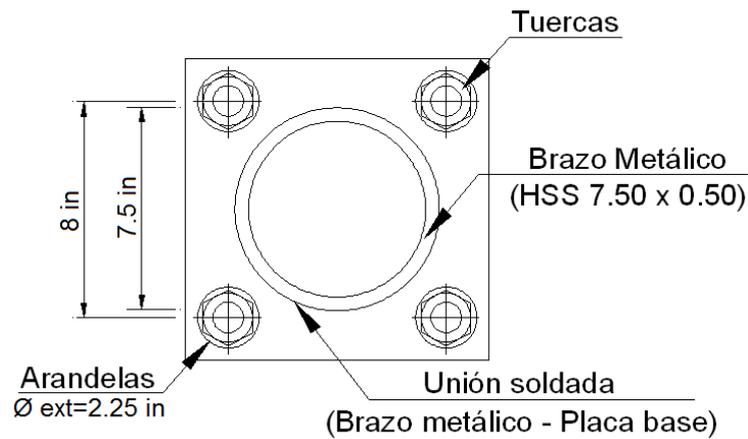
**Figura 67.** Conexión Brazo metálico (HSS 7.50x0.50) - Disipador viscoso 110 KIP



**Figura 68.** Detalle de la unión placa base - Disipador viscoso 110 KIP

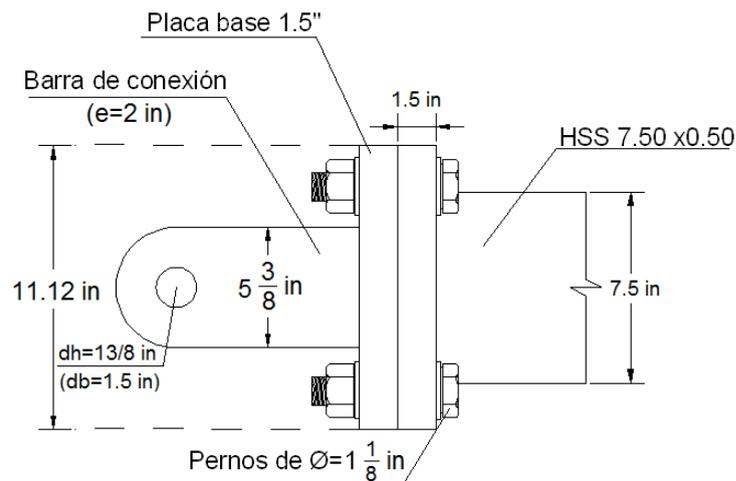


**Figura 69.** Detalle de unión Brazo metálico – Placa Base de disipador viscoso



Debido a que las fuerzas que se generan a lo largo del brazo metálico son las mismas, se empleó la misma placa base y disposición de pernos para la unión brazo metálico - barra de conexión (ver figura 70).

**Figura 70.** Conexión Brazo metálico - Barra de conexión



### 3.7.3.12.3. Diseño del perno de conexión

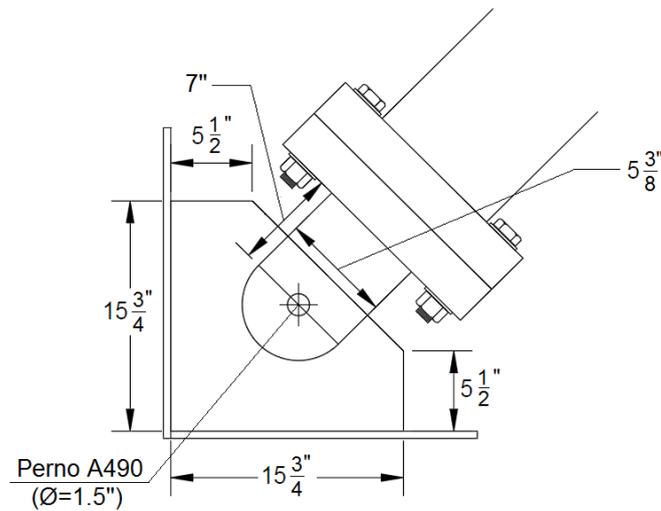
El perno que une la cartela con la barra de conexión debe ser diseñado para resistir grandes fuerzas de corte, razón por la cual se consideró un perno ASTM F3125 grado A490 de diámetro 1 ½”.

Empleando las tablas 78, 79 y 80 se obtuvo las dimensiones estándares de pernos, tuercas, arandela y el valor del incremento del Grid (1 7/8 in) correspondiente para el diámetro nominal del perno de 1 ½ in, y considerando un ancho de la barra de conexión igual a 2 in y un espesor de cartela estándar dado por la empresa CDV

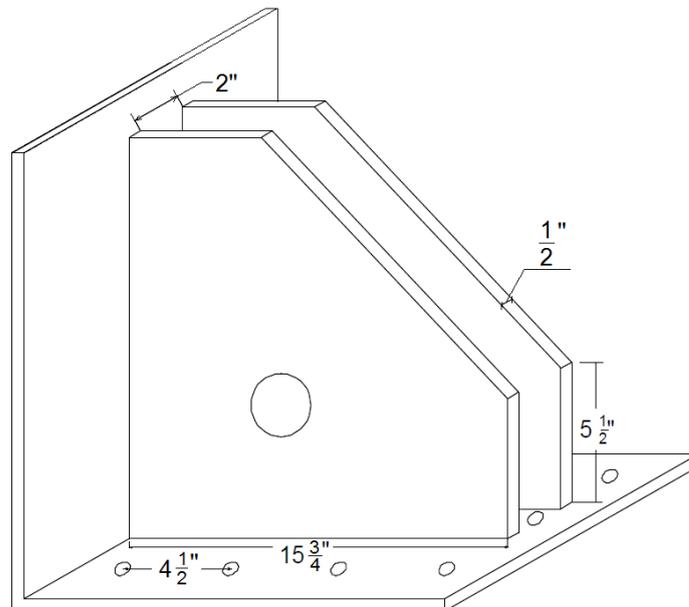
REPRESENTACIONES igual a  $\frac{1}{2}$  in, se determinó la longitud del perno de conexión bajo las mismas consideraciones del perno de la placa base del disipador detallado anteriormente.

En la figura 71 se muestra el esquema general de la conexión de la barra de conexión con la cartela y en la figura 72 en la que se puede apreciar el detalle de las dimensiones de la cartela.

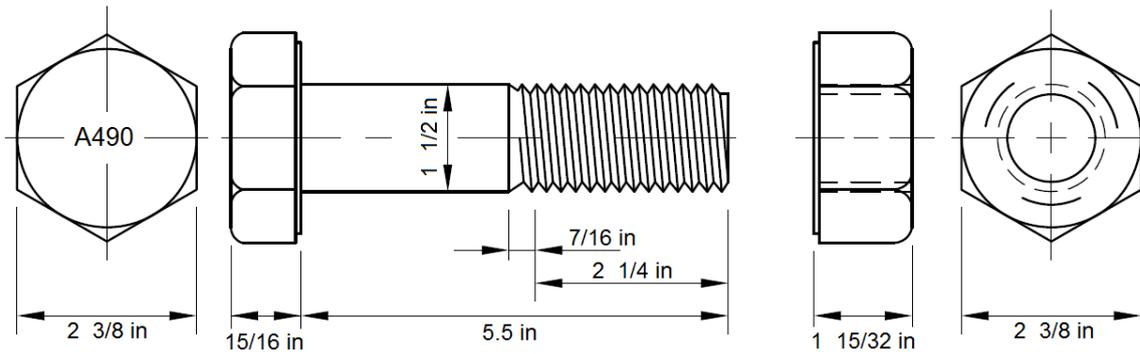
**Figura 71.** *Detalle de la conexión inferior Long. Perno.*



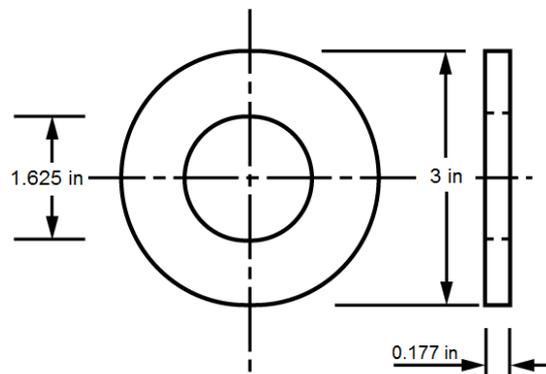
**Figura 72.** *Dimensiones de la cartela para disipador de 110 kip.*



**Figura 73.** Dimensiones del perno y tuerca de la barra de conexión.

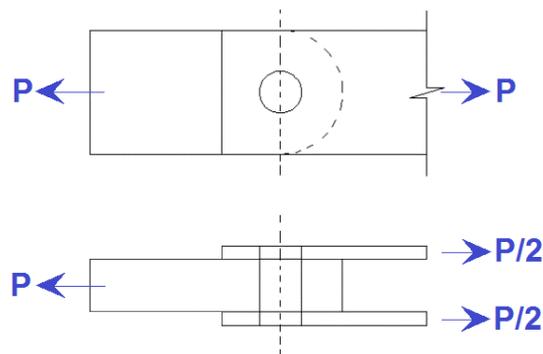


**Figura 74.** Dimensiones de la arandela de la barra de conexión.



**Verificación por corte:**

**Figura 75.** Fuerza a la que es sometido el perno (Cortante doble).



El esfuerzo máximo de corte de un perno estructural está determinado por la siguiente expresión:

Se calcula el esfuerzo de corte máximo nominal del perno escogido mediante las fórmulas siguientes:

$$\phi R_n = \phi m F_v \quad ; \quad \phi P_n = \phi R_n A_b n$$

Donde:

$\phi R_n$ : Esfuerzo máximo de corte

$\phi$  : 0.75

$m$  : Número de planos

$F_v$  : 0.5  $F_u$  (falla en la parte lisa)

$F_v$  : 0.4  $F_u$  (falla en la parte rosca)

$A_b$  : Área neta transversal del perno a la altura del plano de cortante

$\phi P_n$ : Fuerza cortante máxima

$n$  : número de pernos

Cuando el perno está sometido a cortante simple el valor de “m” será igual a 1 y será 2 cuando la conexión está en cortante doble.

Tomando en cuenta el caso más conservador para el diseño, se consideró que la falla será en la parte rosca del perno; es decir se asumió un  $F_u = 0.4F_u$ . Por otro lado, hay que tener en cuenta que el  $F_u$  para un perno A490 es igual a 150Ksi.

De este modo, tenemos que el esfuerzo máximo de corte será:

$$\phi R_n = \phi m F_v = 0.75(2)(0.4 \times 150) = 90 \text{ Ksi}$$

La fuerza cortante máxima es:

$$\phi P_n = \phi R_n A_b n$$

$$\phi P_n = 90 \frac{\text{Kip}}{\text{in}^2} \times \frac{\pi(1.5 \text{ in})^2}{4} \times 1$$

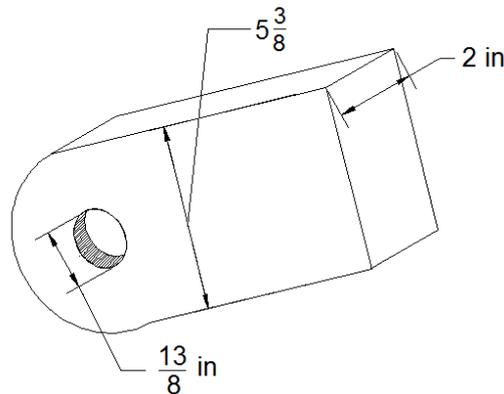
$$\phi P_n = 159.04 \text{ Kip} = 72.14 \text{ Tnf}$$

$$\phi P_n = 72.14 \text{ Tnf} > 64.44 \text{ Tnf} \quad (\text{OK})$$

#### 3.7.3.12.4. Diseño de la barra de conexión

En la figura 76 se presenta las dimensiones de la barra de conexión, las cuales fueron calculadas y verificadas en esta sección.

**Figura 76.** Fuerza a la que es sometido el perno (Cortante doble).



La barra de conexión es un elemento que está sometido a tensión, por consiguiente, se debe verificar la fluencia del área bruta y la fractura del área neta.

El área que debe tener este elemento debe ser la mayor de las calculadas con las siguientes ecuaciones:

$$A_{g_{req}} \geq \frac{Pu}{\phi F_y} ; \text{ (para verificar la fractura del área bruta)}$$

Donde:

$A_g$  : Área bruta requerida de la sección

$\phi$  : Factor de resistencia igual a 0.90

$F_y$  : Esfuerzo de fluencia 36 ksi (Acero A36)

$$A_{g_{req}} \geq \frac{Pu}{\mu \phi F_u} + A_h ; \text{ (Para verificar la fractura del área neta)}$$

Donde:

$A_g$  : Área bruta requerida de la sección

$A_h$  : Área del agujero

$\mu$  : Porcentaje de la sección que trabaja para absorber esfuerzos

$\phi$  : Factor de resistencia igual a 0.75

$F_u$  : Esfuerzo mínimo de ruptura en tensión 58 ksi (Acero A36)

Haciendo uso de estas dos expresiones se tiene:

$$A_{g_{req}} \geq \frac{Pu}{\phi F_y} ; \text{ (para verificar la fluencia del área bruta)}$$

El valor de  $P_u = 64.44 \text{ Tnf} = 142.06 \text{ Kip}$

$$A_{g_{req}} \geq \frac{142.06 \text{ Kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A_{g_{req}} \geq 4.38 \text{ in}^2$$

$$A_{g_{req}} \geq 28.26 \text{ cm}^2$$

Verificamos la fractura de área neta:

$$A_{g_{req}} \geq \frac{P_u}{\mu \phi F_u} + A_h$$

Diámetro del agujero ( $dh$ ) =  $\phi_{perno} + \text{Agujero Std}$

$$dh = 1 \frac{1}{2} \text{ in} + \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$dh = \frac{25}{16} \text{ in}$$

Espesor del elemento = 2 in

$$A_h = 2 \text{ in} \times \frac{25}{16} \text{ in} = 3.125 \text{ in}^2$$

Después de calcular el área del agujero, se procede a calcular el área bruta requerida:

$$A_{g_{req}} \geq \frac{P_u}{\mu \phi F_u} + A_h$$

$$A_{g_{req}} \geq \frac{142.06 \text{ Kip}}{1 \times 0.75 \times 58 \text{ ksi}} + 3.125 \text{ in}^2$$

$$A_{g_{req}} \geq 6.39 \text{ in}^2$$

$$A_{g_{req}} \geq 41.23 \text{ cm}^2$$

El área bruta que tiene la barra de conexión es:

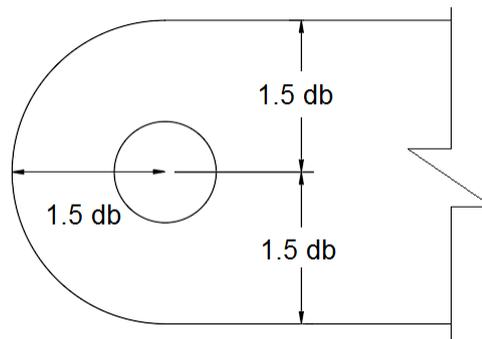
$$A_g = 2 \text{ in} \times 5 \frac{3}{8} \text{ in} = 10.75 \text{ in}^2 = 69.35 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 69.35 \text{ cm}^2 > A_{g_{req}} = 41.23 \text{ cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Por consiguiente, la barra de conexión satisface las solicitaciones ante tensión.

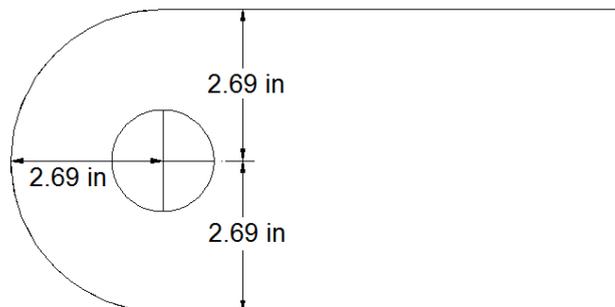
Finalmente, se verificó la separación mínima que debe tener que debe tener el perno con respecto a los bordes ( $1.5db$ ), lo cual se puede apreciar en la siguiente figura:

**Figura 77.** Espaciamiento mínimo de un perno con respecto a los bordes.



Para este caso, el perno tiene un diámetro de  $1\frac{1}{2}$  in; la distancia mínima con respecto a los bordes debe ser, por consiguiente  $1.5 \times \left(1\frac{1}{2} \text{ in}\right) = 2.25 \text{ in}$ .

**Figura 78.** Espaciamiento mínimo de un perno con respecto a los bordes.



Como se puede apreciar en la imagen, el espaciamiento que hay es de  $2.69 \text{ in} > 2.25 \text{ in}$ , por lo que se satisface esta condición.

### 3.7.3.12.5. Diseño de los pernos de anclaje

El diseño de los pernos de anclaje se efectuó teniendo en cuenta las especificaciones del apéndice D del código ACI 318-08. Esta norma indica que los pernos de anclaje pueden ser colocados antes o después del vaciado de concreto.

Los requisitos que se deben cumplir en cuanto a la resistencia de los anclajes son los siguientes:

$$\phi N_n \geq N_{ua} \quad , \quad \phi V_n \geq V_{ua}$$

Donde:

$\phi N_n$ : Resistencia de diseño en tracción de un anclaje o un grupo de anclajes.

$\phi V_n$ : Resistencia de diseño en corte de un anclaje o grupo de anclajes.

Para el cálculo de la resistencia nominal en tracción " $N_n$ " de un solo anclaje o grupo de anclajes se empleó la siguiente ecuación D-3 de dicho código:

$$N_n = n \times A_{se} \times f_{uta}$$

Donde:

$n$  : Número de anclajes en el grupo.

$A_{se}$  : Área transversal efectiva del anclaje en tracción.

$f_{uta}$  : Resistencia especificada a la tracción del acero del perno de anclaje.

Por otra parte:

El valor de  $A_{se}$  puede ser provisto por el fabricante, se puede encontrar en las especificaciones técnicas del perno a emplear; o también se puede calcular con la siguiente expresión:

$$A_{se} = \frac{\pi}{4} \left( d_a - \frac{0.9743}{n_t} \right)^2$$

$n_t$ , Número de hilos por mm.

$d_a$ , es el diámetro exterior del anclaje.

En cuanto al valor  $f_{uta}$ , éste no deberá ser mayor que el menor 860MPa o  $1.9f_{ya}$  ( $f_{ya}$  es la resistencia especificada a la fluencia en el acero de anclaje).

Los valores de  $f_{ya}$ ,  $f_{uta}$  y  $A_{se}$ , deben ser obtenidos a partir de la información técnica del perno de anclaje seleccionado.

Para el presente estudio se empleó los pernos expansivos Trubolt, fabricados por la empresa ITW Red Head en Los Estados Unidos e importados y comercializados en Perú por la empresa CDV Representaciones; los cuales cuentan con información técnica detallada que facilitó el diseño. En la siguiente tabla se aprecia las especificaciones técnicas de los pernos expansivos Trubolt.

**Tabla 80.** Especificaciones de los pernos expansivos Trubolt.

<b>TRUBOLT WEDGE ANCHOR DESIGN INFORMATION<sup>1,2,3</sup></b>			<b>Trubolt<sup>®</sup></b> Wedge Anchors									
DESIGN INFORMATION	Symbol	Units	Nominal Anchor Diameter									
			1/4		3/8		1/2		5/8		3/4	
Anchor O.D.	$d_o$	in	0.250		0.375		0.500		0.625		0.750	
Effective embedment	$h_{ef}$	in	1-1/2	2	1-3/4	2-5/8	1-7/8	3-3/8	2-1/2	4	3-1/2	4-3/4
Minimum member thickness	$h_{min}$	in	4	4	4	5	5	6	5	8	6	8
Critical edge distance	$c_{3c}$	in	2-5/8	3	2-5/8	5-1/4	3-3/4	6-3/4	5	8	7	9
Minimum edge distance	$c_{min}$	in	1-3/4	1-1/2	2-1/4	2	3-3/4	3-3/4	4-1/4	3-1/4	3-3/4	3-1/2
Minimum anchor spacing	$s_{min}$	in	1-3/4	1-1/2	2-1/4	2	3-3/4	3-3/4	4-1/4	3-1/4	3-3/4	3-1/2
Min. Specified Yield Strength	$f_y$	lb/in <sup>2</sup>	55,000									
Min. Specified Ultimate Strength	$f_{uta}$	lb/in <sup>2</sup>	75,000									
Effective tensile stress area	$A_{se}$	in <sup>2</sup>	0.032		0.078		0.142		0.226		0.334	

Fuente: ITW Red Head.

Los factores de reducción de resistencia " $\phi$ " son proporcionados por los códigos ACI 355.2 y ACI 318 - Apéndice D, también pueden especificarse por el fabricante, en este caso ITW Red Head nos proporciona la información dada en la siguiente tabla.

**Tabla 81.** Factores de reducción de la resistencia.

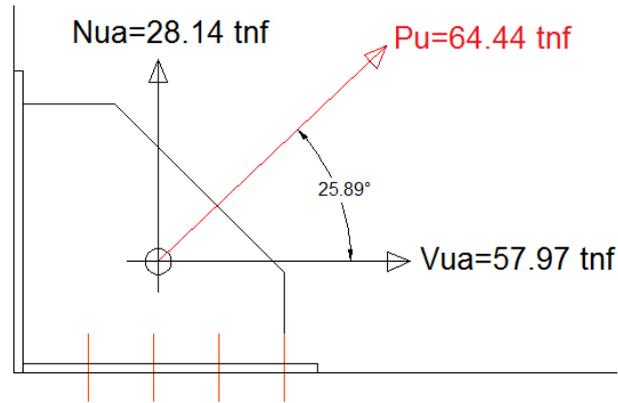
<b>TRUBOLT WEDGE ANCHOR DESIGN INFORMATION<sup>1,2,3</sup></b>		<b>Trubolt<sup>®</sup></b> Wedge Anchors	
Strength reduction factor $\phi$ for tension, steel failure modes			0.75
Strength reduction factor $\phi$ for shear, steel failure modes			0.65

Fuente: ITW Red Head.

Es necesario tener presente que los pernos de anclaje deben ser diseñados para soportar las fuerzas de tracción y corte que se origina sobre ellos al momento de un sismo (producto del trabajo que se desarrolla en los DEFV).

Para el diseño se consideró pernos de 3/4", la fuerza axial mayor que se presenta en el disipador k6 con una fuerza axial máxima de 64.44 tnf con un ángulo de inclinación igual a 25.89°. Los valores de  $f_{ya}$ ,  $A_{se}$  y  $\phi$ , se obtuvieron de las tablas 81 y 82.

**Figura 79.** Fuerza de tracción ( $N_{ua}$ ) y corte ( $V_{ua}$ ) producto de la acción del disipador



**Verificación de la resistencia a la tracción:**

$$N_n = n \times A_{se} \times f_{uta}$$

$f_{uta}$ , es el menor valor entre:

- 860 Mpa = 124732.422 psi
- $1.9f_{ya} = 1.9 (55000 \text{ psi}) = 104500 \text{ psi}$

Por consiguiente,  $f_{uta} = 104500 \text{ psi}$

$$N_n = 12 \times 0.334 \text{ in}^2 \times 104500 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$N_n = 418836 \text{ lb} = 189.98 \text{ tnf}$$

$$\phi N_n = 0.75 \times 189.98 \text{ tnf} = 142.49 \text{ tnf}$$

$$\phi N_n = 142.49 \text{ tnf} \geq 28.14 \text{ tnf} \quad (\text{OK})$$

**Verificación de la resistencia al corte:**

Para el cálculo de la resistencia nominal en corte " $V_n$ " de un solo anclaje o grupo de anclajes se empleó la ecuación D-20 del código ACI-318-08.

$$V_n = n \times 0.6 \times A_{se} \times f_{uta}$$

$$V_n = 12 \times 0.6 \times 0.334 \text{ in}^2 \times 104500 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$V_n = 251301.6 \text{ lb} = 113.99 \text{ tnf}$$

$$\phi V_n = 0.65 \times 113.99 \text{ tnf} = 74.09 \text{ tnf}$$

$$\phi V_n = 74.09 \text{ tnf} \geq 57.97 \text{ tnf}$$

Las dimensiones de los pernos para diferentes diámetros se muestran en la Tabla 82, la longitud total del perno se debe ajustar a las longitudes estándares que se muestran en la tabla 83, notar que para cada longitud se maneja un código de identificación en base a letras (A, B, C, etc.).

**Tabla 82.** Dimensiones de los pernos de anclaje por cada diámetro.

**Trubolt®**  
Wedge Anchors

**TRUBOLT WEDGE INSTALLATION INFORMATION**

	Symbol	Units	Nominal Anchor Diameter (in.)									
			1/4		3/8		1/2		5/8		3/4	
Anchor outer diameter	$d_o$	in	0.25		0.375		0.5		0.625		0.750	
Nominal carbide bit diameter	$d_{bit}$	in	1/4		3/8		1/2		5/8		3/4	
Effective embedment depth	$h_{ef}$	in	1-1/2	2	1-3/4	2-5/8	1-7/8	3-3/8	2-1/2	4	3-1/2	4-3/4
Min hole depth	$h_o$	in	2	2-1/2	2-1/2	3-3/8	2-3/4	4-1/4	3-3/4	5-1/4	4-3/4	6
Min slab thickness	$h_{min}$	in	4		4	5	5	6	5	8	6	8
Installation torque	$T_{inst}$	ft-lb	4		25		55		90		110	
Min hole diameter in fixture	$d_h$	in	5/16		7/16		9/16		11/16		13/16	

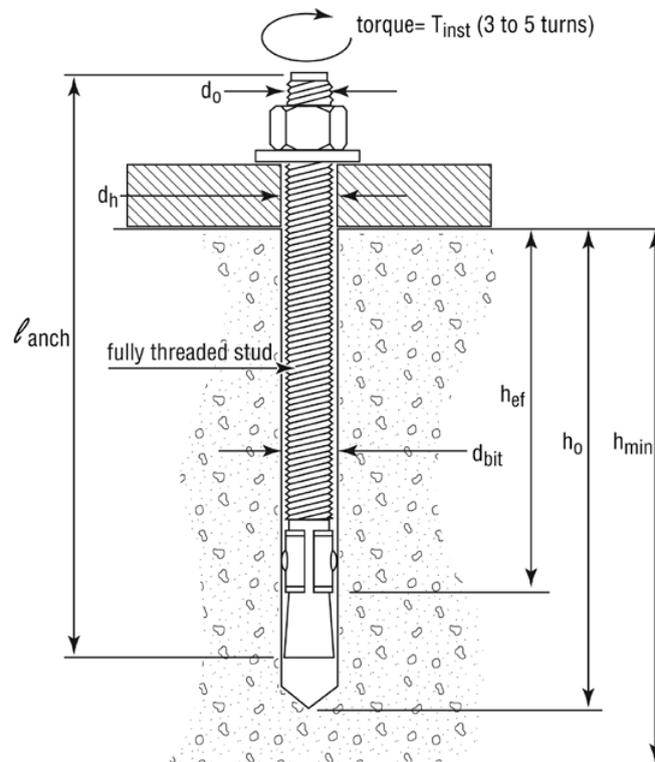
Fuente: ITW Red Head.

**Tabla 83.** Longitud estandarizada de los pernos de anclaje.

LENGTH ID MARKING ON ANCHOR HEAD		UNITS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Length of anchor, $l_{anch}$	From	in. (mm)	1 1/2 (38.1)	2 (50.8)	2 1/2 (63.5)	3 (76.2)	3 1/2 (88.9)	4 (101.6)	4 1/2 (114.3)	5 (127.0)	5 1/2 (139.7)	6 (152.4)
	Up to, but not including	in. (mm)	2 (50.8)	2 1/2 (63.5)	3 (76.2)	3 1/2 (88.9)	4 (101.6)	4 1/2 (114.3)	5 (127.0)	5 1/2 (139.7)	6 (152.4)	6 1/2 (165.1)

Fuente: ITW Red Head.

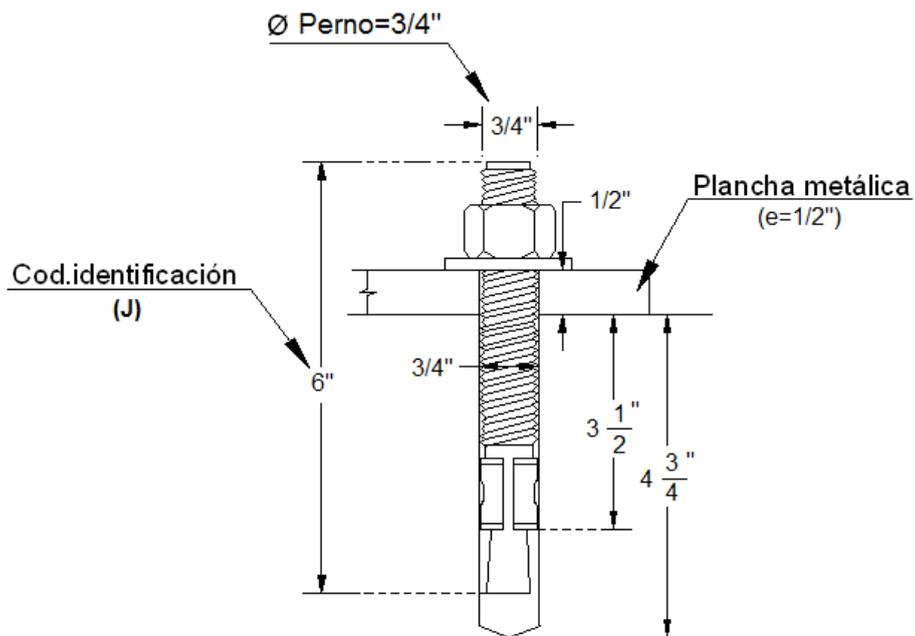
**Figura 80.** Nomenclatura para determinar las dimensiones de los pernos de anclaje



Fuente: ITW Red Head.

En la siguiente imagen de muestra las dimensiones finales del perno de anclaje de  $\frac{3}{4}$ ":

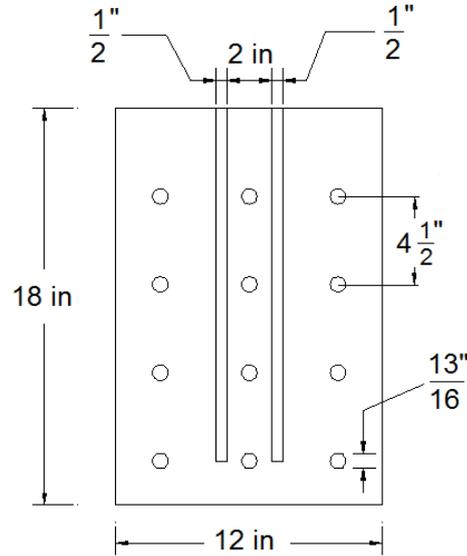
**Figura 81.** Dimensiones finales del perno de  $\frac{3}{4}$ "



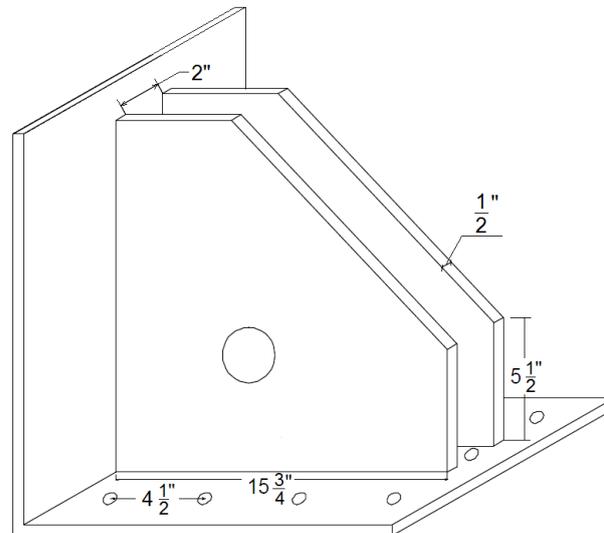
A continuación, se muestran las vistas en planta e isométrica de la plancha metálica,

el diámetro de los agujeros  $d_h$  es igual a  $13/16$  in (2.064cm) tal como lo establece la tabla 83 para pernos de  $3/4$  in.

**Figura 82.** Plancha metálica en la cual irán los pernos de anclaje (Vista en planta)



**Figura 83.** Plancha metálica en la cual irán los pernos de anclaje (Vista isométrica)



Finalmente se debe verificar que la distancia  $S$  entre centros de pernos sea:

$$S \geq 6db, \text{ para pernos post - instalados}$$

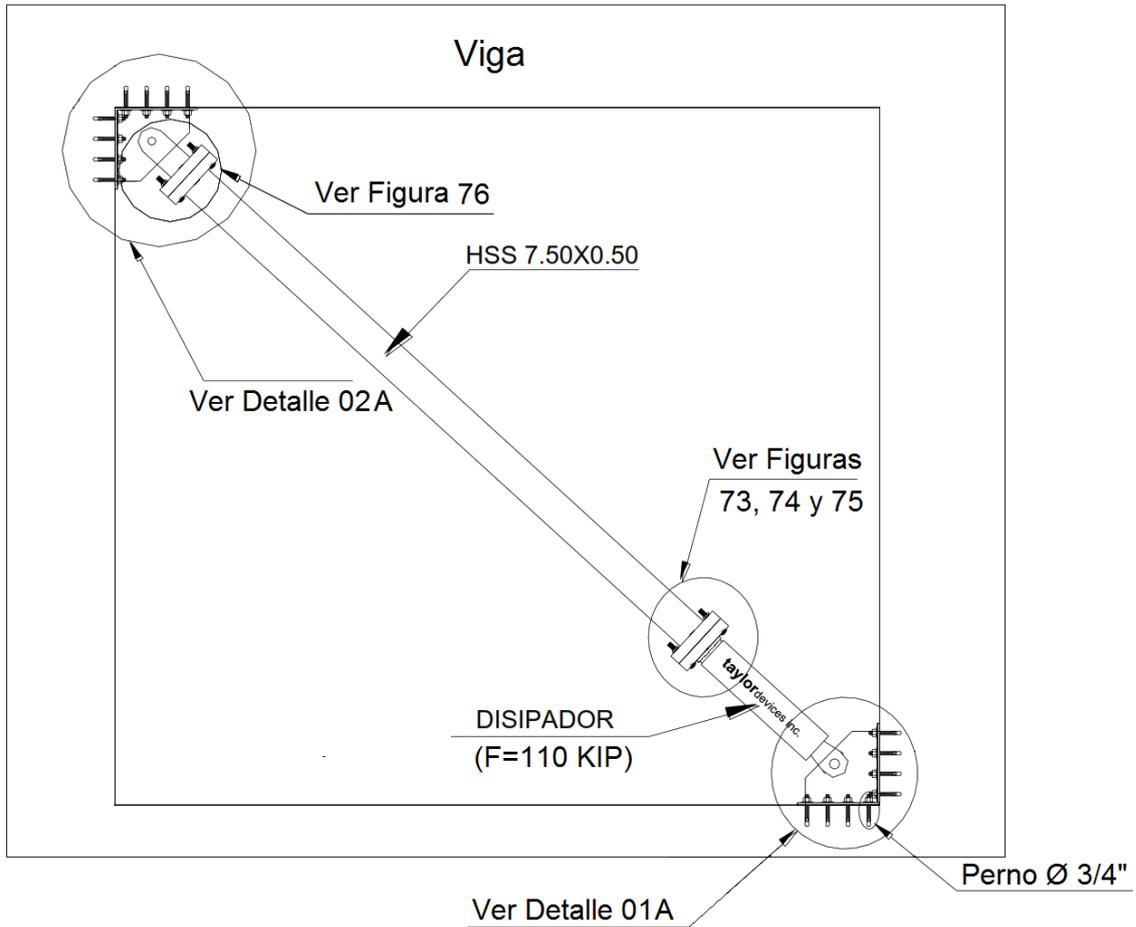
$$S \geq 6(3/4")$$

$$S \geq 4 \ 1/2"$$

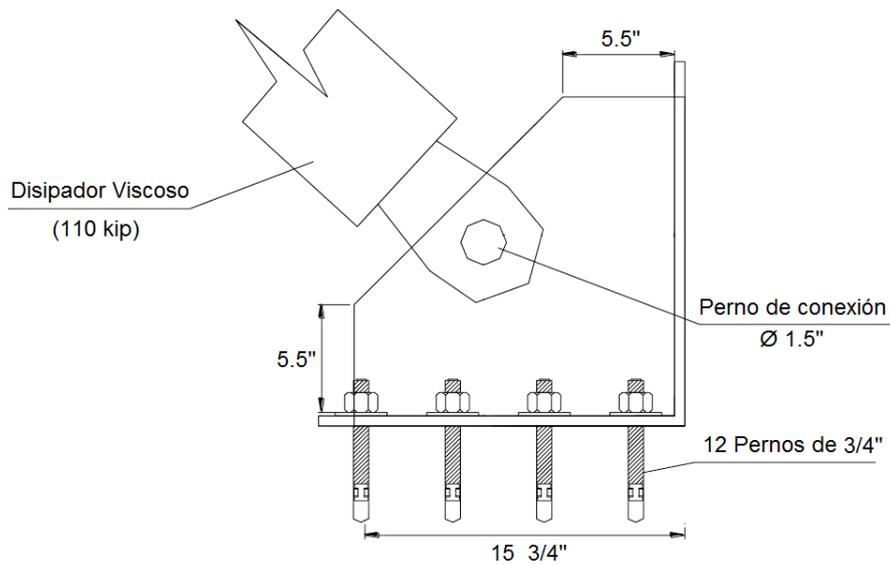
Se consideró un espaciamiento de fue de  $4 \ 1/2"$  (ver figura 100) por lo que se satisface esta condición.

El detallado final de la instalación: Disipadores de fluido viscoso – estructura de concreto se muestra en las siguientes imágenes.

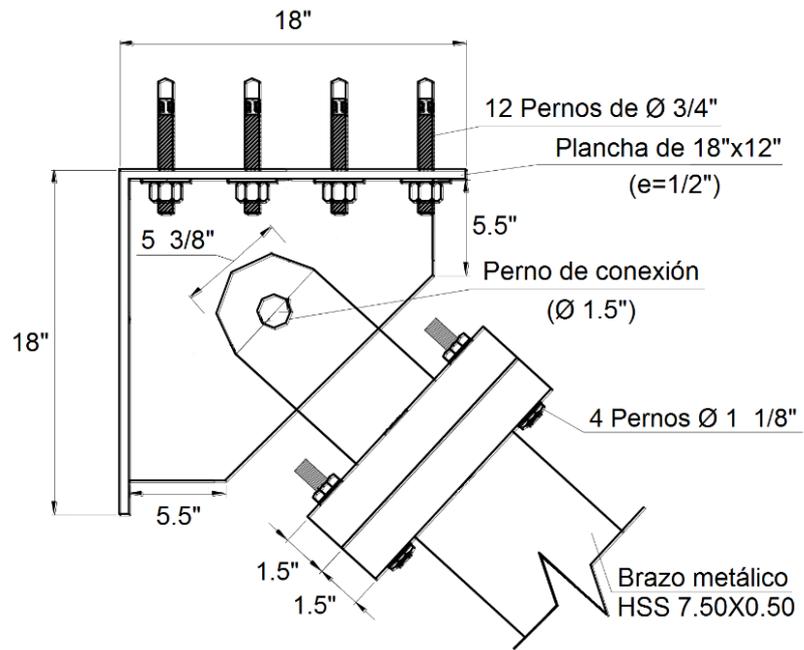
**Figura 84.** Ubicación típica del Disipador de Fluido Viscoso de 110 kip en un pórtico.



**Figura 85.** Detalle 01A (conexión: disipador – cartela – estructura de concreto).



**Figura 86.** Detalle 02A (conexión brazo metálico – cartela – estructura de concreto).



## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

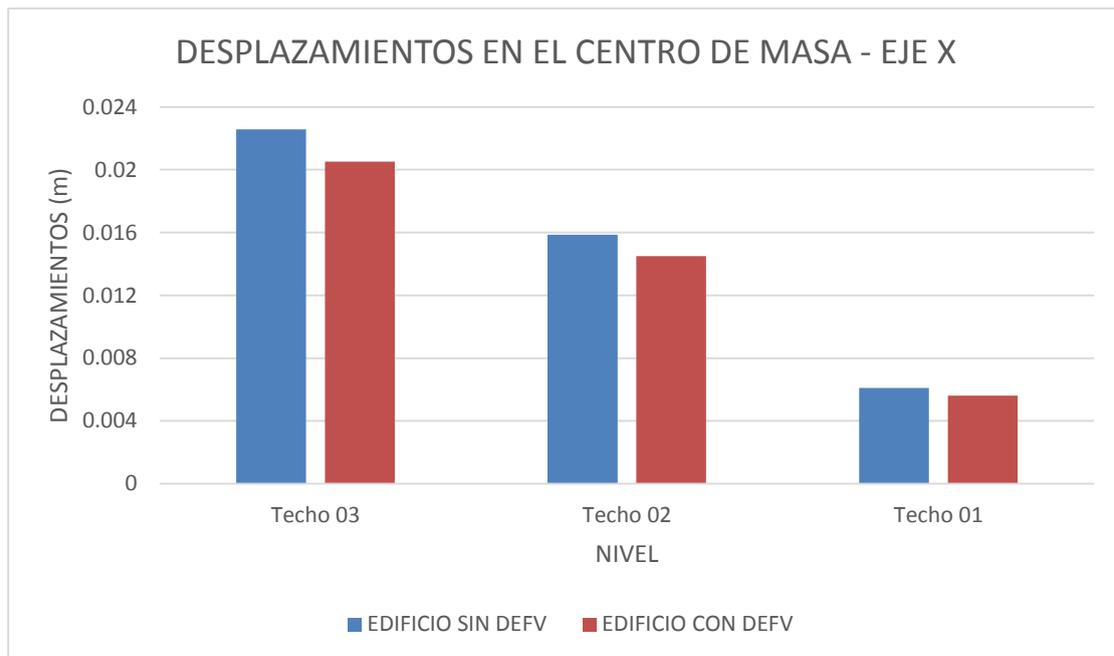
### 4.1. Presentación de los resultados

A continuación, se presentan los resultados de la investigación de acuerdo con los objetivos planteados:

#### 4.1.1. Desplazamiento en el centro de masa

La inclusión de DEFV a la estructura reduce los desplazamientos de piso en la dirección X en un rango de entre 7.98% a 9.10% y en la dirección Y en un rango de entre 11.74% y 12.89%, tal como se muestra en las tablas 87 y 88 respectivamente.

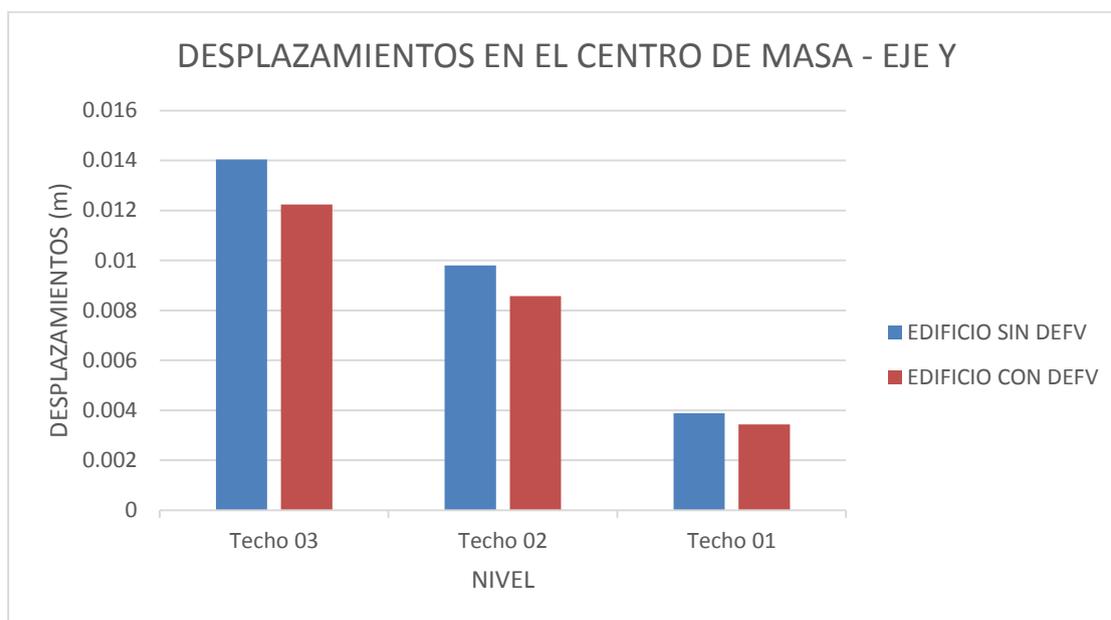
**Figura 87.** Disminución en la dirección X



**Tabla 84.** Desplazamiento en el centro de masa X

X-X	DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA (m)		% DE DISMINUCIÓN
	Sin Disipadores	Con Disipadores	
Techo 03	0.022569	0.020516	9.10%
Techo 02	0.015868	0.014489	8.69%
Techo 01	0.006091	0.005605	7.98%

**Figura 88.** Disminución en la dirección Y



**Tabla 85.** Desplazamiento en el centro de masa Y

Y-Y	DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA (m)		% DE DISMINUCIÓN
	Sin Disipadores	Con Disipadores	
Techo 03	0.014046	0.012235	12.89%
Techo 02	0.009803	0.008577	12.51%
Techo 01	0.003885	0.003429	11.74%

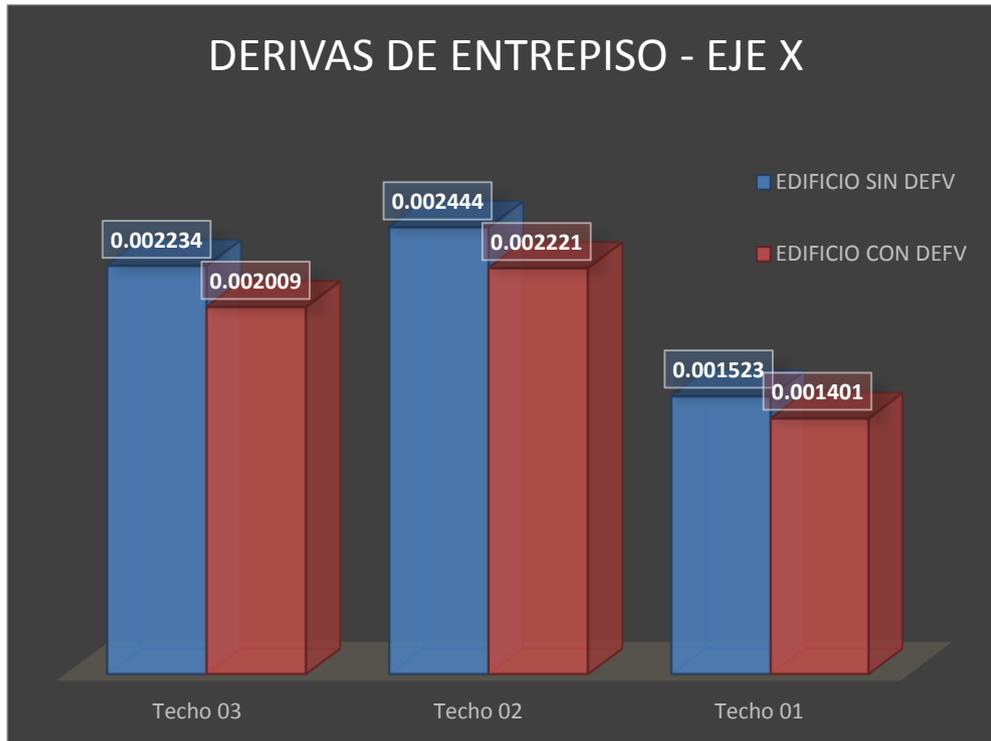
#### 4.1.2. Derivas de entrepiso

De acuerdo a los resultados obtenidos el sistema con disipadores puede llegar a reducir las derivas hasta un máximo del 10.06% en la dirección X y un 13.79% en la dirección Y.

**Tabla 86.** Derivas de entrepiso eje X

X-X	DERIVAS DE ENTREPISO		% DE DISMINUCIÓN
	Sin Disipadores	Con Disipadores	
Techo 03	0.002234	0.002009	10.06%
Techo 02	0.002444	0.002221	9.13%
Techo 01	0.001523	0.001401	7.98%

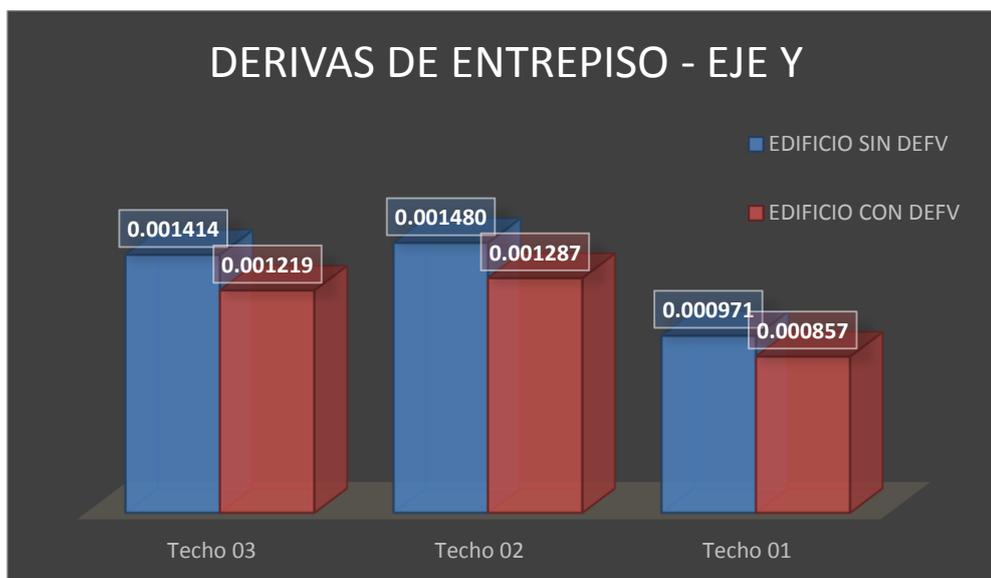
**Figura 89.** Derivas de entepiso eje X



**Tabla 87.** Derivas de entepiso eje Y

Y-Y	DERIVAS DE ENTREPISO		% DE DISMINUCIÓN
	Sin Disipadores	Con Disipadores	
Techo 03	0.001414	0.001219	13.79%
Techo 02	0.001480	0.001287	13.01%
Techo 01	0.000971	0.000857	11.74%

**Figura 90.** Derivas de entepiso eje Y



### 4.1.3. Esfuerzos máximos en los elementos de corte

A continuación, se muestran las fuerzas internas en las columnas y placas más esforzadas de la estructura sin DEFV y con DEFV.

**Tabla 88.** Fuerza axial en los elementos de corte.

Columna C7 Entre eje 15-15 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	3.1541	2.6665	15.46%
2	7.1240	6.0306	15.35%
1	10.1947	8.6856	14.80%

Columna C7 Entre eje 14-14 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	3.0872	2.6394	14.51%
2	6.6718	5.7200	14.27%
1	9.4309	8.1258	13.84%

Columna C7 Entre eje 13-13 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	2.4582	2.072	15.71%
2	5.2674	4.4572	15.38%
1	7.6336	6.5015	14.83%

Columna C4 Entre eje 14-14 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	4.8140	4.3187	10.29%
2	10.7199	9.6271	10.19%
1	15.2501	13.7972	9.53%

Columna C4 Entre eje 13-13 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	2.7129	2.2282	17.87%
2	6.1477	5.0497	17.86%
1	8.2924	6.8138	17.83%

Placa P2 entre eje 15-15 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	9.1563	7.5560	17.48%
2	17.7639	14.2273	19.91%
1	26.5143	21.5807	18.61%

Placa P3 en el eje 4-4 Tramo 11-12			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	2.4304	1.9484	19.83%
2	13.0869	11.0450	15.60%
1	47.7534	43.6079	8.68%

Placa P3 en el eje 4-4 Tramo 10-11			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	11.2140	9.6529	13.92%
2	36.8492	32.214	12.58%
1	72.3411	65.9345	8.86%

Placa P2 Entre eje 16-16 y 2-2			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	27.2824	23.0095	15.66%
2	56.0886	47.3433	15.59%
1	82.4419	72.3254	12.27%

**Tabla 89. Fuerza cortante en los elementos de corte**

Columna C7 Entre eje 15-15 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	26.5924	20.7538	21.96%
2	23.5416	18.9048	19.70%
1	26.0934	21.7084	16.81%

Columna C7 Entre eje 14-14 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	23.3333	18.1495	22.22%
2	21.8702	17.5613	19.70%
1	25.2342	21.0126	16.73%

Columna C7 Entre eje 13-13 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	20.9394	16.2585	22.35%
2	20.582	16.5226	19.72%
1	24.2733	20.228	16.67%

Columna C4 Entre eje 14-14 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	29.4586	26.4664	10.16%
2	19.7998	18.0730	8.72%
1	19.0967	17.7619	6.99%

Columna C4 Entre eje 13-13 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	20.9534	16.4878	21.31%
2	13.9815	11.2252	19.71%
1	12.6305	10.45020	17.26%

Placa P2 Entre eje 15-15 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	10.9638	10.4245	4.92%
2	101.9244	92.5295	9.22%
1	290.8912	272.125	6.45%

Placa P3 en el eje 4-4 Tramo 11-12			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	73.0395	65.9159	9.75%
2	47.5336	43.0964	9.33%
1	106.0568	98.9414	6.71%

Placa P3 en el eje 4-4 Tramo 10-11			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	66.5789	60.2313	9.53%
2	26.8158	24.0268	10.40%
1	88.5399	82.6107	6.70%

Placa P2 Entre eje 16-16 y 2-2			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	48.5585	43.2921	10.85%
2	9.0807	8.1999	9.70%
1	60.6048	54.8206	9.54%

**Tabla 90.** Momento flector en los elementos de corte

Columna C7 Entre eje 15-15 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	20.9731	15.747	24.92%
2	45.2035	35.5747	21.30%
1	89.0100	73.2016	17.76%

Columna C7 Entre eje 14-14 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	17.1748	12.7104	25.99%
2	42.4641	33.3675	21.42%
1	88.0436	72.4189	17.75%

Columna C7 Entre eje 13-13 y 1-1			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	14.6339	10.7001	26.88%
2	40.0539	31.4143	21.57%
1	86.9626	71.5363	17.74%

Columna C4 Entre eje 14-14 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	29.2889	26.1192	10.82%
2	36.9367	33.4905	9.33%
1	49.7882	46.1312	7.35%

Columna C4 Entre eje 13-13 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	21.327	16.6279	22.03%
2	25.6109	20.3471	20.55%
1	33.7890	27.7628	17.83%

Placa P2 Entre eje 15-15 y 3-3			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	74.4668	66.4113	10.82%
2	223.1906	194.1509	13.01%
1	1309.3020	1214.1777	7.27%

Placa P3 en el eje 4-4 Tramo 11-12			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	96.1467	86.5903	9.94%
2	89.7046	80.3657	10.41%
1	276.7703	257.46	6.98%

Placa P3 en el eje 4-4 Tramo 10-11			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	86.4590	78.1302	9.63%
2	46.1014	40.1430	12.92%
1	244.4195	227.30	7.00%

Placa P2 Entre eje 16-16 y 2-2			
NIVEL	SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES	% DE DISMINUCIÓN
3	69.1197	61.5191	11.00%
2	20.3426	17.4277	14.33%
1	178.6307	160.5906	10.10%

## 4.2. Análisis de resultados

Seguidamente se muestra la verificación del mejoramiento estructural del edificio con la inclusión de disipadores, con los valores representativos, para obtener el máximo porcentaje de disminución.

**Tabla 91. Verificación del mejoramiento estructural**

	SIN DEFV		CON DEFV		% MÁXIMO DE DISMINUCIÓN		VERIFICACIÓN	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
<b>DESPLAZAMIENTO EN EL CENTRO DE MASA</b>	0.022569 m	0.014046 m	0.020516 m	0.012235 m	<b>9.10%</b>	<b>12.89%</b>	MEJORÓ	MEJORÓ
<b>DERIVAS DE ENTREPISO</b>	2.23 ‰	1.41 ‰	2.01 ‰	1.22 ‰	<b>10.06%</b>	<b>13.79%</b>	MEJORÓ	MEJORÓ
<b>FUERZA AXIAL EN LOS ELEMENTOS DE CORTE</b>	17.76 tnf		14.23 tnf		<b>19.91%</b>		MEJORÓ	
<b>FUERZA CORTANTE EN LOS ELEMENTOS DE CORTE</b>	20.94 tnf		16.26 tnf		<b>22.35%</b>		MEJORÓ	
<b>MOMENTO FLECTOR EN LOS ELEMENTOS DE CORTE</b>	14.63 tnf-m		10.70 tnf-m		<b>26.88%</b>		MEJORÓ	
<b>ENERGÍA DISIPADA POR LA ESTRUCTURA</b>	100.00%	100.00%	69.12%	67.28%	<b>30.88%</b>	<b>32.72%</b>	MEJORÓ	MEJORÓ
POR LO TANTO EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEJORA CON LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO								

### 4.3. Contrastación de hipótesis

La hipótesis planteada en la investigación fue: “La inclusión de disipadores de fluido viscoso en el Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba, incide mejorando su comportamiento estructural.”; después de incorporar los disipadores de fluido viscoso se logró una disminución máxima de los desplazamientos en el centro de masa del 12.89%, las derivas hasta en un 13.79%, los esfuerzos hasta en un 26.88% y la energía absorbida por la estructura hasta en un 32.70%; en efecto, se comprueba que la hipótesis planteada en la investigación es válida.

### 4.4. Discusión de resultados

Para el desplazamiento en el centro de masa: Luego de realizar el análisis de la estructura sin la inclusión de DEFV, se obtuvo que la estructura en la dirección X alcanzará un desplazamiento máximo de 0.022569 m y en la dirección Y un desplazamiento máximo de 0.014046 m. Después del análisis de la estructura con la inclusión de DEFV, se logró que el desplazamiento máximo alcanzara en la dirección X un valor de 0.020516 m y en la dirección Y un valor de 0.012235 m; viniendo a representar un porcentaje de disminución

del 9.10% en la dirección X y 12.89% para la dirección Y. Como podemos apreciar esta disminución del desplazamiento es casi insignificante, pues el mejoramiento es solamente pocos milímetros y en cuestión de porcentaje el valor es relativamente pequeño, en la investigación de (Aguilar Rosero & Arias Cabrera, 2019) se demostró que al incorporar DEFV los desplazamientos máximos disminuyen un 51%, mientras que (Rosero Encalada, 2020) con el uso de los disipadores logró reducir los desplazamientos hasta un 46%, llegando a concluir que la energía provocada por los sismos será absorbida en su mayor parte por los dispositivos de disipación reduciendo significativamente el número de rótulas.

Para las derivas de entrepiso: En cuanto a derivas, de los resultados del análisis de la estructura sin la inclusión de DEFV, se obtuvo que la estructura en la dirección X alcanzará una deriva máxima de 2.44 ‰ y en la dirección Y una deriva máxima de 1.48 ‰. Después del análisis de la estructura con la inclusión de DEFV, se logró que la deriva máxima alcanzara en la dirección X un valor de 2.22 ‰ y en la dirección Y un valor de 1.28‰; viniendo a representar un porcentaje de disminución del 9.13% en la dirección X y 13.10% para la dirección Y. Como podemos observar esta disminución de la deriva es poco, esto debido a que la estructura está bastante rígida, por lo que al incorporar los DEFV se refleja muy poco el mejoramiento del comportamiento estructural; en la investigación de (Principe Quiñones, 2020), se demostró que al incorporar DEFV la edificación presenta un mejor comportamiento estructural respecto al modelo convencional, al igual que en la investigación de (Reynoso Domingo, 2022), en la que las derivas máximas con el empleo de DEFV se redujeron en la dirección X en 61% y en la dirección Y en 67%, siendo importante la incorporación de los disipadores de fluido viscoso.

Para los esfuerzos máximos en los elementos de corte: Con la incorporación de los DEFV, se llega reducir la fuerza axial, fuerza cortante y momentos flectores máximos en los elementos de corte de la estructura, logrando un porcentaje máximo de disminución del 19.91% para el axial, 22.35 % para la cortante y 26.88% para el momento flector. Como podemos apreciar esta disminución de esfuerzos en los elementos de corte es poco, pues

al tener la estructura elevada rigidez, da lugar a la poca participación de los DEFV; en la investigación de (Munive Lihua, 2020), en la que es importante realizar un modelamiento de estructura, se obtuvieron como resultados que al incorporar DEFV existió una reducción de desplazamientos, además en la investigación de (Principe Quiñones, 2020), se demostró que al incorporar DEFV la edificación, los esfuerzos en la estructura se reducen entre 40% y 65%, llegando a concluir que con la incorporación de DEFV la estructura responderá mejor ante un evento sísmico.

Para la energía absorbida por la estructura: Con la inclusión de los DEFV en la estructura se llegó alcanzar un porcentaje de energía disipada por los DEFV de 30.88% en la dirección X y 32.72% en la dirección en la dirección Y; en la investigación de (Principe Quiñones, 2020) se llegó demostrar que la disipación de energía oscila entre 30% y 70%, mientras que (Rosero Encalada, 2020) en su investigación logró alcanzar que los DEFV disiparan 43% de la energía sísmica.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- ✓ La inclusión de disipadores de fluido viscoso en el Sector C1 del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba, incide en el mejoramiento de su comportamiento estructural.
- ✓ Se determinó que el comportamiento estructural del Sector C1 del HNSRC sin la inclusión de DEFV, en la dirección X alcanzó un desplazamiento máximo de 0.022569 m y en la dirección Y un desplazamiento máximo de 0.014046 m; la deriva máxima alcanzó en la dirección X un valor de 2.23 ‰ y en la dirección Y un valor de 1.41‰, cuyos valores están por debajo del valor límite establecido por la norma de diseño sismorresistente actual y también de la metodología Hazus; en los elementos de corte representativos la fuerza axial es de 17.76 tnf, la fuerza cortante 20.94 tnf y el momento flector 14.63 tnf-m; y la energía disipada por la estructura es el 100% en la dirección X y Y.
- ✓ El comportamiento estructural del Sector C1 del HNSRC con la inclusión de DEFV, el desplazamiento máximo alcanzara en la dirección X un valor de 0.020516 m y en la dirección Y un valor de 0.012235 m. La deriva máxima alcanzara en la dirección X un valor de 2.01 ‰ y en la dirección Y un valor de 1.22‰; en los elementos de corte representativos la fuerza axial es de 14.23 tnf, la fuerza cortante 16.26 tnf y el momento flector máximo 10.70 tnf-m; y la energía disipada por la estructura es 69.12% en la dirección X y 67.28% en la dirección Y.
- ✓ Al incluir DEFV en el Sector C1 del HNSRC, el comportamiento estructural del tuvo una mejora, dado que los desplazamientos en el centro de masa se han reducido hasta un porcentaje de disminución del 9.10% en la dirección X y 12.89% para la dirección Y; las derivas máximas hasta en un 10.06% en la dirección X y 13.79% en la dirección Y; los esfuerzos en los elementos de corte hasta en un 19.91% la

fuerza axial, 22.35% la fuerza cortante y 26.88% el momento flector; y se llegó a alcanzar un porcentaje de energía disipada por los DEFV de 30.88% en la dirección X y 32.72% en la dirección en la dirección Y.

## **5.2. Recomendaciones**

- ✓ Realizar un análisis de costos y beneficios para determinar si la inclusión de disipadores de fluido viscoso es financieramente viable y si los beneficios potenciales justifican la inversión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Rosero, P. S., & Arias Cabrera, S. G. (2019). *Propuesta de reforzamiento de un edificio afectado en el sismo del 16 de abril de 2016 ubicado en la ciudad de Portoviejo utilizando Disipadores de Energía de Fluido Viscoso*. Ecuador: Quito, 2019.
- Alvarez Vargas, C. F. (2017). *Análisis y diseño de disipadores sísmicos de fluido viscoso para control de la respuesta sísmica de edificaciones en Huancayo 2017*. Huancayo, Perú.
- Anampa Pancca, J. J. (2016). *Reducción de daños estructurales frente a un sismo severo con dispositivos pasivos de disipación de energía de fluido viscoso para el edificio de la escuela de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Jorge Basadre Grohmann*. Tacna, Perú.
- Bambaren Alatrística, C. V., & Alatrística Gutierrez, M. D. (2007). Hospitales seguros ante desastres. *Revista Medica Herediana*, 18(3). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1018-130X2007000300006](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2007000300006)
- Bambarén Alatrística, C. V., & Alatrística Gutiérrez, M. d. (2009). Estimación del impacto socioeconómico del terremoto en Pisco en el sector salud peruano. *Revista Medica Herediana*, 20(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1018-130X2009000200006#:~:text=RESULTADOS,-Efectos%20en%20los&text=El%20principal%20efecto%20del%20terremoto,y%20reconstrucci%C3%B3n%20de%20otros%20establecimientos](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2009000200006#:~:text=RESULTADOS,-Efectos%20en%20los&text=El%20principal%20efecto%20del%20terremoto,y%20reconstrucci%C3%B3n%20de%20otros%20establecimientos).
- Boza Farfán, Z. E., & Galán Tirapo, D. J. (2013). *DISEÑO DE UN EDIFICIO APORTICADO CON DISIPADORES EN ARREGLO CHEVRON*. Lima, Perú.
- Caceres Perez, G., & Pichihua Alata, N. S. (2020). *Reforzamiento estructural para mejorar el nivel de desempeño del Hospital Santa Rosa, implementando el diseño apropiado*

- de amortiguadores fluido*. Lima, Perú.
- Cámara Chilena de la Construcción. (2011). *Protección Sísmica de Estructuras Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía*. Santiago de Chile.
- Chavez Aguirre, J. P. (2016). *Análisis, Diseño y Efectos de Interacción Sísmica Suelo – Estructura con Disipadores de Energía Viscosos – Taylor, en un Edificio Aporticado de 5 Niveles en la Urbanización Buenos Aires, Distrito de Nuevo Chimbote - 2016*. Nuevo Chimbote, Perú.
- Chavez Aguirre, J. P. (2017). *Diseño sismorresistente de edificios con disipadores de fluido viscoso* (1ra. ed.). Lima, Perú.
- FEMA. (2020). *Hazus Earthquake Model Technical Manual - Hazus 4.2 SP3*. U.S.
- Fuentes Sadowski, J. C. (2015). *ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO*. Lima, Perú.
- Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). *INTRODUCCIÓN AL USO DE AISLADORES Y DISIPADORES EN ESTRUCTURAS*. Caracas, Venezuela: Corporación Andina de Fomento.
- Herráiz Sarachaga, M. (1997). *Conceptos básicos de sismología para ingenieros* (1ra. ed.). Lima, Perú: CISMID.
- Huerta Ramírez, L. C. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL CPU-UNASAM CON DISIPADORES DE ENERGIA DE FLUIDO VISCOSO*. Huaraz, Perú.
- INSTITUTO DE GEOLOGÍA-Universidad Nacional Autónoma de México. (03 de Julio de 2020). *La Teoría de la Tectónica de Placas y la Deriva Continental*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2023, de Gustave Tolson Jones: <https://www.geologia.unam.mx/contenido/la-teoria-de-la-tectonica-de-placas-y-la-deriva-continental>
- Kuroiwa, J. (2002). *REDUCCIÓN DE DESASTRES - Viviendo en armonía con la naturaleza* (1ra. ed.). Lima.

- Lee, D. A., & Taylor, D. P. (s.f.). *VISCOUS DAMPER DEVELOPMENT AND FUTURE TRENDS*. (Paper, Ed.) EE.UU.
- Leire Ventas. (26 de agosto de 2014). *¿Por qué el 90% de los terremotos suceden en el Cinturón del Pacífico?* Recuperado el 29 de octubre de 2022, de BBC NEWS MUNDO (British Broadcasting Corporation, Londres): [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140826\\_ciencia\\_cinturon\\_fuego\\_pacifico\\_zona\\_mas\\_sismica\\_mundo\\_lv](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140826_ciencia_cinturon_fuego_pacifico_zona_mas_sismica_mundo_lv)
- MABIE. (12 de Septiembre de 2020). *DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOSO*. Recuperado el 18 de Febrero de 2023, de Maribel Burgos Ingeniería Estructural: <https://mabieperu.com/disipadores-de-energia-fluido-viscoso/>
- MABIE. (16 de Julio de 2022). *LA EFECTIVIDAD DE LA PROTECCIÓN SÍSMICA DE LOS EDIFICIOS CON DISIPADORES FLUIDO VISCOSOS DEPENDE DE SU DISPOSICIÓN*. Recuperado el 01 de Abril de 2023, de Maribel Burgos Ingeniería Estructural: <https://mabieperu.com/la-efectividad-de-la-proteccion-sisimica-de-los-edificios-con-disipadores-fluido-viscosos-depende-de-su-disposicion/>
- MABIE. (16 de Julio de 2022). *LA EFECTIVIDAD DE LA PROTECCIÓN SÍSMICA DE LOS EDIFICIOS CON DISIPADORES FLUIDO VISCOSOS DEPENDE DE SU DISPOSICIÓN*. Recuperado el 10 de Febrero de 2023, de Maribel Burgos Ingeniería Estructural: <https://mabieperu.com/la-efectividad-de-la-proteccion-sisimica-de-los-edificios-con-disipadores-fluido-viscosos-depende-de-su-disposicion/>
- MINSA (Ministerio de Salud, Perú); Comité Nacional de Hospitales Seguros Frente a los Desastres. (2010). *Política Nacional de Hospitales Seguros Frente a los Desastres*. Lima, Perú: SINCO Editores S.A.C.
- Munive Lihua, G. M. (2020). *Análisis sismoresistente con disipadores de energía viscosos Taylor para el sistema estructural mixto en la infraestructura educativa Chiras*. Universidad Peruana Los Andes.

- Muñoz Peláez, A. (2020). *Comentarios a la norma* (1ra ed.). Lima, Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO.
- Organización Panamericana de la Salud. (2010). *Terremoto de Pisco, Perú - A dos años del sismo, crónica y lecciones aprendidas en el sector salud*. Washington D.C.: Washington, D.C.: PAHO.
- Pardo Verdugo, J. P. (2007). *CONTROL DE LA RESPUESTA DINÁMICA DE ESTRUCTURAS MEDIANTE EL USO DE DISIPADORES DE ENERGÍA DE FLUIDOVISCOSO DEL TIPO LINEAL*. Valdivia, Chile.
- Principe Quiñones, A. P. (2020). *Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aporticada Trujillo 2020*. Universidad Privada del Norte.
- Ramos Bernabé, L. D., & Rodríguez Carhuaz, L. A. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el diseño de reforzamiento estructural implementando disipadores de fluido viscoso en la vivienda multifamiliar de 8 niveles, Santiago de Surco*. Lima, Perú.
- Reynoso Domingo, R. D. (2022). *Mejoramiento del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Rojas Rodríguez, R. (2019). *Comportamiento estructural de un edificio de 5 pisos por cambio de uso con aplicación de disipadores viscosos, Los Olivos, 2019*. Lima, Perú.
- Rosero Encalada, J. C. (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*. Universidad Central del Ecuador.
- Structural Engineers Association of California SEAOC. (1995). *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary (The Blue Book)*. California: 1995.
- Valdivia Chilón, J. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE*

*UNA EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES DE ESTRUCTURA IRREGULAR SEGÚN LAS NORMAS DE SISMORRESISTENCIA E.030-2006 Y LA E.030-2016, EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.* Cajamarca, Perú.

Villarreal Castro, G., & Díaz La Rosa Sánchez, M. (2016). *EDIFICACIONES CON DISIPADORES VISCOSOS.* Lima, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.

Villarreal Castro, G., & Oviedo Sarmiento, R. (2009). *EDIFICACIONES CON DISIPADORES DE ENERGIA.* Lima, Perú.

Zavala Carrión, B., & Rosado Seminario, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Boletín INGEMMET N° 44 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica* (1ra. ed.). Lima.

## **ANEXOS**

**ANEXO A: Estudio de suelos**

**ANEXO B: Planos del estudio**

---

**EXPEDIENTE TÉCNICO: "IMPLEMENTACIÓN DE RAMPA DE  
ACCESO DEL CORREDOR TÉCNICO HACIA HOSPITALIZACIÓN" DE  
LA OBRA: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL HOSPITAL  
NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO II-1 DE CAJABAMBA**

**ANEXO 01: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

---



**Consultor de proyecto:**

Ing. Marco Antonio Silva Rodríguez

C.I.P.:78400

**JUNIO 2022**



*Ing. Marco A. Silva Rodríguez*  
EJECUTOR CONSULTOR  
R.C.P. 78400

## INFORME TÉCNICO

### ESTUDIO DE MECANICA SUELOS (EMS) CON FINES DE CIMENTACION



#### OBRA:

IMPLEMENTACIÓN DE RAMPA DE ACCESO DEL CORREDOR TÉCNICO  
HACIA HOSPITALIZACIÓN, CORRESPONDIENTE A LA OBRA:  
CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL HOSPITAL NUESTRA SEÑORA  
DEL ROSARIO II-1 DE CAJABAMBA

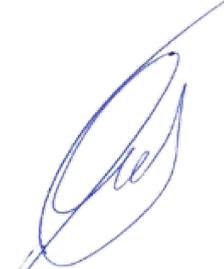
#### SOLICITANTE:

SIMETRIKA ARQUITECTURA E INGENIERA

#### UBICACIÓN:

LUGAR	:	Hospital Nuestra Señora del Rosario
DISTRITO	:	CAJABAMBA
PROVINCIA	:	CAJABAMBA
DEPARTAMENTO	:	CAJAMARCA

MAYO del 2022

  
Ing. Marco A. Silva Rodríguez  
EJECUTOR CONSULTOR  
R.C.P. 78400

**ANEXO I**  
**FORMATO OBLIGATORIO DE LA HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN**  
 SOLICITA: SIMETRIKA ARQUITECTURA E INGENIERA  
**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN**

OBRA: IMPLEMENTACIÓN DE RAMPA DE ACCESO DEL CORREDOR TÉCNICO HACIA HOSPITALIZACIÓN,  
 CORRESPONDIENTE A LA OBRA: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL HOSPITAL NUESTRA SEÑORA  
 DEL ROSARIO II-1 DE CAJABAMBA

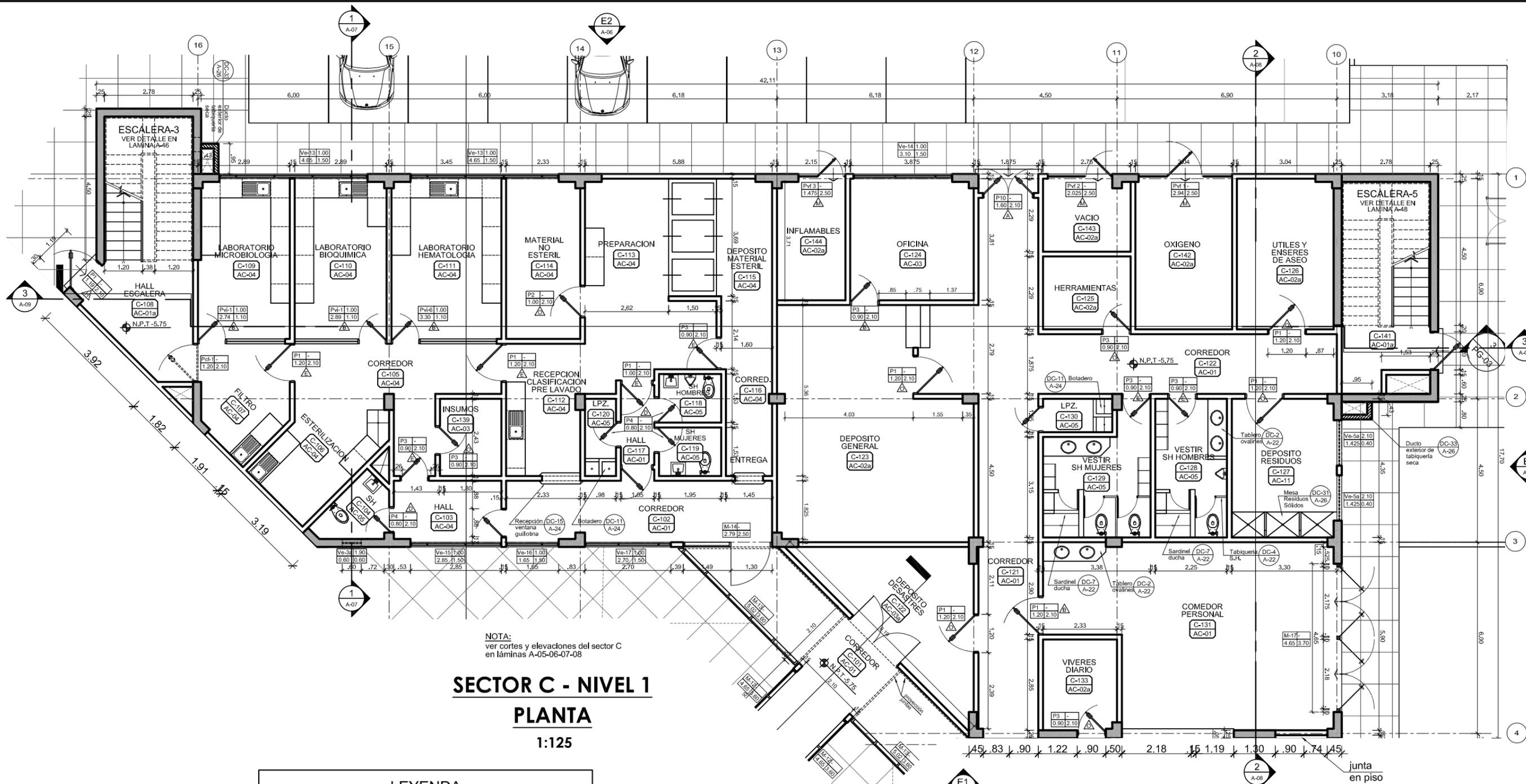
Distrito Cajabamba - Provincia Cajabamba - Region Cajamarca

De conformidad con la Norma Técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" **la siguiente informacion deberá transcribirse literalmente en los planos de cimentación.** Esta información no es limitativa, deberá cumplir con todo lo especificado en el presente Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) y con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

<b>RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN</b>			
<b>Profesional Responsable (PR):</b>	Ing. José Antonio Huertas Martell	CIP: 148106	
<b>Tipo de cimentación</b>	Cimiento Corrido, Cuadrado y Rectangular		
<b>Estrato de apoyo de la cimentación:</b>	Grava Arcillosa (GC según SUCS)		
<b>Profundidad de la Napa Freática:</b>	No se ubico		
<b>Parámetros de Diseño de la Cimentación</b>	<u>Corrido</u>	<u>Cuadrado</u>	<u>Rectangular</u>
Ancho de la Cimentacion (m)	0.60	1.50	1.50
Profundidad de la Cimentación (m)	1.50	1.50	1.50
Presion Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )	1.17	1.51	1.46
Factor de Seguridad por Corte (Estático)	3.00	3.00	3.00
Factor de Seguridad por Corte (Dinámico)	2.50	2.50	2.50
Asent. Diferencial Maximo Aceptable (cm)	1.17	0.88	0.76
<b>Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la Norma E.030)</b>			
Zona Sísmica	Zona 3 , Factor de zona Z = 0.35		
Tipo de perfil del suelo	Suelo Tipo S2		
Factor del suelo (S)	1.15		
Periodo T <sub>P</sub> (s)	0.60		
Period T <sub>L</sub> (s)	2.00		
<b>Agresividad del Suelo a la Cimentación (De acuerdo a la Tabla 4.4 de la Norma E.060)</b>			
Tipo de agresión	Moderado		
Tipo de Cemento	Tipo II, IP (MS), IS (MS), P (MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)		
Relación agua/cemento	0.5		
Resist. a la comp. mínima (f'c) kg/cm <sup>2</sup>	280		
<b>Problemas Especiales de cimentación</b>			
Licuaación	No Presenta		
Colapso	No Presenta		
Expansión	No Presenta		
<b>Indicaciones Adicionales:</b>			
Según el Art. 24 de la norma E.050 no se permite cimentar sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, relleno de desmonte o sanitario o industrial, ni Rellenos No controlados; los cuales deben ser removidos en la totalidad de la obra y de ser necesario reemplazados por Rellenos Controlados.			

FECHA: TRUJILLO, MAYO DEL 2022

  
**Ing. Marco A. Silva Rodriguez**  
 EJECUTOR CONSULTOR  
 R.C.P. 78400



NOTA:  
ver cortes y elevaciones del sector C  
en láminas A-05-06-07-08

### SECTOR C - NIVEL 1

## PLANTA

1:125

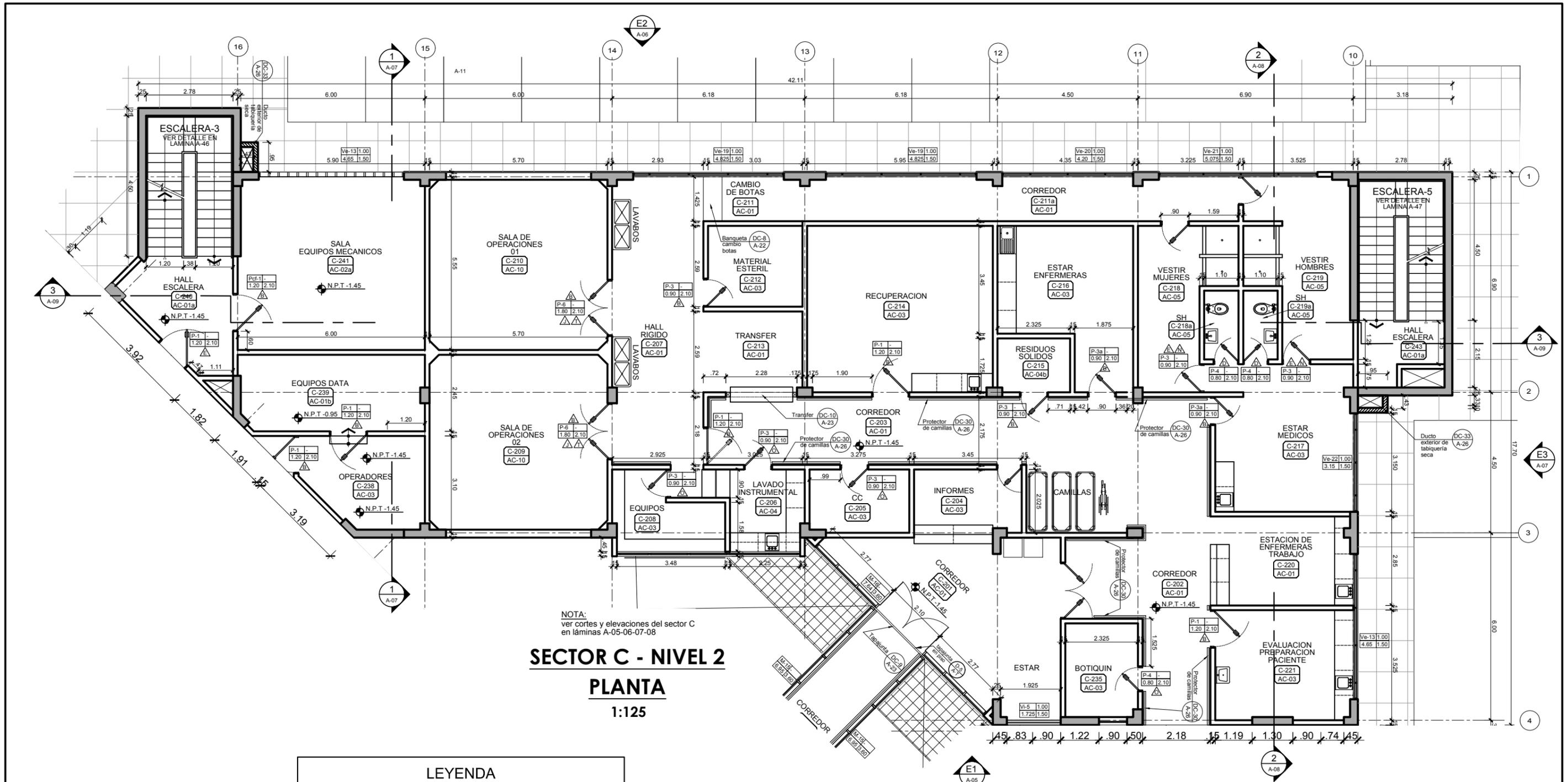
LEYENDA	
	Nº DE AMBIENTE
	Nº DE ACABADO
	TIPO DE VANO   ALFEIZAR ANCH/ALTO
	TIPO DE CHAPA / ACCESORIOS PARA PUERTAS
	CODIGO DE CORTE O ELEVACION
	Nº DE PLANO A REFERIR
	Nº DE DETALLE PLANO A REFERIR
	NIVEL
	CAMBIO DE PISO NOTA: En todas las puertas o vanos interiores que tienen encuentros de pisos de diferente material se colocara un perfil de aluminio de acuerdo al detalle DC-13 (ver lámina A-24)

**NOTAS:**

- Ver plano de Techos en lámina A-04
- Carpintería: P = Puerta de madera  
Ve = Ventana exterior de aluminio  
Vi = Ventana interior de madera  
Pve = Puerta ventana exterior de aluminio  
Pvi = Puerta ventana interior de madera  
M = Mampara de aluminio  
Vf = Ventana de fierro  
Pf = Puerta de fierro  
Pvf = Puerta ventana de fierro

UBICACIÓN POLÍTICA	
SECTOR :	BARRIO PARUBAMBA
DISTRITO :	CAJABAMBA
PROVINCIA :	CAJABAMBA
DPTO :	CAJAMARCA
NOVIEMBRE DEL 2024	

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS : <b>INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA</b>		
PLANO :	<b>SECTOR C1 - NIVEL 1 (PLANTA)</b>	Escala: INDICADA
BACHILLER:	<b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b>	Lamina Nº
ASESOR:	<b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b>	<b>A-01</b>



NOTA:  
ver cortes y elevaciones del sector C  
en láminas A-05-06-07-08

### SECTOR C - NIVEL 2

### PLANTA

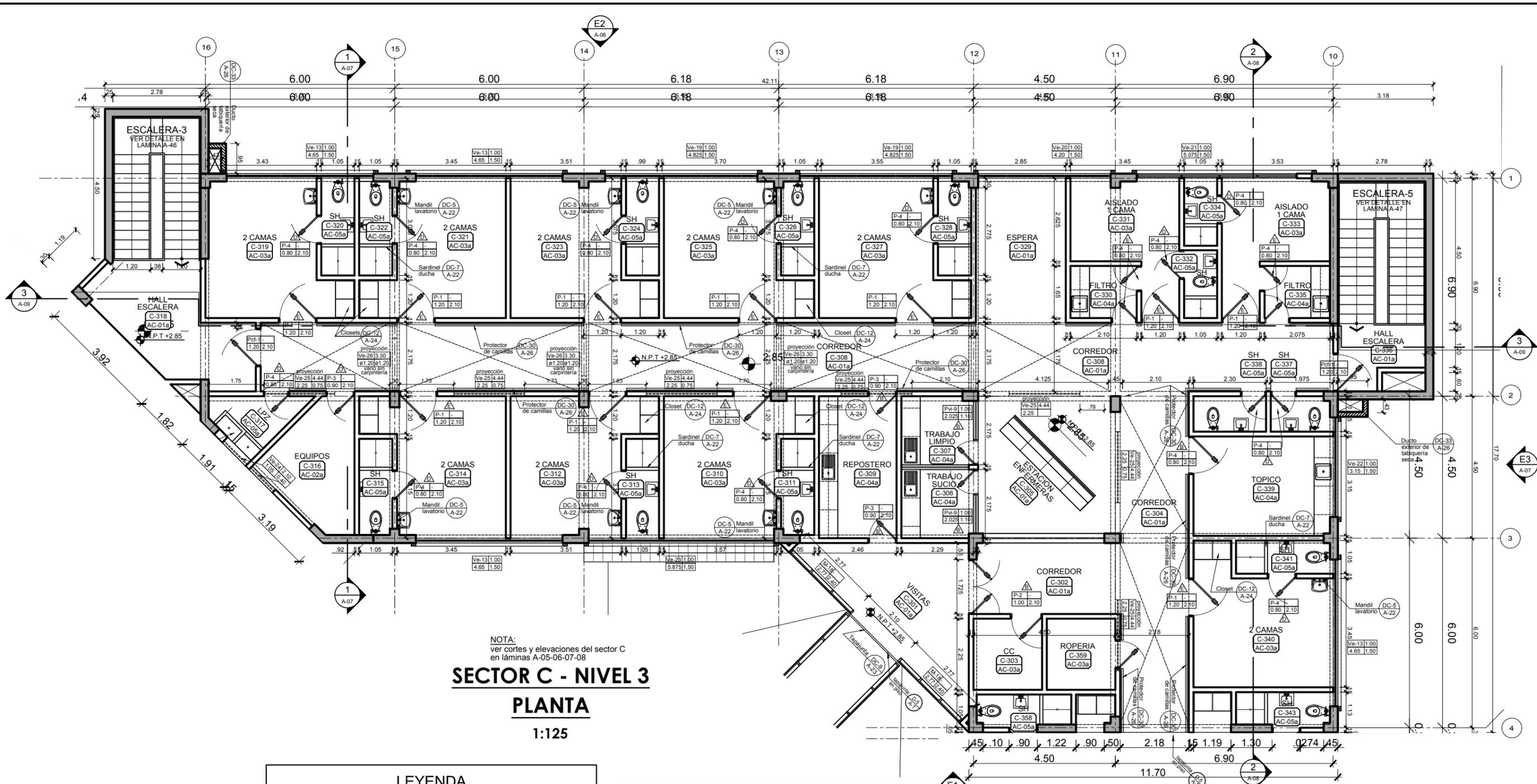
1:125

LEYENDA	
	Nº DE AMBIENTE
	Nº DE ACABADO
	TIPO DE VANO   ALFEIZAR ANCHO   ALTURA
	TIPO DE CHAPA / ACCESORIOS PARA PUERTAS
	CODIGO DE CORTE O ELEVACION
	Nº DE PLANO A REFERIR
	Nº DE DETALLE PLANO A REFERIR
	NIVEL
	CAMBIO DE PISO NOTA: En todas las puertas o vanos interiores que tienen encuentros de pisos de diferente material se colocara un perfil de aluminio de acuerdo al detalle DC-13 (ver lámina A-24)

- NOTAS:**
- Ver plano de Techos en lámina A-04
  - Carpintería:
    - P = Puerta de madera
    - Ve = Ventana exterior de aluminio
    - Vi = Ventana interior de madera
    - Pve = Puerta ventana exterior de aluminio
    - Pvi = Puerta ventana interior de madera
    - M = Mampara de aluminio
    - Vf = Ventana de fierro
    - Pf = Puerta de fierro
    - Pvf = Puerta ventana de fierro

UBICACIÓN POLÍTICA	
SECTOR	: BARRIO PARUBAMBA
DISTRITO	: CAJABAMBA
PROVINCIA	: CAJABAMBA
DPTO	: CAJAMARCA
NOVIEMBRE DEL 2024	

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA		
PLANO :	<b>SECTOR C1 - NIVEL 2 (PLANTA)</b>	Escala: INDICADA
BACHILLER:	<b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b>	Lamina Nº <b>A-02</b>
ASESOR:	<b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b>	



NOTA:  
ver cortes y elevaciones del sector C  
en láminas A-05-06-07-08

**SECTOR C - NIVEL 3**  
**PLANTA**  
1:125

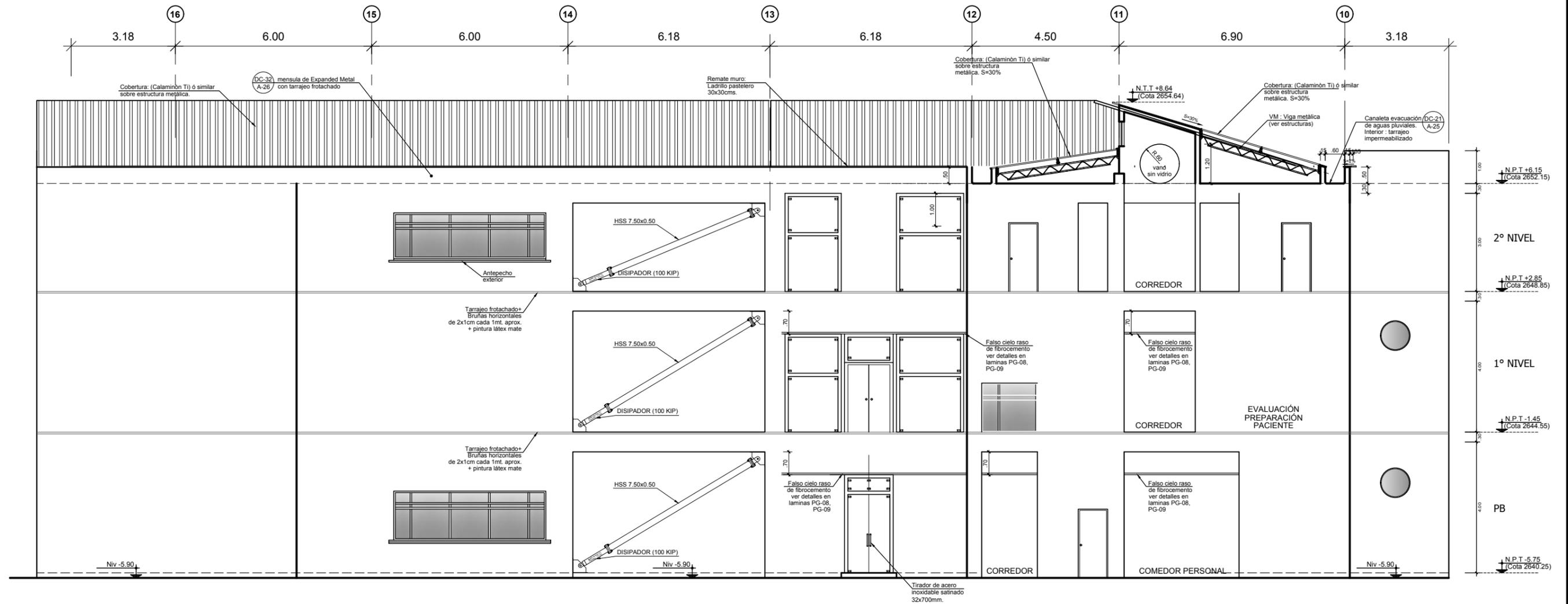
LEYENDA	
	Nº DE AMBIENTE
	TIPO DE VANO   ALFEIZAR ANCHO   ALTURA
	TIPO DE CHAPA / ACCESORIOS PARA PUERTAS
	CODIGO DE CORTE O ELEVACION
	Nº DE PLANO A REFERIR
	Nº DE DETALLE PLANO A REFERIR
	NIVEL
	CAMBIO DE PISO
NOTA: En todas las puertas o vanos interiores que tienen encuentros de pisos de diferente material se colocará un perfil de aluminio de acuerdo al detalle DC-13 (ver lámina A-24)	

- NOTAS:**
- Ver detalles de veredas, rampas, sardineles, etc. en planos de Obras Exteriores, láminas PG-05 al PG-08
  - Ver detalles de Baños en láminas A-16 al A-21
  - Ver detalles de Escaleras en láminas A-43 al A-49
  - Ver plano de Techos en lámina A-07
  - Ver Cuadro de Acabados en láminas PG-09 y PG-10
  - Carpintería: P = Puerta de madera  
Ve = Ventana exterior de aluminio  
Vi = Ventana interior de madera  
Pve = Puerta ventana exterior de aluminio  
Pvi = Puerta ventana interior de madera  
M = Mampara de aluminio  
Vf = Ventana de fierro  
Pf = Puerta de fierro  
Pvf = Puerta ventana de fierro

UBICACIÓN POLÍTICA	
SECTOR :	BARRIO PARUBAMBA
DISTRITO :	CAJABAMBA
PROVINCIA :	CAJABAMBA
DPTO :	CAJAMARCA
NOVIEMBRE DEL 2024	

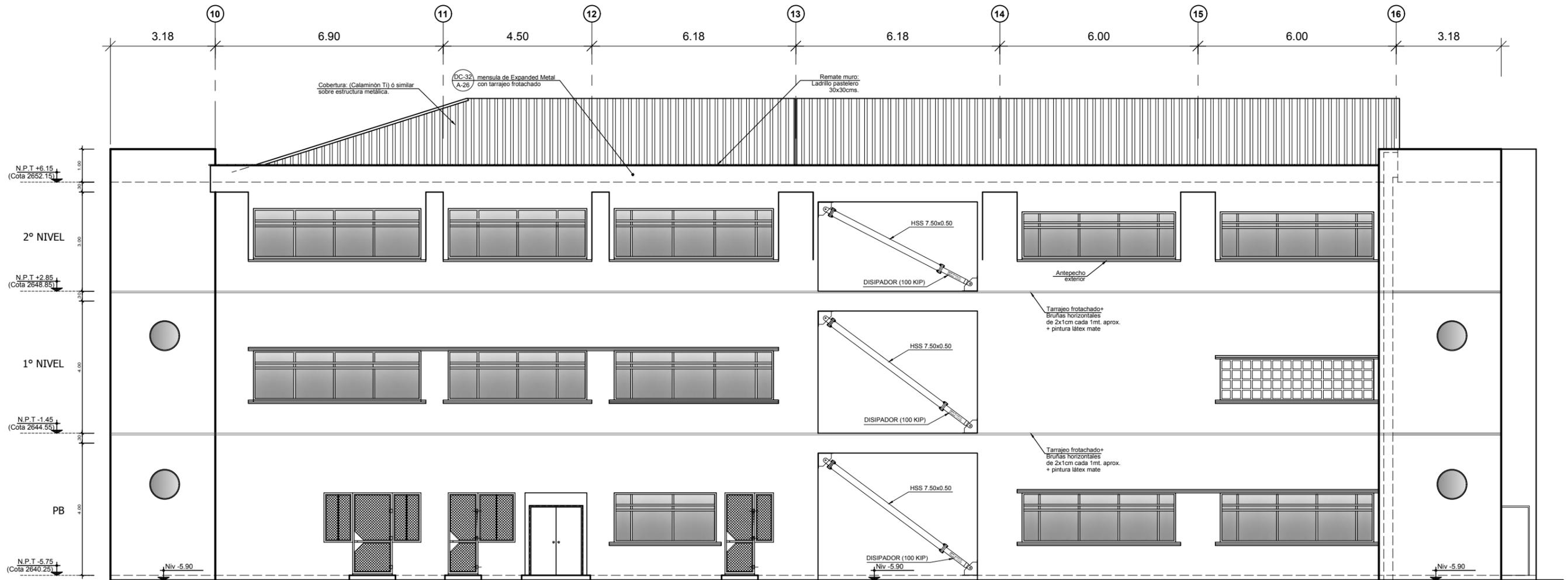
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>		
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA		
PLANO : <b>SECTOR C1 - NIVEL 3 (PLANTA)</b>		Escala: INDICADA
BACHILLER: <b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b>		Lamina Nº <b>A-03</b>
ASESOR: <b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b>		





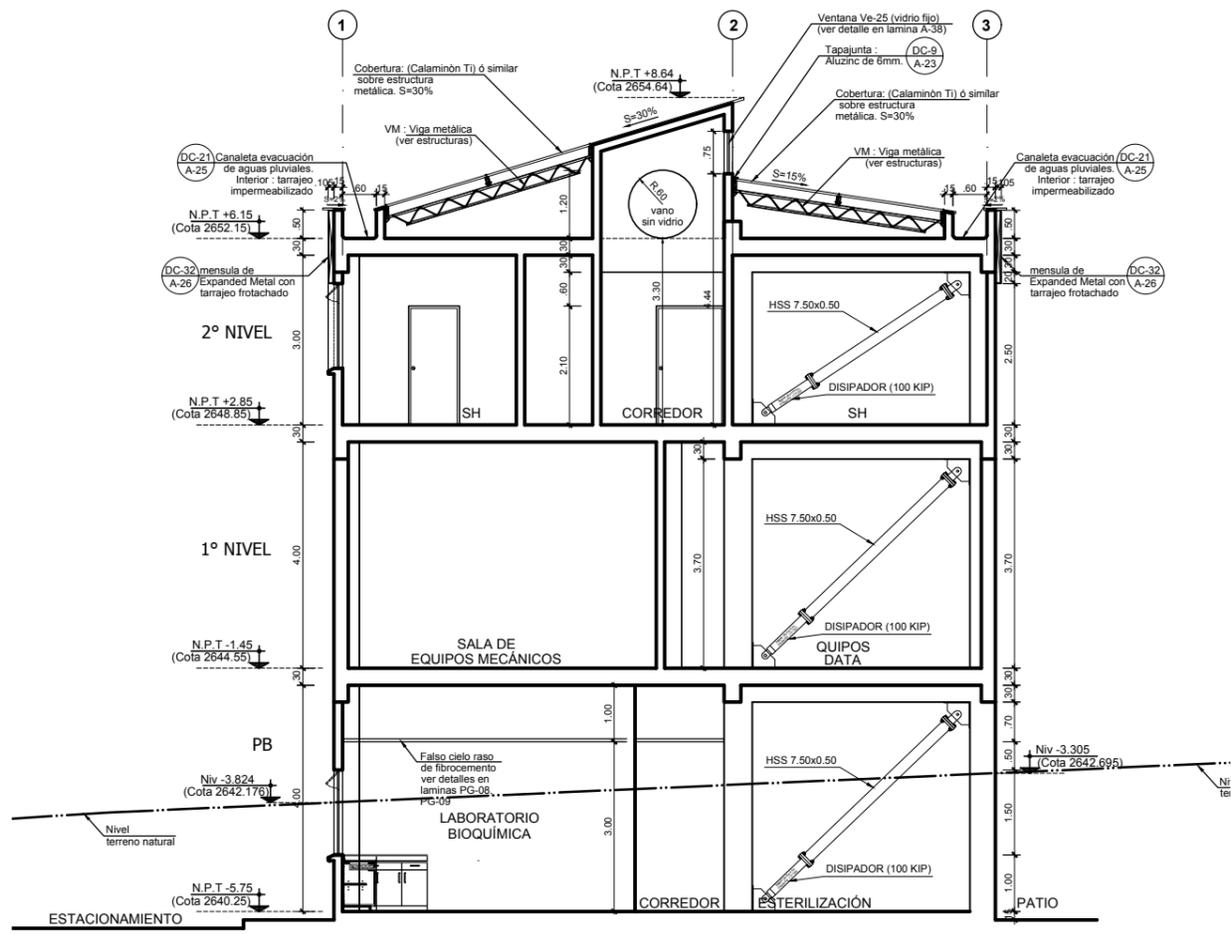
**Sector C : ELEVACION E1**  
**1:125**

<p>UBICACIÓN POLÍTICA</p> <p>SECTOR : BARRIO PARUBAMBA</p> <p>DISTRITO : CAJABAMBA</p> <p>PROVINCIA : CAJABAMBA</p> <p>DPTO : CAJAMARCA</p>	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>		
	<p>TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA</p>		
<p>PLANO : ELEVACION 1 CON UBICACIÓN DE DISIPADORES</p>		<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Lamina Nº</p> <p><b>A-05</b></p>
<p>NOVIEMBRE DEL 2024</p>		<p>BACHILLER: <b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b></p>	

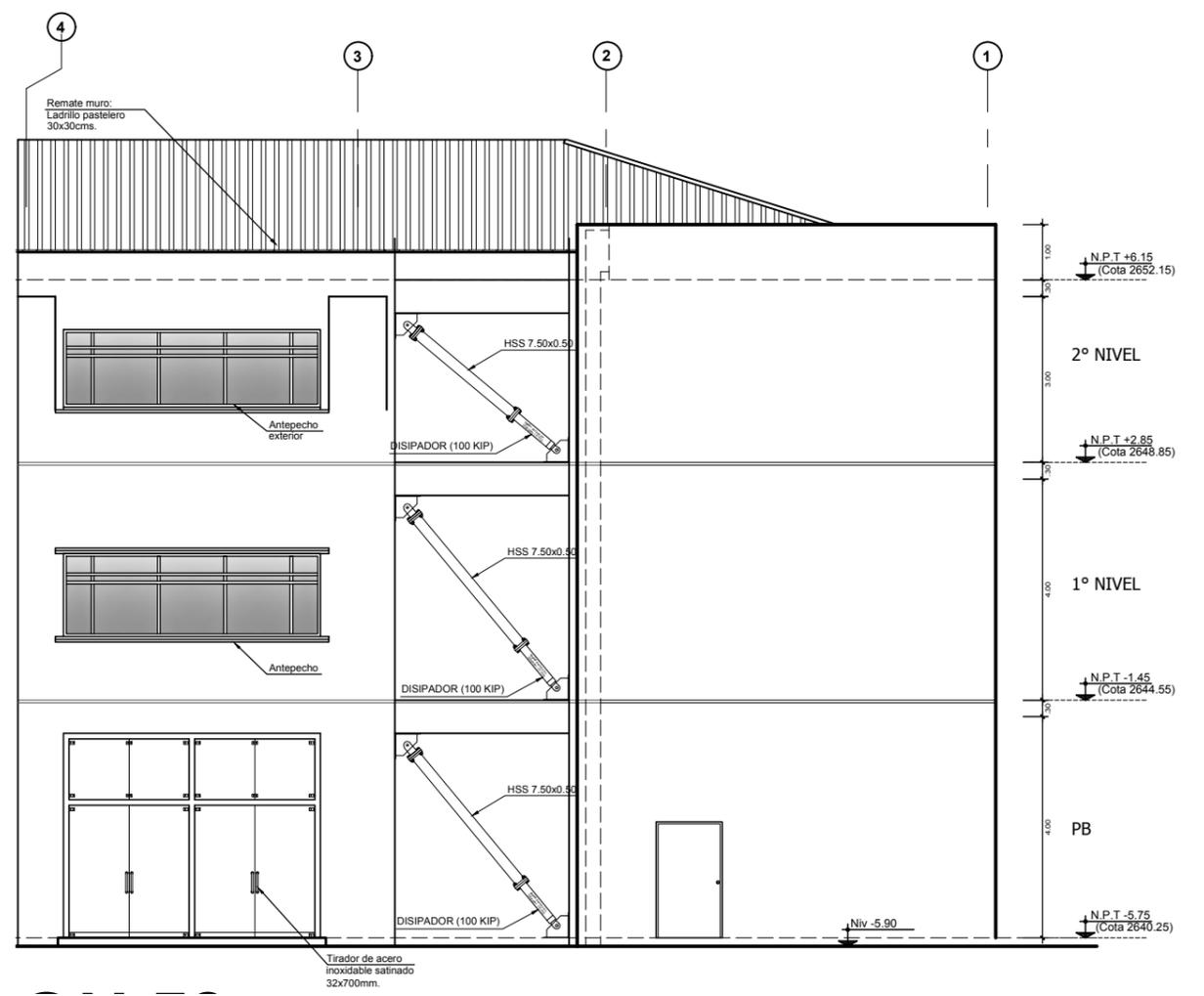


**Sector C : ELEVACION E2**  
**1:125**

<p>UBICACIÓN POLÍTICA</p> <p>SECTOR : BARRIO PARUBAMBA</p> <p>DISTRITO : CAJABAMBA</p> <p>PROVINCIA : CAJABAMBA</p> <p>DPTO : CAJAMARCA</p>	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>		
	<p>TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA</p>		
<p>NOVIEMBRE DEL 2024</p>	<p>PLANO : ELEVACION 2 CON UBICACIÓN DE DISIPADORES</p>	<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Lamina Nº</p>
	<p>BACHILLER: VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</p>		<p>A-06</p>
	<p>ASESOR: ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</p>		

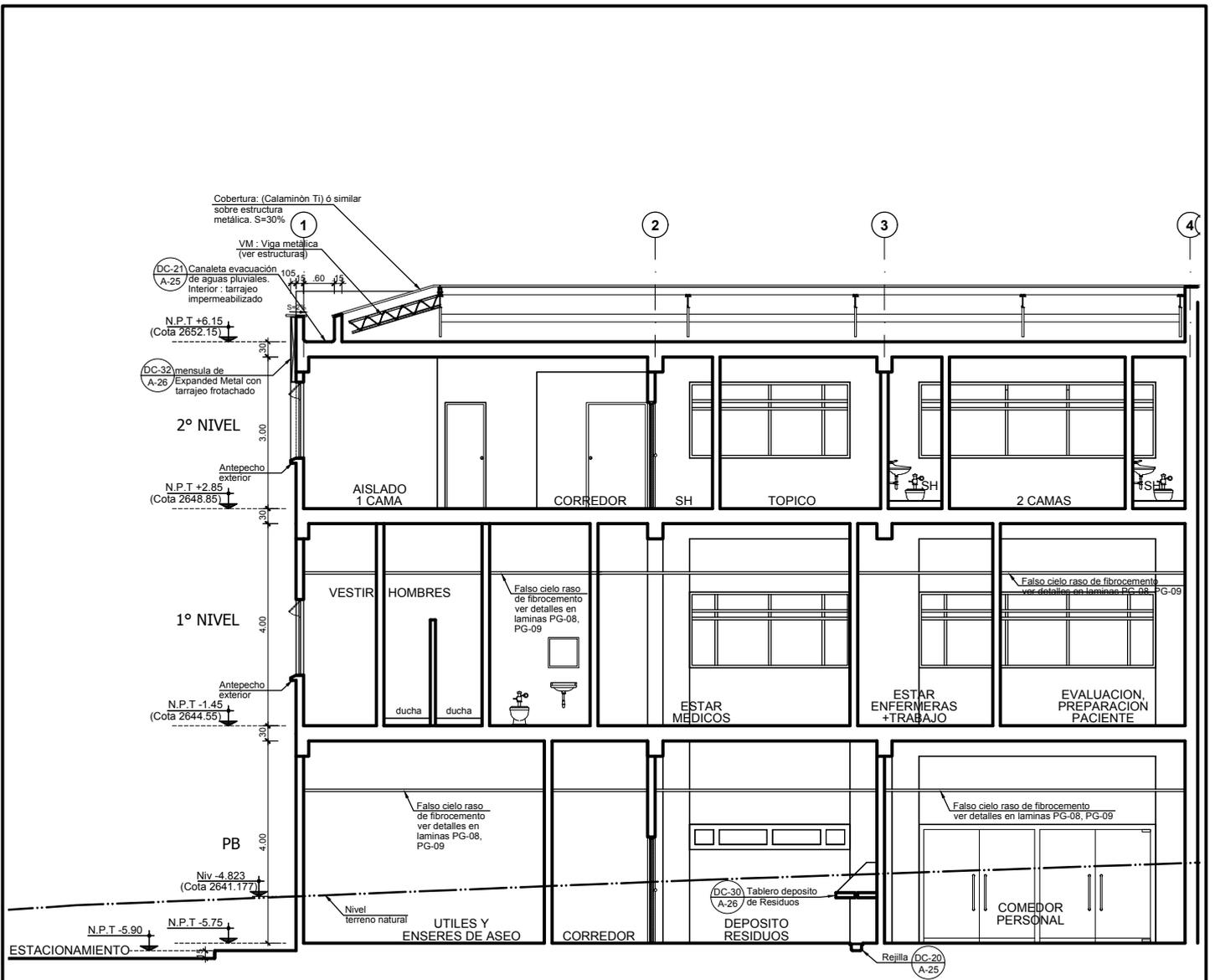


**Sector C : CORTE 1-1**  
1:125



**Sector C : ELEVACION E3**  
1:125

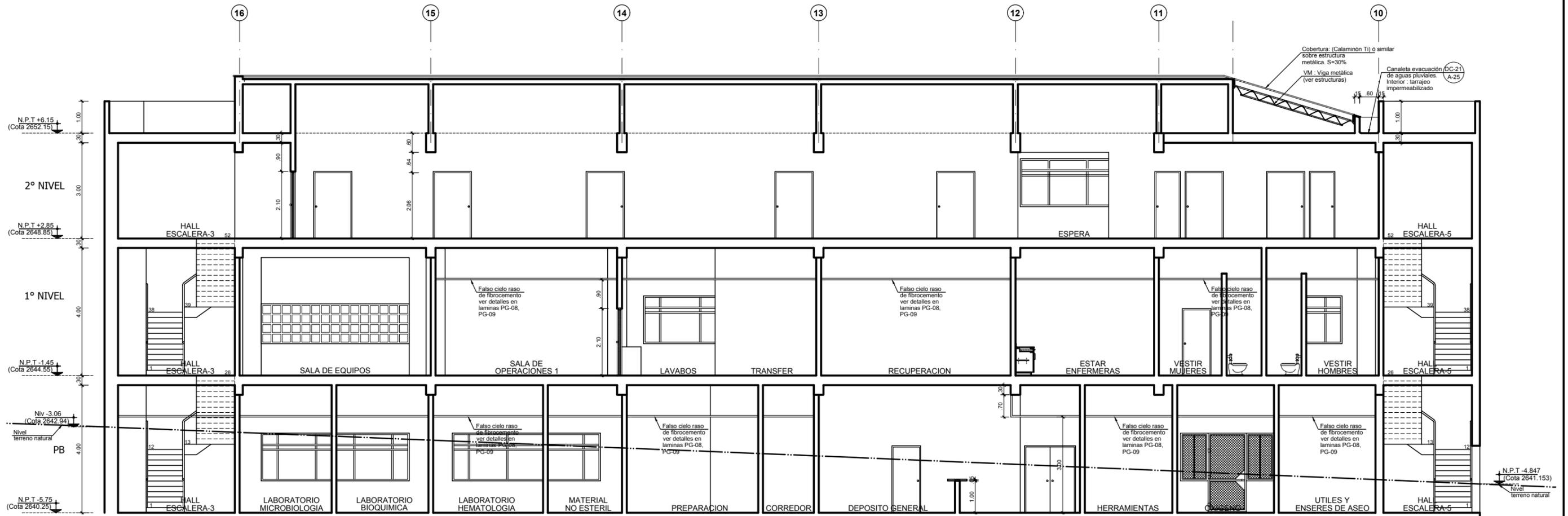
<p>UBICACIÓN POLÍTICA</p> <p>SECTOR : BARRIO PARUBAMBA</p> <p>DISTRITO : CAJABAMBA</p> <p>PROVINCIA : CAJABAMBA</p> <p>DPTO : CAJAMARCA</p>		<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>		
		<p>TESIS : <b>INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA</b></p>		
		<p>PLANO : <b>CORTE 1 Y ELEVACION 3 CON UBICACIÓN DE DISIPADORES</b></p>		<p>Escala: <b>INDICADA</b></p>
		<p>BACHILLER: <b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b></p>		<p>Lamina Nº <b>A-07</b></p>
<p>NOVIEMBRE DEL 2024</p>		<p>ASESOR: <b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b></p>		



# CORTE 2-2

## 1:125

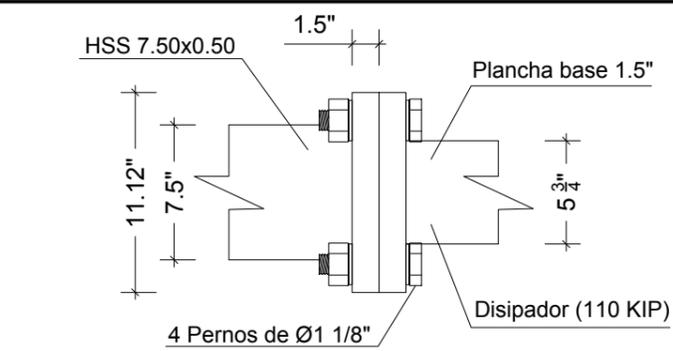
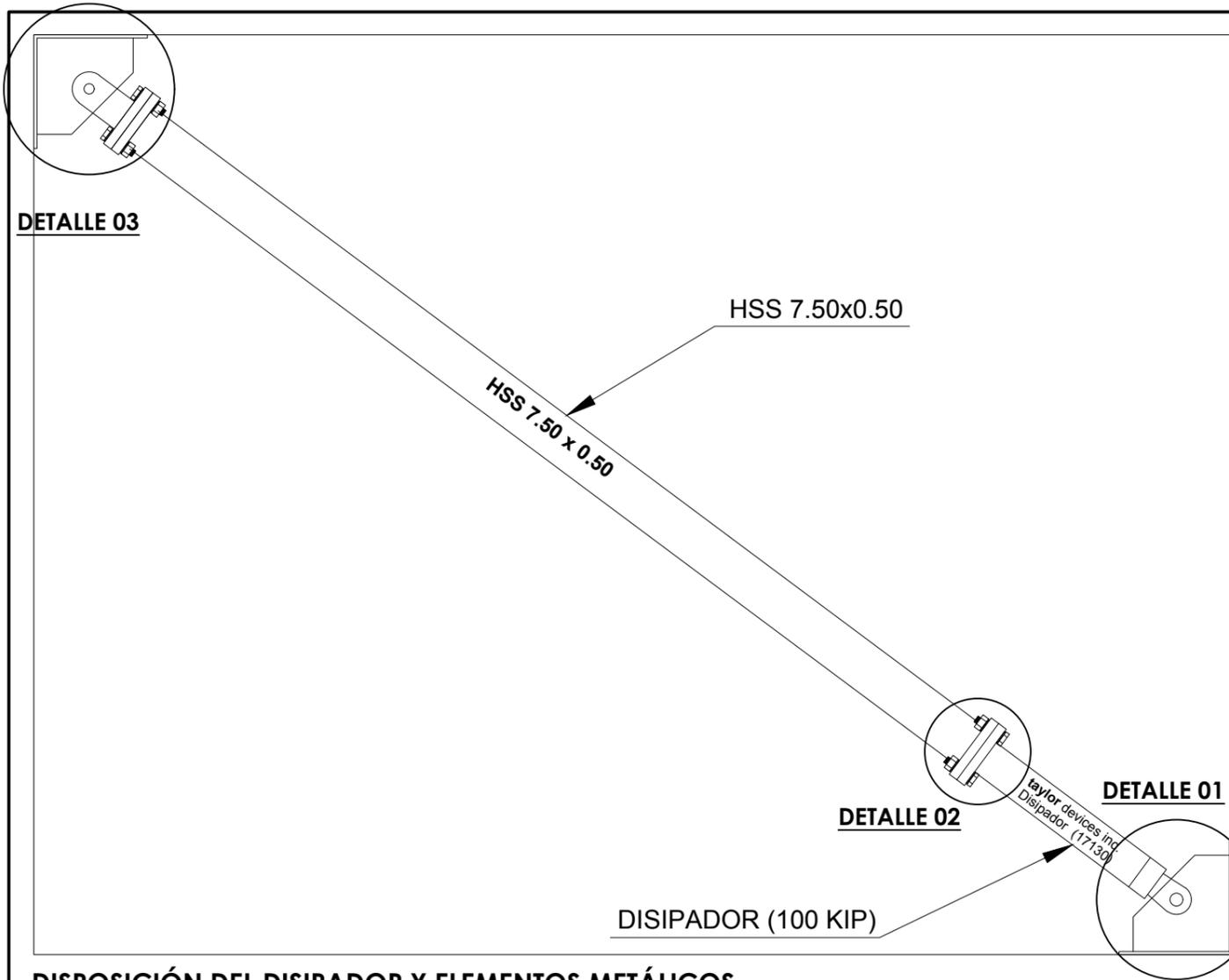
<p><u>UBICACIÓN POLÍTICA</u></p> <p>SECTOR : BARRIO PARUBAMBA</p> <p>DISTRITO : CAJABAMBA</p> <p>PROVINCIA : CAJABAMBA</p> <p>DPTO : CAJAMARCA</p>	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>	
<p>TESIS : <b>INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA</b></p>		
<p>PLANO : <b>CORTE 2-2</b></p>		<p>Escala: INDICADA</p>
<p>BACHILLER: <b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b></p>		<p>Lamina Nº</p>
<p>NOVIEMBRE DEL 2024</p>		<p>ASESOR: <b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b></p>
		<p><b>A-08</b></p>



# CORTE 3-3

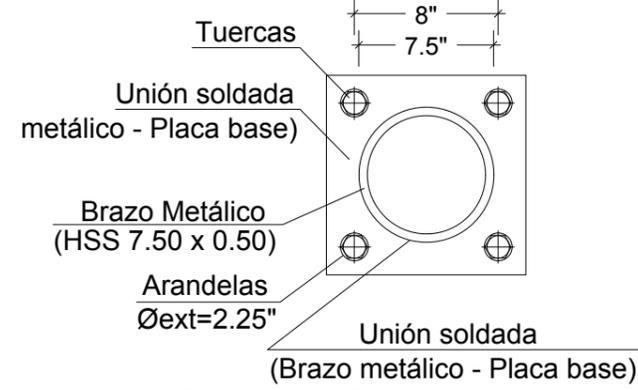
1:125

<p>UBICACIÓN POLÍTICA</p> <p>SECTOR : BARRIO PARUBAMBA</p> <p>DISTRITO : CAJABAMBA</p> <p>PROVINCIA : CAJABAMBA</p> <p>DPTO : CAJAMARCA</p>		<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>NOVIEMBRE DEL 2024</p>		<p>TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA</p>		
<p>PLANO : CORTE 3-3</p>		<p>Escala: INDICADA</p>		
<p>BACHILLER: VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</p>		<p>Lamina Nº A-09</p>		
<p>ASESOR: ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</p>				



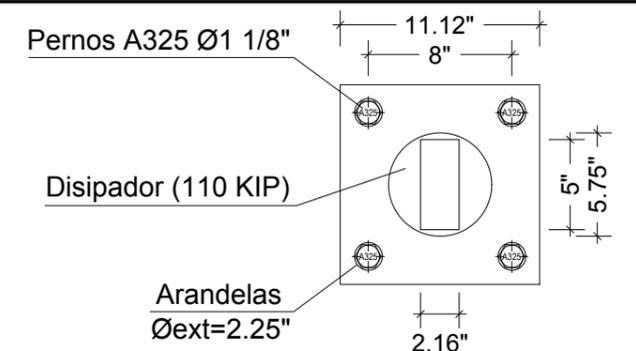
**DETALLE 02**

1:10



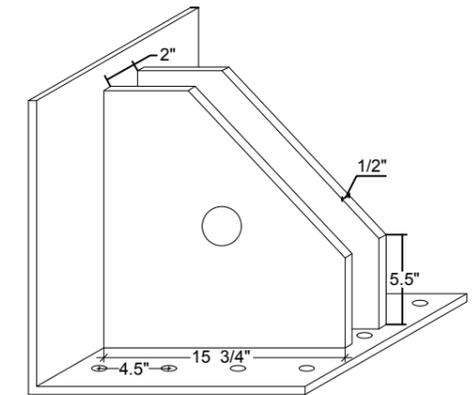
**Detalle unión Brazo metálico - Placa Base**

1:10

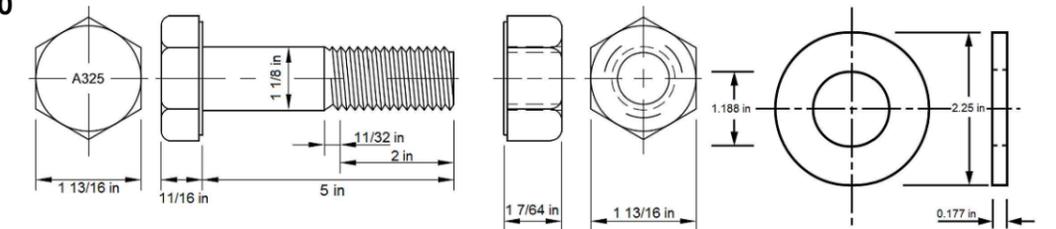


**Detalle unión placa base - Disipador viscoso**

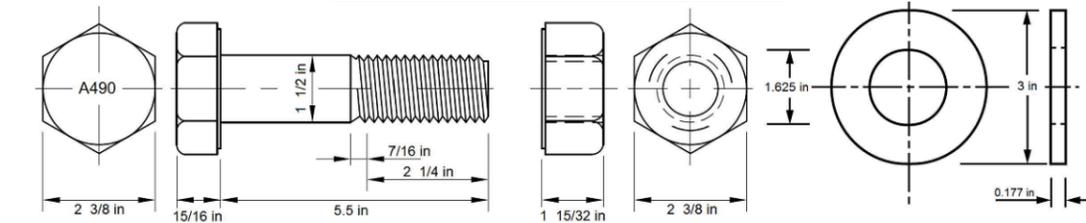
1:10



**Cartela en vista isométrica**



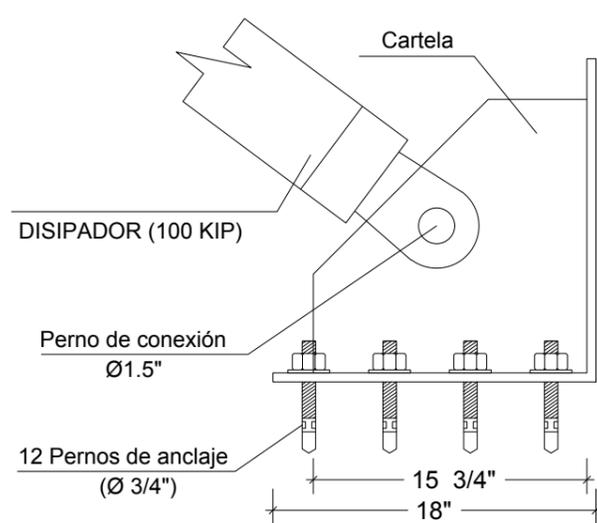
**Perno, tuerca y arandela para (disipador fluido viscoso - brazo metálico y Barra de conexión-Brazo metálico)**



**Pernos, tuerca y arandela de la barra de conexión**

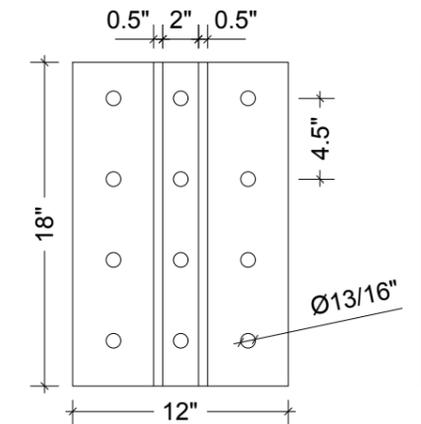
**DISPOSICIÓN DEL DISIPADOR Y ELEMENTOS METÁLICOS**

1:25



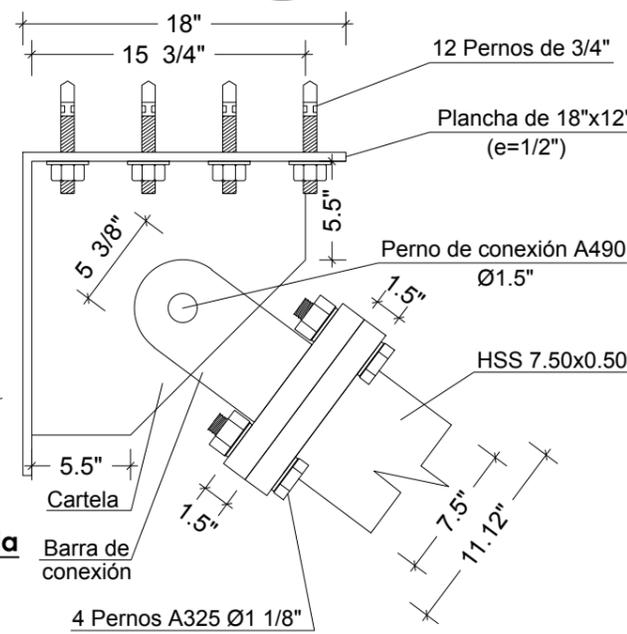
**DETALLE 01**

1:10



**Plancha metálica de la cartela**

1:10



**DETALLE 03**

1:10

UBICACIÓN POLÍTICA	
SECTOR :	BARRIO PARUBAMBA
DISTRITO :	CAJABAMBA
PROVINCIA :	CAJABAMBA
DPTO :	CAJAMARCA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	



TESIS :  
INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA

PLANO :  
DETALLES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Escala:  
INDICADA

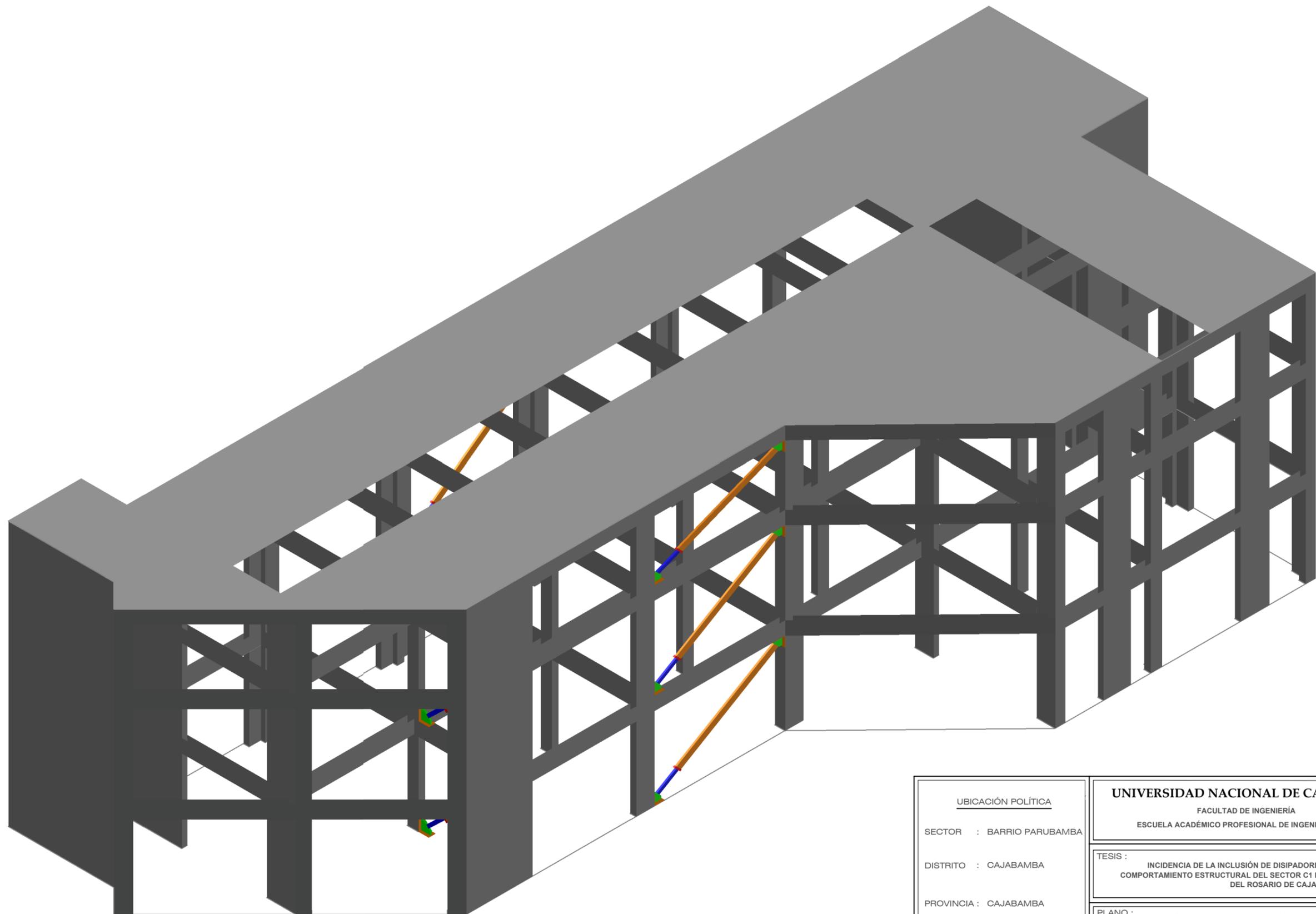
BACHILLER: VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL

Lamina Nº

ASESOR: ING. MENDOZA LINARES, MARCOS

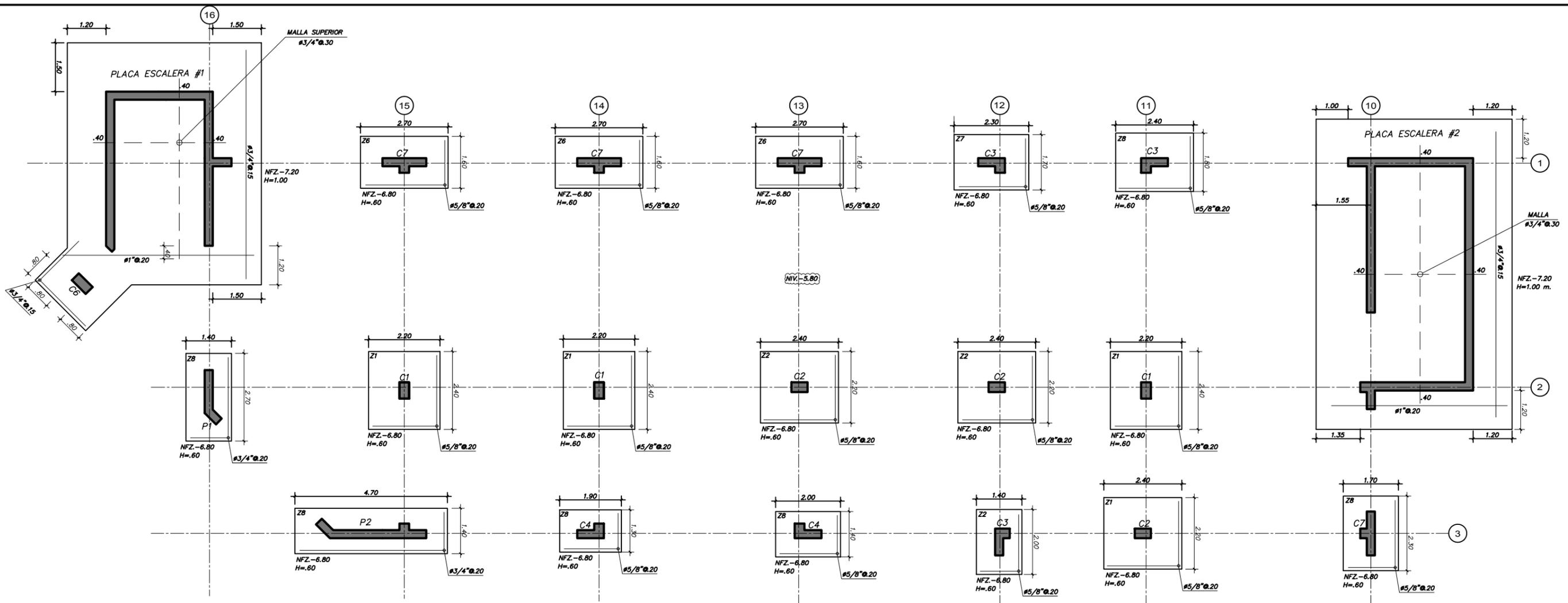
EM-01

NOVIEMBRE DEL 2024



**Sector C : VISTA 3D DE UBICACIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO**  
**1:125**

<b>UBICACIÓN POLÍTICA</b> SECTOR : BARRIO PARUBAMBA DISTRITO : CAJABAMBA PROVINCIA : CAJABAMBA DPTO : CAJAMARCA		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
		TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA	
		PLANO : <b>VISTA 3D - ESTRUCTURA CON DISIPADORES</b>	Escala: INDICADA
		BACHILLER: <b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b>	Lamina Nº
NOVIEMBRE DEL 2024		ASESOR: <b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b>	<b>EM-02</b>



**ESPECIFICACIONES**

$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 $\phi = 4.00 \text{ Kg/cm}^2$  .... VER ESTUDIO DE SUELOS

**RECUBRIMIENTOS**

LOSAS, ALIGERADOS y VIGAS CHATAS — 2 cms.  
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS:  
 ancho  $\geq .25$  — 3cm AL  $\square$   
 ancho  $\leq .15$  — 2cm AL  $\square$   
 ZAPATAS SOBRE SOLADO ó FALSA ZAPATA — 5 cms. AL  $\phi$   
 SOBRE SUELO — 8 cms. AL  $\phi$   
 MUROS CARA CONTACTO CON TERRENO/AGUA — 4 cms. AL  $\phi$   
 CARA OPUESTA — 3 cms. AL  $\phi$

**ALBAÑILERIA**

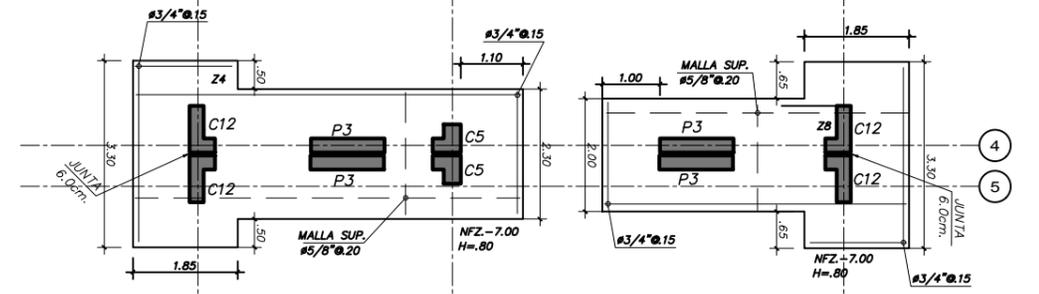
$f'm = 45 \text{ Kg/cm}^2$ ....MINIMO  
 Tipo de Ladrillo — IX  
 Tipo de Mortero — (P.1C) 1:1:4  
 ANCHO MIN. DE LADRILLO — 13cms.  
 PORCENTAJE DE VACIOS — MAX. 33%

**COEFICIENTES SISMICOS**

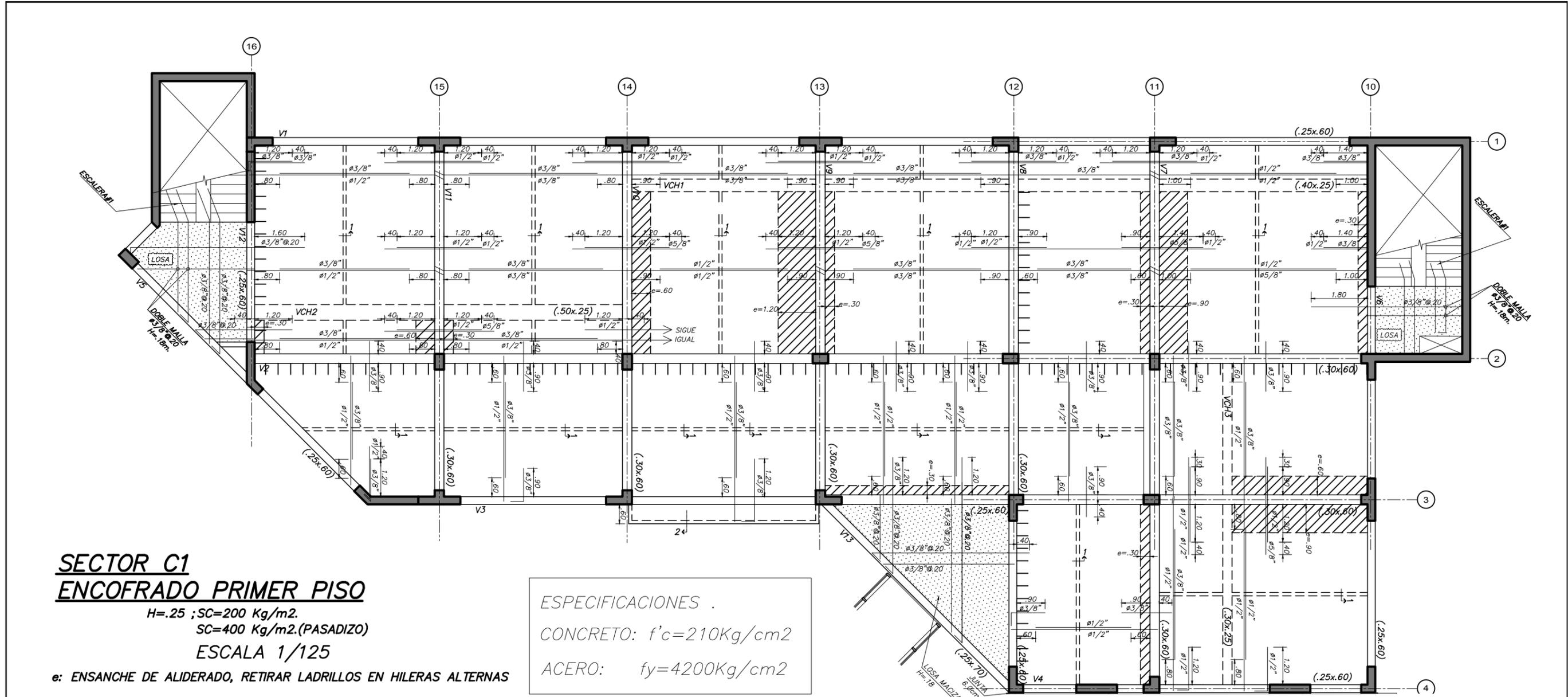
-SUELO TIPO S2  $S=1.15$   
 -PERIODO PREDOMINANTE  $Tp=0.40 \text{ seg.}$   
 -FACTOR DE USO  $U=1.50$   
 -FACTOR DE ZONA  $Z=0.35$   
 -COEFICIENTES DE DUCTILIDAD :  
 MUROS DE CONCRETO  $Ro=6.0$   
 -ESPECTRO DE ACELERACION  $Sa = \frac{ZUSC}{R} g$

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**

1	TIPO DE CIMENTACION	CIMENTACION CORRIDA, ZAPATAS AISLADAS		
2	PROFUNDIDAD MINIMA DE CIMENTACION (Df)	1.50mts. MEDIDO A PARTIR DE LA SUPERFICIE ACTUAL DEL TERRENO		
3	ESTRATO DE APOYO DE CIMENTACION	MATERIAL ROCOSO DEL TIPO ARENISCA		
4	PRESION ADMISIBLE DEL TERRENO (Kg/cm2)	CORRIDO	CUADRADO	RECTANGULAR
		$p=1.17$	$p=1.51$	$p=1.46$
5	AGRESIVIDAD DEL SUELO	DESPRECIABLE		
6	CEMENTO DE CONCRETO EN CONTACTO CON EL SUELO	CEMENTO PORTLAND TIPO I		



UBICACIÓN POLÍTICA SECTOR : BARRIO PARUBAMBA DISTRITO : CAJABAMBA PROVINCIA : CAJABAMBA DPTO : CAJAMARCA NOVIEMBRE DEL 2024	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
	TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA		
	PLANO : <b>SECTOR C1 - CIMENTACIÓN</b>		Escala: INDICADA
	BACHILLER: <b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b> ASESOR: <b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b>		Lamina Nº <b>EC-01</b>

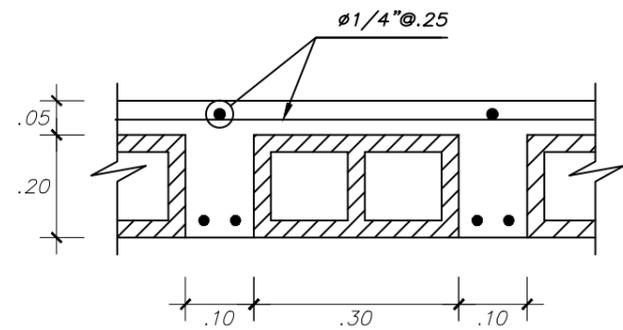


**SECTOR C1  
ENCOFRADO PRIMER PISO**

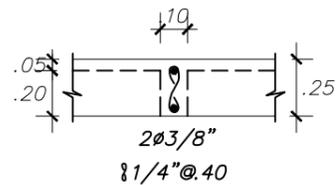
H=.25 ; SC=200 Kg/m<sup>2</sup>.  
SC=400 Kg/m<sup>2</sup>(PASADIZO)  
ESCALA 1/125

e: ENSANCHE DE ALIDERADO, RETIRAR LADRILLOS EN HILERAS ALTERNAS

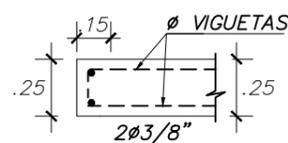
ESPECIFICACIONES .  
CONCRETO:  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$   
ACERO:  $fy=4200\text{Kg/cm}^2$



**DETALLE DE ALIGERADO**  
ESC.: 1/10

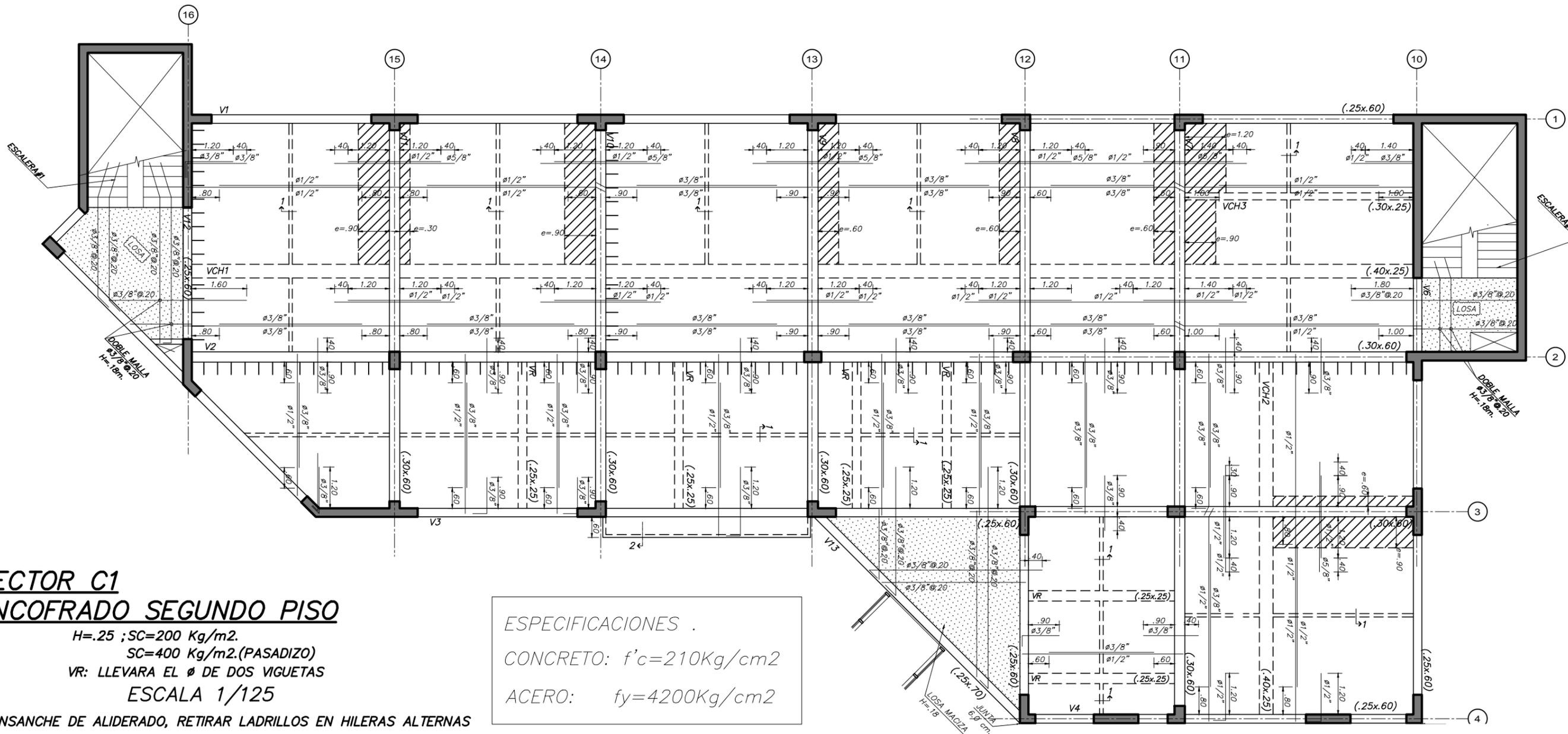


**CORTE 1**  
1/30



**CORTE 2**  
1/30

<b>UBICACIÓN POLÍTICA</b> SECTOR : BARRIO PARUBAMBA DISTRITO : CAJABAMBA PROVINCIA : CAJABAMBA DPTO : CAJAMARCA	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>TESIS :</b> INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA	
<b>PLANO :</b> SECTOR C1 - ENCOFRADO TECHO 1	<b>BACHILLER :</b> VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL	Escala: INDICADA
<b>NOVIEMBRE DEL 2024</b>	<b>ASESOR :</b> ING. MENDOZA LINARES, MARCOS	Lamina Nº <b>EC-02</b>

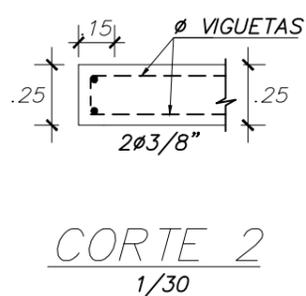
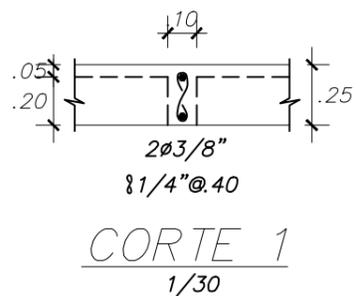
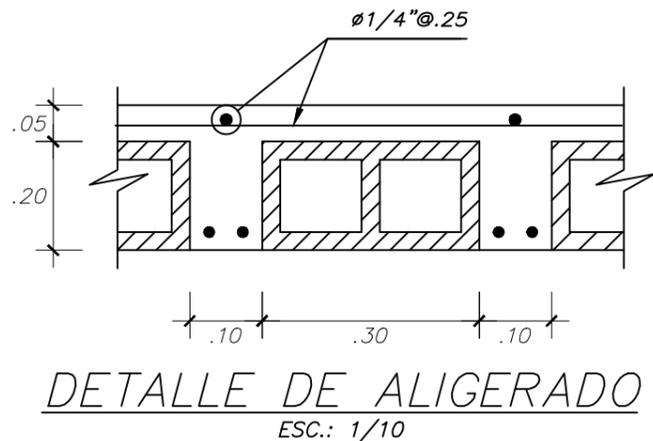


**SECTOR C1  
ENCOFRADO SEGUNDO PISO**

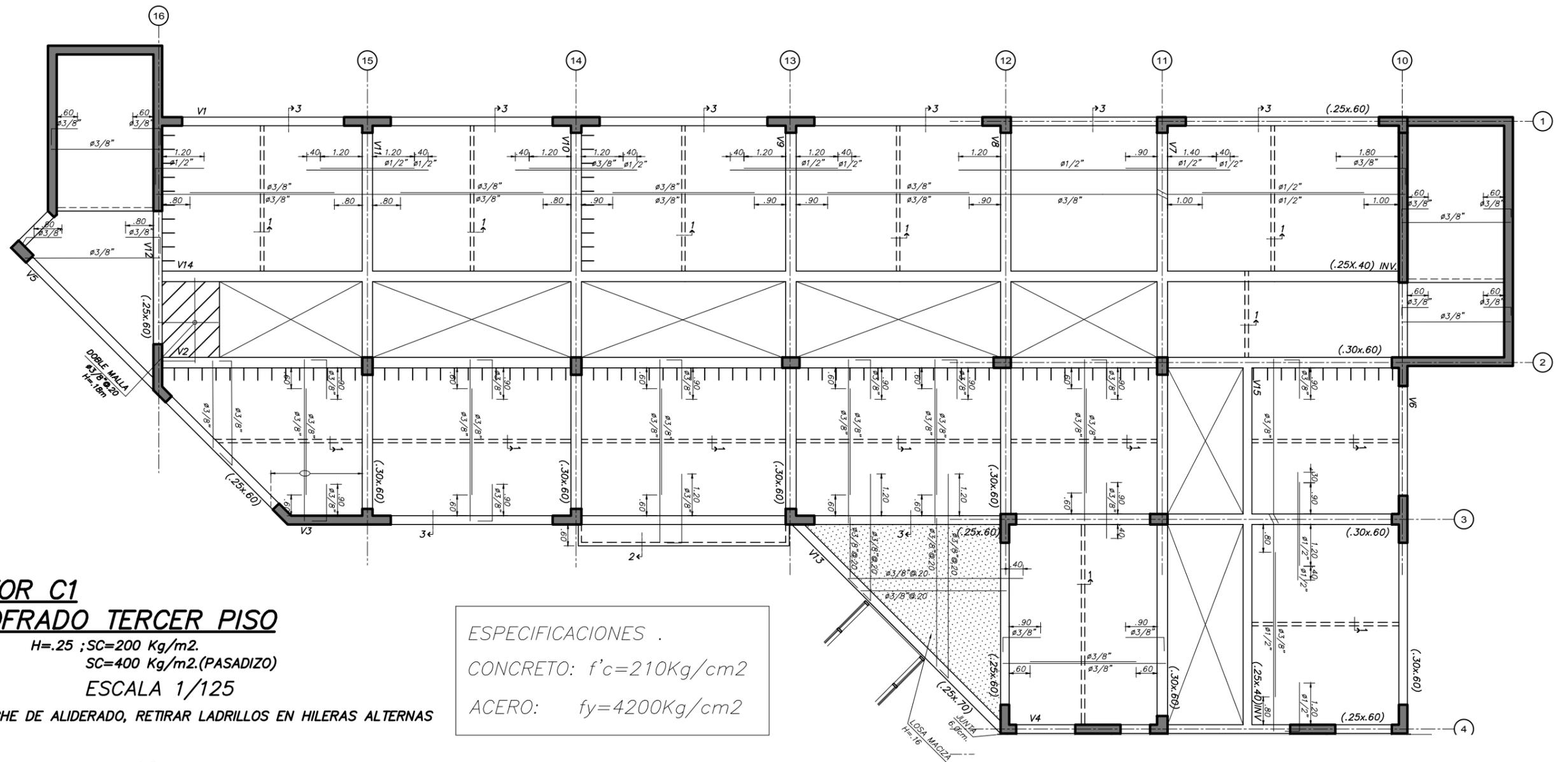
H=.25 ; SC=200 Kg/m<sup>2</sup>.  
SC=400 Kg/m<sup>2</sup>.(PASADIZO)  
VR: LLEVARA EL Ø DE DOS VIGUETAS  
ESCALA 1/125

ESPECIFICACIONES .  
CONCRETO: f'c=210Kg/cm<sup>2</sup>  
ACERO: fy=4200Kg/cm<sup>2</sup>

e: ENSANCHE DE ALIDERADO, RETIRAR LADRILLOS EN HILERAS ALTERNAS



UBICACIÓN POLÍTICA SECTOR : BARRIO PARUBAMBA DISTRITO : CAJABAMBA PROVINCIA : CAJABAMBA DPTO : CAJAMARCA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
	TESIS : INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA			
	PLANO : <b>SECTOR C1 - ENCOFRADO TECHO 2</b>	Escala: INDICADA		
	BACHILLER: <b>VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</b>	Lamina Nº <b>EC-03</b>		
NOVIEMBRE DEL 2024		ASESOR: <b>ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</b>		

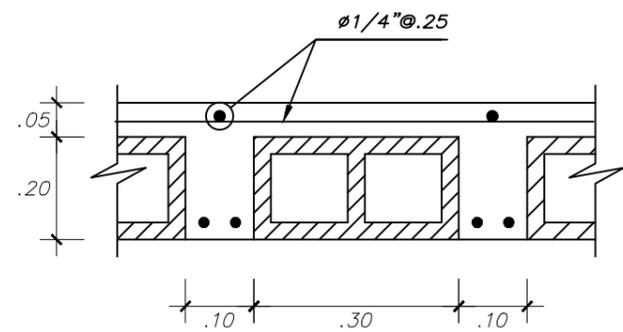


**SECTOR C1**  
**ENCOFRADO TERCER PISO**

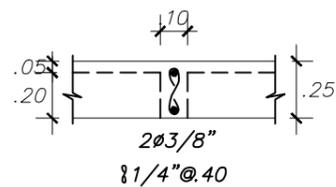
H=.25 ; SC=200 Kg/m<sup>2</sup>.  
SC=400 Kg/m<sup>2</sup>(PASADIZO)  
ESCALA 1/125

e: ENSANCHE DE ALIDERADO, RETIRAR LADRILLOS EN HILERAS ALTERNAS

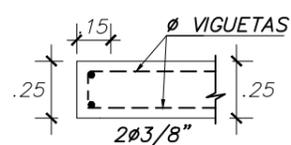
ESPECIFICACIONES .  
CONCRETO:  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$   
ACERO:  $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$



**DETALLE DE ALIGERADO**  
ESC.: 1/10

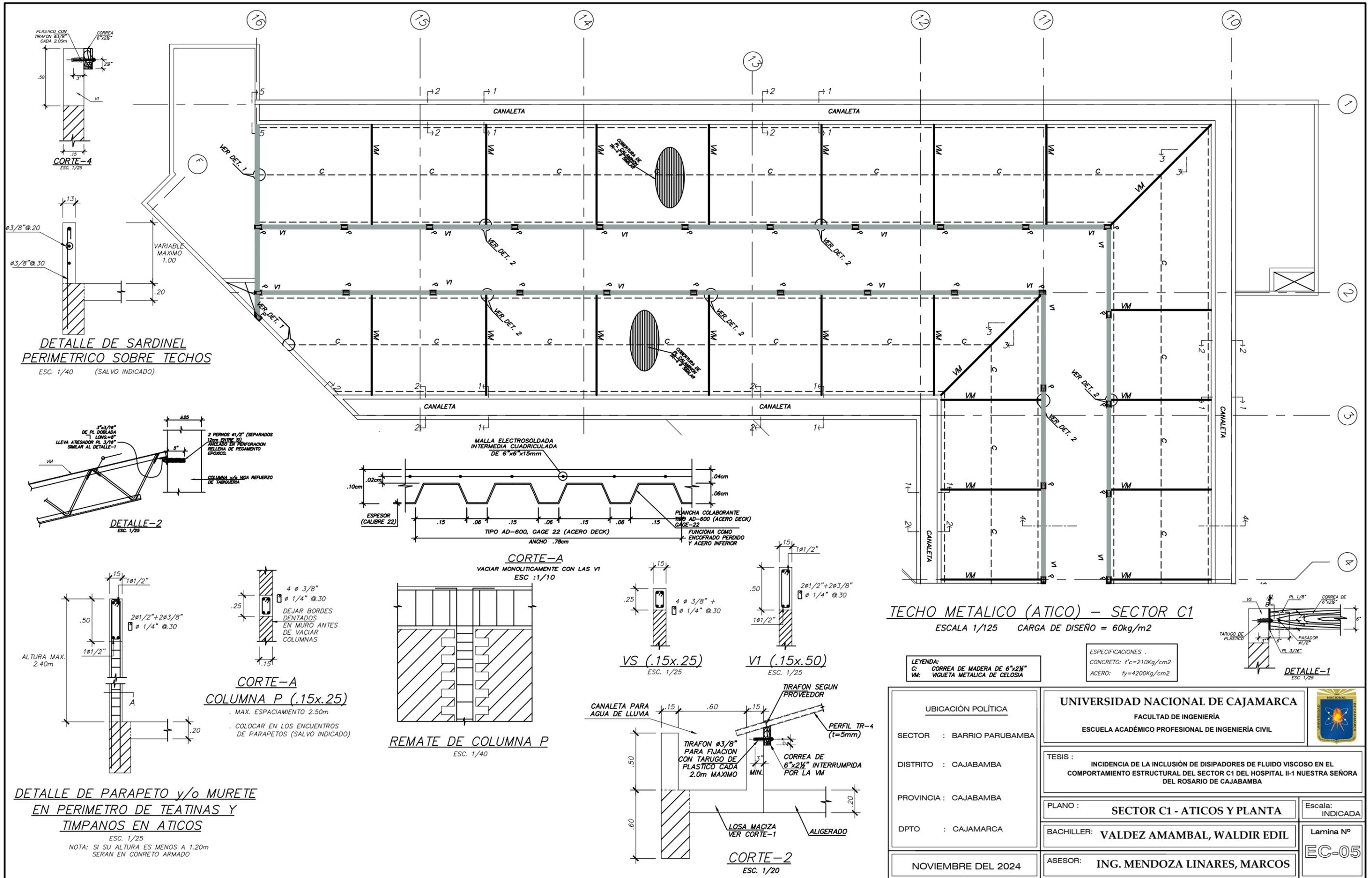


**CORTE 1**  
1/30



**CORTE 2**  
1/30

<p>UBICACIÓN POLÍTICA</p> <p>SECTOR : BARRIO PARUBAMBA</p> <p>DISTRITO : CAJABAMBA</p> <p>PROVINCIA : CAJABAMBA</p> <p>DPTO : CAJAMARCA</p> <p>NOVIEMBRE DEL 2024</p>		<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA</p> <p>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>TESIS :</p> <p>INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA</p>		<p>PLANO : SECTOR C1 - ENCOFRADO TECHO 3</p> <p>BACHILLER: VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL</p> <p>ASESOR: ING. MENDOZA LINARES, MARCOS</p>		



**DETALLE DE SARDINEL PERIMETRICO SOBRE TECHOS**  
 ESC. 1/40 (SALVO INDICADO)

**DETALLE-2**  
 ESC. 1/25

**CORTE-A COLUMNA P (.15x.25)**  
 MAX. ESPACIAMIENTO 2.50m  
 COLOCAR EN LOS ENCUENTROS DE PARAPETOS (SALVO INDICADO)

**REMATE DE COLUMNA P**  
 ESC. 1/40

**TECHO METALICO (ATICO) - SECTOR C1**  
 ESCALA 1/125 CARGA DE DISEÑO = 60kg/m2

**LEYENDA:**  
 C: CORREA DE MADERA DE 6"x2 1/2"  
 VM: VIGUETA METALICA DE CELOSIJA

**ESPECIFICACIONES:**  
 CONCRETO: f'c=210Kg/cm2  
 ACERO: fy=4200Kg/cm2

<b>UBICACIÓN POLÍTICA</b>	
SECTOR :	BARRIO PARUBAMBA
DISTRITO :	CAJABAMBA
PROVINCIA :	CAJABAMBA
DPTO :	CAJAMARCA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**TESIS :**  
 INCIDENCIA DE LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR C1 DEL HOSPITAL II-1 NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE CAJABAMBA

**PLANO :** SECTOR C1 - ATICOS Y PLANTA  
 Escala: INDICADA

**BACHILLER:** VALDEZ AMAMBAL, WALDIR EDIL  
 Lamina Nº EC-05

**ASESOR:** ING. MENDOZA LINARES, MARCOS

NOVIEMBRE DEL 2024

**DETALLE DE PARAPETO y/o MURETE EN PERIMETRO DE TEATINAS Y TIMPANOS EN ATICOS**  
 ESC. 1/25  
 NOTA: SI SU ALTURA ES MENOS A 1.20m SERAN EN CONCRETO ARMADO

