



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Respuesta Estructural de una edificación dual idealizada de concreto armado con la incorporación de disipadores de fluido viscoso

### **TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero civil

### **AUTORES**

Crucinta Teccsi, Edson Luis  
ORCID: 0000-0001-8255-0521

Quispe Calle, Edson Kevin  
ORCID: 0000-0002-8503-9160

### **ASESOR**

Garate Cáceres, Francisco Héctor  
ORCID: 0000-0003-0413-3399

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

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

Crucinta Teccsi, Edson Luis

DNI: 75603669

Quispe Calle, Edson Kevin

DNI: 74867392

### **Datos de asesor**

Gárate Cáceres, Francisco Héctor

DNI: 07640930

### **Datos del jurado**

#### **JURADO 1**

Carmenates Hernandez, Dayma Sadami

DNI: 2944620

ORCID: 0000-0001-5482-7562

#### **JURADO 2**

López Silva, Maiquel

DNI: 2946058

ORCID: 0000-0002-0946-6160

#### **JURADO 3**

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres por todo el amor y comprensión que me tuvieron durante mis estudios. A mis abuelitas; Nieves y Marcelina que siempre me han cuidado, apoyado y aconsejado día a día para mantenerme firme en cada proceso de mi vida.

Quispe Calle Edson Kevin

Mi tesis la dedico a mi madre Ana, por todo el amor y comprensión que me dedico desde que nací hasta el día de hoy. A mi padre Edson por sus consejos y enseñanzas de la vida para llegar a terminar mis estudios universitarios. A mi hermana, mis abuelos y mi familia que siempre estuvieron cuando los necesité.

Crucinta Teccsi Edson Luis

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra universidad, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a nuestro asesor de tesis el Ing. Francisco Gárate, por sus recomendaciones y apoyo durante la investigación, a nuestra metodóloga la Dr. Dayma Carmenates, por la orientación para el correcto desarrollo de la tesis

Crucinta Teccsi Edson Luis

Quispe Calle Edson Kevin

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN .....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos .....	1
1.2 Objetivos generales y específicos .....	1
1.2.1 Objetivos generales .....	1
1.2.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática.....	2
1.3.1 Delimitación temporal.....	2
1.3.2 Delimitación espacial .....	2
1.3.3 Delimitación temática .....	2
1.4 Justificación e importancia .....	2
1.4.1 Justificación teórica.....	2
1.4.2 Justificación práctica .....	3
1.4.3 Justificación social .....	3
1.4.4 Importancia.....	3
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Antecedentes del estudio de investigación .....	4
2.1.1 Investigaciones internacionales.....	4
2.1.2 Investigaciones nacionales .....	5
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente.....	7
2.2.2 Análisis estructural .....	8
2.2.3 Sistema Dual .....	8
2.2.4 Análisis Sísmico.....	9
2.2.5 Análisis estático lineal.....	13
2.2.6 Análisis Modal .....	14
2.2.7 Análisis Dinámico Modal Espectral.....	14
2.2.8 Análisis Dinámico tiempo historia lineal .....	15
2.2.9 Desplazamientos entre piso.....	16
2.2.10 Sistemas de protección sísmica.....	17

2.2.11	Sistemas de control pasivo.....	18
2.2.12	Dispositivos de disipadores de energía .....	18
2.2.13	Rigidez del brazo metálico.....	23
2.2.14	Elección del disipador.....	27
2.2.15	Requisitos generales de diseño .....	27
2.3	Definición de términos básicos.....	31
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>		<b>33</b>
3.1	Hipótesis .....	33
3.1.1	Hipótesis General .....	33
3.1.2	Hipótesis Secundarias .....	33
3.2	Variables .....	33
3.2.1	Definición Conceptual de las variables (independientes y dependientes) .....	33
3.2.2	Operacionalización de variables.....	33
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>35</b>
4.1	Tipo y nivel:.....	35
4.1.1	Tipo .....	35
4.1.2	Nivel.....	35
4.2	Diseño de investigación .....	35
4.3	Población y muestra.....	36
4.3.1	Población.....	36
4.3.2	Muestra.....	36
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	36
4.4.1	Técnica de recolección de datos .....	36
4.4.2	Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	37
4.4.3	Procedimientos para la recolección de datos.....	37
4.5	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	38
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>39</b>
5.1	Diagnóstico y situación actual .....	39
5.1.1	Análisis y diseño de estructural dual sin disipadores.....	39
5.1.2	Análisis y diseño de estructura dual con disipadores de fluido viscoso.....	71
5.2	Presentación de resultados .....	75
5.3	Análisis de resultados .....	127
5.4	Contrastación de hipótesis .....	135

CONCLUSIONES .....	136
RECOMENDACIONES.....	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	138
ANEXOS... ..	141
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	141
Anexo 2: Matriz de operacionalización .....	142
Anexo 3: Cronograma de actividades .....	143
Anexo 4: Presupuesto referencial .....	143
Anexo 5: Filtrado y escalamiento de registros sísmicos con software seismosignal y seismomatch.....	144

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de zona (Z) .....	10
Tabla 2: Factores de suelo "S" .....	10
Tabla 3: Periodos TP y TL.....	11
Tabla 4: Categoría de las edificaciones y factor de uso.....	11
Tabla 5: Categoría y sistema estructural.....	12
Tabla 6: Sistema estructural.....	12
Tabla 7: Límites de distorsión del entre piso .....	17
Tabla 8: Ventajas y desventajas del uso de disipadores de fluido viscoso .....	21
Tabla 9: Exponentes de velocidades .....	23
Tabla 10: Coeficientes de amortiguamiento.....	30
Tabla 11: Metrado de cargas .....	39
Tabla 12: Resultados de verificación estructural.....	42
Tabla 13: Para los $V_{muros}$ en el eje X.....	43
Tabla 14: Para los $V_{muros}$ en el eje Y .....	43
Tabla 15: Pesos por piso.....	44
Tabla 16: Periodos fundamentales y coeficientes de amplificación sísmica.....	44
Tabla 17: Fuerza de Cortante Basal en cada piso Eje X-X .....	45
Tabla 18: Fuerza de Cortante Basal en cada piso Eje Y-Y .....	46
Tabla 19: Modos de vibración de la estructura .....	47
Tabla 20: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores de energía en el Eje X-X	50
Tabla 21: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores de energía en el Eje Y-Y	51
Tabla 22: Comprobación de Fuerzas Cortantes Mínimas .....	52
Tabla 23: Características de los registros sísmicos empleados .....	52
Tabla 24: Análisis tiempo-historia lineal en la dirección X-X.....	55
Tabla 25: Análisis tiempo-historia lineal en la dirección Y-Y.....	55
Tabla 26: Dimensiones del brazo metálico HSS 7.500 x 0.500 .....	75
Tabla 27: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento lineal ( $\alpha=1.00$ ) en la dirección X-X.....	77
Tabla 28: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento lineal ( $\alpha=1.00$ ) en la dirección Y.....	78
Tabla 29: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 1.00$ ) en la dirección X-X.....	79



Tabla 30: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 1.00$ ) en la dirección Y-Y.....	80
Tabla 31: Coeficiente de Amortiguamiento no lineales para distintos valores de exponentes de velocidad .....	83
Tabla 32: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.25$ ) en la Dirección X.....	83
Tabla 33: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.25$ ) en la Dirección Y-Y.....	84
Tabla 34: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos no Lineales ( $\alpha = 0.25$ ) en la dirección X.....	86
Tabla 35: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos no Lineales ( $\alpha = 0.25$ ) en la dirección Y .....	86
Tabla 36: Coeficiente de Amortiguamiento no lineales para distintos valores de exponentes de velocidad .....	90
Tabla 37: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.50$ ) Dirección X-X.....	90
Tabla 38: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.50$ ) Dirección Y-Y.....	91
Tabla 39: Cálculo de las Derivas con el Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.50$ ) Dirección X.....	92
Tabla 40: Cálculo de las Derivas con el Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.50$ ) Dirección Y.....	93
Tabla 41: Coeficiente de Amortiguamiento no lineales para distintos valores de exponentes de velocidad .....	96
Tabla 42: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.75$ ) en Dirección X-X.....	97
Tabla 43: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.75$ ) en la Dirección Y.....	98
Tabla 44: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 0.75$ ) en la dirección X-X.....	99
Tabla 45: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 0.75$ ) en la dirección Y-Y.....	100
Tabla 46: Valores de la empresa CDV Ingeniería Antisísmic .....	104
Tabla 47: Fuerzas internas en los disipadores para la dirección X-X .....	104

Tabla 48: Fuerzas internas en los disipadores para la dirección Y-Y .....	112
Tabla 49: Número total de disipadores agrupados por fuerza en kips .....	120
Tabla 50: Masa participativa (propuesta final).....	121
Tabla 51: Numero de dispositivos totales (propuesta final).....	123
Tabla 52: Propiedades del dispositivo de amortiguamiento.....	124
Tabla 53: Características de placa base .....	124
Tabla 54: Perfil tubular a utilizar para el arriostre metálico.....	124
Tabla 55: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores Eje X.....	127
Tabla 56: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores (Eje Y) .....	128
Tabla 57: Registros sísmicos empleados para el análisis tiempo historia lineal. ....	129
Tabla 58: Derivas extraídas del tiempo historia lineal (Dirección X).....	129
Tabla 59: Derivas extraídas del tiempo historia lineal (Dirección Y).....	130
Tabla 60: Comparación de derivas en la dirección X.....	130
Tabla 61: Comparación de derivas en la dirección Y.....	132
Tabla 62: Reducción en la cortante de entrepiso para la dirección X-X .....	134
Tabla 63: Reducción en la cortante de entrepiso para la dirección Y-Y .....	134

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista de la zona del callao.....	2
Figura 2: “Sistema dual”.....	9
Figura 3: “Zonas Sísmicas en el Perú” .....	9
Figura 4: Análisis estático lineal en una estructura .....	13
Figura 5: Modos de vibrar de un edificio con el uso de diafragmas rígidos en cada piso.....	15
Figura 6: Espectro promedio SRSS de 3 registros espectro compatibles .....	16
Figura 7: Sistemas de protección sísmica .....	17
Figura 8: Técnica de control pasivo con el uso de disipadores .....	18
Figura 9: Componentes de los Disipadores de Fluido Viscoso Taylor.....	20
Figura 10: Disipador en disposición Diagonal. ....	22
Figura 11: Disipador Chevron. ....	22
Figura 12: Relación de fuerza- velocidad de disipadores viscosos .....	24
Figura 13: Ángulo y desplazamiento relativo en el disipador .....	25
Figura 14: Comportamiento histerético de un disipador de fluido viscoso.....	26
Figura 15: Diagrama de flujo para el procedimiento del predimensionamiento .....	37
Fuente: elaboración propia.....	37
Figura 16: Diagrama de flujo para el procedimiento del modelado con la aplicación de disipadores de fluido viscoso .....	38
Figura 17: Diagrama de flujo de procedimiento del diseño con los diferentes tipos de velocidades de disipadores de fluido viscoso .....	38
Figura 18: Espectro inelástico de pseudoaceleraciones según la Norma técnica peruana E.030 (2018) .....	49
Figura 19: Registro Chimbote 1966 E-W.....	53
Figura 20: Registro Chimbote 1966 N-S.....	53
Figura 21: Registro Lima 1970 E-W .....	53
Figura 22: Registro Lima 1970 N-S .....	54
Figura 23: Registro Lima 1974 E-W .....	54
Figura 24: Registro Lima 1974 N-S .....	54
Figura 25: Elevación del pórtico donde se ubica la viga perimetral de V(0.25X0.50) a diseñar.....	57

Figura 26: Diagrama de momentos de pórticos en donde se ubica la viga perimetral de V(0.25X0.50) a diseñar.....	58
Figura 27: Diagrama de fuerza cortante del pórtico en donde se ubica la viga perimetral a diseñar	59
Figura 28: Diagrama de momento y cortante detallado de la viga perimetral a diseñar	60
Figura 29: Diseño de viga por flexión .....	61
Figura 30: Elevación del pórtico donde se ubica la viga perimetral de V(0.30 X0.60) a diseñar	62
Figura 31: Diagrama de momentos de pórticos en donde se ubica la viga perimetral de V (0.30X0.60) a diseñar.....	63
Figura 32: Diagrama de fuerza cortante del pórtico en donde se ubica la viga perimetral a diseñar.....	64
Figura 33: Diagrama de momento y cortante detallado de la viga perimetral V(0.30x0.60) a diseñar.....	65
Figura 34: Diseño de viga por flexión .....	66
Figura 35: Cuantía de acero para las columnas en la elevación A. ....	67
Figura 36: Diseño de columnas con 12 varillas de 1” en la elevación 1 .....	68
Figura 37: Respuesta de Cuantía de acero para las columnas en la elevación A .....	69
Figura 38: Respuesta de diseño de columnas con 12 varillas de 1” en la elevación 1 ..	70
Figura 39: Ubicación de disipadores Chevron .....	73
Figura 40: Ubicación de disipadores en la elevación 1 ( X-X) .....	73
Figura 41: Ubicación de disipadores en la elevación 7 ( X-X) .....	74
Figura 42: Ubicación de disipadores en la elevación A ( Y-Y) .....	74
Figura 43: Ubicación de disipadores en la elevación E ( Y-Y).....	75
Figura 44: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos lineales $\alpha = 1.00$ , en la Dirección X-X.....	81
Figura 45: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos lineales $\alpha = 1.00$ , en la Dirección Y-Y .....	81
Figura 46: Balance de Energía ( $\alpha=1.00$ ), En la dirección X-X.....	82
Figura 47: Balance de Energía ( $\alpha=1.00$ ), En la dirección Y .....	82
Figura 48: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales $\alpha = 0.25$ , en la Dirección X-X.....	87
Figura 49: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales $\alpha = 0.25$ , en la Dirección Y-Y.....	88

Figura 50: Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ), En la dirección X-X .....	89
Figura 51: Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ), En la dirección Y-Y .....	89
Figura 52: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales $\alpha = 0.50$ , en la Dirección X-X.....	94
Figura 53: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales $\alpha = 0.50$ , en la Dirección Y-Y.....	94
Figura 54: Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ), En la dirección X .....	95
Figura 55: Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ), En la dirección Y .....	96
Figura 56: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales $\alpha = 0.75$ , en la Dirección X.....	101
Figura 57: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales $\alpha = 0.75$ , en la Dirección Y .....	101
Figura 58: Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ), En la dirección X .....	102
Figura 59: Balance de Energía ( $\alpha = 0.75$ ), En la dirección Y .....	103
Figura 60: Características del disipador .....	123
Figura 61: Tabla de propiedades del perfil tubular metálico.....	125
Figura 62: Derivas por nivel en el eje X-X .....	131
Figura 63: Derivas por nivel en el eje Y-Y .....	133

## RESUMEN

Se idealizó la estructura tomando criterios de los antecedentes. En la presente tesis se pretendió sustentar la aplicación de protección sísmica para un edificio de concreto armado en la costa del Perú (Zona 4), con el uso del sistema compuesto por los disipadores de fluido viscoso. Tuvo como objetivo analizar la respuesta estructural con la incorporación de disipadores de fluido viscoso. La investigación es aplicada, busco mejorar el comportamiento de la estructura con la implementación de disipadores, de enfoque cuantitativo y alcance descriptivo-explicativo, de igual manera se consideró un muestreo de tipo probabilístico.

Se evaluó el edificio idealizado, se realizó un análisis estático y dinámico, considerando los parámetros de la norma E.030-2019. El análisis se realizó con disipadores de fluido viscoso mediante el programa ETABS V19, realizando un predimensionamiento, con los exponentes de velocidad (0.25,0.50,0.75,1.00), el cual se fue verificando la eficiencia de la edificación mediante modelos iterativos.

La propuesta final del diseño de la estructura es con disipadores no lineales de fluido viscoso con exponente de velocidad alfa ( $\alpha=0.50$ ), el edificio se contó con 8 disipadores por piso de los cual se obtuvieron derivas máximas de 0.0051 en el Eje X-X y 0.0057 en el Eje Y-Y, respectivamente. Para la verificación del amortiguamiento viscoso en la estructura se realizó un ensayo de vibración libre en donde se obtuvieron valores de 18.84% para el Eje X-X y 16.65% para el Eje Y-Y, estando estos valores dentro de lo aceptable con respecto al amortiguamiento viscoso de diseño. Asimismo, se obtuvo un porcentaje de disipación de energía del orden de 70.20% y 58.74% para el Eje X-X y Eje Y-Y respectivamente.

Teniendo en cuenta el diseño sísmico en base a la norma E.030 (2018), tomamos como deriva máxima para las distorsiones de entrepiso de 0.007. Se recomienda para futuros estudios de investigaciones utilizar los criterios HAZUS y VISION 2000 los cuales de una mejor manera cuando se está cerca al colapso o no.

**Palabras clave:** Disipadores de fluido viscoso, análisis sísmico dinámico, exponentes de velocidades, niveles de desempeño sísmico.

## ABSTRACT

The structure was idealized taking criteria from the background. In this thesis it was intended to support the application of seismic protection for a reinforced concrete building on the coast of Peru (Zone 4), with the use of the system composed of viscous fluid dissipators. Its objective was to analyze the structural response with the incorporation of viscous fluid dissipators. The research is applied, I seek to improve the behavior of the structure with the implementation of dissipators, with a quantitative approach and descriptive-explanatory scope, in the same way a probabilistic sampling was considered.

The idealized building is evaluated, a static and dynamic analysis was carried out, considering the parameters of the E.030-2019 standard. The analysis was carried out with viscous fluid dissipators using the ETABS V19 program, performing a pre-sizing, with the speed exponents (0.25,0.50,0.75,1.00), which verified the efficiency of the building through iterative models.

The final design proposal of the structure is with non-linear viscous fluid dissipators with alpha velocity exponent ( $\alpha=0.50$ ), the building will have 8 dissipators per floor from which maximum drifts of 0.0051 in the X-X axis and 0.0057 were obtained on the Y-Y axis, respectively. For the verification of the viscous damping in the structure, a free vibration test was carried out where values of 18.84% were obtained for the X-X Axis and 16.65% for the Y-Y Axis, these values being within the acceptable with respect to the design viscous damping. . Likewise, an energy dissipation percentage of the order of 70.20% and 58.74% was obtained for the X-X Axis and Y-Y Axis, respectively.

Taking into account the seismic design based on the E.030 (2018) standard, we take 0.007 as the maximum drift for interstory distortions. It is recommended for future research studies to use the HAZUS and VISION 2000 criteria, which in a better way when it is close to collapse or not.

**Keywords:** Viscous fluid dissipators, dynamic seismic analysis, velocity exponents, seismic performance levels.

**Keywords:** Viscous fluid dissipators, dynamic seismic analysis, velocity exponents, seismic performance levels.

# INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas actuales más importantes del Perú es la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de construcción informal, lo que hace que los desastres naturales sísmicos causen grandes pérdidas en relación tanto a la vida humana como a la económica.

Esta tesis evalúa la vulnerabilidad estructural del edificio dual idealizado de concreto armado de 15 niveles donde se va implementar un diseño de reforzamiento estructural mediante disipadores de fluido viscoso, donde se reduce la vulnerabilidad estructural mediante el uso de los parámetros exigidos por el reglamento nacional de Edificaciones y apoyándose de la ASCE 7-10.

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

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

En el capítulo III se menciona la descripción de los disipadores de fluido viscoso, en donde se definen la ecuación general del sistema, las fórmulas a usar para los cálculos de disipadores, criterios de ubicación y tipos de disipadores.

En el capítulo IV se explica la metodología que se empleó para el desarrollo de la investigación

En el capítulo V se hará la presentación y análisis de resultados



# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

El Perú es un país altamente sísmico debido a que se encuentra ubicado en el cinturón de Fuego del Pacífico donde la principal fuente del sismo es la interacción de la Placa de Nazca y la Placa Suramericana, la cual a lo largo de los años ha generado una gran cantidad de sismos de gran magnitud en la cual se han generado daños a la estructura, accidentes y muertes. (CISMID 2010).

Debido a los desastres ocasionados por los sismos surgen los sistemas de control pasivo los cuales producen fuerzas en respuesta al movimiento de la estructura, uno de ellos son los sistemas de disipación de energía los cuales aportan amortiguamiento y rigidez a la estructura, además estos pueden ser usados tanto en el diseño de estructuras nuevas como en la rehabilitación sísmica de estructuras existentes. (Gómez, Marulanda & Thomson, 2007)

Esta tesis evalúa la vulnerabilidad estructural del edificio dual idealizado de concreto armado de 15 niveles donde se va implementar un diseño de reforzamiento estructural mediante disipadores de fluido viscoso, donde se reduce la vulnerabilidad estructural mediante el uso de los parámetros exigidos por el reglamento nacional de Edificaciones y apoyándose de la ASCE 7-10.

El propósito de reforzar la estructura tiene como finalidad garantizar la seguridad de los residentes reduciendo la vulnerabilidad de la estructura para edificios, es reducir los daños estructurales, costos de reparación y cumpliendo con el Reglamento nacional de edificaciones E.030(2018)

Por consiguiente, los disipadores de energía son una opción viable para mejorar la respuesta estructural de una edificación, en la siguiente nos basaremos en los disipadores de fluido viscoso.

## 1.2 Objetivos generales y específicos

### 1.2.1 Objetivos generales

Analizar la respuesta estructural de un edificio dual idealizado de concreto armado con la incorporación de disipadores de fluido viscoso.

### 1.2.2 Objetivos específicos

a) Determinar las máximas distorsiones entre pisos al incorporar disipadores de fluido viscoso.

- b) Determinar las fuerzas cortantes de cada piso al incorporar disipadores de fluido viscoso a un edificio dual idealizado de concreto armado.
- c) Comparar las eficiencias de los disipadores empleando exponentes de velocidad ( $\alpha=1, 0.75, 0.5, 0.25$ ), bajo la acción de un sismo severo en la estructura dual idealizada de concreto armado con disipadores de fluido viscoso.

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

#### 1.3.1 Delimitación temporal

El análisis se desarrollará en los meses de julio a diciembre del 2022. Realizaremos el modelamiento estructural con el programa ETABS 19.0 para obtener como mejora la respuesta estructural de la edificación al incorporar los disipadores de fluido viscoso, esto se desarrollará en los meses de setiembre y octubre del 2022.

#### 1.3.2 Delimitación espacial

El estudio se realizará sobre una edificación idealizada en el cual trabajaremos en la zona de Lima en el Callao, para el uso de oficinas.



Figura 1: Vista de la zona del callao

Fuente: Google Maps

#### 1.3.3 Delimitación temática

La investigación se centrará en la incorporación de disipadores de fluido viscoso para edificación dual de concreto armado de 15 niveles en el distrito de Callao. La investigación está abarcada hacia la rama estructural y sismorresistente, utilizando normas nacionales e internacionales.

### 1.4 Justificación e importancia

#### 1.4.1 Justificación teórica

Se investiga y aprende conocimientos del diseño del análisis de la respuesta estructural sísmica tomando en cuenta las normas E-030 (Diseño sismorresistente), E-020 (Cargas), ACI-318 (Parámetros de concreto

armado), la alternativa de inclusión de un sistema de disipadores como parte de la protección sísmica de una edificación, demuestra ser una alternativa sólida para una mejor respuesta estructural.

#### 1.4.2 Justificación práctica

La presente investigación se justificará de manera practica ya que es una comprobación para los futuros diseños estructurales que requieran mejorar la respuesta estructural de su edificación mediante el software Etabs V.2019, que nos permitirá demostrar su desempeño sísmico con la incorporación del sistema de protección sísmica.

#### 1.4.3 Justificación social

Esta investigación se proyecta a beneficiar alrededor de 2000 personas que trabajan en oficinas de una estructura dual compuesta por muros y pórticos de concreto armado en el distrito del Callao, proporcionando seguridad ante los sismos los cuales son fenómenos naturales impredecibles y que pueden llegar a atentar contra una gran cantidad de personas. Se justifica debido al sistema que se empleará dentro de la incorporación del sistema de protección sísmica se reducirá los daños estructurales, pérdidas de vidas, tiempos de inhabilitabilidad y daños en el contenido.

#### 1.4.4 Importancia

Las construcciones de concreto armado pueden llegar a presentar daños estructurales importantes por eventos sísmicos, si bien es cierto estas no vibran incesantemente, gracias a las fuerzas de fricción; sin embargo, es importante implementar sistemas de disipación, buscando que la edificación aumente su capacidad de disipación de energía ante sismos, con el fin de reducir daños estructurales y proteger la vida de las personas que se encuentren en la edificación.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Tena, Gama (2017), realizaron una investigación sobre “Determinación de parámetros de diseño sísmico para marcos dúctiles de concreto reforzado con disipadores de energía histéricos”. Artículo científico: Universidad Autónoma Metropolitana de México. El objetivo fue evaluar mediante análisis estáticos no lineales (pushover), parámetros globales de diseño que puedan insertarse transparentemente en los reglamentos de diseño sísmico vigentes de México para marcos de concreto reforzado dúctiles con dispositivos de disipación de energía por histéresis montados en contraventeo chevrón. De los resultados obtenidos se presentan los mapeos de fluencia y las curvas globales cortante basal normalizado vs distorsión global para los modelos más representativos de 5 a 25 niveles, cuando se llevan a los disipadores a la ductilidad objetivo  $\mu=\mu_d=10$ . En las curvas globales se muestran tanto la curva global (G), como la aportación del marco (M) y del sistema contraviento disipador (CD), la distorsión a la primera fluencia de los disipadores ( $\Delta y_d$ ), de las vigas ( $\Delta y_b$ ), y de las columnas ( $\Delta y_c$ ), en su caso. La conclusión fue una síntesis de los resultados más valiosos de un estudio paramétrico amplio sobre el comportamiento de estructuras con base en marcos de concreto reforzado dúctiles con dispositivos de disipación de energía por histéresis montados en contraventeo chevrón. Se concluye que esta investigación nos sirve para observar de qué manera los disipadores de energía afectan a la respuesta estructural en diferentes elevaciones.

Calderón (2017), realizaron una investigación sobre “Diseño para el reforzamiento sísmico con disipadores de energía de un edificio de hormigón armado de 16 pisos”. Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil. El objetivo fue realizar el diseño para el reforzamiento de un edificio de hormigón armado de 16 pisos que se afectó por el sismo del 16 de abril con disipadores de energía; para mejorar su comportamiento estructural. De los resultados obtenidos se observó que en edificación original tiene una deriva de piso crítico en el orden del 1 % y al comparar con la estructura reforzada se determinó que la deriva

máxima fue de 0.77%. La conclusión fue el análisis sísmico de la estructura original demostró que la deriva de piso crítica es del orden del 1%, lo que denota que puede existir daño en mampostería y vigas ante un evento sísmico, pese a que cumple con holgura la exigencia de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, al comparar con el edificio con los reforzamientos y con los mismos espectros de Manta, se determinó que la deriva máxima fue de 0.77% lo que revela que se disminuirán con éxito los daños en la estructura. Se concluye que esta tesis nos sirve como una comprobación de cómo al reforzar una estructura con disipadores de energía se disminuye la deriva de los pisos críticos.

Bozzo, et al. (2019), realizaron una investigación sobre “Modelización, análisis y diseño sísmico de estructuras mediante disipadores de energía SLB”. Artículo científico: Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. El objetivo fue presentar una metodología paso a paso para el análisis y diseño sismorresistente de estructuras de hormigón armado y acero con la incorporación de los disipadores SLB. De los resultados obtenidos se puede inferir que para los dispositivos seleccionados las derivas están por debajo del máximo permitido, además existe la misma reducción de aceleraciones en los últimos niveles respecto a los inferiores (en ambas direcciones). Los disipadores de energía SLB para protección sísmica proporcionan 52 dispositivos estándar que combinados en paralelo entre sí dan como resultado un conjunto de potencial muy grande. La conclusión fue que el costo unitario de estos disipadores es muy económico con el objetivo de usarlos masivamente para afectar significativamente la respuesta estructural. Esta ventaja tiene el inconveniente de que cada conjunto de dispositivos seleccionados proporciona diferentes niveles de rendimiento estructural, lo que resulta en análisis. Se concluye de esta investigación nos sirve como guía de cómo realizar un buen modelado, análisis y diseño al incorporar los disipadores de energía, además nos muestra que los resultados obtenidos afectan de una manera a la respuesta estructural de la edificación.

#### 2.1.2 Investigaciones nacionales

Castañeda, Manrique (2019), Universidad Ricardo Palma, realizaron una investigación sobre “Evaluación de los niveles de desempeño sísmico de un edificio aporticado empleando disipadores de fluido”. El objetivo fue

verificar el mejor comportamiento estructural de la edificación al añadir disipadores de fluido viscoso por medio de la obtención de los niveles de desempeño sísmico propuestos en el ATC-40 y el Comité VISION 2000 (SEAOC), Se hará uso de la metodología aplicada con un diseño experimental. De los resultados obtenidos del análisis lineal con solicitaciones sísmicas reducidas. Esto se interpreta como los desplazamientos que tendría el edificio al entrar en el rango inelástico ante un sismo severo. La conclusión fue que los disipadores lograron hacer que el porcentaje de ductilidad global consumido bajará en un 13% con respecto a lo que consumía antes de incorporar los disipadores de fluido viscoso para el Eje X-X, y para el eje Y-Y se logró disminuir en un 19% con respecto a lo que consumía antes de incorporar los disipadores de fluido viscoso en ese eje. Se concluye que, con la incorporación de disipador de fluido viscoso, se logró alcanzar una máxima reducción de deriva, mejoramiento del desempeño y comportamiento global de la estructura.

Quilca (2021), Universidad Nacional De San Agustín, realizaron una investigación sobre “Desempeño sísmico de un edificio de uso esencial de 16 niveles de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso”. Tiene como principal objetivo evaluar el desempeño sísmico de un edificio de usos esencial de 16 niveles de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso. Se hará uso de la metodología. Tiene un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental. De los resultados obtenidos verificando cuán provechoso es un disipador de fluido viscoso, ya sea en la disminución de derivas y esfuerzos en elementos estructurales, no generando irregularidades al no adicionar rigidez a la estructura. La conclusión fue que la evaluación sísmica del edificio de uso esencial de 16 niveles, se dio para un nivel de desempeño funcional y un sismo de diseño raro con un periodo de retorno de 475 años. Con la implementación de los disipadores a la estructura, se ha producido una disminución de los desplazamientos máximos relativos de hasta un 47%, así como la reducción de las derivas de entrepiso desde un 44% hasta un 50%. Se concluyó que la evaluación sísmica del edificio de uso esencial de 16 niveles, se dio para un nivel de desempeño funcional y un sismo de diseño raro con un periodo de retorno de 475 años.

Montalvo (2019), Universidad César Vallejo, realizaron una investigación sobre, “Comportamiento sísmico de una edificación de 10 niveles con sistema dual y disipador de fluido viscoso”. El objetivo fue el Modelamiento estructural en un sistema dual con el uso de los disipadores de fluido viscoso y ver su comportamiento sísmico en una edificación de 10 niveles. De los resultados obtenidos se procederá a la comparación de resultados de la edificación de 10 con sistema dual con y sin el disipador de fluido viscoso. El uso de los disipadores de fluido viscoso con respecto al comportamiento sísmico de la estructura de 10 niveles con sistema dual se logra mejorar debido a la evaluación del registro sísmico de Ica del 2007, el cual es absorbida por el dispositivo obteniendo porcentajes favorables tanto en las fuerzas cortantes, desplazamientos máximos y derivas entre piso cumpliendo con los límites permisibles de las normas peruanas brindando una gran importancia al uso de estos disipadores de fluido viscoso. La conclusión fue que el uso de los disipadores de fluido viscoso con respecto al comportamiento sísmico de la estructura de 10 niveles con sistema dual se logra mejorar debido a la evaluación del registro sísmico de Ica del 2007, el cual es absorbida por el dispositivo obteniendo porcentajes favorables tanto en las fuerzas cortantes, desplazamientos máximos y derivas entre piso cumpliendo con los límites permisibles de las normas peruanas brindando una gran importancia al uso de estos disipadores de fluido viscoso. La conclusión fue que cuando se instalan los disipadores de fluidos se ha reducido las distorsiones de entrepisos. Se concluyó de la investigación que, al incorporar los disipadores de fluido viscoso, se obtuvo una reducción inelástica a través del incremento de la energía de amortiguamiento.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

El objetivo principal de realizar un diseño sismorresistente es evitar las pérdidas de vidas y minimizar los daños a la estructura mediante la presencia de un sismo severo. Norma Técnica Peruana E 030 (2018), en el artículo 3, nos indica que consiste en:

- a) Prevenir las pérdidas humanas.
- b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c) Reducir los daños a las propiedades.

Norma Técnica Peruana E 030 (2018) Nos indica que no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras, en concordancia con la filosofía se presentan los siguientes principios. (p. 4)

- a) La estructura no deberá colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto
- b) La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de los límites aceptables.
- c) Para las edificaciones esenciales, definidas en la tabla N°5 de la Norma, se debería tener consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones de operatividad luego de un sismo severo.

### 2.2.2 Análisis estructural

El análisis estructural es un medio del proceso de la Ingeniería estructural, más no es el fin En el análisis estructural, con el apoyo de diferentes metodologías, el Ingeniero Estructural obtiene principalmente las fuerzas internas y deformaciones de una estructura que son generadas por acciones externas (fuerzas externas, asentamientos, cambios de temperatura, etc.).

Las fuerzas externas son las más comunes, estas son, por ejemplo, el peso propio y sobrecargas permanentes (carga muerta), sobrecargas temporales (carga viva), carga de sismo, carga viento, carga de nieve, presión de agua, etc.

Las fuerzas internas son la fuerza axial (tracción o compresión), fuerza cortante, momento flector y momento de torsión.

### 2.2.3 Sistema Dual

El sistema estructural de cualquier edificación depende del sistema principal que disipe energía histerética en un evento sísmico significativo, nuestra presente edificación se basa en un edificio de sistema dual lo cual está compuesto por pórticos y muros de corte tal y como indica la norma está la fuerza cortante que toman los muros está entre 20% y 70% del cortante en la base del edificio. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018).



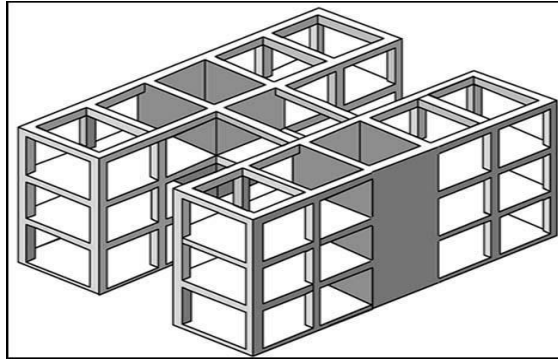


Figura 2: “Sistema dual”

Fuente: Sistema constructivo de albañilería

#### 2.2.4 Análisis Sísmico

Según Bazán & Meli (1985), las acciones sísmicas son definidas por los reglamentos para así obtener la respuesta estructural, para la composición de un análisis sísmico trabajamos con espectros de diseño, los efectos que se desean obtener son las fuerzas y deformaciones resultantes de la carga sísmica. y estos nos proporcionan distintos métodos de análisis.

- Parámetros sísmicos

##### a) Zonificación(Z)

El territorio del Perú se encuentra repartido en cuatro zonas distintas como se puede observar en la Figura 3, esto es debido a la naturaleza aleatoria de los sismos los cuales para propósitos de diseño se utilizan las aceleraciones máximas del terreno. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018).



Figura 3: “Zonas Sísmicas en el Perú”

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

A cada zona se le asigna un factor Z según indica en la tabla 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

(Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018, p. 8)

Tabla 1: Factores de zona (Z)

FACTORES DE ZONA(Z)	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

b) Perfiles de suelo (S)

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\underline{S}_u$ ) para suelos cohesivos. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018, p. 9).

Tabla 2: Factores de suelo "S"

FACTORES DE SUELO "S"				
ZONA	S0	S1	S2	s3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

Para la obtención de la amplificación sísmica es indispensable la definición de los periodos TP y TL los cuales los definimos con la ayuda de la Tabla 3.

Tabla 3:Periodos TP y TL

Periodos "TP" y "TL"				
Perfiles de suelo				
	S0	S1	S2	S3
TP(s)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL(s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

c) Factor de amplificación sísmica(C)

De acuerdo a las características de sitio obtenidos anteriormente como TP y TL, se procede a hallar el factor de amplificación sísmica el cual es el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la del suelo. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018, p. 12)

$$T < T_p \text{ entonces } C = 2.50$$

$$T_p < T < T_L \text{ entonces } C = 2.50 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \text{ entonces } C = 2.50 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

d) Categoría de edificación y factor de uso (U):

Todas las estructuras deben ser clasificadas según la categoría respectiva indicados en la norma E.30, en nuestro presente trabajo trabajaremos con el uso destinado para oficinas el cual tiene un uso de 1.00 tal como se observa en la Tabla 4. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018, p. 13).

Tabla 4:Categoría de las edificaciones y factor de uso

Categoría de las edificaciones y factor U		
C	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficina, hoteles, restaurantes, depositas e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes	U=1

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

Además, definiremos el sistema estructural a trabajar tal como indica la tabla 5, lo cual depende de la zona y el uso de la edificación comprobando que el uso de disipadores de energía será aceptable en nuestra edificación.

Tabla 5: Categoría y sistema estructural

Categoría y sistema estructural de las edificaciones		
Categoría de la edificación	Zona	Sistema estructural
B	4,3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF.
		Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de concreto armado.
		Albañilería Armada o Confinada.
C	1	Estructuras de Madera Cualquier Sistema.
	4,3,2 y 1	Cualquier Sistema.

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

e) **Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ )**

Los sistemas estructurales se clasifican según sus materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente que nos resulte en cada dirección del análisis. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018, p.15).

Tabla 6: Sistema estructural

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_o$
<b>Acero:</b>	
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

<b>Concreto armado</b>	
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería armada o confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

### 2.2.5 Análisis estático lineal

Piqué & Scaletti (1991) nos indica que una vez obtenido todos los parámetros indicados anteriormente podemos proceder a realizar el análisis estático lineal de nuestra estructura, debemos tener en cuenta que análisis estático reduce las fuerzas sísmicas en fuerzas estáticas equivalentes en toda la estructura y todo el análisis usa una sola forma de vibrar (que lo aproxima) y usa toda la fuerza aplicada al edificio, además de que el análisis de la estructura pueda realizarse bidimensional o tridimensional mente sigue siendo estático y único.

#### a) Fuerza cortante en la base (V)

Según la norma E.030 (2018), la fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R}XP$$

Además, el valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

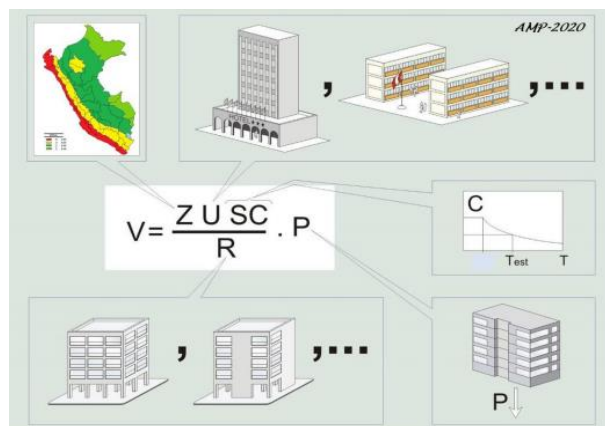


Figura 4: Análisis estático lineal en una estructura

Fuente: Muñoz A. (2020)

### 2.2.6 Análisis Modal

Castañeda & Manrique (2019) nos indica que:

Una manera de obtener la respuesta dinámica estructural es usando el análisis modal el cual aprovecha los modos naturales de vibración reducir un problema que tiene una solución de un sistema de "n" ecuaciones diferenciales compuestas a n ecuaciones diferenciales integrales. El concepto básico es que, en un instante dado, los desplazamientos de las masas de un sistema con diferentes grados de libertad pueden expresarse como la suma de los desplazamientos debidos a la participación de cada modo natural, porque forman un todo completo.

Suponiendo que al inicio se ha resuelto el problema de valores propios o característicos para determinar las frecuencias naturales  $w_i$  y las correspondientes formas de modo, así mismo se supone que las formas de modo  $X_i$  han sido normalizadas con respecto a la matriz de masas de manera que el producto. (p.11)

$$X_i^T M X_i = 1$$

### 2.2.7 Análisis Dinámico Modal Espectral

Según Castañeda & Manrique (2019), el análisis sísmico con un modelo dinámico por el método modal espectral, se realiza aplicando una fuerza de excitación externa generada por el espectro inelástico de la aceleración relativa al periodo, en conjunto, se entiende por análisis dinámico: (p.12)

- a) La interacción entre la rigidez y la masa
- b) Obtención del porcentaje mínimo del 90% de masa participativa
- c) Modos de vibración libre del edificio
- d) Periodo inelástico definidos

Según la norma E.030 (2018), “en cada dirección de análisis, esos modos de vibración respectivo se consideran la suma de las masas efectivas es al menos el 90% de la masa total o usando como mínimo los tres primeros modos predominantes de la estructura” (p. 23)

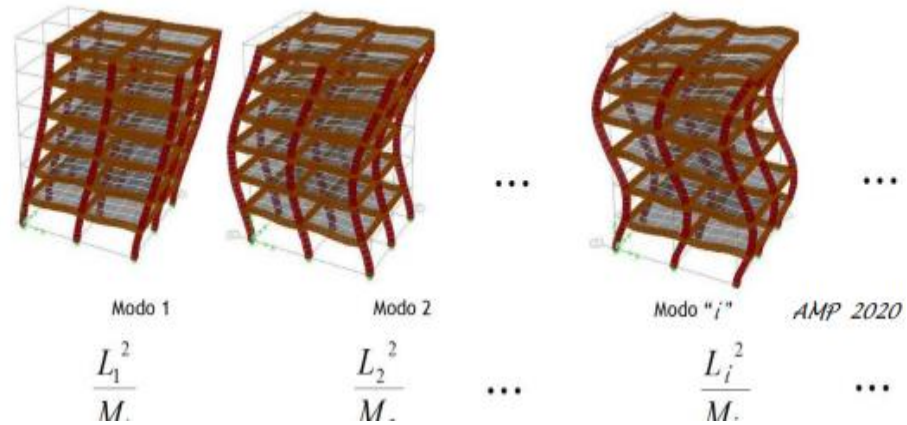


Figura 5: Modos de vibrar de un edificio con el uso de diafragmas rígidos en cada piso

Fuente: Muñoz A. (2020)

– Aceleración espectral

Para cada una de las direcciones donde se realizará el análisis se deberá definir el espectro de pseudo aceleraciones de diseño mediante la expresión:

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

### 2.2.8 Análisis Dinámico tiempo historia lineal

Según la norma E.030 (2018), para los registros de la aceleración se usan como mínimo 3 conjuntos de registros de aceleraciones, cada uno de las cuales incluye dos componentes en direcciones ortogonales

Cada conjunto de registros de aceleraciones de terreno consiste en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. La historia de aceleración es obtenida de eventos cuyas magnitudes, distancias a las fallas y mecanismos de fuente sean conscientes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se pueden usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construye un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con el 5% de amortiguamiento. Ambas

componentes se escalan (entre  $0.2T$  y  $1.5T$ ). siendo  $T$  el periodo fundamental, el periodo de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 29.2 con  $R=1$ . (p. 25)

El análisis de historial de tiempo dinámico está disponible como un análisis complementario a lo dispuesto para el análisis estático y dinámico modal espectral. En este tipo de análisis, Usaremos un modelo matemático que considere directamente de la estructura, el comportamiento histerético de los elementos, que determinándose la respuesta estructural frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio. (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018)

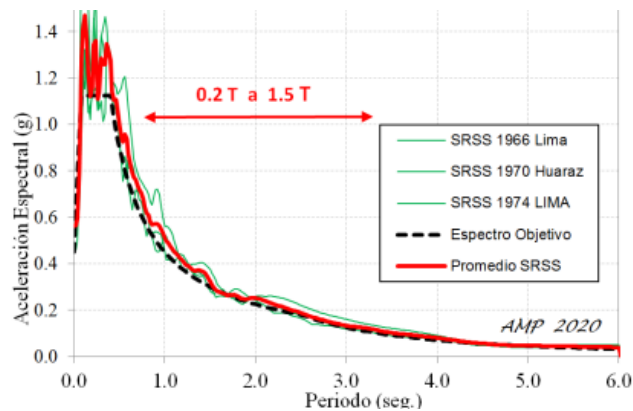


Figura 6: Espectro promedio SRSS de 3 registros espectro compatibles  
Fuente: Muñoz A. (2020)

### 2.2.9 Desplazamientos entre piso

Una vez realizado el análisis dinámico modal espectral procederemos a comprobar los desplazamientos entre pisos los cuales, para estructuras convencionales, el desplazamiento lateral se calculará multiplicando los resultados obtenidos del análisis por la reducción del esfuerzo sísmico correspondiente a  $0,75 R$ , además de que para hallar la máxima deriva de entrepiso se divide el desplazamiento relativo entre la altura del piso correspondiente, teniendo un máximo permisible de  $0.007$  adimensional para el uso de concreto armado según lo establecido en la tabla 7 (Reglamento Nacional de Edificaciones E.30, 2018)



Tabla 7: Límites de distorsión del entre piso

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

Fuente: Norma técnica peruana E.030 (2018)

### 2.2.10 Sistemas de protección sísmica

“Actualmente se usa y van desde simples dispositivos de control pasivo hasta sistemas avanzados completamente activos. Los sistemas pasivos son quizás más conocidos porque combinan un sistema de disipación de energía mecánica y un sistema de aislamiento sísmico”. (Pardo, 2007)

Según Oviedo & Duque (2006), cuando se utilizan dispositivos especiales como los disipadores o amortiguadores de energía se debe incluir un término en la ecuación ( $E_p$ ) para distinguir la participación de estos dispositivos en el balance de energía. Es calculado por el integrado operador-disipador representativo de la disipación de potencia proporcionada por el equipo adicional. (p. 108)

Los sistemas de protección sísmica pueden ser clasificados en cuatro categorías

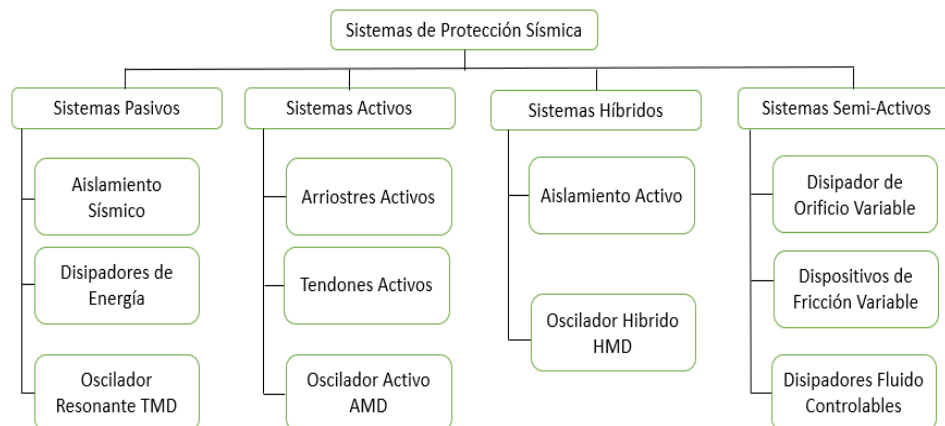


Figura 7: Sistemas de protección sísmica

Fuente: Zevallos et al. (2002)

### 2.2.11 Sistemas de control pasivo

Según Villarreal & Oviedo (2009), se basan en elementos que son inerciales en respuesta a la acción sísmica y, a diferencia del resto de otros sistemas, no requieren aporte de energía para funcionar. Los sistemas activos, semiactivos e híbridos están formados por actuadores de fuerza y/o elementos pasivos, controladores en tiempo real y dispositivos sensores instalados en la estructura. (p. 23)

### 2.2.12 Dispositivos de disipadores de energía

#### a) Disipadores de energía

“Su propósito es asegurar que la estructura se comporte mejor frente a eventos sísmicos, asegurando que opere en el rango lineal, limitando así la deformación inelástica y la formación de rótulas plásticas, previniendo daños estructurales.” (Corpus & Morales, 2015, p. 24)

#### b) Tipos de disipadores de energía

Según Oviedo & Duque (2006), se clasifican en cuatro categorías:

- Histeréticos
- De fluidos
- Viscoelásticos
- De fricción.

Por lo general, se instalan en riostras diagonales dentro de los pórticos de la estructura. (p. 112)

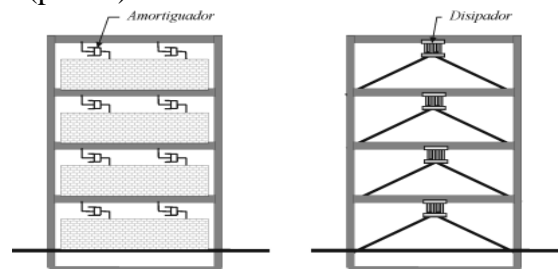


Figura 8: Técnica de control pasivo con el uso de disipadores

Fuente: Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones Oviedo & Duque (2006)

#### - Disipadores Históricos

Es uno de los dispositivos más efectivos para disipar energía sísmica. Su mecanismo de acción es la plastificación de metales por acción estructural ocasionado durante un evento sísmico. Este dispositivo tiene un tamaño relativamente pequeño con relación a la totalidad de

la edificación, pero proporciona una gran capacidad de amortiguamiento. Debido a su geometría, induce la influencia en la mayoría o en todos los metales, variando su efecto de amortiguamiento según la vibración a la que se experimenta. (Anccasi, 2019).

- Disipadores por Fricción

Según Pardo (2007), “Están representados por el desplazamiento relativo entre dos superficies en contacto bajo presión y durante el deslizamiento que se produce entre ellas”. (p. 37)

Según Villarreal & Oviedo (2009), “La fuerza de fricción en cada conexión es igual al producto de la fuerza normal por el coeficiente de rozamiento esta fuerza es la encargada de disipar energía.” (p. 39)

- Disipadores dependientes de velocidad

Los disipadores de fluido viscoso disipan energía forzando el paso de un líquido altamente viscoso a través de orificios, longitudes e inclinaciones especialmente definidas para controlar el paso del fluido (Cámara Chilena de la Construcción, 2011).

c) Disipadores de Fluido Viscoso

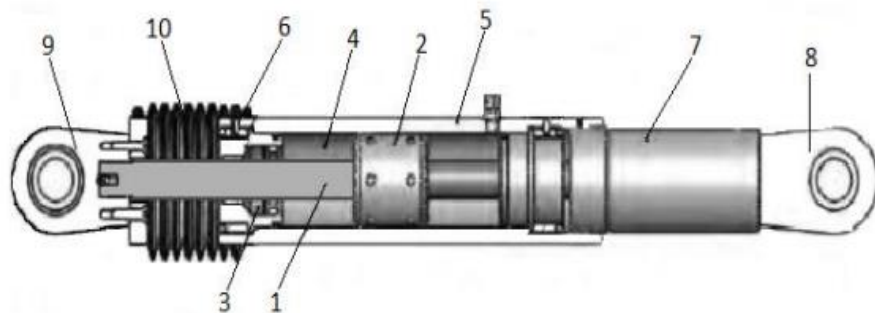
-Definición de los Disipadores de Fluido Viscoso

A diferencia de sus antecesores estos no alteran la energía de entrada, pero demuestran su eficacia al absorber la mayor parte de la energía sísmica, evitando que se disipe por deformaciones inelásticas en los elementos estructurales. Las ventajas de estos dispositivos son numerosas ya que reducen el nivel de daño estructural y concentran la energía en los dispositivos adicionales. Al mismo tiempo, estos son fáciles de reemplazar y simples de mantener; en el caso de los disipadores de fluido viscoso no necesitan ser reemplazados (Guevara & Torres, 2012).

-Características de los disipadores de Fluido Viscoso

Guevara & Torres (2012) Los amortiguadores fluido viscosos están clasificados como elementos pasivos de disipación de energía porque necesitan de una excitación externa, en este caso de velocidad, para iniciar su desplazamiento interno. La disipación se produce por la conversión de energía cinética en calor. En general, el dispositivo

consiste en dos elementos: un cilindro y un pistón de acero inoxidable. El cilindro tiene en su interior silicona incompresible como fluido viscoso, el cual permite que el sistema de amortiguación se mantenga estable dentro de un rango considerable de variaciones de temperatura. El dispositivo se activa mediante la transferencia del fluido de silicona a través de compartimientos en lados opuestos de la unidad mediante pequeños orificios. Las propiedades del dispositivo son especificadas por el proyectista, pero estas deberán ser desarrolladas por el fabricante mediante variaciones en la construcción mecánica y las propiedades de los orificios. Estos detalles determinarán además si es un amortiguador lineal o no lineal. (p. 16)



*Figura 9:*Componentes de los Disipadores de Fluido Viscoso Taylor

Fuente. (Guevara & Torres (2012))

Donde:

- a) Vástago de acero inoxidable.
- b) Cabeza del pistón de acero sólido o de bronce.
- c) Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas.
- d) Fluido viscoso, silicona incompresible.
- e) Cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura.
- f) Tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura.
- g) Extender, acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión.
- h) Horquilla final con tratamiento térmico de aleaciones de acero con protección contra la corrosión.
- i) Cojinete esférico forjado con aleación de acero de calidad aeronáutica.

j) Fuelle, nylon reforzado de inicio de neopreno

Como los disipadores viscosos disminuyen la respuesta del terremoto en una estructura, los amortiguadores añaden disipación de energía a la estructura, lo que reduce significativamente la respuesta a los terremotos, ráfagas de viento y otras entradas de choque y vibración. Para una estructura en función del periodo y porcentaje de amortiguamiento máximo del 40% es un límite superior práctico para el amortiguamiento viscoso y estructural combinado, ya que alrededor del 35% de amortiguamiento es por los disipadores y los 5% restantes es el amortiguamiento estructural, lo que supone una reducción del 50% de la respuesta estructural en comparación con la misma estructura sin amortiguadores viscosos. (Lee y Taylor, sf, p.2).

Es teóricamente posible proporcionar suficiente amortiguación viscosa para prevenir completamente las rótulas plásticas, proporcionando una estructura que se encuentre dentro del comportamiento lineal. Los amortiguadores viscosos limitan suficientemente los desplazamientos de entrepiso para proporcionar ocupación inmediata luego del peor evento sísmico, también limitan y controlan en gran medida el cizallamiento en la base y los cortantes de entrepiso. (Jean Piers Chavez, 2017, p.51)

Tabla 8:Ventajas y desventajas del uso de disipadores de fluido viscoso

Ventajas	Desventajas
Comportamiento lineal (facilidades de modelado)	Dificultades de instalación.
Sus propiedades son constantes en altos rangos de variación de frecuencia y temperatura	Requieren revisiones periódicas para detectar posibles fugas del fluido viscoso
Se han comercializado por su alta confiabilidad	Limitada capacidad de deformación
Mínima fuerza de restauración	posible fuga de fluido

Fuente: Elaboración Propia

-Tipos de disipadores de fluidos viscosos:

a) Configuración Diagonal

Según Ruiz & Torres (2018), el dispositivo se conecta directamente entre dos nudos de los entrepisos consecuentes, formando una diagonal dentro del pórtico. Esta configuración resulta ser la más económica pues emplea un solo núcleo de acero en el sistema global; sin embargo, resulta ser la menos eficiente ya que únicamente utiliza la componente horizontal de la barra para disipar energía existiendo así mayor probabilidad de pandeo al cubrir mayores longitudes en comparación con otras configuraciones (p. 74)

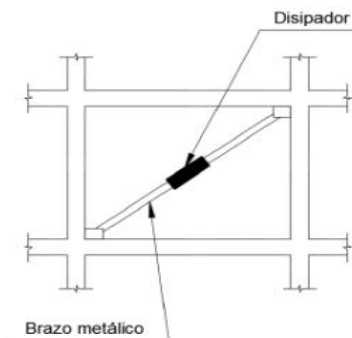


Figura 10:Disipador en disposición Diagonal.

Fuente: Edificaciones con fluido viscosos.

b) Configuración Chevron

Según Ruiz & Torres (2018), “esta configuración se distingue principalmente por la manera en la cual se dispone, pues se utilizan dos disipadores que se colocan a partir de los nudos inferiores de un entrepiso hasta llegar a la parte central de la viga del entrepiso superior”. (p. 75)

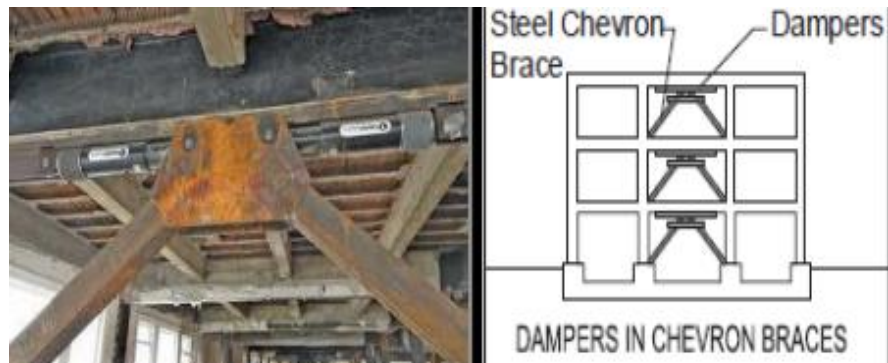


Figura 11:Disipador Chevron.

Fuente: Edificaciones con fluido viscosos.

### 2.2.13 Rigidez del brazo metálico

Para el cálculo de la rigidez del brazo metálico utilizaremos la siguiente fórmula:

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

#### a) Exponente de velocidad ( $\alpha$ )

El exponente de velocidad es el valor que define la reacción del dispositivo ante impactos producto de la dependencia de la velocidad de los disipadores viscosos, generando ante dichos desplazamientos un gráfico de comportamiento histerético. (Jean Piers Chávez, 2017, p.63)

La norma FEMA 274 indica parámetros  $\alpha$  con sus respectivos valores de  $\lambda$ , tal como se muestra en la Tabla 9, el cual está en función al comportamiento y tipo de disipador a emplear, por ejemplo, cuando se emplea el valor de  $\alpha=1$  se está hablando de un disipador con un comportamiento en el rango lineal en donde la fuerza del disipador es directamente proporcional a la velocidad relativa

Tabla 9:Exponentes de velocidades

Tabla exponente $\alpha$	parámetros $\lambda$
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 (1997)

Los disipadores en donde el valor del exponente  $\alpha$  sea mayor o menor a 1, son disipadores de comportamiento en el rango no lineal. Aquellos que  $\alpha < 1$  son eficientes para minimizar los pulsos de alta velocidad producidos como por ejemplo un sismo, mientras que aquellos

disipadores con  $\alpha > 1$  necesitan grandes velocidades para incrementar la fuerza restauradora en el disipador, por ende, no son recomendados en edificaciones. (Jean Piers Chávez, 2017, p.64)

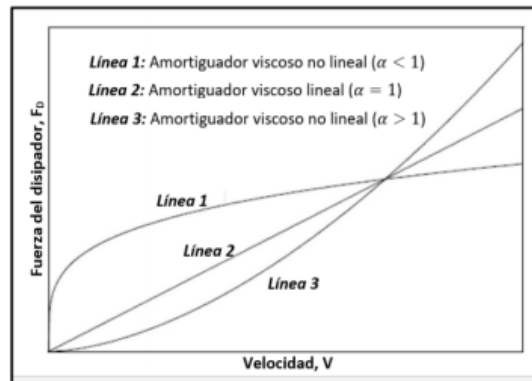


Figura 12: Relación de fuerza- velocidad de disipadores viscosos

Fuente: Jenn- Shin Hwang. Seismic Design of structures with Viscous Dampers

#### b) Coeficiente de amortiguamiento C

– Amortiguadores Lineales:

Este coeficiente puede obtenerse de la siguiente ecuación:

$$\beta_{ef,} = \beta_0 + \frac{T \times \sum_j C_j \times \phi_{rj}^2 \times \cos^2 \theta_j}{4 \times \pi \times \sum_i \left(\frac{W_i}{g}\right) \times \phi_i^2}$$

Donde:

Bef: Amortiguamiento efectivo.

B0: Amortiguamiento propio del sistema estructural.

T: Periodo fundamental de la estructura

Cj: Coeficiente de amortiguamiento del disipador j

$\phi_{rj}$ : Desplazamiento relativo del disipador j

$\theta_j$ : Ángulo de inclinación del disipador j

wi: Peso del nivel i

$\phi_i$ : Desplazamiento del nivel

– Amortiguadores No Lineales:

Este coeficiente se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\beta_{ef,} = \beta_0 + \frac{\sum_j \lambda \times C_j \times \phi_{rj}^{1+\alpha} \times \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2 \times \pi \times A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \times \sum_i \left(\frac{W_i}{g}\right) \times \phi_i^2}$$



Donde:

$$\lambda = 2^{2+\alpha} \times \frac{r^2 \times (1 + \frac{\alpha}{2})}{2}$$

Bef: Amortiguamiento efectivo.

B0: Amortiguamiento propio del sistema estructural.

$\lambda$ : Parámetro lambda

Cj: Coeficiente de amortiguamiento del disipador j

$\Delta_j$ : Desplazamiento relativo del disipador j

$\theta_j$ : Angulo de inclinación del disipador j

A: Desplazamiento del primer modo

$\omega$ : Frecuencia angular

wi: Peso del nivel i

c) Ángulo de inclinación del dispositivo

El ángulo de inclinación del dispositivo y su desplazamiento relativo se muestra en la Figura 13, mostrada a continuación:

$$\theta_j = \arctan\left(\frac{a}{b}\right)$$

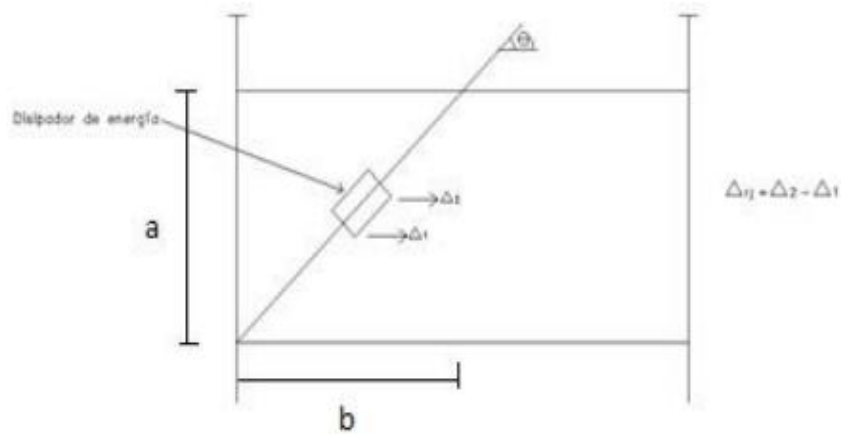


Figura 13: Ángulo y desplazamiento relativo en el disipador

Fuente: Jean Piers Chávez (2017)

d) Velocidad del disipador

El cálculo de la velocidad de cada disipador de fluido viscoso será determinado:

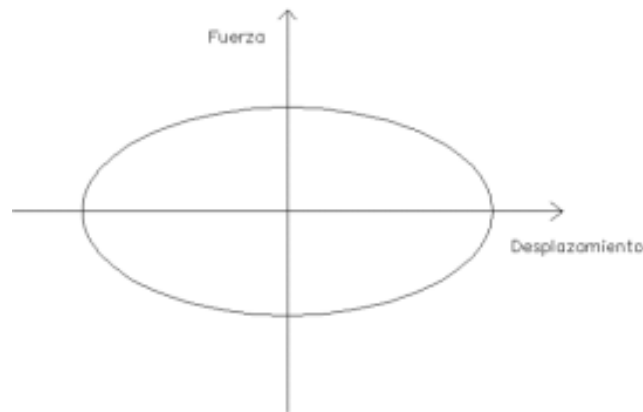
$$F = CV^\alpha \text{ m/s}$$

despejando de la fórmula de la fuerza del disipador:

$$V = \alpha \sqrt{\frac{F}{C}}$$

e) Comportamiento histerético

El gráfico del comportamiento de un disipador de fluido viscoso tiene curvas elípticas paralelas al eje de las abscisas como se puede observar en la Figura 14, mostrada a continuación:



*Figura 14:*Comportamiento histerético de un disipador de fluido viscoso

Fuente: Modificado Chopra (2014)

En el proceso de análisis puede darse el caso en que no todos los disipadores poseen este tipo de comportamiento histerético, las posibles razones pueden ser las siguientes:

- Pórtico inadecuado
- Coeficientes erróneos
- Mala disposición de acoplamiento

Una vez detectado el error, tendrá que ejecutarse nuevamente el análisis de la estructura, teniendo todos y cada uno de los disipadores con el comportamiento histerético correcto, con lo cual garantizamos la eficiencia del mismo. (Jean Piers Chávez, 2017, p.67)

Dentro de la verificación del comportamiento histerético está un control muy importante, esencial para la obtención de los disipadores ante un proveedor que es el Máximo Stroke. Entiéndase como Máximo Stroke a la distorsión máxima dada en el disipador, dato esencial para que el proveedor pueda diseñar la cámara de acumulación de líquido silicónico,

para el Máximo Stroke la empresa CDV pone un límite de 50 mm. (Jean Piers Chávez, 2017, p.68)

#### 2.2.14 Elección del disipador

Con la obtención de los niveles de fuerza en cada disipador producto del análisis sísmico, se tendrá que tomar un valor superior, elegido en el catálogo dado por la empresa proveedora del dispositivo. (Jean Piers Chávez, 2017, p.68)

##### a) Balance energético

Cuando se tiene una estructura optimizada mediante sistemas de protección sísmica como disipadores de fluido viscoso, se tiene que tener en cuenta la extracción del gráfico que muestra el balance energético de la estructura, es decir la obtención de las curvas de energía de entrada del sismo severo, la energía cinética, potencial, el amortiguamiento por parte de la estructura y el amortiguamiento por parte de todos y cada uno de los disipadores. (Jean Piers Chávez, 2017, p.72)

El porcentaje de disipación de energía sísmica será calculado mediante la siguiente razón:

$$\%de\ disipacion\ de\ energia = \frac{energia\ disipada\ por\ los\ dispositivos}{energia\ de\ entradas\ del\ sismo\ severo} \times 100$$

#### 2.2.15 Requisitos generales de diseño

Según la norma ASCE/SEI 7-16 (2017), El cortante base sísmico utilizado para el diseño del sistema resistente a fuerzas sísmicas no debe ser menor que  $V_{min}$ , donde  $V_{min}$  se determina como el mayor de los valores calculados:

$$V_{min} = \frac{V}{B_{V+1}}$$

En donde:

$V$  = cortante base sísmico en la dirección de interés

$B_{V+1}$  = coeficiente numérico como se establece en la Tabla 10, para un amortiguamiento efectivo igual a la suma del amortiguamiento viscoso en el modo fundamental de vibración de la estructura en la dirección de interés,

$\beta V_m = 1$  más el amortiguamiento inherente,  $\beta I$  y el período de estructura igual a  $T_1$ .

a) Propiedades máximas y mínimas del amortiguador

Según la norma ASCE/SEI 7-16 (2017), el factor  $\lambda$  de modificación de las propiedades " $\lambda$ " del amortiguador toma en cuenta la variación de las propiedades nominales de fabricación.

$$\lambda_{max} = \left[ \left( 1 + \left( 0.75x(\lambda_{(ae,max)} - 1) \right) \right) x \lambda_{(test,max)} x \lambda_{(spec,max)} \right] \geq 1.20$$

$$\lambda_{min} = \left[ \left( 1 - \left( 0.75x(1 - \lambda_{(ae,min)}) \right) \right) x \lambda_{(test,min)} x \lambda_{(spec,min)} \right] \leq 0.85$$

Los factores de modificación corresponden a:

$\lambda_{(ae, max)}$  = factor para representar la posible variación en las propiedades del amortiguador por encima de los valores nominales causada por el envejecimiento y los efectos ambientales; este es un múltiplo de todos los efectos ambientales y de envejecimiento individuales

$\lambda_{(ae, min)}$  = factor para representar la posible variación en el amortiguador propiedades por debajo de los valores nominales causados por el envejecimiento y efectos ambientales; esto es un múltiplo de todos los envejecimiento individual y efectos ambientales

$\lambda_{(test, max)}$  = factor para representar posibles variaciones en el amortiguador propiedades por encima de los valores nominales obtenidos de las pruebas de prototipos; esto es un múltiplo de todas las pruebas efectos

$\lambda_{(test, min)}$  = factor para representar posibles variaciones en el amortiguador propiedades por debajo de los valores nominales obtenidos de las pruebas de prototipos; esto es un múltiplo de todas las pruebas efectos

$\lambda_{(spec, max)}$  = factor establecido por el RDP para representar la variación permisible en las propiedades del amortiguador de producción por encima los valores nominales

$\lambda_{(spec, min)}$  = factor establecido por el RDP para representar la variación permisible en las propiedades del amortiguador de producción por debajo los valores nominales

b) Sistema de resistencia a fuerzas sísmicas

El cortante base sísmico,  $V$ , de la estructura en una dirección dada se determinará como la combinación de componentes modales,  $V_m$ , sujeto a los límites de la ecuación de la tabla 10

– Fuerza cortante basal:  $V \geq V_{min}$

– Factor de participación modal

$$\Gamma_m = \frac{W_m}{\sum_{i=1}^n w_i \Phi_{im}}$$

– Coeficiente de respuesta sísmica del modo fundamental (m=1)

Para  $T_{1D} < T_S$   $C_{S1} = \left(\frac{R}{C_d}\right) \frac{S_{DS}}{\Omega_O B_{1D}}$

Para  $T_{1D} \geq T_S$   $C_{S1} = \left(\frac{R}{C_d}\right) \frac{S_{D1}}{T_{1D}(\Omega_O B_{1D})}$

– Periodo efectivo de modo fundamental

$$T_{1D} = T_1 \sqrt{\mu_D} \qquad T_{1M} = T_1 \sqrt{\mu_M}$$

– Coeficientes de respuestas sísmica de los modos superiores(m>1)

Para  $T_m < T_S$   $C_{S1} = \left(\frac{R}{C_d}\right) \frac{S_{DS}}{\Omega_O B_{mD}}$

Para  $T_m \geq T_S$   $C_{S1} = \left(\frac{R}{C_d}\right) \frac{S_{D1}}{T_{1D}(\Omega_O B_{mD})}$

– Demanda de ductilidad

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$

donde:

$\Delta_u$ =Desplazamiento último

$\Delta_y$ =Desplazamiento de fluencia

Tabla 10: Coeficientes de amortiguamiento

COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO ( $B_{v+1}$ ,  $B_{1D}$ ,  $B_{1E}$ ,  $B_R$ ,  $B_{1M}$ ,  $B_{mD}$ ,  $B_{mM}$  (Donde el periodo de la estructura  $\geq T_0$ )

Amortiguación efectiva, $\beta$ (porcentaje crítico)	( $B_{v+1}$ , $B_{1D}$ , $B_{1E}$ , $B_R$ , $B_{1M}$ , $B_{mD}$ , $B_{mM}$ (Donde el periodo de la estructura $\geq T_0$ )
$\leq 2$	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 (2017)

c) Amortiguamiento Inherente respecto del crítico

$$\beta_1 = 3\%$$

d) Amortiguamiento efectivo

El amortiguamiento efectivo en el desplazamiento de diseño,  $\beta_{mD}$ , y en el desplazamiento  $\beta_{mM}$  se calculan de la siguiente manera:

$$\beta_{mD} = \beta_1 + \beta_{Vm} \sqrt{u_D} + \beta_{HD}$$

$$\beta_{mM} = \beta_1 + \beta_{Vm} \sqrt{u_M} + \beta_{HM}$$

Donde:

$\beta_{HD}$  = Componente del amortiguamiento efectivo de la estructura en la dirección de interés causada por el comportamiento histerético posterior a la fluencia del sistema de resistencia a la fuerza sísmica y los

elementos del sistema de amortiguamiento a la demanda de ductilidad efectiva.

$\beta_{HM}$ = Componente del amortiguamiento efectivo de la estructura en la dirección de interés causada por el comportamiento histerético posterior a la fluencia del sistema de resistencia a la fuerza sísmica y los elementos del sistema de amortiguamiento a la demanda de ductilidad efectiva

$\beta_1$ =Componente de amortiguamiento efectivo de la estructura causado por la disipación inherente de energía por elementos de la estructura, en o justo por debajo del desplazamiento de fluencia efectivo del sistema de resistencia a la fuerza sísmica.

$\beta_{Vm}$ = Componente de amortiguamiento efectivo del máximo modo de vibración de la estructura en la dirección de interés causada por la disipación viscosa de energía por el sistema de amortiguamiento, en o justo por debajo del desplazamiento de fluencia efectivo del sistema de resistencia a la fuerza sísmica.

$u_M$  = Demanda de ductilidad efectiva en el sistema resistente a la fuerza sísmica en la dirección de interés causada por los movimientos sísmicos del suelo de diseño

$u_M$  =demanda de ductilidad efectiva en el sistema de resistencia a la fuerza sísmica en la dirección de interés causada por los movimientos del terreno  $MCE_R$ .

### 2.3 Definición de términos básicos

- a) Análisis Estructural: Es la determinación de la capacidad que tiene una estructura o de sus elementos al soportar un tipo de cargas para lo cual se plantean ecuaciones para encontrar los esfuerzos producidos por la estructura, deformaciones y tensiones.
- b) Vulnerabilidad: Es el daño que sufren las edificaciones construidas por el hombre, dependientes de su característica de diseño, calidad de materiales y de técnicas de construcción.
- c) Disipadores sísmicos: Su función es disipar acumulaciones de energía producidas por un evento sísmico moderado, evitando daños en la estructura. Incrementa la amortiguación de la estructura.

- d) Sistemas de control pasivo: Se define en la manera que este sistema no requiere una fuente de energía para actuar frente al movimiento sísmico.
- e) Amortiguadores del tipo Fluido viscoso: Actúa como dispositivo disipador de energía en las estructuras, es básicamente un cilindro de acero inoxidable de alta resistencia, el cual contiene un fluido de viscosidad, con resistencia al fuego (No inflamable), que se mantiene estable debido a los cambios de temperatura a periodos largos de tiempo.
- f) Disipación de energía: en un sistema convencional se presentará con la formación de rótulas plásticas, las cuales generalmente se producirán en las vigas y columnas en el cual se liberará energía producto de la formación de rótulas plásticas las cuales, al ser zonas de daño concentrado, son muy difíciles de reparar y ocasiona un elevado costo de reparación



## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis General

- a) Se mejoró la respuesta estructural de un edificio dual idealizado de concreto armado al incorporar los disipadores de fluido viscoso.

#### 3.1.2 Hipótesis Secundarias

- a) Al incorporar los disipadores de fluido viscoso se generará una mayor reducción de las distorsiones de entrepiso en la edificación.
- b) Al incorporar los disipadores de fluido viscoso se generará una mayor reducción de los esfuerzos cortantes en la edificación.
- c) El exponente de velocidad de los disipadores que proporciona una mejor respuesta estructural es el no lineal con valor de 0.25, bajo la acción de un sismo severo.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Definición Conceptual de las variables (independientes y dependientes)

##### a. Variable Independiente

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2003), la variable independiente es aquella que es susceptible de ser manipulada durante el proceso de investigación. De hecho, se pretende evaluar el efecto de esta manipulación en la variable dependiente. Si la variable es compleja esta puede ser definida en términos de variables más simples o dimensiones.

“Disipadores de fluido viscoso”

##### b) Variable dependiente

“La respuesta estructural se obtiene de los diferentes métodos de análisis que se realiza a la estructura en la cual se determinará los desplazamientos, derivas, cortantes basales y períodos de la edificación “. (López, Eduardo. 2018)

“Respuesta Estructural”

#### 3.2.2 Operacionalización de variables

“La operacionalización de variables es equivalente a su definición operacional, para manejar el concepto a nivel empírico, encontrando elementos concretos, indicadores o las operaciones que permitan medir el concepto en cuestión “(Grajales Guerra, 1996).

La matriz de operacionalización está en los ANEXOS.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Tipo y nivel:

#### 4.1.1 Tipo

“Señala que la investigación aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que en el desarrollo de un conocimiento de valor universal” (Borja S. 2016, p. 10)

Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Borja, 2016, p.11).

La presente investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo ya que la incorporación de disipadores de fluido viscoso produce cambios basados en conocimientos anteriores para la mejora de la respuesta estructural de una edificación dual idealizada.

#### 4.1.2 Nivel

Según Sabino Carlos (1992) “La investigación descriptiva utiliza criterios sistemáticos para poder revelar la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando así información sistemática y comparable con información de otras fuentes”

Hernández et al. (2014) nos indica que:

“Las investigaciones explicativas se centran en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.”

- Descriptiva: Debido a que se realizó el análisis estructural del edificio dual idealizado de manera autónoma de la edificación con y sin la incorporación de los disipadores de fluido viscoso con la ayuda del software (ETABS 2019.1.1).
- Explicativo: Debido a que se estudió en qué manera afecta la respuesta estructural la incorporación de disipadores de fluido viscoso.

La presente investigación fue de nivel descriptivo-explicativo

### 4.2 Diseño de investigación

“Las investigaciones no experimentales no establecen ni pueden probar relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos” (Borja, 2016, p.13).

La investigación no experimental de tipo longitudinal “estudia la evolución del fenómeno a través del tiempo. Corresponde a las investigaciones históricas” (Borja, 2016, p.14).

La investigación fue no experimental con diseño longitudinal.

#### 4.3 Población y muestra

##### 4.3.1 Población

De acuerdo con Borja S. (2016) “Desde un punto de vista estadístico, se denomina población- universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (p. 30)

La población de estudio para este proyecto de investigación fueron las edificaciones con estructuras duales de concreto armado ubicadas en el distrito del Callao.

##### 4.3.2 Muestra

Según Hernández, (2014),” es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (p. 173).

La muestra seleccionada es una muestra probabilística el cual fue una edificación dual idealizada de concreto armado de 15 pisos, destinado a uso de oficinas con 5 crujías en el sentido X con una longitud de 5 metros de largo y 7 crujías en el sentido Y, con una longitud de crujías de 6 metros de largo, con una altura del primer entrepiso de 3.20 metros y entrepiso típico de 2.90 metros.

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

##### 4.4.1 Técnica de recolección de datos

- Observación directa

En base a lo mencionado, la técnica de recopilación de datos empleada, será la de observación puesto que la experimentación se llevará a cabo mediante el programa ETABS, aplicando las normas vigentes y los datos serán reflejados en fichas técnicas que serán sometidas a juicio de expertos para la verificación propia de la validez de dicho documento.

- Análisis documental

Para la presente investigación se utilizará la técnica de revisión documental. Debido a la cantidad de información teórica necesaria para explicar la respuesta estructural del edificio.

- Instrumentos de recolección de datos
  - Información documentada de la Norma Americana (FEMA 273)
  - Información documentada de la Norma Americana (FEMA 274)
  - Información documentada de la Norma Americana (FEMA 356)
  - Software – ETABS V-2019
  - Información documentada de la Normas del Reglamento Nacional RNE (E.030 diseño sismorresistente)
  - Información documentada de la Normas del Reglamento Nacional (E.060 concreto armado)

#### 4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

El modelo matemático elaborado mediante el software ETABS 2019, fue ejecutado teniendo conocimientos previos por los distintos cursos de la rama de estructuras de la Universidad Ricardo Palma en su escuela de Ingeniería Civil en el grado de Bachillerato. Para el análisis y estudio de resultados de ambos modelos matemáticos, se verificó que se cumpliera con los parámetros establecidos por la norma peruana E-030 “Diseño Sismorresistente”, E-020 “Cargas” y la E-060 “Concreto Armado” garantizando así la validez de los resultados.

#### 4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

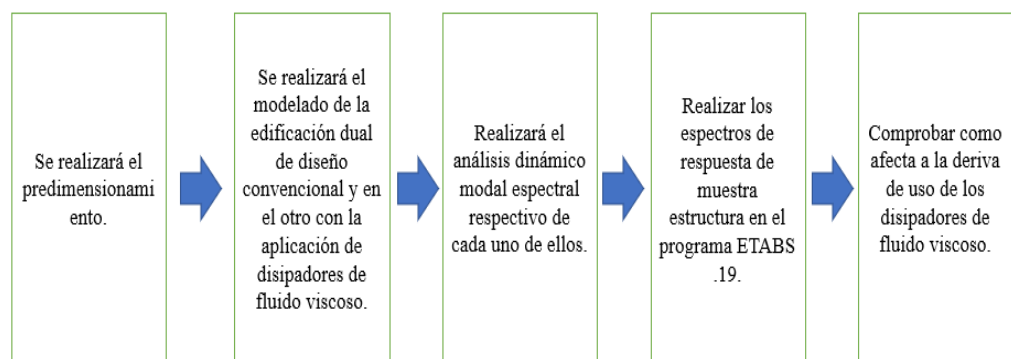


Figura 15: Diagrama de flujo para el procedimiento del predimensionamiento

Fuente: elaboración propia

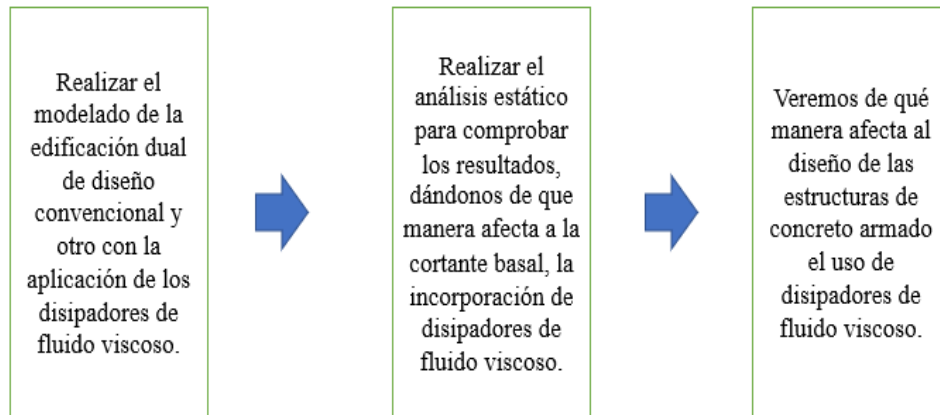


Figura 16: Diagrama de flujo para el procedimiento del modelado con la aplicación de disipadores de fluido viscoso

Fuente: elaboración propia

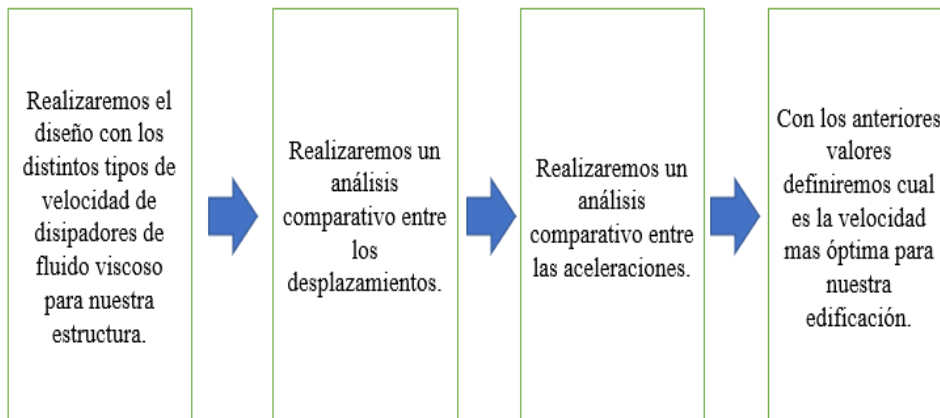


Figura 17: Diagrama de flujo de procedimiento del diseño con los diferentes tipos de velocidades de disipadores de fluido viscoso

Fuente: elaboración propia

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

Para el proceso de desarrollo de la investigación se utilizará el software ETABS 2019, en el cual modelamos estructuralmente el edificio, este será evaluado bajo los lineamientos nacionales del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La información resultante del análisis se presentará en cuadros y gráficos que se exportan del programa ETABS 2019 de acuerdo con los indicadores que describen el comportamiento estructural del edificio dual de concreto armado.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Diagnóstico y situación actual

#### 5.1.1 Análisis y diseño de estructural dual sin disipadores

##### a) Descripción de la estructura

Para la presente investigación trabajaremos con un edificio dual idealizado de concreto armado cuya aplicación se empleará para el uso de oficinas. El edificio cuenta con 15 pisos de una altura total de 43.8 m, donde su dimensión total en planta en el eje X es de 20 m y en el eje Y es de 36 m, dicha edificación se encontrará ubicada en Lima, en el distrito del Callao.

##### b) Metrado de cargas a considerar

En el modelo se consideraron las siguientes cargas de gravedad que se muestran en la Tabla 11, las cuales fueron cargadas directamente a losa de cada piso el cual se encargará de distribuirlo directamente a las columnas vigas y muros de concreto armado. (Norma técnica peruana-E020,2006)

Tabla 11: Metrado de cargas

Metrado de cargas		
Peso Propio de la losa maciza	360	kg/m <sup>2</sup>
Tabiquería	100	kg/m <sup>2</sup>
Piso Terminado	150	kg/m <sup>2</sup>
Sobre Carga Típica Para Oficinas (S/C)	250	kg/m <sup>2</sup>
Sobre carga Azotea (S/C)	100	kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

##### c) Predimensionamiento de los elementos estructurales

###### - Predimensionamiento de Losa

Para el presente edificio trabajaremos con una losa maciza la cual es fabricada únicamente con concreto y acero. La losa maciza es un elemento que cubre paños cuadrados o rectangulares en donde los bordes cargan sobre vigas a las cuales transfieren toda su carga y éstas a su vez lo transfieren a las columnas.

$$\frac{Ln}{40} < hp$$

Dónde:

hp: peralte de viga.

Ln: la luz de la losa más corta

Desarrollándose se obtiene:

$$hp = \frac{5.00m}{40} = 0.125m$$

Conservadoramente utilizaremos una losa maciza de 15 cm de espesor en los entrepisos, los cuales actúan como diafragmas rígidos, transfiriendo las cargas de manera uniforme a toda la estructura.

– Predimensionamiento de Columnas

Se realizó el predimensionamiento de las columnas sólo de las columnas interiores que son las más cargadas para mayor simplicidad y la sección resultante se utilizará para toda la edificación.

$$\frac{P_{SERVICIO}}{0.45xf'_c} \leq A_{COL}, P_{SERVICIO=N \times A_T \times 1000 \frac{kg}{m^2}}$$

Dónde:

N: Número de pisos de la edificación

At: Área tributaria de la columna.

Acol: Área de la columna a utilizar

f'c: Resistencia a la compresión del concreto(280kg/cm2)

Desarrollándose se obtiene:

$$A_{COL} = \frac{15 \times (5 \times 6) \times 1000}{0.45 \times 280} = 3571.43cm^2$$

Por lo tanto, se eligió emplear una columna de 70 cm x 70 cm

– Predimensionamiento de Vigas

Son elementos estructurales horizontales que trabajan a flexión. Para el dimensionamiento de las vigas se tomará luz de las viguetas de las losas para poder pre dimensionarlo tanto en el eje X como en el eje Y.

$$h_p > \frac{L}{12}; h_p > \frac{L}{10}, b = \frac{hp}{2}$$



Dónde:

hp: Peralte de la viga

L: Luz de la viga

b: Ancho de la viga

Desarrollándose se obtiene:

En el Eje "X" se tiene una luz de 5 metros, por lo tanto:

$$hp = \frac{5.00m}{10} = 0.50m, b = \frac{0.50}{2} = 0.25m$$

Por lo tanto, en el Eje "X" trabajaremos con una viga peraltada de 0.25 m x 0.50 m.

En el Eje "Y" se tiene una luz de 6 metros, por lo tanto:

$$hp = \frac{6.00m}{10} = 0.60m, b = \frac{0.60}{2} = 0.30m$$

Por lo tanto, en el Eje "Y" trabajaremos con una viga peraltada de 0.30 m x 0.60 m.

– Predimensionamiento de las Placas

Las placas son paredes de concreto armado que, dado su mayor dimensión en una dirección, proporcionará una gran rigidez lateral y resistencia en esa dirección.

Las placas pueden utilizarse de un espesor mínimo de 10 cm, pero mayormente se consideran 15 cm para edificios de poca cantidad de pisos y de 20,25 o 30 cm, conforme aumenta el número de pisos o disminuimos su densidad.

Por lo tanto, utilizaremos las placas de 25 cm de espesor, debido a que contamos con una edificación de 15 pisos.

d) Análisis estático

Se calculó la cortante basal usando la norma de diseño E.030

$$V = \frac{ZUCS}{R} XP$$

Usamos los siguientes parámetros sísmicos de acuerdo a la norma E. 030:

– Zonificación sísmica (Z)

La edificación en estudio en la zona 4 (Lima), zona de mayor sismicidad la cual le corresponderá un factor de zonificación de Z=0.45

- Condiciones Geotécnicas ( $T_p$  y  $S$ )

La edificación se encuentra en un tipo de suelo intermedio ( $S_2$ ) según la norma E.030, correspondiéndole el factor de amplificación  $S=1.05$  y el periodo de corte  $T_p=0.60$  seg.

- Factor de Amplificación Sísmica ( $C$ )

Según las características del sitio, se define el factor de amplificación sísmica ( $C$ ) por las siguientes expresiones

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

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

$$T > T_L, \quad C = 2.5X\left(\frac{T_p \times T_L}{T^2}\right)$$

- Categoría de la edificación ( $U$ )

La edificación en evaluación está destinada a oficinas, lo que corresponderá a edificaciones comunes en la categoría “C”, con un factor de uso de  $U=1.0$ .

- Configuración Estructural

La estructura se clasifica como una estructura convencional porque no tiene discontinuidades laterales o longitudinales significativas en la configuración sujeta a sus cargas laterales.  $I_a=1.0$ ,  $I_p=1.0$

- Sistema Estructural ( $R$ )

A la edificación con un sistema estructural de concreto armado “Dual”, les corresponde un factor de  $R=7$ . Para su verificación estructural tenemos en la tabla 12.

Tabla 12: Resultados de verificación estructural

Output Case	Case Type	Step Type	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)	MX (tonf-m)	MY (tonf-m)	MZ (tonf-m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
SX (100%X +30%Y)	LinRe spSpec	Max	541.342	193.3996	0	5391.3272	14509.1155	12715.3629	0	0	0
SY (100%Y +30%X)	LinRe spSpec	Max	162.7764	643.4193	0	17934.1507	4363.7634	10135.3198	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Para la verificación de los Vmuros en los ejes X, Y tenemos las siguientes tablas respectivas, 13 y 14.

Tabla 13: Para los Vmuros en el eje X

Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P(tonf)	V2(tonf)	V3(tonf)	T(tonf-m)	M2(tonf-m)	M3(tonf-m)
Story1	P1	SX (100% X +30% Y)	LinRes pSpec	Max	Bottom	34.0905	181.5715	0.9089	1.4042	2.353	1762.3483
Story1	P2	SX (100% X +30% Y)	LinRes pSpec	Max	Bottom	33.7926	185.6599	0.9108	1.4715	2.355	1805.8525
V tota X=					541.342		Ton-f				
V muros X=					367.2314		Ton-f				
Vmuros X / Vtotal X						67.84%		<70 %, entonces Dual			

Fuente: Elaboración propia

Tenemos como resultado que el porcentaje es menor al 70% según la norma lo que corresponderá a una edificación dual.

Tabla 14: Para los Vmuros en el eje Y

Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P(tonf)	V2(tonf)	V3(tonf)	T(tonf-m)	M2(tonf-m)	M3(tonf-m)
Story1	P1	SY (100% Y +30% X)	LinRes pSpec	Max	Bottom	37.0714	216.1834	1.0715	1.4521	3.0713	2208.0271
Story1	P2	SY (100% Y +30% X)	LinRes pSpec	Max	Bottom	36.6432	221.0721	1.0711	1.5673	3.0708	2272.4324
V tota Y =					643.4193		Ton-f				
V muros Y=					437.2555		Ton-f				

$V_{muros Y} / V_{total Y}$	67.96%	<70 %, entonces Dual
-----------------------------	--------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

Tenemos como resultado que el porcentaje es menor al 70% en la dirección “Y” según la norma lo que corresponderá a una edificación dual.

– Peso de la edificación (P)

El periodo fundamental de la estructura en cada dirección que se muestra en la tabla 15 y se obtuvo a través del análisis modal.

Tabla 15: Pesos por piso

Piso	Output Case	Peso (ton)
15	Peso sísmico	700.035
14	Peso sísmico	727.035
13	Peso sísmico	727.035
12	Peso sísmico	727.035
11	Peso sísmico	727.035
10	Peso sísmico	727.035
9	Peso sísmico	727.035
8	Peso sísmico	727.035
7	Peso sísmico	727.035
6	Peso sísmico	727.035
5	Peso sísmico	727.035
4	Peso sísmico	727.035
3	Peso sísmico	727.035
2	Peso sísmico	727.035
1	Peso sísmico	741.930
PESO TOTAL:		10,893.420

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Periodos fundamentales y coeficientes de amplificación sísmica

	X-X	Y-Y
Periodo fundamental (T)	1.721	1.404
Coficiente de amplificación sísmica (C)	0.8716	1.0684

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las cargas a considerar, teniendo en cuenta que según la norma E.0.30, el peso sísmico con el cual se debe calcular la cortante basal debe ser reducida la carga viva en un 25% para edificación de categoría C, se procedió a calcular la cortante basal con mencionado peso sísmico resultando lo siguiente:

La fuerza cortante basal total para la dirección X-X y Y-Y, son 640.882 y 785.583 toneladas respectivamente.

a. Fuerza de Cortante Basal en cada piso sin el uso de disipadores de fluido viscoso en el Eje X-X

Tabla 17:Fuerza de Cortante Basal en cada piso Eje X-X

Story	Peso por nivel (Ton)	Altura (m)	$P_i \cdot h_i^k$	$\alpha_i$	Fi (Ton)
15	700.035	43.80	308,115.69	0.1539	98.62
14	727.035	40.90	286,573.29	0.1431	91.73
13	727.035	38.00	254,563.89	0.1271	81.48
12	727.035	35.10	224,012.59	0.1119	71.70
11	727.035	32.20	194,965.25	0.0974	62.40
10	727.035	29.30	167,473.32	0.0836	53.61
9	727.035	26.40	141,595.17	0.0707	45.32
8	727.035	23.50	117,397.84	0.0586	37.58
7	727.035	20.60	94,959.51	0.0474	30.39
6	727.035	17.70	74,373.17	0.0371	23.81
5	727.035	14.80	55,752.17	0.0278	17.85
4	727.035	11.90	39,239.52	0.0196	12.56
3	727.035	9.00	25,024.35	0.0125	8.01
2	727.035	6.10	13,376.08	0.0067	4.28
1	741.930	3.20	4,829.55	0.0024	1.55
		Total	2,002,251.40		640.88

Fuente: Elaboración propia

b. Fuerza de Cortante Basal en cada piso sin el uso de disipadores de fluido viscoso en el Eje Y.

Tabla 18: Fuerza de Cortante Basal en cada piso Eje Y-Y

Story	Peso por Nivel (Ton)	Altura (m)	$P_i \cdot h_i^k$	$\alpha_i$	Fi (Ton)
15	700.035	43.80	169,254.48	0.1452	114.10
14	727.035	40.90	159,139.34	0.1366	107.28
13	727.035	38.00	143,021.43	0.1227	96.41
12	727.035	35.10	127,450.41	0.1094	85.91
11	727.035	32.20	112,450.67	0.0965	75.80
10	727.035	29.30	98,049.89	0.0841	66.10
9	727.035	26.40	84,279.94	0.0723	56.81
8	727.035	23.50	71,178.01	0.0611	47.98
7	727.035	20.60	58,788.25	0.0504	39.63
6	727.035	17.70	47,164.20	0.0405	31.79
5	727.035	14.80	36,372.68	0.0312	24.52
4	727.035	11.90	26,500.22	0.0227	17.86
3	727.035	9.00	17,665.07	0.0152	11.91
2	727.035	6.10	10,042.79	0.0086	6.77
1	741.930	3.20	4,016.43	0.0034	2.71
		TOTAL	1,165,373.8		785.58

2

Fuente: Elaboración propia

#### e) Análisis dinámico

Para la realización del análisis dinámico se trabajará con 3 grados de libertad por piso, dándonos entonces un total de 45 modos de vibración para nuestra estructura de 15 pisos.

–Porcentaje de masa participativa:

La Norma Técnica Peruana E.030(2018), nos indica que los modos de vibración de la estructura podrán determinarse del análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas participativas. En cada dirección se considerarán respectivamente

aqueellos modos de vibración donde cuya respectiva sumatoria de masas efectivas nos dé un 90% como mínimo. Por ende, en la Tabla 19 se comprobó que se cumple con lo indicado en la norma respectivamente.

Tabla 19: Modos de vibración de la estructura

Modos de vibración de la estructura							
Mod e	Period (sec)	UX (%)	UY (%)	RZ / (%)	SumUX (%)	SumUY (%)	SumRZ (%)
1	1.721	74.15 %	0.00%	0.01%	74.15%	0.00%	0.01%
2	1.404	0.00%	74.16 %	0.11%	74.15%	74.16%	0.12%
3	1.264	0.01%	0.12%	72.02 %	74.16%	74.28%	72.14%
4	0.498	12.34 %	0.00%	0.00%	86.50%	74.28%	72.15%
5	0.407	0.00%	12.48 %	0.01%	86.50%	86.76%	72.15%
6	0.347	0.00%	0.01%	13.56 %	86.50%	86.76%	85.72%
7	0.243	5.36%	0.00%	0.00%	<b>91.86%</b>	86.76%	85.72%
8	0.2	0.00%	5.46%	0.00%	91.86%	<b>92.22%</b>	85.72%
9	0.16	0.00%	0.00%	5.92%	91.86%	92.22%	<b>91.64%</b>
10	0.145	2.97%	0.00%	0.00%	94.83%	92.22%	91.64%
11	0.121	0.00%	2.96%	0.00%	94.83%	95.18%	91.64%
12	0.098	1.79%	0.00%	0.00%	96.62%	95.18%	91.64%
13	0.094	0.00%	0.00%	3.19%	96.62%	95.18%	94.83%
14	0.084	0.00%	1.73%	0.00%	96.62%	96.91%	94.83%
15	0.073	1.13%	0.00%	0.00%	97.75%	96.91%	94.83%
16	0.063	0.00%	0.00%	1.87%	97.75%	96.91%	96.70%
17	0.063	0.00%	1.06%	0.00%	97.75%	97.97%	96.70%
18	0.057	0.74%	0.00%	0.00%	98.49%	97.97%	96.70%
19	0.05	0.00%	0.68%	0.00%	98.49%	98.65%	96.70%
20	0.047	0.00%	0.00%	1.15%	98.49%	98.65%	97.86%
21	0.046	0.49%	0.00%	0.00%	98.99%	98.65%	97.86%
22	0.041	0.00%	0.45%	0.00%	98.99%	99.10%	97.86%
23	0.039	0.33%	0.00%	0.00%	99.32%	99.10%	97.86%
24	0.037	0.00%	0.00%	0.73%	99.32%	99.10%	98.59%

25	0.035	0.00%	0.30%	0.00%	99.32%	99.40%	98.59%
26	0.034	0.23%	0.00%	0.00%	99.55%	99.40%	98.59%
27	0.031	0.00%	0.20%	0.00%	99.55%	99.59%	98.59%
28	0.03	0.00%	0.00%	0.47%	99.55%	99.60%	99.06%
29	0.03	0.15%	0.00%	0.00%	99.70%	99.60%	99.06%
30	0.027	0.00%	0.13%	0.00%	99.70%	99.73%	99.06%
31	0.027	0.10%	0.00%	0.00%	99.79%	99.73%	99.06%
32	0.026	0.00%	0.00%	0.31%	99.79%	99.73%	99.37%
33	0.025	0.00%	0.08%	0.00%	99.79%	99.81%	99.37%
34	0.024	0.05%	0.00%	0.00%	99.85%	99.81%	99.37%
35	0.023	0.00%	0.05%	0.00%	99.85%	99.86%	99.37%
36	0.023	0.03%	0.00%	0.00%	99.87%	99.86%	99.37%
37	0.023	0.00%	0.00%	0.20%	99.87%	99.86%	99.57%
38	0.022	0.01%	0.00%	0.00%	99.88%	99.86%	99.57%
39	0.022	0.00%	0.00%	0.00%	99.88%	99.86%	99.57%
40	0.022	0.00%	0.00%	0.00%	99.89%	99.86%	99.57%
41	0.022	0.00%	0.02%	0.00%	99.89%	99.88%	99.57%
42	0.021	0.00%	0.00%	0.00%	99.89%	99.88%	99.57%
43	0.021	0.00%	0.00%	0.00%	99.89%	99.88%	99.57%
44	0.021	0.00%	0.00%	0.00%	99.89%	99.88%	99.57%
45	0.021	0.00%	0.00%	0.00%	99.89%	99.88%	99.57%

---

Fuente: Elaboración Propia.

-Espectro inelástico:

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas trabajaremos con un espectro inelástico de pseudoaceleraciones, teniendo debidamente los parámetros sísmicos definidos según la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030.

$$S_a = \frac{ZxUxCxS}{R} xg$$



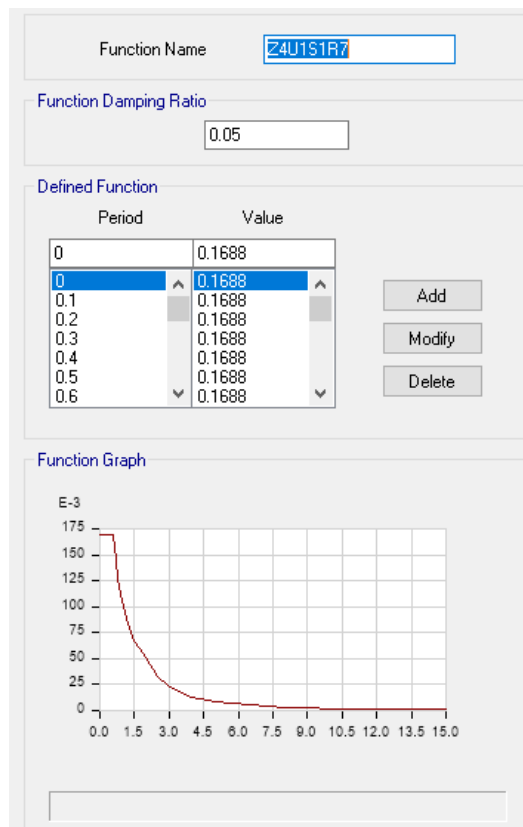


Figura 18: Espectro inelástico de pseudoaceleraciones según la Norma técnica peruana E.030 (2018)

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda del programa ETABS 19.0 definimos el espectro inelástico indicado en la Norma E.030, como se muestra en la figura 13, con los parámetros de diseño calculados anteriormente, sin la participación de la gravedad la cual se adiciona cuando se define el caso de carga dinámica.

- Distorsiones de entrepiso

Según la Norma E.30, nos establece que las distorsiones de entrepiso se calcularán multiplicando por  $0.75 \times R$  los resultados obtenidos con el espectro de pseudoaceleraciones en el Eje X-X y el Eje Y-Y, debiendo estos ser menor que 0.007 tal y como nos indica la norma

Tabla 20: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores de energía en el Eje X-X

Piso	Altura (m)	Sismo x-x	Deriva	Deriva inelástica	Cumple
15	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0012	0.0062	OK
14	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0013	0.0069	OK
13	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0015	0.0077	MAL
12	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0016	0.0084	MAL
11	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0017	0.0091	MAL
10	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0018	0.0097	MAL
9	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0019	0.0102	MAL
8	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0020	0.0106	MAL
7	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0021	0.0109	MAL
6	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0021	0.0109	MAL
5	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0020	0.0107	MAL
4	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0019	0.0100	MAL
3	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0017	0.0088	MAL
2	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0013	0.0068	OK
1	3.2	SX (100% X+30% Y)	0.0006	0.0033	OK

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 20 nos indica las derivas inelásticas en el eje x-x en el cual se observa que en los pisos desde el 3 al 13 se excede la deriva permisible, por ende, no se estaría cumpliendo con los límites de distorsión impuestas en la Norma técnica peruana E.030 (2018)

Tabla 21: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores de energía en el Eje Y-Y

Piso	Altura (m)	Sismo y-y	Deriva	Deriva inelástica	Cumple
15	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0009	0.0045	OK
14	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0010	0.0051	OK
13	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0011	0.0056	OK
12	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0012	0.0062	OK
11	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0013	0.0068	OK
10	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0014	0.0073	MAL
9	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0015	0.0078	MAL
8	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0015	0.0081	MAL
7	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0016	0.0083	MAL
6	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0016	0.0084	MAL
5	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0016	0.0082	MAL
4	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0015	0.0077	MAL
3	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0013	0.0067	OK
2	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0010	0.0052	OK
1	3.2	SY (100% Y+30% X)	0.0005	0.0027	OK

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 21 nos indica las derivas inelásticas en el eje Y-Y en el cual se observa que todos los pisos no excedan la deriva permisible de 0.007, pero se encontrarán muy cerca de fallar, así del piso 4 al 10 se excede de la deriva permisible según la norma, lo más recomendable sería bajar las derivas para así tener una mejor respuesta estructural ante un sismo severo reduciendo daños estructurales y pérdidas de vida.

-Fuerza cortante mínima:

Según la normativa sismorresistente vigente E030, señala que para el análisis dinámico modal espectral para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado para el análisis estático para estructuras regulares, lo cual es nuestro caso. Por lo tanto, realizando los cálculos podemos observar en la Tabla 16, que el porcentaje que se llegó a obtener es más del 80% que exige la norma, por

lo tanto, no se requirió un factor de escala, ello se puede observar en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 22: Comprobación de Fuerzas Cortantes Mínimas

	Vx(dinámica)	541.342	ton-f
	Vx(estática)	637.2514	ton-f
%	Vx		
80%	637.2514	509.80112	ton-f
	Vy(dinámica)	643.4193	ton-f
	Vy(estática)	781.2098	ton-f
%	Vy		
80%	781.2098	624.96784	ton-f

Fuente: Elaboración Propia.

#### -Análisis Tiempo Historia Lineal:

Para analizar la estructura se utilizaron los registros correspondientes a los años, 1966, 1970 y 1974 (Figuras 15-16) en sus dos direcciones X e Y, con características detalladas en la Tabla 23, de las cuales realizamos la corrección por línea base y filtrado respectivo con ayuda del software SeísmoSignal y a su vez realizamos el escalamiento mediante el software SeísmoMacht ( el escalamiento lo realizamos entre los periodos de 0.20T y 1.50T), el espectro de diseño a utilizar lo realizamos con un factor de reducción( R) =1.

Tabla 23: Características de los registros sísmicos empleados

Fecha	Componentes	Duración (seg)	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )	Profundidad local	Magnitud
LIMA (1966)	E-W	197.64	-180.59	37.30	6.40
	N-S		-269.34		
Chimbote (1970)	E-W	45.16	-104.80	64.00	6.60
	N-S		-97.70		
LIMA (1974)	E-W	97.96	-192.50	13.00	6.60
	N-S		179.00		

Fuente: Elaboración Propia

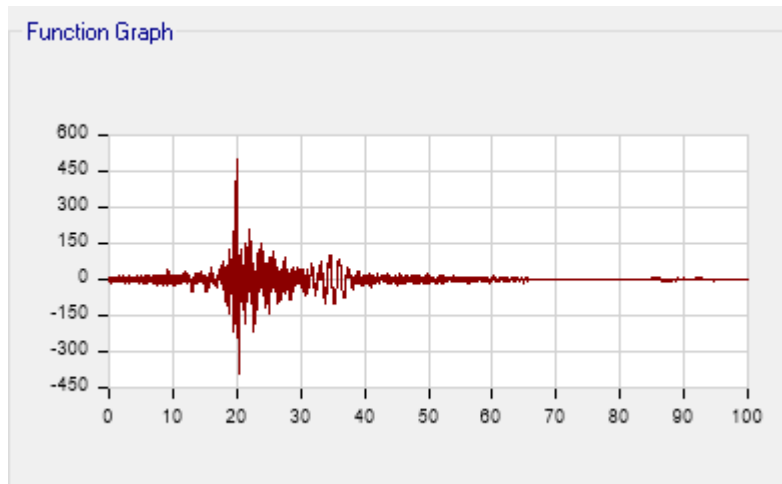


Figura 19:Registro Chimbote 1966 E-W

Fuente: Elaboración Propia con datos del CISMID

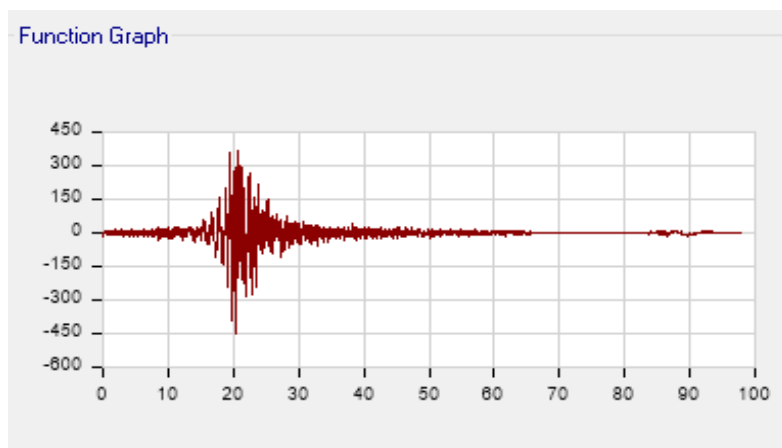


Figura 20:Registro Chimbote 1966 N-S

Fuente: Elaboración Propia con datos del CISMID

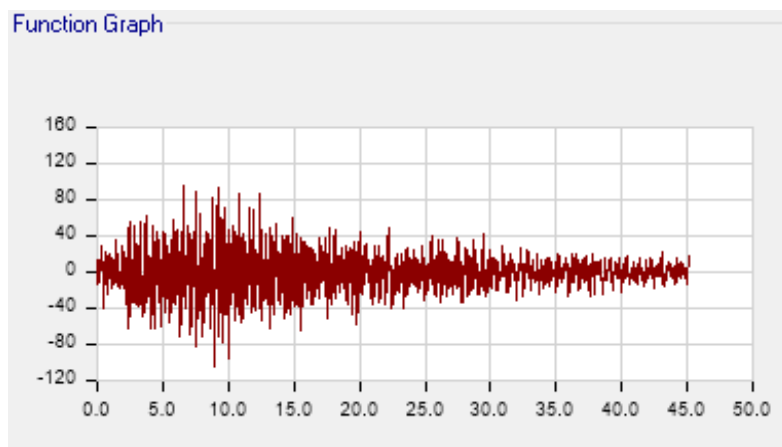


Figura 21:Registro Lima 1970 E-W

Fuente: Elaboración Propia con datos del CISMID

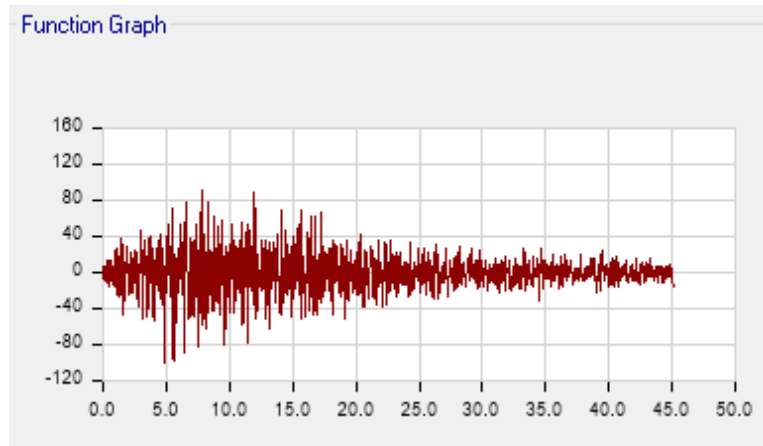


Figura 22: Registro Lima 1970 N-S

Fuente: Elaboración Propia con datos del CISMID

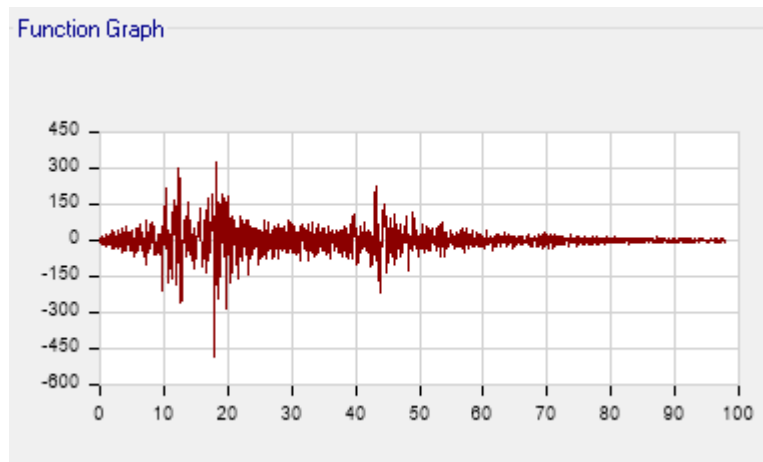


Figura 23: Registro Lima 1974 E-W

Fuente: Elaboración Propia con datos del CISMID

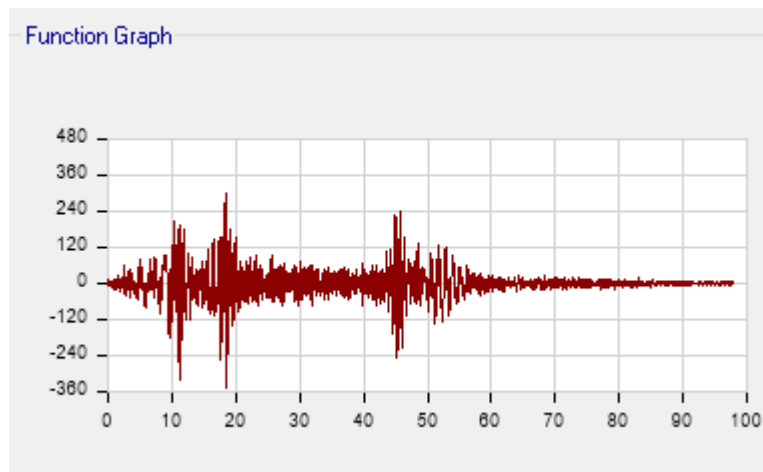


Figura 24: Registro Lima 1974 N-S

Fuente: Elaboración Propia con datos del CISMID

-Desplazamientos Laterales

Se halló las derivas o drift para las señales que fueron presentadas líneas arriba trabajando con un 0.75 R, para el caso de los sistemas de control pasivo trabajamos con un R= 1, tanto para el Eje “x” como “y”, con respecto al caso 1 y caso 2 como se indica en la Tabla 24 y 25.

Tabla 24:Análisis tiempo-historia lineal en la dirección X-X.

Nivel	Lima 1966		Lima 1970		Lima 1974	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
15	0.0051	0.0042	0.0004	0.0005	0.0050	0.0066
14	0.0058	0.0047	0.0004	0.0005	0.0056	0.0075
13	0.0065	0.0051	0.0005	0.0006	0.0063	0.0083
12	0.0072	0.0054	0.0005	0.0006	0.0068	0.0089
11	0.0079	0.0058	0.0005	0.0006	0.0073	0.0095
10	0.0085	0.0063	0.0005	0.0005	0.0076	0.0098
9	0.0089	0.0068	0.0005	0.0005	0.0078	0.0099
8	0.0091	0.0071	0.0005	0.0005	0.0080	0.0098
7	0.0093	0.0073	0.0005	0.0004	0.0085	0.0097
6	0.0093	0.0073	0.0005	0.0004	0.0092	0.0094
5	0.0089	0.0071	0.0005	0.0004	0.0096	<b>0.0099</b>
4	0.0082	0.0066	0.0005	0.0004	0.0095	0.0097
3	0.0070	0.0057	0.0005	0.0004	0.0087	0.0088
2	0.0052	0.0046	0.0004	0.0003	0.0069	0.0070
1	0.0025	0.0024	0.0002	0.0002	0.0034	0.0034

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25:Análisis tiempo-historia lineal en la dirección Y-Y

Nivel	lima 1966		lima 1970		lima 1974	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
15	0.0037	0.0036	0.0005	0.0005	0.0037	0.0044
14	0.0043	0.0041	0.0005	0.0005	0.0042	0.0051
13	0.0048	0.0045	0.0006	0.0006	0.0047	0.0057
12	0.0055	0.0050	0.0006	0.0006	0.0053	0.0064
11	0.0061	0.0054	0.0007	0.0006	0.0059	0.0070
10	0.0067	0.0057	0.0007	0.0006	0.0065	0.0076
9	0.0073	0.0061	0.0007	0.0005	0.0070	0.0079
8	0.0077	0.0063	0.0006	0.0005	0.0074	<b>0.0081</b>
7	0.0079	0.0065	0.0006	0.0005	0.0077	0.0081
6	0.0080	0.0065	0.0006	0.0005	0.0078	0.0079
5	0.0078	0.0063	0.0006	0.0005	0.0076	0.0075
4	0.0073	0.0059	0.0006	0.0006	0.0071	0.0067
3	0.0063	0.0052	0.0006	0.0005	0.0063	0.0057
2	0.0049	0.0041	0.0005	0.0004	0.0048	0.0043
1	0.0025	0.0022	0.0002	0.0002	0.0024	0.0021

Fuente: Elaboración Propia

f) Diseño de los elementos estructurales

Para el diseño de las estructuras de concreto armado, se utilizó el diseño por resistencia indicado en la Norma E060 Concreto armado vigente. En el cual se proporcionó a todas las secciones de los elementos estructurales resistencias de diseño ( $\Phi R_n$ ) adecuadas, utilizando los factores de carga (amplificación) y los factores de reducción de resistencia,  $\Phi$ , especificados en el capítulo 9 de la Norma E060 Concreto armado vigente. (NTP E060, 2009).

El método consiste en asegurar que la resistencia de la estructura en general, elemento o sección sea igual o mayor a las combinaciones propuestas por la norma de concreto armado, así aseguraremos que el elemento resistirá adecuadamente las solicitaciones normadas impuestas.

$$\Phi R_n \geq R_u$$

- Requisitos generales de resistencia

- Resistencia requerida

La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

Si en el diseño se tuvieron que considerar cargas de viento (CV<sub>i</sub>), además de lo indicado en la ecuación, la resistencia requerida será como mínimo.

$$U = 1.25(CM + CV \pm CV_i)$$

$$U = 0.9CM \pm 1.25CV_i$$

- Diseño de vigas

Se hallaron las respuestas es decir momentos y cortantes de la estructura, en donde para el diseño de las vigas se utilizaron estas respuestas que se generaron de la envolvente de las combinaciones impuestas por la norma E060, y se calculó el área de acero a flexión que junto con el concreto resista satisfactoriamente las combinaciones impuestas por la norma de concreto armado E060.

Para el diseño de las vigas se tomaron los momentos y cortantes generados en dos vigas que están posicionados en el perímetro de la



estructura y en la parte central, los cuales son los que se encontraron con los mayores momentos y cortantes en toda la estructura y se procedió a su diseño correspondiente. A continuación, se detalla el procedimiento de diseño del acero a flexión de las vigas:

Diseño a flexión de la viga perimetral V (0.25x0.50) en las figuras 25 y 26.

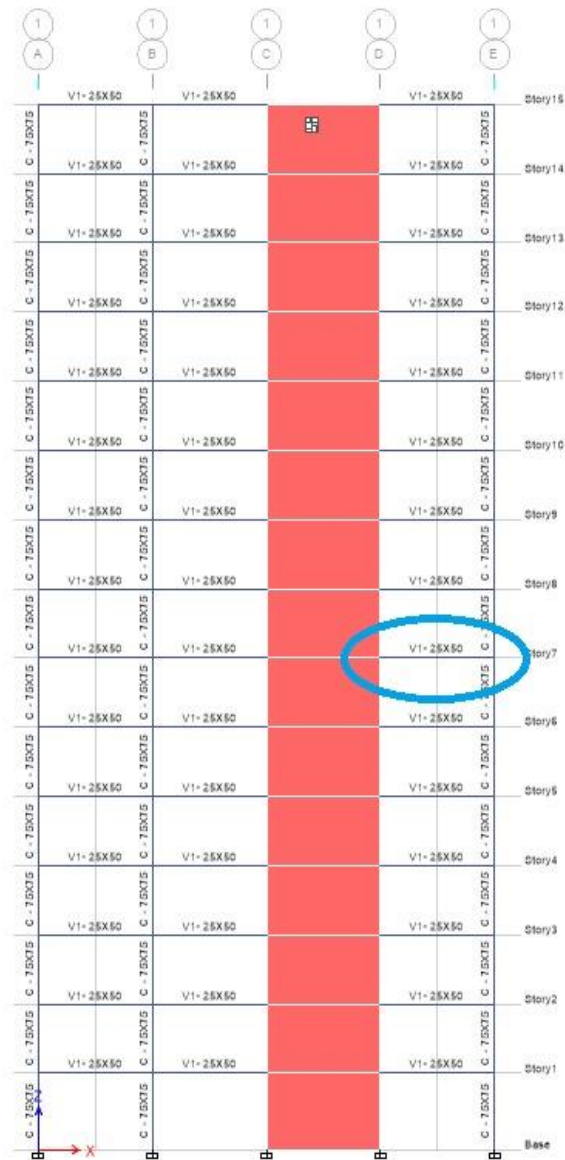
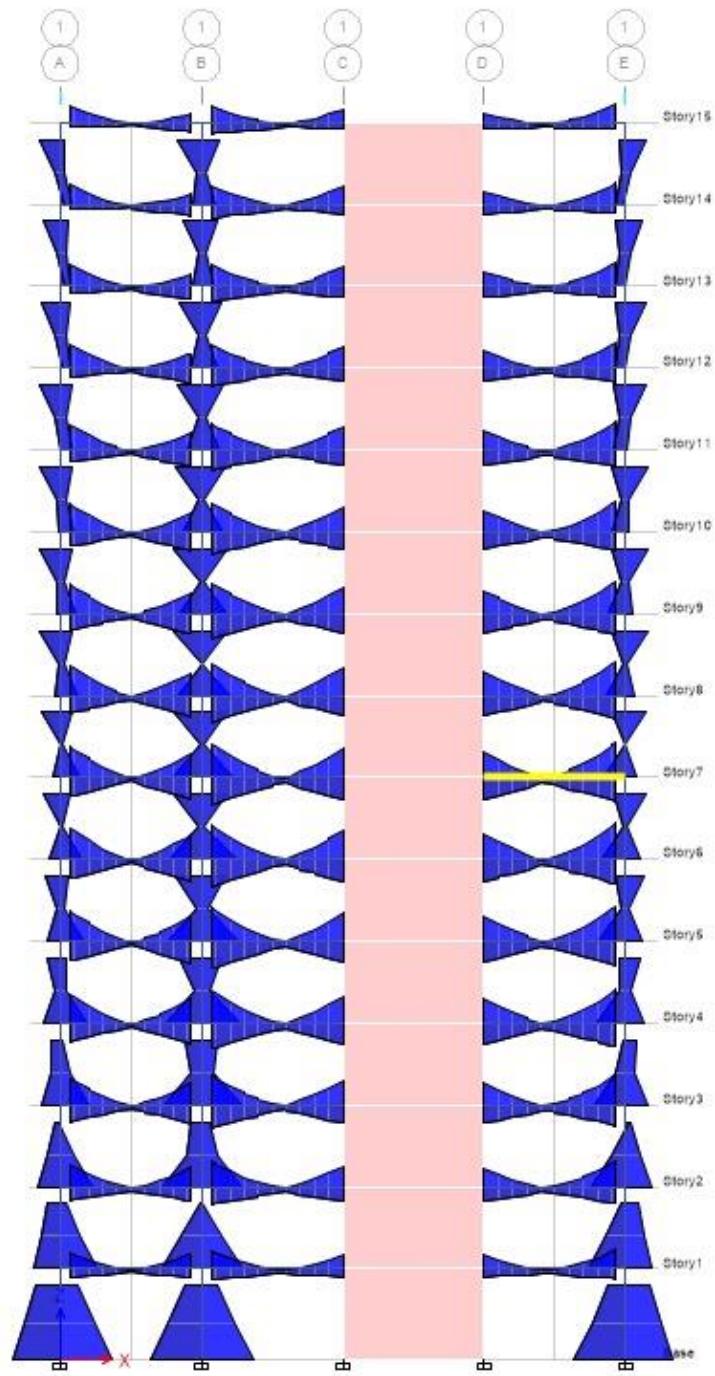


Figura 25: Elevación del pórtico donde se ubica la viga perimetral de V(0.25X0.50) a diseñar

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 26:* Diagrama de momentos de pórticos en donde se ubica la viga perimetral de V(0.25X0.50) a diseñar  
Fuente: Elaboración Propia

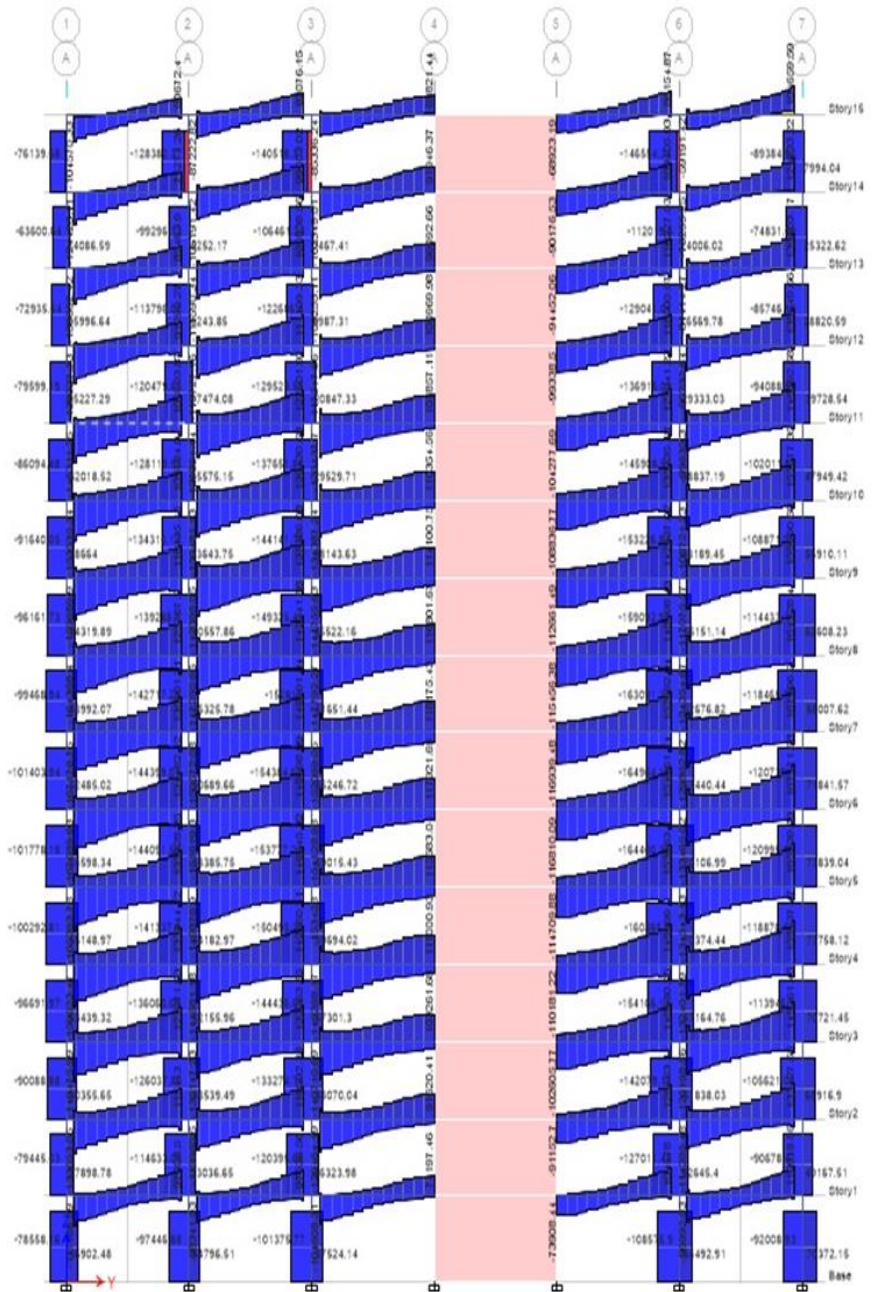


Figura 27: Diagrama de fuerza cortante del pórtico en donde se ubica la viga perimetral a diseñar

Fuente: Elaboración Propia

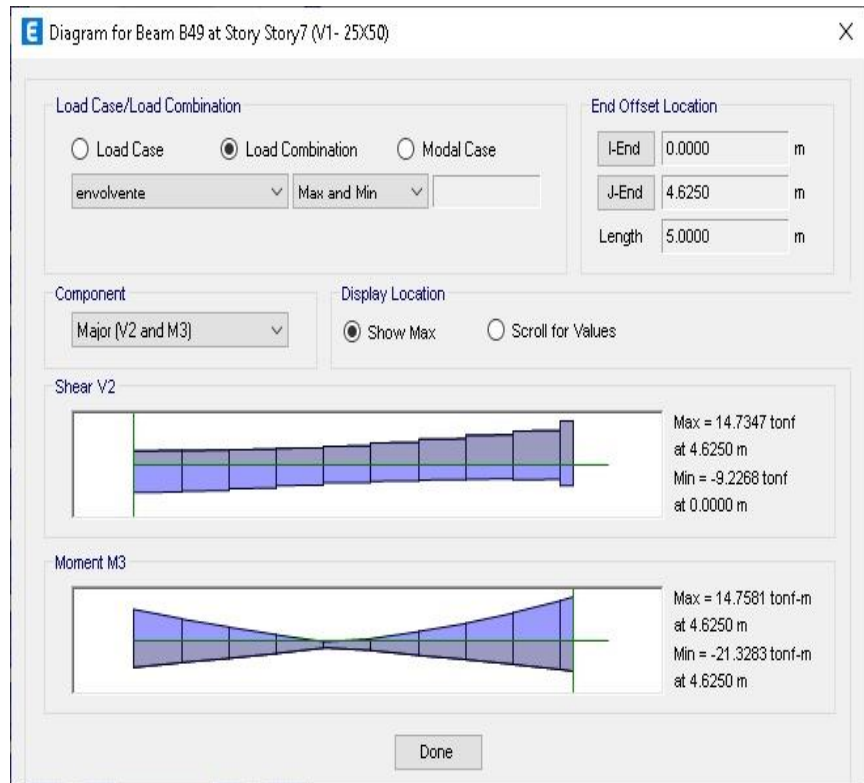


Figura 28: Diagrama de momento y cortante detallado de la viga perimetral a diseñar

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo en Excel del diseño de la viga V (0.25x0.50)

<b>Datos:</b>					
Fy	4200	kg/cm <sup>2</sup>			
Fc	210	kg/cm <sup>2</sup>			
Estribo	0.375	in			
d	44	cm			h
β1	0.85				50
<b>Momento Negativo Maximo</b>					
Mu	21.3283	T-m		25	
				b	
w <sup>2</sup>	w	c	=	0	
0.59	-1	0.233157331	=	0	
	w1	w2			
	1.4158	0.2791			
<b>Solución fisica</b>	0.2791				
p	0.0140				
As	15.35	cm <sup>2</sup>			
		Condición			
pb	0.0213				
pmax	0.0159	OK			
pmin	0.0033	OK			
Asmin	2.66	OK			
<b>Momento Positivo Maximo</b>					
Mu	14.7581	T-m			
w <sup>2</sup>	w	c	=	0	
0.59	-1	0.161333027	=	0	
	w1	w2			
	1.5143	0.1806			
<b>Solución fisica</b>	0.1806				
p	0.0090				
As	9.93	cm <sup>2</sup>			
		Condición			
pb	0.0213				
pmax	0.0159	OK			
pmin	0.0033	OK			
Asmin	2.66	OK			

Figura 29: Diseño de viga por flexión

Fuente: Elaboración Propia

### Diseño a flexión de la viga perimetral V (0.30x0.60)

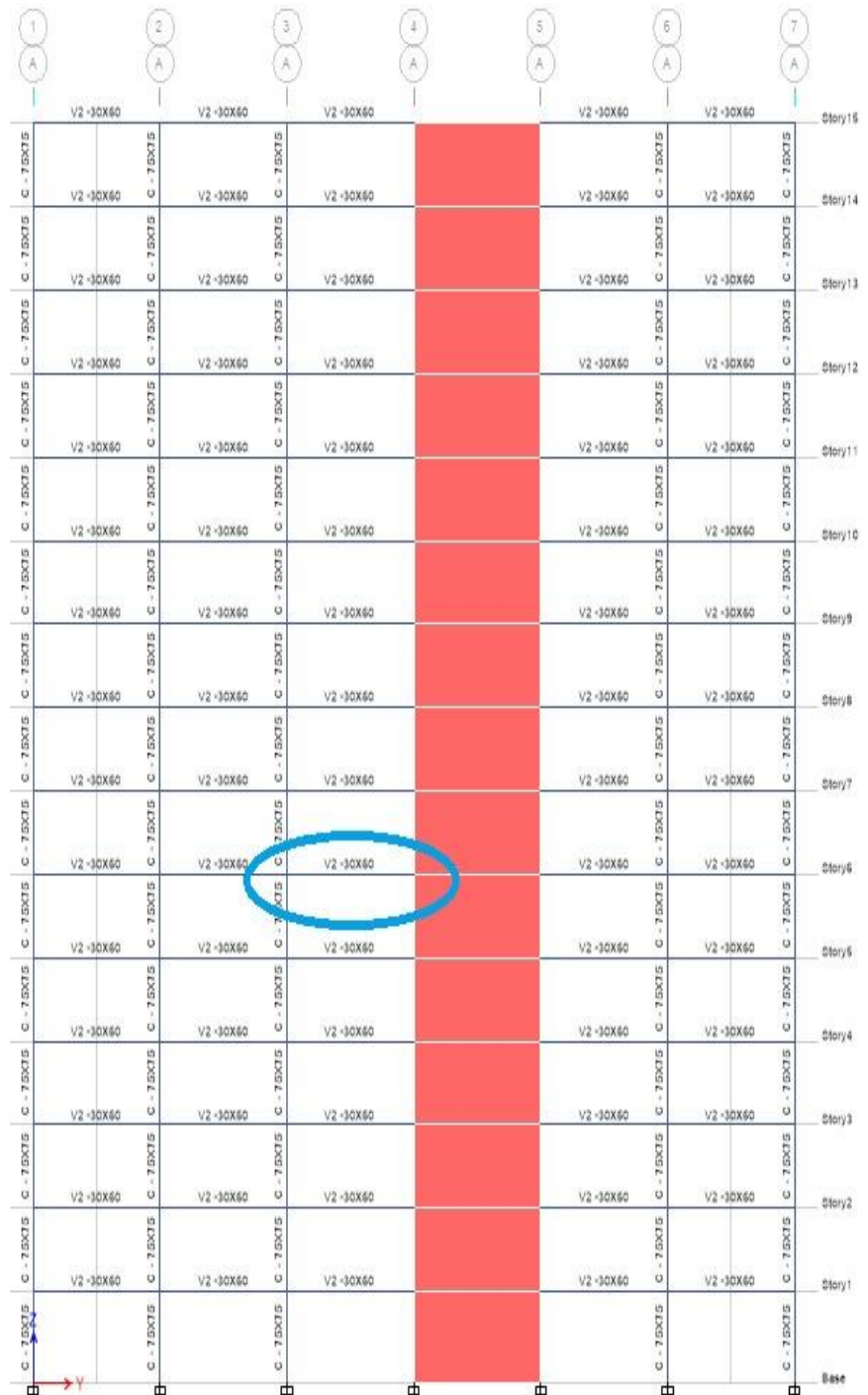
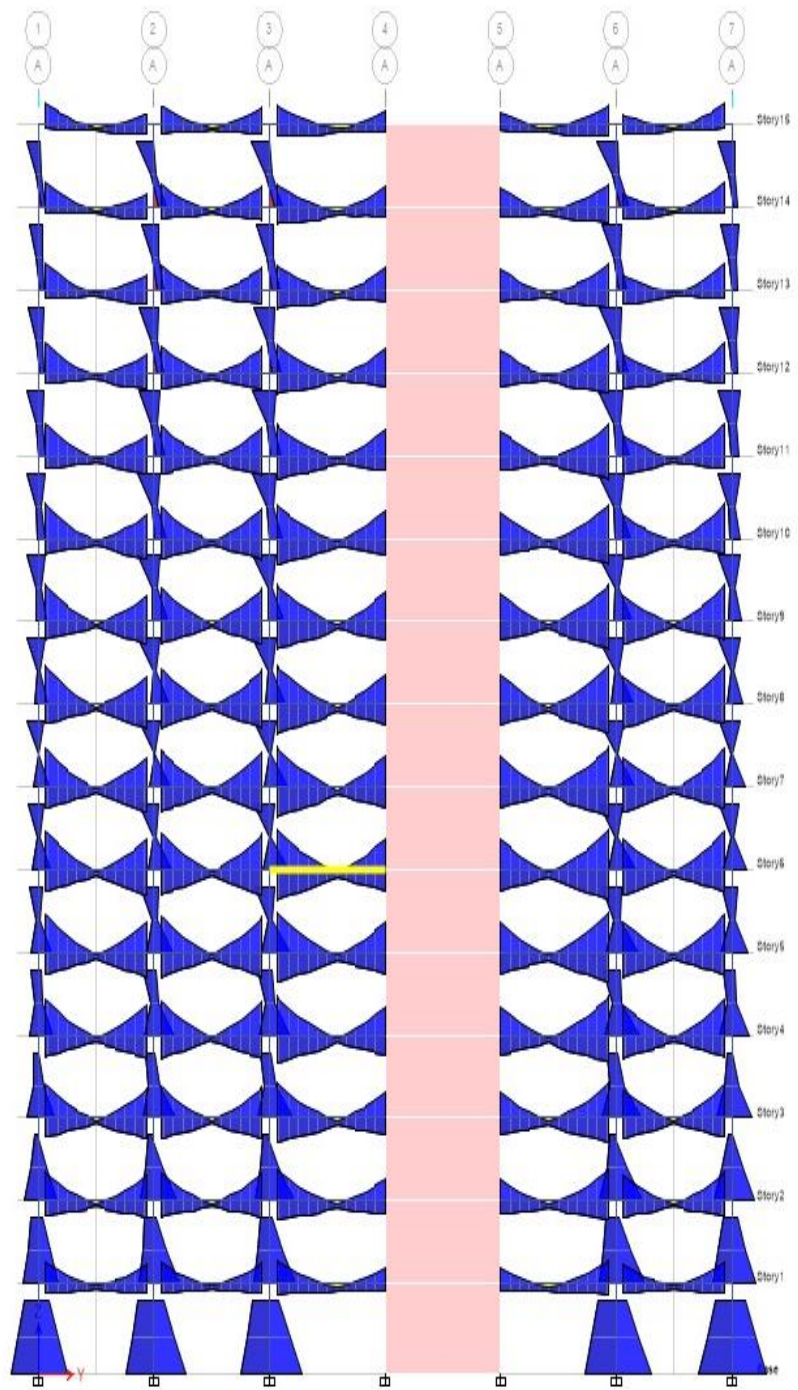


Figura 30: Elevación del pórtico donde se ubica la viga perimetral de V(0.30 X0.60) a diseñar

Fuente: Elaboración Propia





*Figura 31:* Diagrama de momentos de pórticos en donde se ubica la viga perimetral de V (0.30X0.60) a diseñar

Fuente: Elaboración Propia

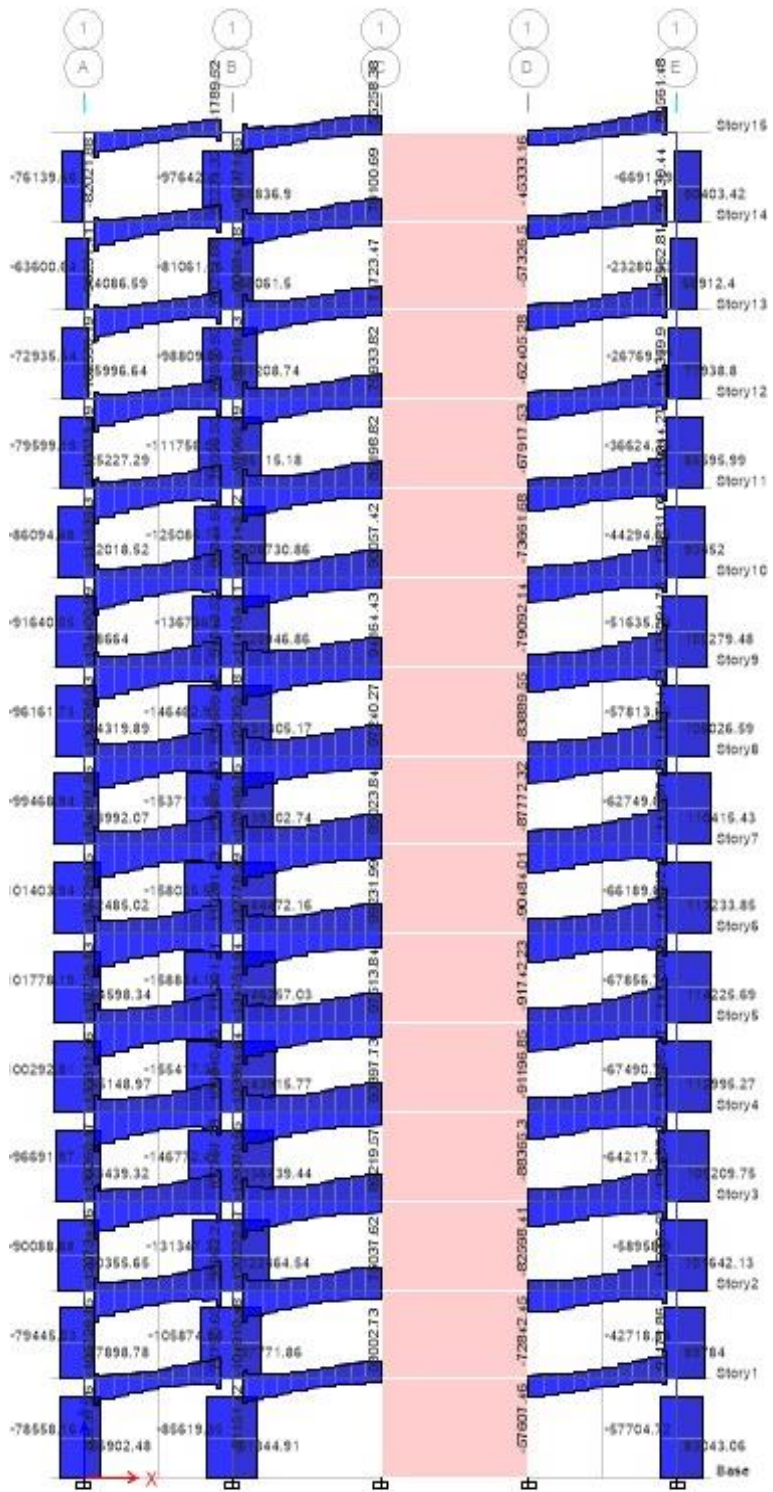


Figura 32: Diagrama de fuerza cortante del pórtico en donde se ubica la viga perimetral a diseñar

Fuente: Elaboración Propia



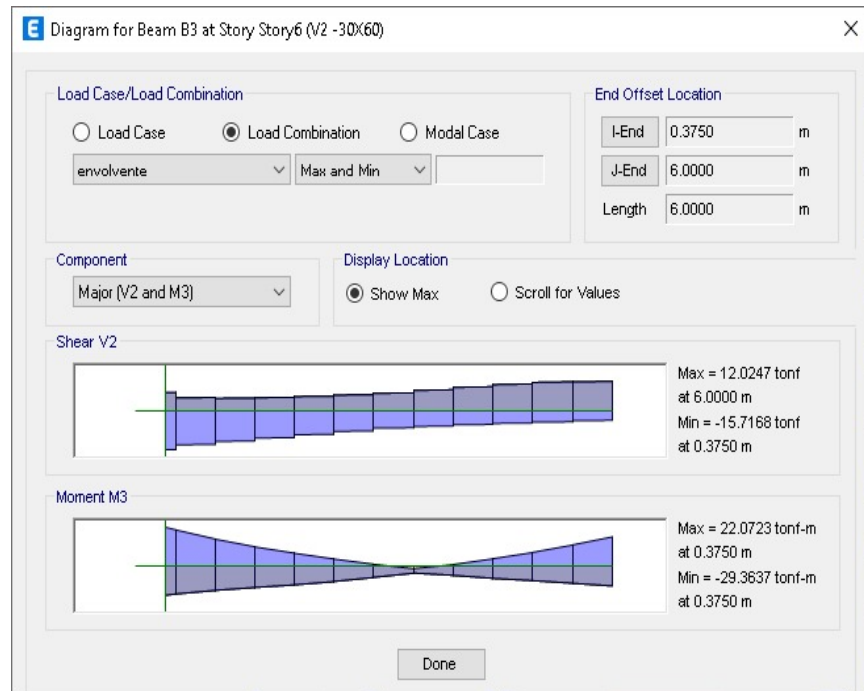


Figura 33: Diagrama de momento y cortante detallado de la viga perimetral V(0.30x0.60) a diseñar

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo en Excel del diseño de la viga V (0.30x0.60)

<b>Datos:</b>					
<b>Fy</b>	4200	kg/cm <sup>2</sup>			
<b>Fc</b>	210	kg/cm <sup>2</sup>			
<b>Estribo</b>	0.375	in			
<b>d</b>	54	cm			<b>h</b>
<b>β1</b>	0.85				60
<b>Momento Negativo Maximo</b>					
<b>Mu</b>	29.3637	T-m		30	
				b	
<b>w<sup>2</sup></b>	w	c	=	0	
0.59	-1	0.177598871	=	0	
	w1	w2			
	1.4933	0.2016			
<b>Solución fisica</b>	0.2016				
<b>p</b>	0.0101				
<b>As</b>	16.33	cm <sup>2</sup>			
		Condición			
<b>pb</b>	0.0213				
<b>pmax</b>	0.0159	OK			
<b>pmin</b>	0.0033	OK			
<b>Asmin</b>	3.91	OK			
<b>Momento Positivo Maximo</b>					
<b>Mu</b>	22.0723	T-m			
<b>w<sup>2</sup></b>	w	c	=	0	
0.59	-1	0.133498692	=	0	
	w1	w2			
	1.5488	0.1461			
<b>Solución fisica</b>	0.1461				
<b>p</b>	0.0073				
<b>As</b>	11.83	cm <sup>2</sup>			
		Condición			
<b>pb</b>	0.0213				
<b>pmax</b>	0.0159	OK			
<b>pmin</b>	0.0033	OK			
<b>Asmin</b>	3.91	OK			

Figura 34: Diseño de viga por flexión

Fuente: Elaboración Propia

– Diseño de columnas

El diseño de las columnas para la estructura aperticada que se tiene de ejemplo, se llevó a cabo proponiendo una cuantía y distribución de acero en la columna de 45x45, para después verificar que la capacidad que tenga con este refuerzo longitudinal y transversal sea mayor que la generada por las combinaciones impuestas por la norma E 060 concreto armado, mediante un diagrama de interacción

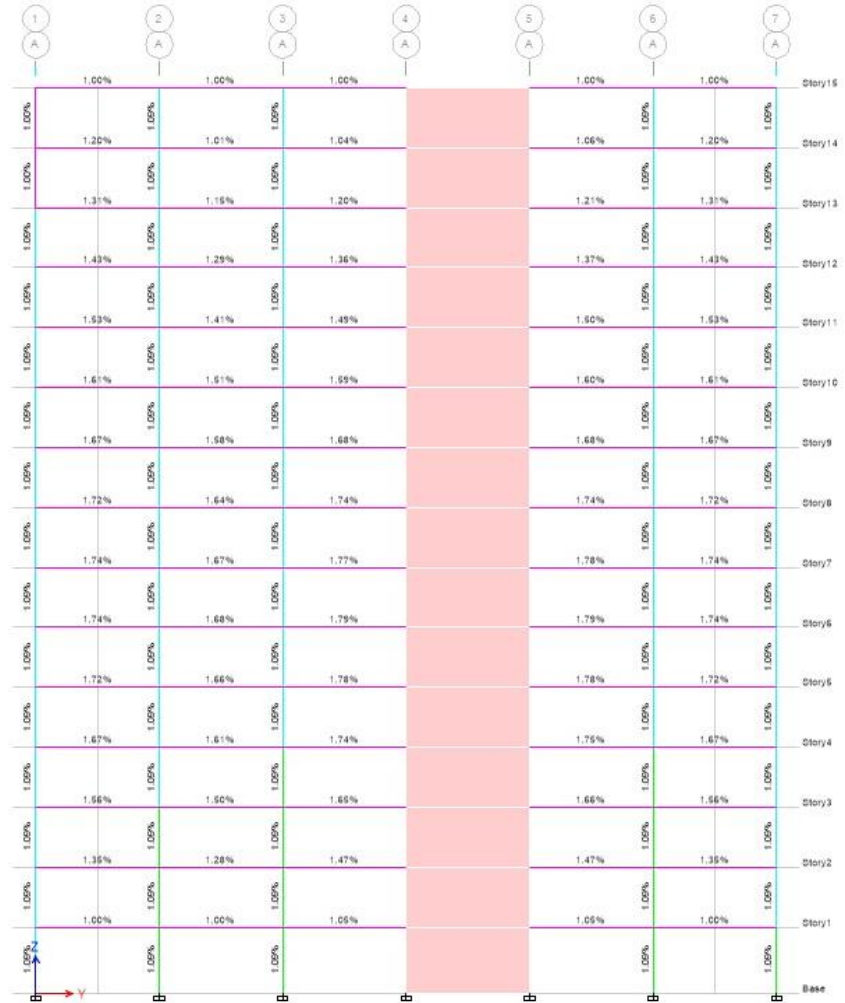


Figura 35: Cuantía de acero para las columnas en la elevación A.

Fuente: Elaboración Propia

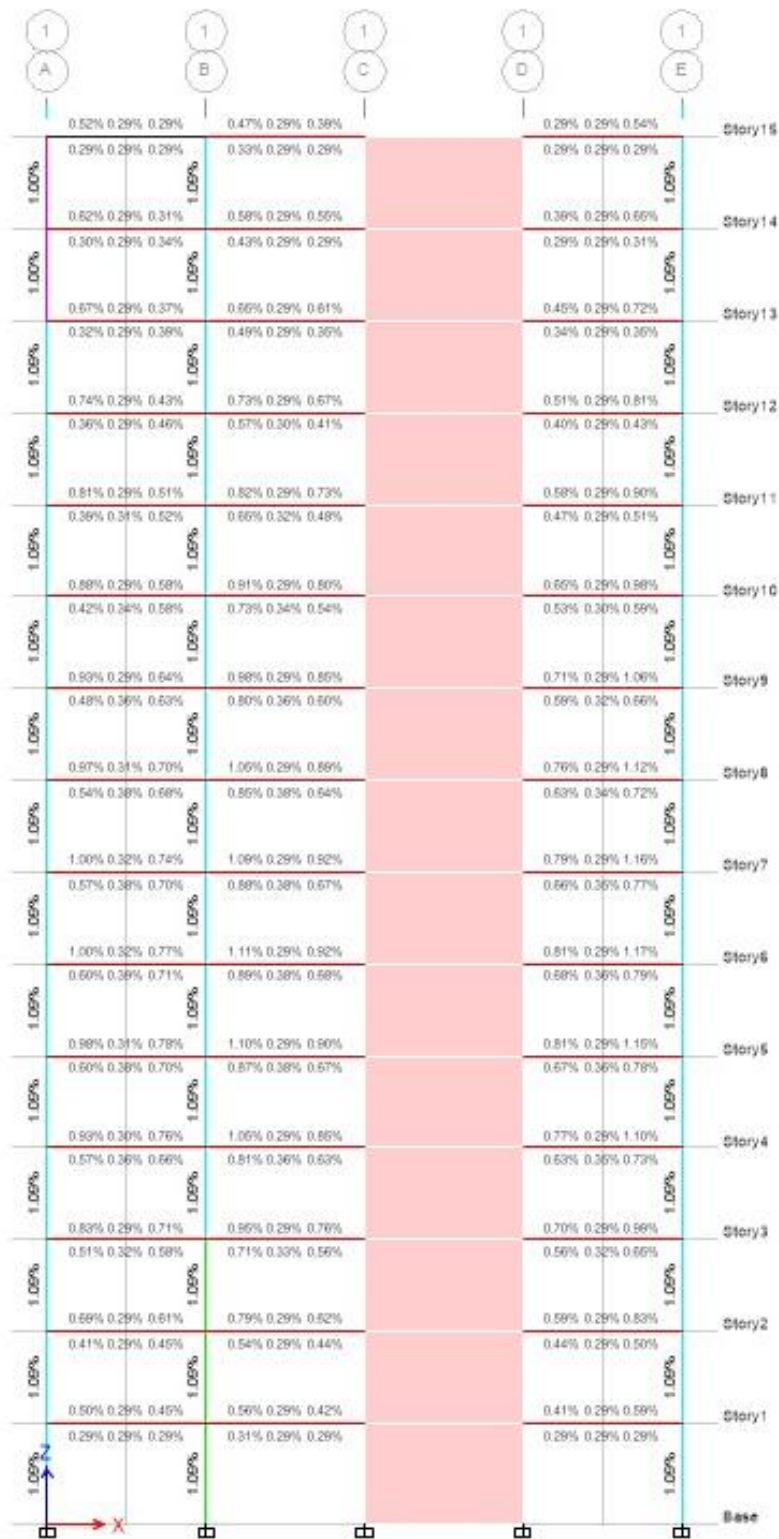


Figura 36: Diseño de columnas con 12 varillas de 1" en la elevación 1  
Fuente: Elaboración Propia

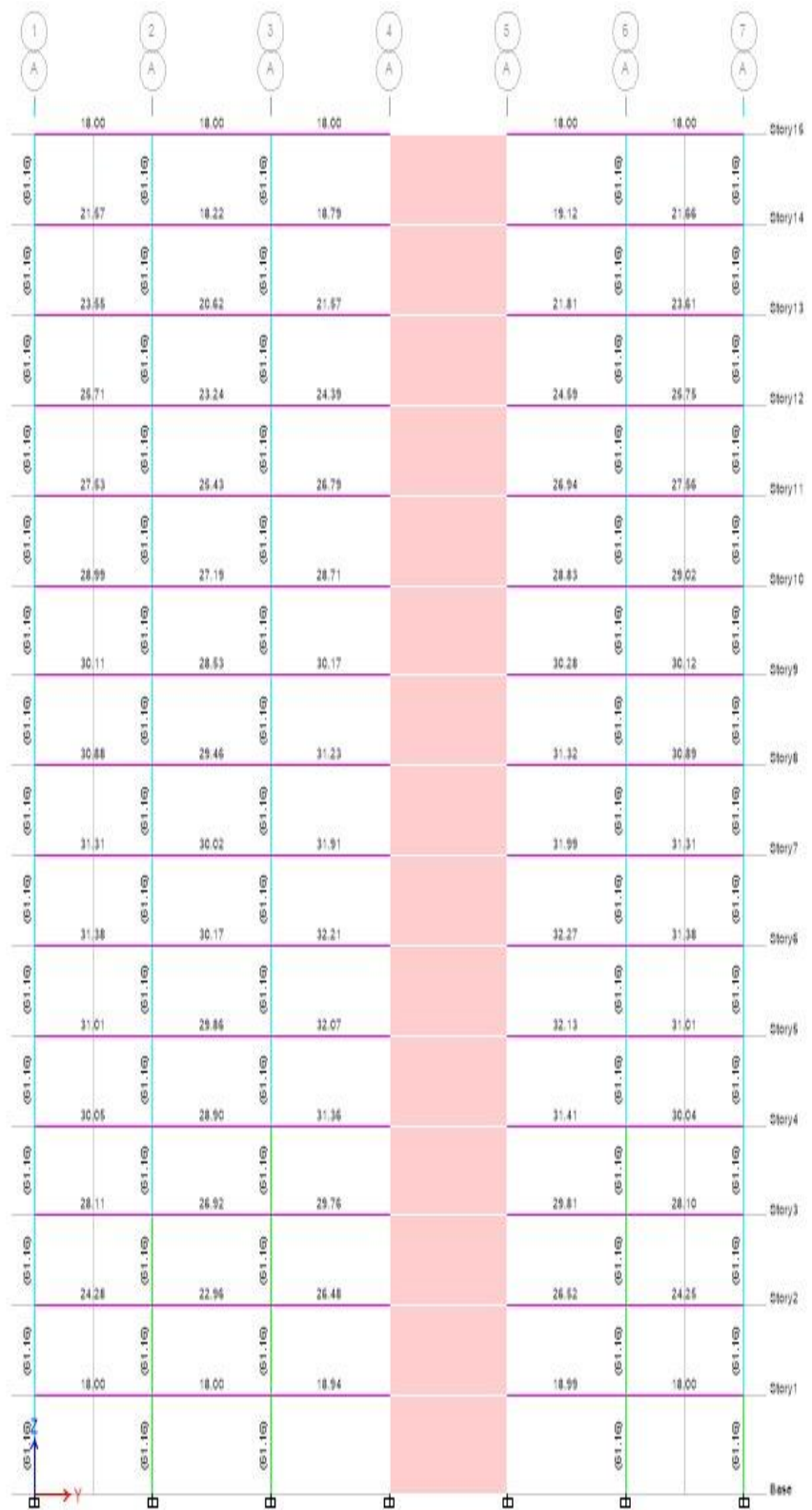


Figura 37: Respuesta de Cuantía de acero para las columnas en la elevación A  
Fuente: Elaboración Propia

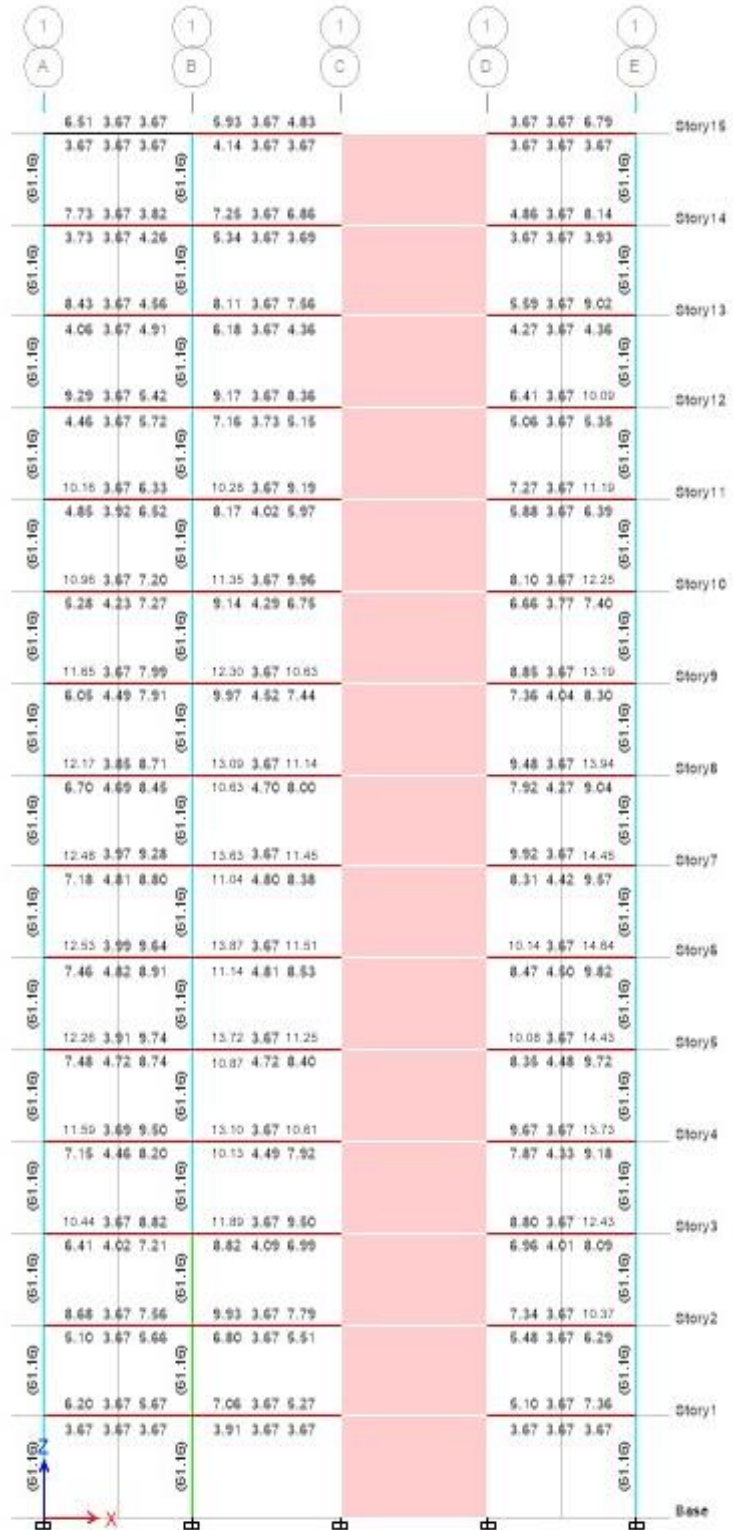


Figura 38: Respuesta de diseño de columnas con 12 varillas de 1" en la elevación 1

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.2 Análisis y diseño de estructura dual con disipadores de fluido viscoso

#### a) Amortiguamiento efectivo

El factor de reducción de la respuesta sísmica será la relación entre el desplazamiento máximo experimentado en la edificación, resultantes del análisis tiempo – historia lineal con el sismo de diseño, y la deriva objetivo al cual se desea llegar.

El cálculo del factor de reducción tendrá que realizarse tanto para el eje X como para el eje Y, mediante la siguiente fórmula:

$$B_x = \frac{D_{maxX}}{D_{objetivo}} \qquad B_Y = \frac{D_{maxY}}{D_{objetivo}}$$

Dónde:

$B_{x,y}$  = Factor de reducción de respuesta sísmica

$D_{maxX,Y}$  = Deriva máxima del mediante el análisis tiempo historia lineal con sismo de diseño.

$D_{objetivo}$  = Deriva objetivo

Interpretada como deriva objetiva como la deriva máxima deseada cuando una edificación tiene disipadores puede ser la máxima que brindan las normas nacionales, como la de Perú, para edificaciones casa de concreto armado es un máximo de 0.007.

$$B_{xx} = \frac{0.0099}{0.006} = 1.65 \qquad B_{yy} = \frac{0.0081}{0.005} = 1.63$$

#### – Amortiguamiento efectivo ( $\beta_{eff}$ )

Con el factor de reducción de ingresar a la siguiente ecuación para poder determinar el amortiguamiento efectivo

$$B_x = \frac{2.31 - 0.41 \times \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \times \ln(B_{effX})}$$

$$B_Y = \frac{2.31 - 0.41 \times \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \times \ln(B_{effY})}$$

De las fórmulas predecesoras tendrá que despejarse el valor de  $B_{effXY}$  respectivamente.

Dónde:

$B_{x,y}$  = Factor de reducción de la respuesta sísmica

$B_0$  = Amortiguamiento inherente a la estructura (para edificaciones de concreto armado 5%)

$B_{effX,Y}$  = Amortiguamiento efectivo

El amortiguamiento efectivo de una estructura ( $B_{effXY}$ ) es el amortiguamiento inherente ( $B_0$ ) asumido en no más de 5%, añadido al amortiguamiento derivado del efecto de los disipadores sobre la estructura.

$$B_{eff} = Bv_m + B_0$$

El cálculo del amortiguamiento efectivo del disipador se realiza tanto para el eje X como para el eje Y con la siguiente fórmula

$$B_{effX} = 24.30\%$$

$$B_{effY} = 23.65\%$$

Para obtener el amortiguamiento con el cual se va a diseñar los disipadores de fluido viscoso se resta el 5% del amortiguamiento inherente para lo cual obtenemos:

$$B_{viscosoX} = 19.30\%$$

$$B_{viscosoY} = 18.65\%$$

Por temas prácticos para los siguientes cálculos se considera un amortiguamiento viscoso en la dirección X de 20.00% y para la dirección Y de 19.00%

b) Ubicación de los dispositivos de disipación de energía

Para la colocación de los dispositivos se tomó en consideración las recomendaciones dadas en el ASCE 7-10, donde recomiendan tener al menos 2 dispositivos por dirección de análisis en cada piso y modo tal que no se genere torsión.



El proceso de la elección del número de disipadores y sus ubicaciones es un proceso iterativo, por lo que este estudio se considera en las siguientes posiciones, cuidando la simetría y la regularidad entre ellos.

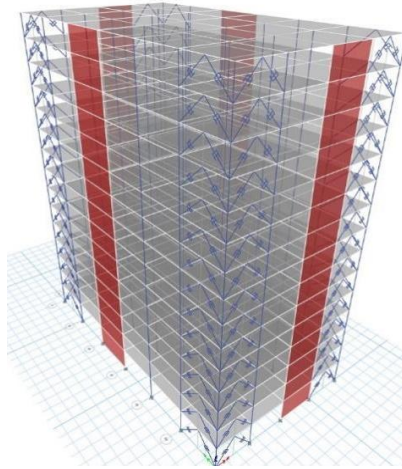


Figura 39:Ubicación de disipadores Chevron

Fuente: Elaboración Propia

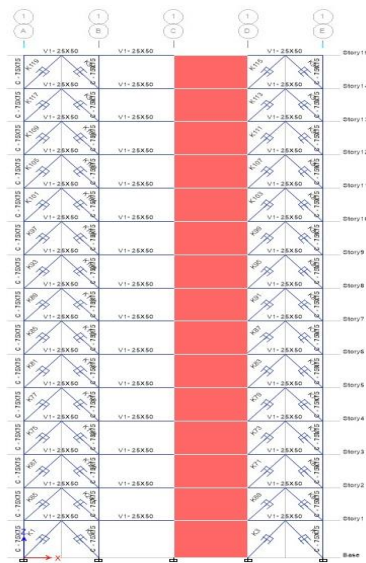


Figura 40:Ubicación de disipadores en la elevación 1 ( X-X)

Fuente: Elaboración Propia



Figura 41: Ubicación de disipadores en la elevación 7 ( X-X)

Fuente: Elaboración Propia



Figura 42: Ubicación de disipadores en la elevación A ( Y-Y)

Fuente: Elaboración Propia

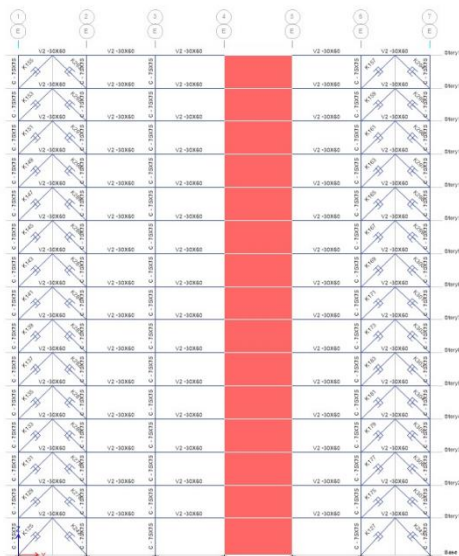


Figura 43: Ubicación de disipadores en la elevación E ( Y-Y)

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 Presentación de resultados

### a) Cálculo preliminar de la rigidez del brazo metálico

Se procede a calcular la rigidez del brazo metálico para las dos direcciones tomando en cuenta un pre dimensionamiento del tipo Round HSS 7.50 x 0.50, el cual presenta las siguientes características:

Tabla 26: Dimensiones del brazo metálico HSS 7.500 x 0.500

DIMENSIONES ROUND HSS 7.500x0.500				
D ext. (in)	D int. (in)	Espesor(in)	Área(in <sup>2</sup> )	Inercia(in <sup>4</sup> )
7.500	7.035	0.465	10.300	63.900

Fuente: AISC Steel Construction manual 13th

$$K = \frac{E \times A}{L}$$

Para lo cual se considera:

- Para la dirección X-X:

$$E = 20.4 \times 10^6 \text{ ton/m}^2$$

$$A = 66.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0.007 \text{ m}^2$$

L1 = 4.061 (Longitud para el primer nivel con una altura de 3.2 m)

L2 = 3.829 (Longitud para los siguientes niveles que presentan una altura de 2.9 m)

Dando como resultado:

$$K_{1^\circ \text{nivel}} x = 33382.19 \text{ ton/m}$$

$$K_{(2-15)^\circ \text{nivel}} x = 35404.48 \text{ ton/m}$$

- Para la dirección Y-Y

$$E = 20.4 \times 10^6 \text{ ton/m}^2$$

$$A = 66.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0.007 \text{ m}^2$$

L1 = 4.386 (Longitud para el primer nivel con una altura de 3.2 m)

L2 = 4.173 (Longitud para los siguientes niveles que presentan una altura de 2.9 m)

Dando como resultado:

$$K_{1^\circ \text{nivel}} x = 30904.56 \text{ ton/m}$$

$$K_{(2-15)^\circ \text{nivel}} x = 32488.21 \text{ ton/m}$$

b) Diseño estructural con 8 disipadores de fluido viscoso por piso en disposición Doble diagonal

- Diseño estructural con disipadores de fluido viscoso Lineales

- Coeficientes de amortiguamiento lineal "C"

Debido a que nos encontramos con amortiguadores viscosos lineales, es decir un exponente de velocidad  $\alpha = 1.00$ . Se emplea la ecuación.

$$\xi_{ef} = \xi_1 + \xi_v = \xi_1 + \frac{T_1 \sum_j^1 C_j \Phi_{rj}^2 \cos^2 \theta_j}{4\pi \sum_i^1 m_i \Phi_i^2 m_i}$$

Tabla 27: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento lineal ( $\alpha=1.00$ ) en la dirección X-X

Piso	$\Theta_i$	$\Theta_i$ normalizado	$\Theta_{rj}$	Masa (Tn x Seg <sup>2</sup> /m)	$\Theta$	COS( $\Theta$ )	COS $\Theta^{(1+\alpha)}$ x $\Theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	m. $\Theta_i^2$
15	0.4184	1.0000	0.0431	71.36	49.2364	0.6529	0.0008	71.359
14	0.4004	0.9569	0.0482	74.11	49.2364	0.6529	0.0010	67.855
13	0.3802	0.9087	0.0538	74.11	49.2364	0.6529	0.0012	61.195
12	0.3577	0.8549	0.0601	74.11	49.2364	0.6529	0.0015	54.160
11	0.3326	0.7948	0.0663	74.11	49.2364	0.6529	0.0019	46.817
10	0.3048	0.7285	0.0722	74.11	49.2364	0.6529	0.0022	39.333
9	0.2746	0.6563	0.0776	74.11	49.2364	0.6529	0.0026	31.920
8	0.2421	0.5787	0.0821	74.11	49.2364	0.6529	0.0029	24.819
7	0.2078	0.4966	0.0853	74.11	49.2364	0.6529	0.0031	18.277
6	0.1721	0.4113	0.0868	74.11	49.2364	0.6529	0.0032	12.535
5	0.1357	0.3244	0.0858	74.11	49.2364	0.6529	0.0031	7.800
4	0.0998	0.2386	0.0813	74.11	49.2364	0.6529	0.0028	4.219
3	0.0658	0.1574	0.0718	74.11	49.2364	0.6529	0.0022	1.835
2	0.0358	0.0856	0.0557	74.11	49.2364	0.6529	0.0013	0.543
1	0.0125	0.0299	0.0299	75.63	52.0013	0.6156	0.0003	0.068
						$\Sigma$	0.0302	442.734

$T_x$	1.721
$\alpha$	1.000
$\omega$	3.65
$\omega^{(2-\alpha)}$	3.65

$\Sigma c$	20644.15
# Disipadores en la dirección "X"	8.00
C (coeficiente de amortiguamiento)	2580.5182

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento lineal ( $\alpha=1.00$ ) en la dirección Y

Piso	$\Theta_i$	$\Theta_i$ norma lizado	$\Theta_{rj}$	Masa ( $T_n \times$ $Seg^2/m$ )	$\Theta$	$COS(\Theta)$	$COS$ $\Theta^{(1+}$ $\alpha) \times$ $\Theta_{rj}^{(1}$ $+\alpha)$	$m \cdot \Theta_i^2$
15	0.3438	1.0000	0.0425	71.36	44.029 0	0.7190	0.0009	71.359
14	0.3292	0.9575	0.0479	74.11	44.029 0	0.7190	0.0012	67.948
13	0.3127	0.9096	0.0538	74.11	44.029 0	0.7190	0.0015	61.314
12	0.2942	0.8558	0.0602	74.11	44.029 0	0.7190	0.0019	54.279
11	0.2735	0.7956	0.0667	74.11	44.029 0	0.7190	0.0023	46.909
10	0.2506	0.7289	0.0728	74.11	44.029 0	0.7190	0.0027	39.373
9	0.2256	0.6560	0.0783	74.11	44.029 0	0.7190	0.0032	31.897
8	0.1986	0.5778	0.0827	74.11	44.029 0	0.7190	0.0035	24.739
7	0.1702	0.4951	0.0857	74.11	44.029 0	0.7190	0.0038	18.163
6	0.1407	0.4093	0.0868	74.11	44.029 0	0.7190	0.0039	12.419
5	0.1109	0.3226	0.0853	74.11	44.029 0	0.7190	0.0038	7.711
4	0.0816	0.2373	0.0803	74.11	44.029 0	0.7190	0.0033	4.173
3	0.0540	0.1570	0.0707	74.11	44.029 0	0.7190	0.0026	1.826
2	0.0297	0.0862	0.0552	74.11	44.029 0	0.7190	0.0016	0.551
1	0.0107	0.0310	0.0310	75.63	46.847 6	0.6839	0.0005	0.073
						$\Sigma$	0.0366	442.73 57

Ty	1.404
$\alpha$	1.000
$\omega$	4.48
$\omega^{(2-\alpha)}$	4.48

$\Sigma C$	2017.51
# Disipadores en la dirección "Y"	8.00
C (coeficiente de amortiguamiento)	2521.1689

Fuente: Elaboración Propia

– Verificación de la reducción de derivas

Se procede a verificar si los disipadores cumplieron efectivamente en reducir la deriva hasta alcanzar la deriva objetivo. Las Tablas 29 y 30 muestran las derivas obtenidas para Amortiguadores viscosos lineales ( $\alpha = 1.00$ ) con un valor de  $C = 2580$  t-s/m , en cada dirección.

Tabla 29: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 1.00$ ) en la dirección X-X

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-x	0.0055	0.0041	Ok
14	1974-x	0.0060	0.0045	Ok
13	1974-x	0.0066	0.0050	Ok
12	1974-x	0.0072	0.0054	Ok
11	1974-x	0.0077	0.0058	Ok
10	1974-x	0.0083	0.0062	Ok
9	1974-x	0.0087	0.0066	Ok
8	1974-x	0.0092	0.0069	Ok
7	1974-x	0.0098	0.0073	Mal
6	1974-x	0.0093	0.0070	Mal
5	1974-x	0.0089	0.0066	Ok
4	1974-x	0.0082	0.0062	Ok
3	1974-x	0.0072	0.0054	Ok
2	1974-x	0.0058	0.0043	Ok
1	1974-x	0.0031	0.0023	Ok

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 1.00$ ) en la dirección Y-Y

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-Y	0.0048	0.0036	OK
14	1974-Y	0.0053	0.0040	OK
13	1974-Y	0.0058	0.0044	OK
12	1974-Y	0.0064	0.0048	OK
11	1974-Y	0.0070	0.0053	OK
10	1974-Y	0.0076	0.0057	OK
9	1974-Y	0.0080	0.0060	OK
8	1974-Y	0.0084	0.0063	OK
7	1974-Y	0.0086	0.0064	OK
6	1974-Y	0.0086	0.0064	OK
5	1974-Y	0.0083	0.0063	OK
4	1974-Y	0.0078	0.0059	OK
3	1974-Y	0.0069	0.0052	OK
2	1974-Y	0.0055	0.0041	OK
1	1974-Y	0.0029	0.0022	OK

Fuente: Elaboración Propia

En base a los datos anteriormente expuestos se evidencia que las máximas derivas tanto en la dirección X como en la dirección Y, son de 0.0073 y 0.0064 respectivamente. Por lo tanto, se da cumplimiento a la exigencia de la deriva objetivo

– Ensayo de vibración libre

Consiste en someter a la estructura a una sollicitación de carga tipo pulso para verificar que el amortiguamiento viscoso resultante sea el amortiguamiento especificado como objetivo.



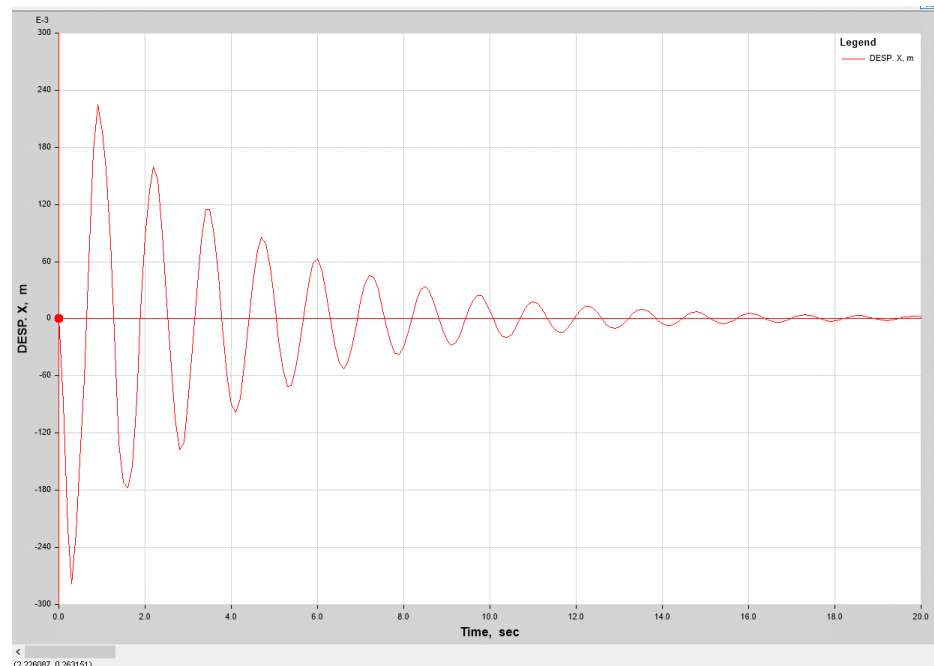


Figura 44: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos lineales  $\alpha = 1.00$ , en la Dirección X-X

Fuente: Elaboración propia

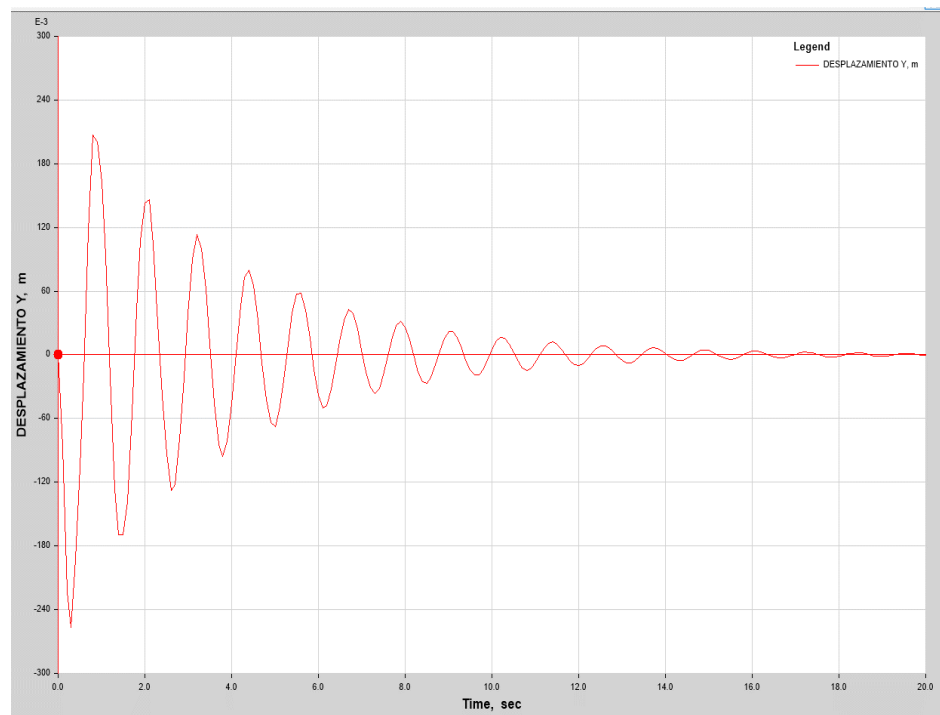


Figura 45: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos lineales  $\alpha = 1.00$ , en la Dirección Y-Y

Fuente: Elaboración propia

– Balance de energía

Para el cálculo del porcentaje de disipación de energía, el programa un Ploteo de la Energía de entrada (INPUT) y la energía disipada por los dispositivos (Viscous Damping) para un cierto periodo de tiempo que sea representativo, como se muestra en las Figuras 46 y 47

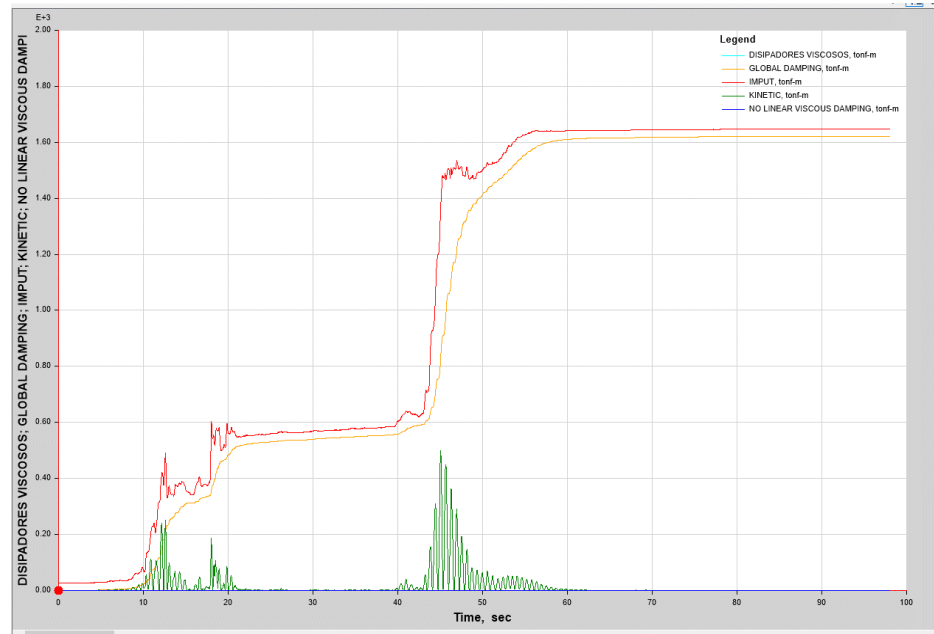


Figura 46: Balance de Energía ( $\alpha=1.00$ ), En la dirección X-X

Fuente: Elaboración propia

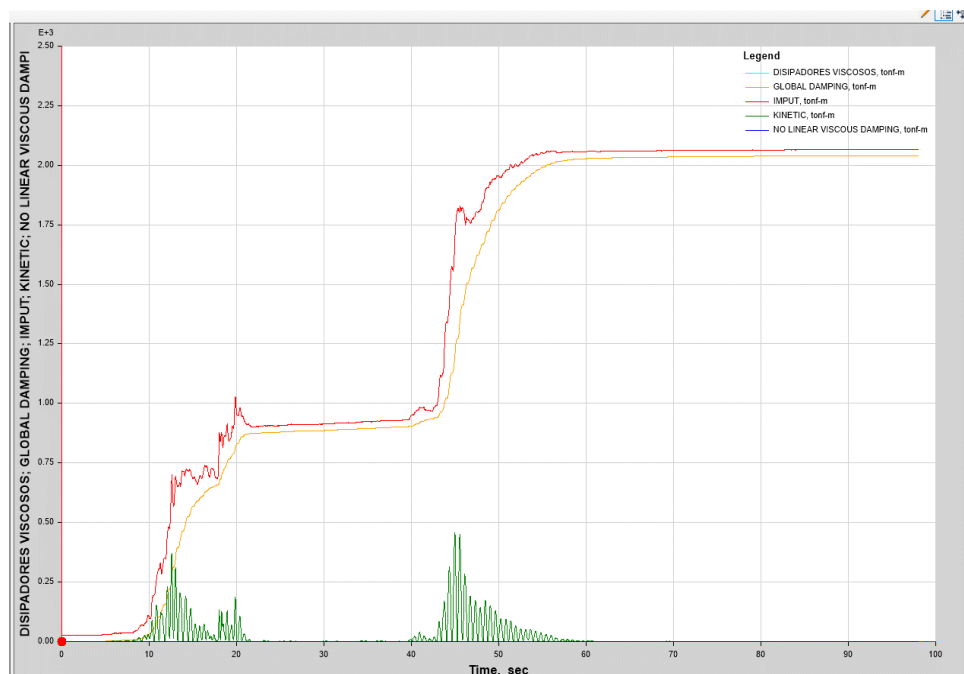


Figura 47: Balance de Energía ( $\alpha=1.00$ ), En la dirección Y

Fuente: Elaboración propia

c) Diseño Estructural con disipadores de fluido viscoso no lineales ( $\alpha=0.25$ )

- Coeficientes de amortiguamiento no lineal “C”

Debido a que nos encontramos con Amortiguadores Viscosos No Lineales, es decir un exponente de velocidad “ $\alpha$ ” menor a 1. Se emplea la ecuación

$$\xi_{ef} = \xi_1 + \xi_v = \xi_1 + \frac{\sum_j C_j (\Phi_{rj} \cos \theta_j)^{1+\alpha} \lambda_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega_1^{1-\alpha} \sum_i m_i \Phi_i^2}$$

Para valores de Amortiguamiento Viscoso objetivo  $\beta_{visc} X-X = 20.0\%$  y  $\beta_{visc} Y-Y = 19.0\%$  y coeficientes de velocidad distintos, se calcularon los valores del Coeficiente de Amortiguamiento No Lineal, mostrados en la Tabla 31

Tabla 31: Coeficiente de Amortiguamiento no lineales para distintos valores de exponentes de velocidad

$\alpha$	Dirección X-X	Dirección Y-Y
	C(t-s/m)	C(t-s/m)
0.25	50	50
0.5	185	185
0.75	700	700

Fuente: elaboración propia

Tabla 32: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.25$ ) en la Dirección X

Piso	$\Theta_i$	$\Theta_i$ normalizado	$\Theta_{rj}$	Masa (Tn x Seg <sup>2</sup> /m)	$\Theta$	$\cos(\Theta)$	$\frac{\cos(\Theta)^{1+\alpha}}{\Theta_{rj}^{1+\alpha}}$	$m_i \cdot \Theta_i^2$	$m_i \cdot \Theta_i$
15	0.418	1.0000	0.0431	71.36	49.236	0.6529	0.0115	71.359	71.359
14	0.400	0.9569	0.0482	74.11	49.236	0.6529	0.0132	67.855	70.914
13	0.380	0.9087	0.0538	74.11	49.236	0.6529	0.0152	61.195	67.344
12	0.357	0.8549	0.0601	74.11	49.236	0.6529	0.0174	54.160	63.355
11	0.332	0.7948	0.0663	74.11	49.236	0.6529	0.0197	46.817	58.904
10	0.304	0.7285	0.0722	74.11	49.236	0.6529	0.0220	39.333	53.991
9	0.274	0.6563	0.0776	74.11	49.236	0.6529	0.0240	31.920	48.638
8	0.242	0.5787	0.0821	74.11	49.236	0.6529	0.0258	24.819	42.888
7	0.207	0.4966	0.0853	74.11	49.236	0.6529	0.0271	18.277	36.804

6	0.17 2	0.4113	0.08 68	74.11	49.23 6	0.652 9	0.0277	12.53 5	30.47 9
5	0.13 5	0.3244	0.08 58	74.11	49.23 6	0.652 9	0.0273	7.800	24.04 4
4	0.09 9	0.2386	0.08 13	74.11	49.23 6	0.652 9	0.0255	4.219	17.68 4
3	0.06 5	0.1574	0.07 18	74.11	49.23 6	0.652 9	0.0218	1.835	11.66 2
2	0.03 5	0.0856	0.05 57	74.11	49.23 6	0.652 9	0.0159	0.543	6.344
1	0.01 2	0.0299	0.02 99	75.63	52.00 1	0.615 6	0.0068	0.068	2.265
$\Sigma$				1110.44 0			0.3009	442.7 34	606.6 74

Tx	1.721
$\alpha$	0.250
$\lambda$	3.700
$\omega$	3.65
$\omega^{(2-\alpha)}$	9.64
C	0.871586
Sa	0.4118

$\Sigma C$	370.97
# Disipadores en la dirección "X"	8.00
C (coeficiente de amortiguamiento)	46.3718

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.25$ ) en la Dirección Y-Y

Piso	$\Theta_i$	$\Theta_i$ normalizado	$\Theta_{rj}$	MASA ( $T_n \times$ $Seg^{2/m}$ )	$\Theta$	$COS(\Theta)$	$COS$ $\Theta^{(1+\alpha)}$ $\times$ $\Theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m \cdot \Theta_i^2$	$m \cdot \Theta_i$
15	0.34 38	1.0000	0.04 25	71.36	44.029 0	0.7190	0.0128	71.359	71.359
14	0.32 92	0.9575	0.04 79	74.11	44.029 0	0.7190	0.0149	67.948	70.963
13	0.31 27	0.9096	0.05 38	74.11	44.029 0	0.7190	0.0171	61.314	67.410
12	0.29 42	0.8558	0.06 02	74.11	44.029 0	0.7190	0.0197	54.279	63.425

11	0.27 35	0.7956	0.06 67	74.11	44.029 0	0.7190	0.0224	46.909	58.962
10	0.25 06	0.7289	0.07 28	74.11	44.029 0	0.7190	0.0251	39.373	54.019
9	0.22 56	0.6560	0.07 83	74.11	44.029 0	0.7190	0.0274	31.897	48.620
8	0.19 86	0.5778	0.08 27	74.11	44.029 0	0.7190	0.0294	24.739	42.819
7	0.17 02	0.4951	0.08 57	74.11	44.029 0	0.7190	0.0307	18.163	36.689
6	0.14 07	0.4093	0.08 68	74.11	44.029 0	0.7190	0.0312	12.419	30.338
5	0.11 09	0.3226	0.08 53	74.11	44.029 0	0.7190	0.0305	7.711	23.906
4	0.08 16	0.2373	0.08 03	74.11	44.029 0	0.7190	0.0283	4.173	17.586
3	0.05 40	0.1570	0.07 07	74.11	44.029 0	0.7190	0.0242	1.826	11.634
2	0.02 97	0.0862	0.05 52	74.11	44.029 0	0.7190	0.0177	0.551	6.391
1	0.01 07	0.0310	0.03 10	75.63	46.847 6	0.6839	0.0081	0.073	2.346
$\Sigma$				1110.4 404			0.3395	442.73 57	606.46 74

Ty	1.404
$\alpha$	0.250
$\lambda$	3.700
$\omega$	4.48
$\omega^{(2-\alpha)}$	13.77
C	1.06837607
Sa	0.5048

$\Sigma C$	392.69
# Disipadores en la dirección "Y"	8.00
C (coeficiente de amortiguamiento)	49.0851

Fuente: Elaboración Propia

– Verificación de reducción de derivas

Se procede a verificar si los disipadores cumplieron efectivamente en reducir la deriva hasta alcanzar la deriva objetivo. Las Tablas 34 y 35 muestran las derivas obtenidas para Amortiguadores Viscosos No Lineales Con exponente de Velocidad  $\alpha = 0.25$  con un valor de  $C = 50$  t-s/m en cada dirección

Tabla 34: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos no Lineales ( $\alpha = 0.25$ ) en la dirección X

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-X	0.0057	0.0043	OK
14	1974-X	0.0065	0.0048	OK
13	1974-X	0.0071	0.0053	OK
12	1974-X	0.0076	0.0057	OK
11	1974-X	0.0078	0.0059	OK
10	1974-X	0.0078	0.0059	OK
9	1974-X	0.0076	0.0057	OK
8	1974-X	0.0076	0.0057	OK
7	1974-X	0.0076	0.0057	OK
6	1974-X	0.0075	0.0056	OK
5	1974-X	0.0075	0.0056	OK
4	1974-X	0.0074	0.0055	OK
3	1974-X	0.0067	0.0050	OK
2	1974-X	0.0053	0.0040	OK
1	1974-X	0.0026	0.0020	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos no Lineales ( $\alpha = 0.25$ ) en la dirección Y

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-Y	0.0042	0.0031	OK
14	1974-Y	0.0047	0.0036	OK
13	1974-Y	0.0053	0.0039	OK
12	1974-Y	0.0059	0.0044	OK
11	1974-Y	0.0066	0.0050	OK
10	1974-Y	0.0073	0.0055	OK
9	1974-Y	0.0079	0.0059	OK
8	1974-Y	0.0083	0.0062	OK
7	1974-Y	0.0086	0.0065	OK
6	1974-Y	0.0087	0.0065	OK
5	1974-Y	0.0085	0.0064	OK

4	1974-Y	0.0080	0.0060	OK
3	1974-Y	0.0070	0.0052	OK
2	1974-Y	0.0054	0.0040	OK
1	1974-Y	0.0027	0.0020	OK

Fuente: Elaboración propia

En base a los datos anteriormente expuestos se evidencia que las máximas derivas tanto en la dirección X como en la dirección Y, son de 0.0059 y 0.0065 respectivamente. Por lo tanto, se da cumplimiento a la exigencia de la deriva objetivo.

– Ensayo de vibración libre

Consiste en someter a la estructura a una sollicitación de carga tipo pulso para verificar que el amortiguamiento viscoso resultante sea el amortiguamiento que se estableció como objetivo.

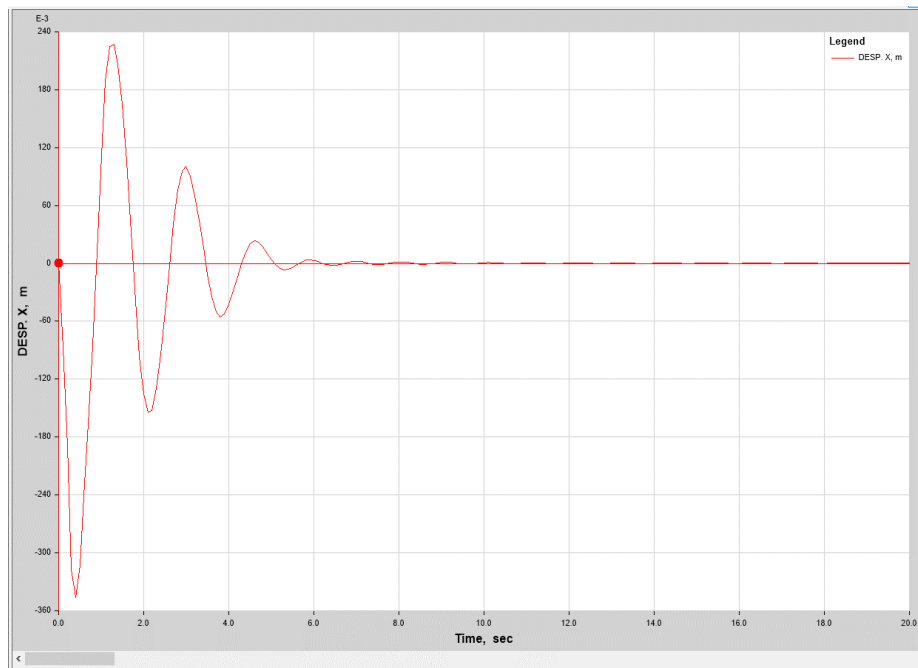


Figura 48: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales  $\alpha = 0.25$ , en la Dirección X-X

Elaboración: Fuente propia

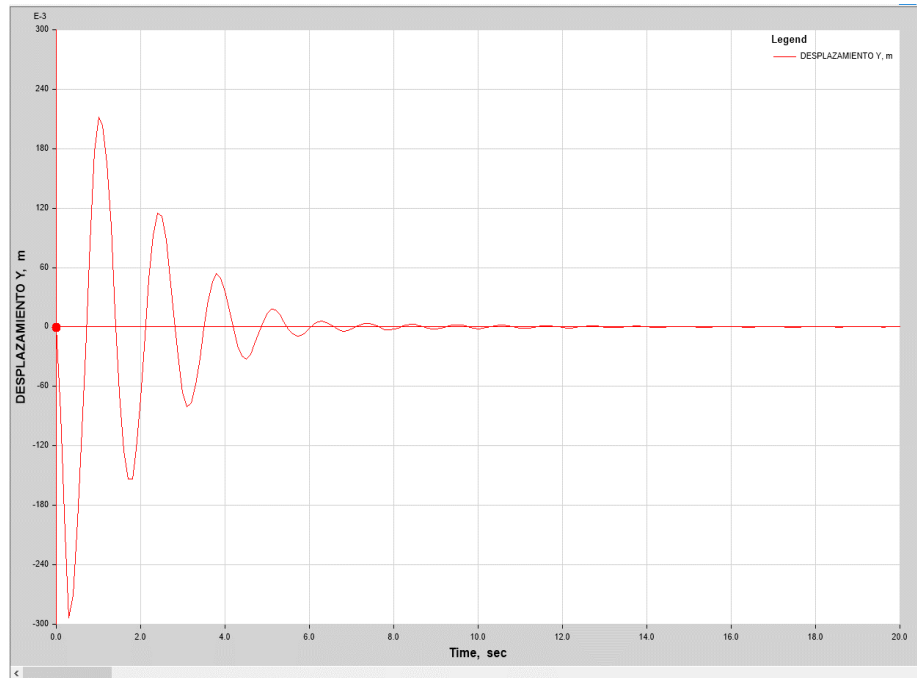


Figura 49: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales  $\alpha = 0.25$ , en la Dirección Y-Y

Elaboración: Fuente propia

Haciendo uso del concepto de decremento logarítmico y con el resultado de las figuras se calcula el amortiguamiento viscoso efectivo, utilizando:

$$\delta = \frac{2\pi n \beta_{efectivo}}{\sqrt{1 - \beta_{efectivo}^2}}$$

De la gráfica anterior se obtienen los valores de los desplazamientos para 2 números de ciclos de separación y para cada dirección, obteniendo un amortiguamiento viscoso efectivo de:

$$\beta_{eff-x} = 14.55\% \quad y \quad \beta_{eff-y} = 10.34\%$$

$$\beta_{visc-x} = \beta_{eff-x} - \beta_0 = 9.55\%, \quad \beta_{visc-y} = \beta_{eff-y} - \beta_0 = 5.34\%.$$

Como se aprecia los amortiguadores viscosos calculados están por debajo del amortiguamiento viscoso objetivo que es de 19.30% para la dirección X y de 18.65% para la dirección Y.

– Balance de energía

Para el cálculo del porcentaje de disipación de energía, el programa genera un Ploteo de la Energía de entrada (INPUT) y la energía disipada por los dispositivos (Viscous Damping) para un cierto periodo de tiempo que sea representativo, como se muestra en las Figuras 50 y 51



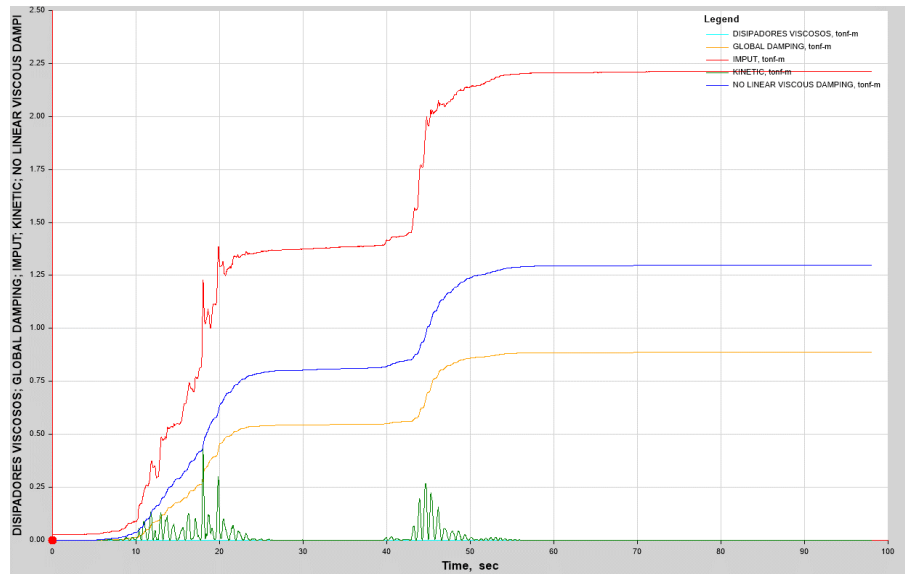


Figura 50: Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ), En la dirección X-X

Elaboración: Fuente propia

- Porcentaje de disipación de energía

$$\frac{1299.099}{2213.86} = 58.68\%$$

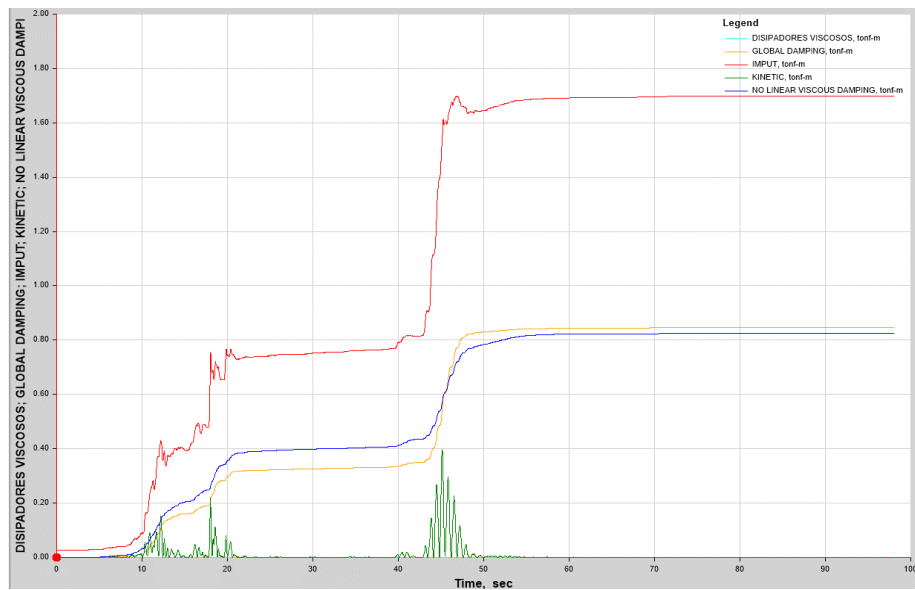


Figura 51: Balance de Energía ( $\alpha = 0.25$ ), En la dirección Y-Y

Elaboración: Fuente propia

- Porcentaje de disipación de energía

$$\frac{824.92}{1699.14} = 48.55\%$$

d) Diseño Estructural con disipadores de fluido viscoso no lineales ( $\alpha=0.50$ )

- Coeficientes de amortiguamiento no lineal "C"

Para valores de Amortiguamiento Viscoso objetivo  $\beta_{\text{visc X-X}} = 20.0\%$  y  $\beta_{\text{visc Y-Y}} = 19.0\%$  y coeficientes de velocidad distintos, se calcularon los valores del Coeficiente de Amortiguamiento No Lineal, mostrados en la Tabla 36.

Tabla 36: Coeficiente de Amortiguamiento no lineales para distintos valores de exponentes de velocidad

$\alpha$	Dirección X-X	Dirección Y-Y
	C(t-s/m)	C(t-s/m)
0.25	50	50
0.5	185	185
0.75	700	700

Elaboración: Fuente propia

Tabla 37: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.50$ ) Dirección X-X

PISO	$\Theta_i$	$\Theta_i$ normalizado	$\Theta_{rj}$	MASA (Tn x Seg <sup>2</sup> /m)	$\Theta$	COS( $\Theta$ )	COS $\Theta^{(1+\alpha)}$ x $\Theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m \cdot \Theta_i^2$	$m \cdot \Theta_i$
15	0.4184	1.0000	0.0431	71.36	49.2364	0.6529	0.0047	71.359	71.359
14	0.4004	0.9569	0.0482	74.11	49.2364	0.6529	0.0056	67.855	70.914
13	0.3802	0.9087	0.0538	74.11	49.2364	0.6529	0.0066	61.195	67.344
12	0.3577	0.8549	0.0601	74.11	49.2364	0.6529	0.0078	54.160	63.355
11	0.3326	0.7948	0.0663	74.11	49.2364	0.6529	0.0090	46.817	58.904
10	0.3048	0.7285	0.0722	74.11	49.2364	0.6529	0.0102	39.333	53.991
9	0.2746	0.6563	0.0776	74.11	49.2364	0.6529	0.0114	31.920	48.638
8	0.2421	0.5787	0.0821	74.11	49.2364	0.6529	0.0124	24.819	42.888
7	0.2078	0.4966	0.0853	74.11	49.2364	0.6529	0.0132	18.277	36.804
6	0.1721	0.4113	0.0868	74.11	49.2364	0.6529	0.0135	12.535	30.479
5	0.1357	0.3244	0.0858	74.11	49.2364	0.6529	0.0133	7.800	24.044
4	0.0998	0.2386	0.0813	74.11	49.2364	0.6529	0.0122	4.219	17.684
3	0.0658	0.1574	0.0718	74.11	49.2364	0.6529	0.0101	1.835	11.662
2	0.0358	0.0856	0.0557	74.11	49.2364	0.6529	0.0069	0.543	6.344
1	0.0125	0.0299	0.0299	75.63	52.0013	0.6156	0.0025	0.068	2.265
$\Sigma$				1110.4404			0.1394	442.7347	606.6740

Tx	1.721
$\alpha$	0.500
$\lambda$	3.500
$\omega$	3.65
$\omega^{(2-\alpha)}$	6.98
C	0.87158629
Sa	0.4118

$\Sigma C$	1422.34
# disipadores en la dirección X-X"	8.00
C(coeficiente de amortiguamiento)	177.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.50$ ) Dirección Y-Y

Piso	$\Theta_i$	$\Theta_i$ normalizado	$\Theta_{rj}$	Masa (Tn x Seg <sup>2</sup> / m)	$\Theta$	COS ( $\Theta$ )	COS $\Theta^{(1+\alpha)}$ x $\Theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m \cdot \Theta_i^2$	$m \cdot \Theta_i$
15	0.3438	1.0000	0.0425	71.36	44.0290	0.7190	0.0053	71.359	71.359
14	0.3292	0.9575	0.0479	74.11	44.0290	0.7190	0.0064	67.948	70.963
13	0.3127	0.9096	0.0538	74.11	44.0290	0.7190	0.0076	61.314	67.410
12	0.2942	0.8558	0.0602	74.11	44.0290	0.7190	0.0090	54.279	63.425
11	0.2735	0.7956	0.0667	74.11	44.0290	0.7190	0.0105	46.909	58.962
10	0.2506	0.7289	0.0728	74.11	44.0290	0.7190	0.0120	39.373	54.019
9	0.2256	0.6560	0.0783	74.11	44.0290	0.7190	0.0134	31.897	48.620
8	0.1986	0.5778	0.0827	74.11	44.0290	0.7190	0.0145	24.739	42.819
7	0.1702	0.4951	0.0857	74.11	44.0290	0.7190	0.0153	18.163	36.689
6	0.1407	0.4093	0.0868	74.11	44.0290	0.7190	0.0156	12.419	30.338
5	0.1109	0.3226	0.0853	74.11	44.0290	0.7190	0.0152	7.711	23.906
4	0.0816	0.2373	0.0803	74.11	44.0290	0.7190	0.0139	4.173	17.586
3	0.0540	0.1570	0.0707	74.11	44.0290	0.7190	0.0115	1.826	11.634
2	0.0297	0.0862	0.0552	74.11	44.0290	0.7190	0.0079	0.551	6.391
1	0.0107	0.0310	0.0310	75.63	46.8476	0.6839	0.0031	0.073	2.346
$\Sigma$				1110.4404			0.1611	442.7357	606.4674

Ty	1.404
$\alpha$	0.500
$\lambda$	3.500
$\omega$	4.48
$\omega^{(2-\alpha)}$	9.47
C	1.0683761
Sa	0.5048

$\Sigma C$	1465.99
# Disipadores en la dirección "Y"	8.00
C (coeficiente de amortiguamiento)	183.2484

Fuente: Elaboración Propia

– Verificación de reducción de derivas

Se procede a verificar si los disipadores cumplieron efectivamente en reducir la deriva hasta alcanzar la deriva objetivo. Las Tablas 39 y 40 muestran las derivas obtenidas para Amortiguadores Viscosos No Lineales Con exponente de Velocidad  $\alpha = 0.50$  con un valor de  $C = 185 \text{ t-s/m}$  en cada dirección.

Tabla 39: Cálculo de las Derivas con el Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha = 0.50$ )

Dirección X

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-X	0.0042	0.0032	OK
14	1974-X	0.0047	0.0036	OK
13	1974-X	0.0053	0.0040	OK
12	1974-X	0.0057	0.0043	OK
11	1974-X	0.0060	0.0045	OK
10	1974-X	0.0061	0.0046	OK
9	1974-X	0.0064	0.0048	OK
8	1974-X	0.0067	0.0050	OK
7	1974-X	0.0068	0.0051	OK
6	1974-X	0.0067	0.0050	OK
5	1974-X	0.0064	0.0048	OK
4	1974-X	0.0059	0.0044	OK
3	1974-X	0.0050	0.0037	OK
2	1974-X	0.0040	0.0030	OK
1	1974-X	0.0020	0.0015	OK

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40: Cálculo de las Derivas con el Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.50$ )  
Dirección Y

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-Y	0.0037	0.0028	OK
14	1974-Y	0.0042	0.0031	OK
13	1974-Y	0.0047	0.0035	OK
12	1974-Y	0.0053	0.0040	OK
11	1974-Y	0.0059	0.0044	OK
10	1974-Y	0.0064	0.0048	OK
9	1974-Y	0.0069	0.0052	OK
8	1974-Y	0.0073	0.0055	OK
7	1974-Y	0.0076	0.0057	OK
6	1974-Y	0.0076	0.0057	OK
5	1974-Y	0.0074	0.0056	OK
4	1974-Y	0.0070	0.0052	OK
3	1974-Y	0.0061	0.0046	OK
2	1974-Y	0.0047	0.0035	OK
1	1974-Y	0.0024	0.0018	OK

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos indicados en la tabla 39 y 40 se puede notar que las máximas derivas en la dirección x como y son respectivamente 0.0051 y 0.0057, cumpliéndonos por debajo de la deriva máxima la cual es 0.007 según la E.030.

– Ensayo de vibración libre

Consiste en someter a la estructura a una sollicitación de carga tipo pulso para poder verificar que el amortiguamiento viscoso resultante sea el amortiguamiento que se estableció como objetivo.

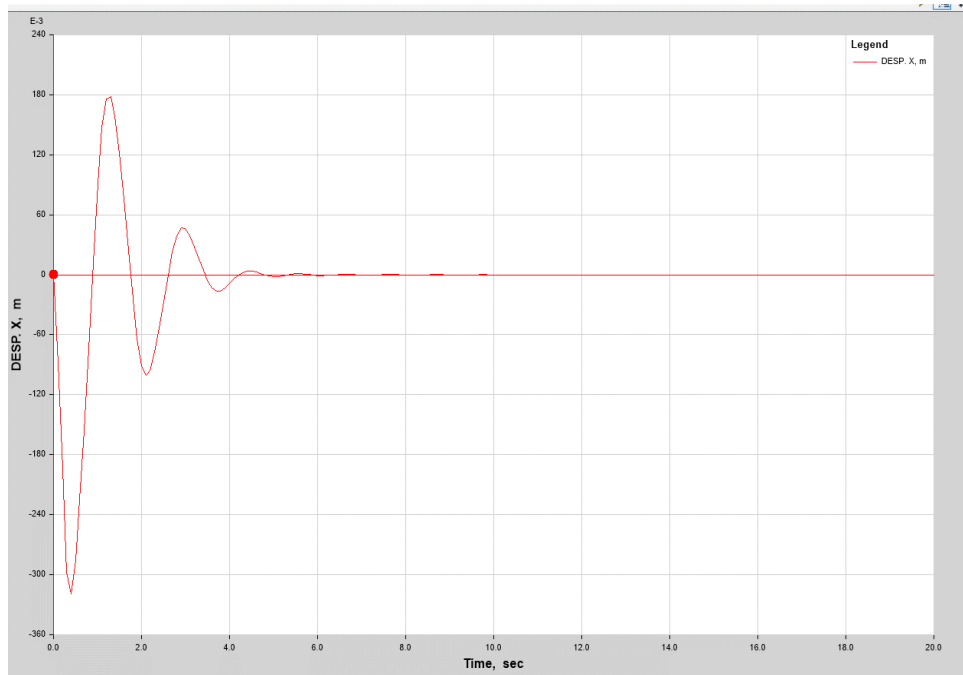


Figura 52: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales  $\alpha = 0.50$ , en la Dirección X-X

Fuente: Elaboración Propia

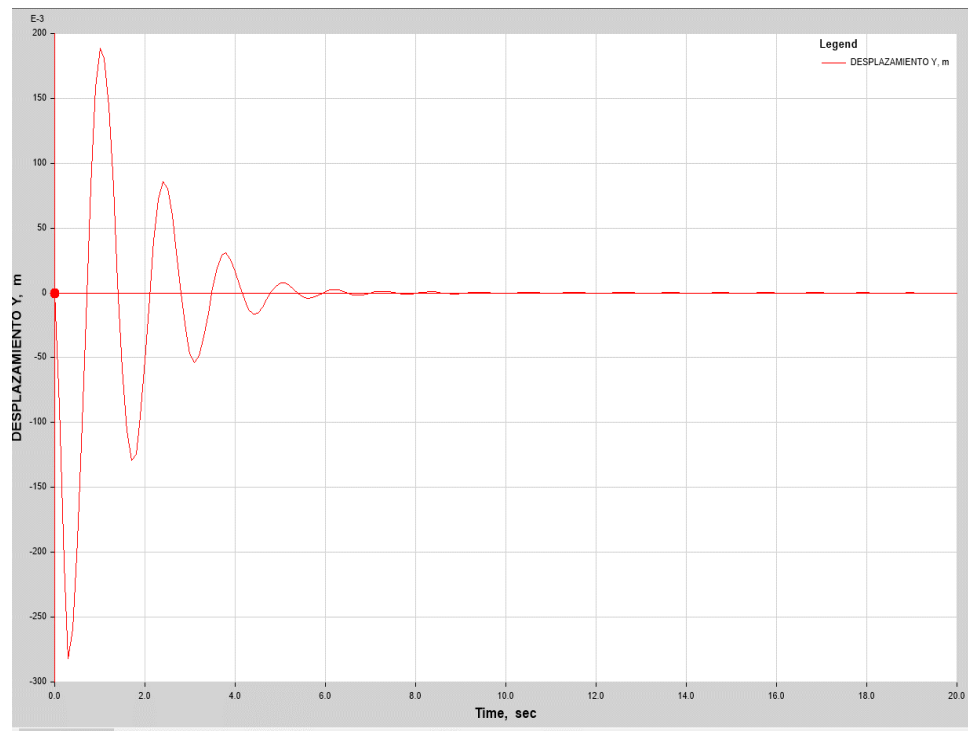


Figura 53: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales  $\alpha = 0.50$ , en la Dirección Y-Y

Fuente: Elaboración Propia

Haciendo uso del concepto de decremento logarítmico y con el resultado de las figuras 52 y 53, se calcula el amortiguamiento viscoso efectivo, utilizando:

$$\delta = \frac{2\pi n \beta_{efectivo}}{\sqrt{1 - \beta_{efectivo}^2}}$$

De la gráfica anterior se obtienen los valores de los desplazamientos para 2 números de ciclos de separación y para cada dirección, obteniendo un amortiguamiento viscoso efectivo de:

$$\beta_{eff-x} = 23.84\% \quad y \quad \beta_{eff-y} = 15.18\%$$

$$\beta_{visc-x} = \beta_{eff-x} - \beta_0 = 18.84\% \dots, \beta_{visc-y} = \beta_{eff-y} - \beta_0 = 10.18\%,$$

Como se aprecia los amortiguadores viscosos calculados están por debajo del amortiguamiento viscoso objetivo que es de 19.30% para la dirección X y de 18.65% para la dirección Y.

– Balance de energía

Para el cálculo del porcentaje de disipación de energía se genera en el programa un Ploteo de la Energía de entrada (INPUT) y la energía disipada por los dispositivos (Viscous Damping) para un cierto periodo de tiempo que sea representativo, como se muestra en las Figuras 54 y 55.

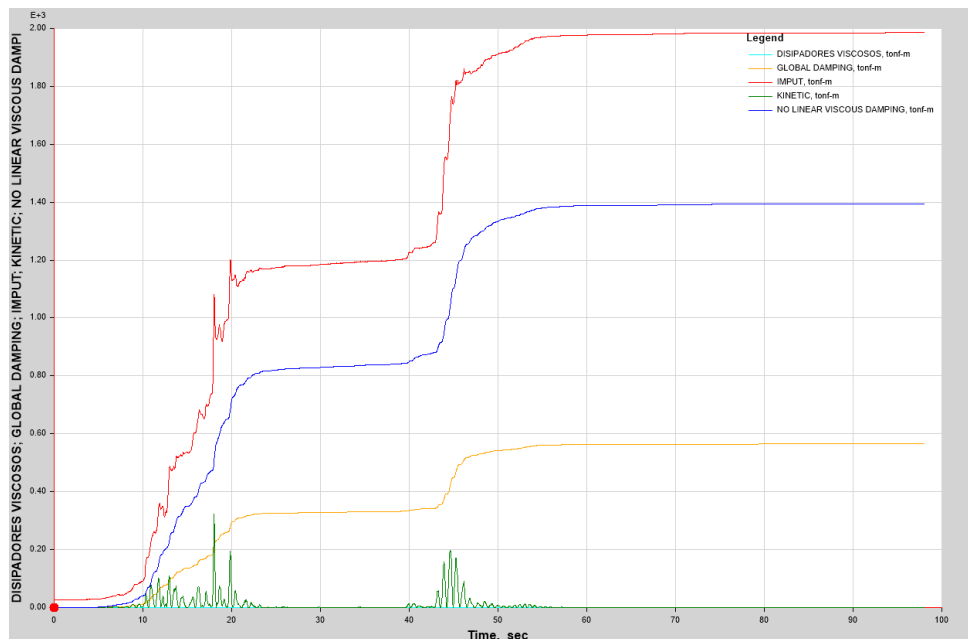


Figura 54: Balance de Energía ( $\alpha = 0.50$ ), En la dirección X

Fuente: Elaboración Propia

– Porcentaje de disipación de energía

$$\frac{1393.76}{1985.45} = 70.20\%$$

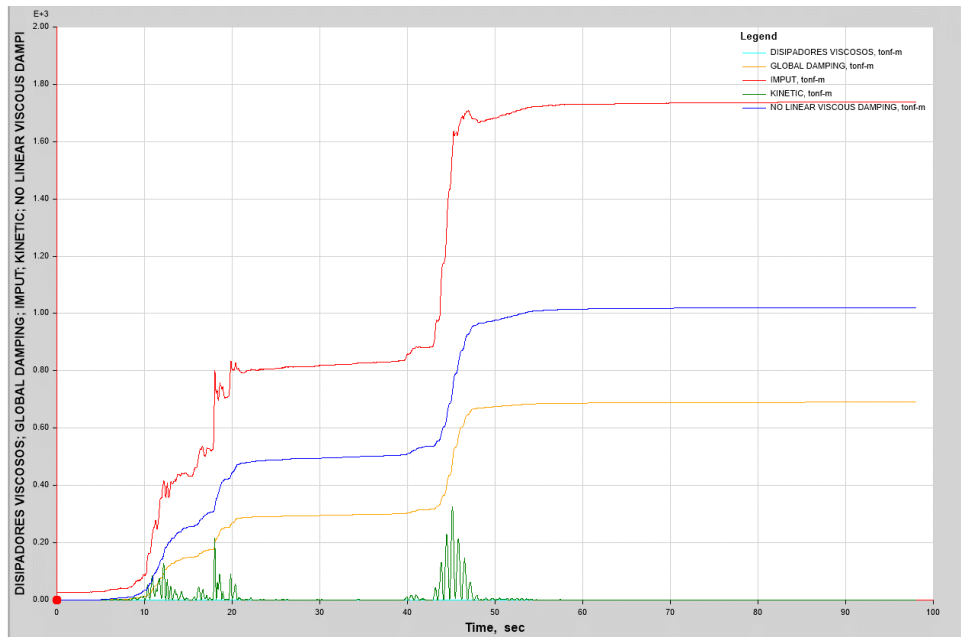


Figura 55: Balance de Energía ( $\alpha=0.50$ ), En la dirección Y

Fuente: Elaboración propia

- Porcentaje de disipación de energía

$$\frac{1020.67}{1737.71} = 58.74\%$$

- e) Diseño Estructural con disipadores de fluido viscoso no lineales ( $\alpha=0.75$ )

- Coeficientes de amortiguamiento no lineal “C”

Para valores de Amortiguamiento Viscoso objetivo  $\beta_{\text{visc X-X}} = 20.0\%$  y  $\beta_{\text{visc Y-Y}} = 19.0\%$  y coeficientes de velocidad distintos, se calcularon los valores del Coeficiente de Amortiguamiento No Lineal, mostrados en la Tabla 41.

Tabla 41: Coeficiente de Amortiguamiento no lineales para distintos valores de exponentes de velocidad

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
$\alpha$	C(t-s/m)	C(t-s/m)
0.25	50	50
0.5	185	185
0.75	700	700

Fuente: Elaboración propia



Tabla 42: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.75$ ) en Dirección X-X

Piso	$\Theta_i$	$\Theta_i$ normalizado	$\Theta_{rj}$	Masa (Tn x Seg <sup>2</sup> /m)	$\Theta$	COS( $\Theta$ )	COS $\Theta^{(1+\alpha)}$ x $\Theta_{rj}^{(1+\alpha)}$	m. $\Theta_i^2$	m. $\Theta_i$
15	0.4184	1.0000	0.0431	71.36	49.2364	0.6529	0.0019	71.359	71.359
14	0.4004	0.9569	0.0482	74.11	49.2364	0.6529	0.0023	67.855	70.914
13	0.3802	0.9087	0.0538	74.11	49.2364	0.6529	0.0029	61.195	67.344
12	0.3577	0.8549	0.0601	74.11	49.2364	0.6529	0.0035	54.160	63.355
11	0.3326	0.7948	0.0663	74.11	49.2364	0.6529	0.0041	46.817	58.904
10	0.3048	0.7285	0.0722	74.11	49.2364	0.6529	0.0048	39.333	53.991
9	0.2746	0.6563	0.0776	74.11	49.2364	0.6529	0.0054	31.920	48.638
8	0.2421	0.5787	0.0821	74.11	49.2364	0.6529	0.0060	24.819	42.888
7	0.2078	0.4966	0.0853	74.11	49.2364	0.6529	0.0064	18.277	36.804
6	0.1721	0.4113	0.0868	74.11	49.2364	0.6529	0.0066	12.535	30.479
5	0.1357	0.3244	0.0858	74.11	49.2364	0.6529	0.0065	7.800	24.044
4	0.0998	0.2386	0.0813	74.11	49.2364	0.6529	0.0059	4.219	17.684
3	0.0658	0.1574	0.0718	74.11	49.2364	0.6529	0.0047	1.835	11.662
2	0.0358	0.0856	0.0557	74.11	49.2364	0.6529	0.0030	0.543	6.344
1	0.0125	0.0299	0.0299	75.63	52.0013	0.6156	0.0009	0.068	2.265
$\Sigma$				1110.4404			0.0648	442.7347	606.6740

Tx	1.721
$\alpha$	0.750
$\lambda$	3.300
$\omega$	3.65
$\omega^{(2-\alpha)}$	5.05
C	0.871586
Sa	0.4118

$\Sigma C$	5453.15
# Disipadores en la dirección "X"	8.00
C(coeficiente de amortiguamiento)	681.6436

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43: Cálculo del Coeficiente de Amortiguamiento no lineal ( $\alpha=0.75$ ) en la Dirección Y

Piso	$\Theta_i$	$\Theta_i$ normalizado	$\Theta_{rj}$	Masa (Tn x Seg <sup>2</sup> /m)	$\Theta$	COS( $\Theta$ )	$\frac{\text{COS } \Theta^{(1+\alpha)} \times \Theta_{rj}^{(1+\alpha)}}{2}$	$m \cdot \Theta_i^2$	$m \cdot \Theta_i$
15	0.3438	1.0000	0.0425	71.36	44.0290	0.7190	0.0022	71.359	71.359
14	0.3292	0.9575	0.0479	74.11	44.0290	0.7190	0.0028	67.948	70.963
13	0.3127	0.9096	0.0538	74.11	44.0290	0.7190	0.0034	61.314	67.410
12	0.2942	0.8558	0.0602	74.11	44.0290	0.7190	0.0041	54.279	63.425
11	0.2735	0.7956	0.0667	74.11	44.0290	0.7190	0.0049	46.909	58.962
10	0.2506	0.7289	0.0728	74.11	44.0290	0.7190	0.0057	39.373	54.019
9	0.2256	0.6560	0.0783	74.11	44.0290	0.7190	0.0065	31.897	48.620
8	0.1986	0.5778	0.0827	74.11	44.0290	0.7190	0.0072	24.739	42.819
7	0.1702	0.4951	0.0857	74.11	44.0290	0.7190	0.0076	18.163	36.689
6	0.1407	0.4093	0.0868	74.11	44.0290	0.7190	0.0078	12.419	30.338
5	0.1109	0.3226	0.0853	74.11	44.0290	0.7190	0.0076	7.711	23.906
4	0.0816	0.2373	0.0803	74.11	44.0290	0.7190	0.0068	4.173	17.586
3	0.0540	0.1570	0.0707	74.11	44.0290	0.7190	0.0054	1.826	11.634
2	0.0297	0.0862	0.0552	74.11	44.0290	0.7190	0.0035	0.551	6.391
1	0.0107	0.0310	0.0310	75.63	46.8476	0.6839	0.0012	0.073	2.346
$\Sigma$				1110.4404			0.0767	442.7357	606.4674

Ty	1.404
$\alpha$	0.750
$\lambda$	3.300
$\omega$	4.48
$\omega^{(2-\alpha)}$	6.51
C	1.068376068
Sa	0.5048

$\Sigma C$	5472.75
# Disipadores en la dirección "Y"	8.00
C(coeficiente de amortiguamiento)	684.0936

Fuente: Elaboración Propia

– Verificación de reducción de derivas

Se procede a verificar si los disipadores cumplieron efectivamente en reducir la deriva hasta alcanzar la deriva objetivo. Las Tablas 44 y 45 muestran las derivas obtenidas para Amortiguadores Viscosos No Lineales Con exponente de Velocidad  $\alpha = 0.75$  con un valor de  $C = 700$  t-s/m en cada dirección

Tabla 44: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 0.75$ ) en la dirección X-X

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-X	0.0030	0.0022	OK
14	1974-X	0.0034	0.0026	OK
13	1974-X	0.0039	0.0029	OK
12	1974-X	0.0044	0.0033	OK
11	1974-X	0.0048	0.0036	OK
10	1974-X	0.0051	0.0038	OK
9	1974-X	0.0055	0.0041	OK
8	1974-X	0.0058	0.0043	OK
7	1974-X	0.0060	0.0045	OK
6	1974-X	0.0060	0.0045	OK
5	1974-X	0.0058	0.0044	OK
4	1974-X	0.0054	0.0041	OK
3	1974-X	0.0047	0.0035	OK
2	1974-X	0.0036	0.0027	OK
1	1974-X	0.0017	0.0013	OK

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45: Cálculo de las Derivas con Amortiguadores Viscosos Lineales ( $\alpha = 0.75$ ) en la dirección Y-Y

Piso	Caso	Deriva	0.75*driff	Control
15	1974-Y	0.0032	0.0024	OK
14	1974-Y	0.0036	0.0027	OK
13	1974-Y	0.0041	0.0031	OK
12	1974-Y	0.0045	0.0034	OK
11	1974-Y	0.0049	0.0037	OK
10	1974-Y	0.0054	0.0041	OK
9	1974-Y	0.0058	0.0044	OK
8	1974-Y	0.0062	0.0046	OK
7	1974-Y	0.0064	0.0048	OK
6	1974-Y	0.0064	0.0048	OK
5	1974-Y	0.0062	0.0047	OK
4	1974-Y	0.0058	0.0044	OK
3	1974-Y	0.0051	0.0038	OK
2	1974-Y	0.0040	0.0030	OK
1	1974-Y	0.0020	0.0015	OK

Fuente: Elaboración Propia

En base a los datos anteriormente expuestos se evidencia que las máximas derivas tanto en la dirección X como en la dirección Y, son de 0.0045 y 0.0048 respectivamente. Por lo tanto, se da cumplimiento a la exigencia de la deriva objetivo.

– Ensayo de vibración libre

Consiste en someter a la estructura a una sollicitación de carga tipo pulso para poder verificar que el amortiguamiento viscoso resultante sea el amortiguamiento que se estableció como objetivo.

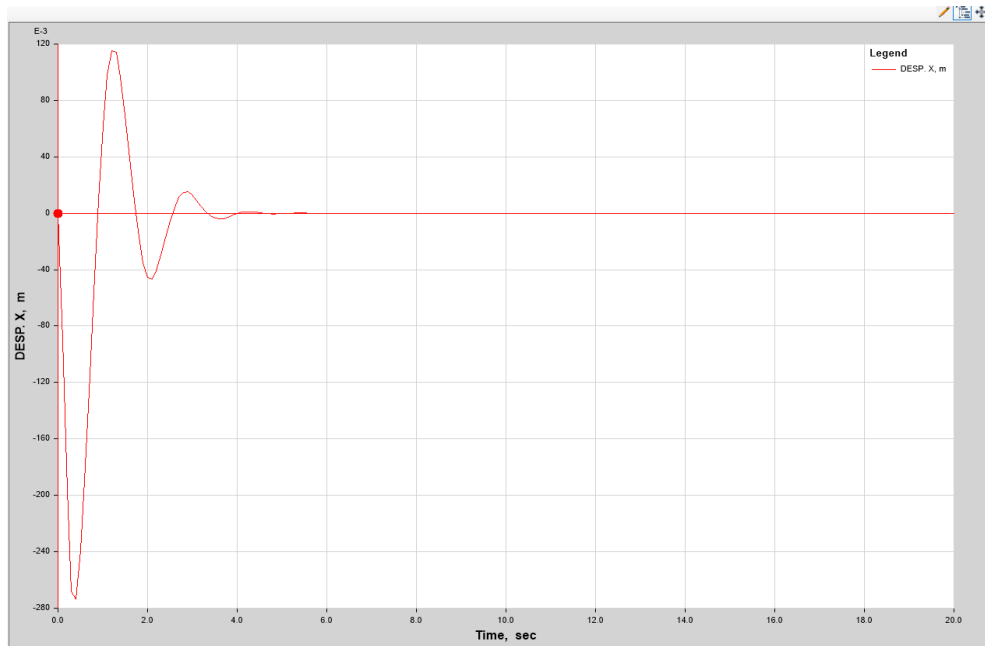


Figura 56: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales  $\alpha = 0.75$ , en la Dirección X

Fuente: Elaboración propia

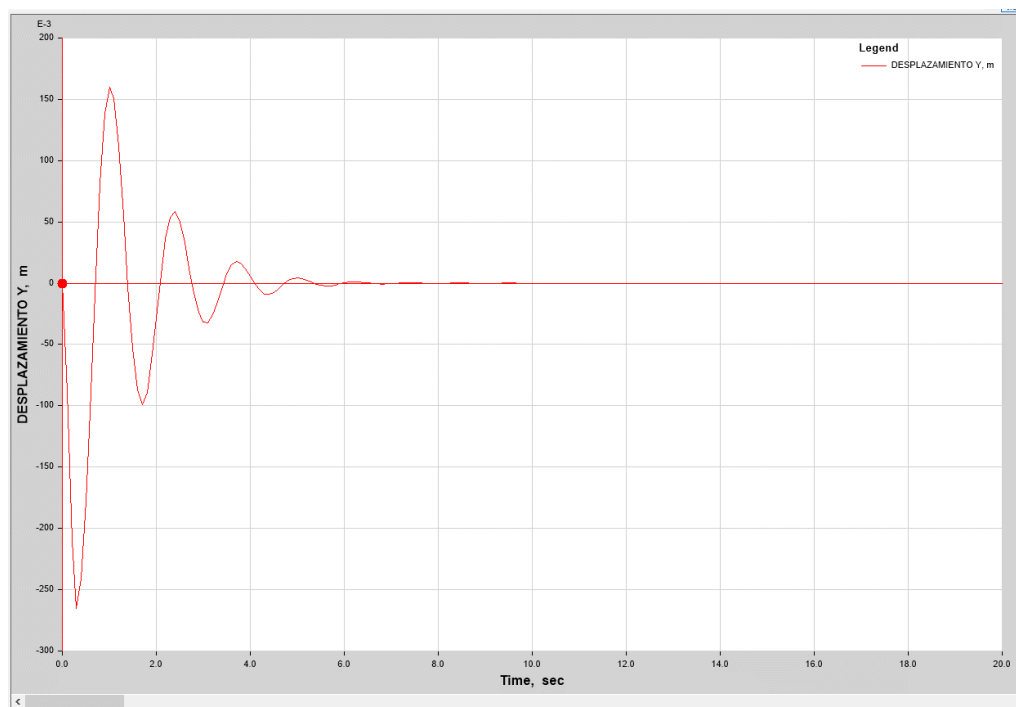


Figura 57: Curva tiempo vs desplazamiento para Amortiguadores Viscosos No lineales  $\alpha = 0.75$ , en la Dirección Y

Fuente: Elaboración propia

Haciendo uso del concepto de decremento logarítmico y con el resultado de las figuras 56 y 57.

Se calcula el amortiguamiento viscoso efectivo, utilizando:

$$\delta = \frac{2\pi n \beta_{efectivo}}{\sqrt{1 - \beta_{efectivo}^2}}$$

De la gráfica anterior se obtienen los valores de los desplazamientos para 2 números de ciclos de separación y para cada dirección, obteniendo un amortiguamiento viscoso efectivo de:

$$\beta_{eff-x} = 33.42\% \quad y \quad \beta_{eff-y} = 16.84\%$$

$$\beta_{visc-x} = \beta_{eff-x} - \beta_0 = 28.42\%, \beta_{visc-y} = \beta_{eff-y} - \beta_0 = 11.84\%,$$

Como se aprecia los amortiguadores viscosos calculados están por debajo del amortiguamiento viscoso objetivo que es de 19.30% para la dirección X y de 18.65% para la dirección Y.

– Balance de energía

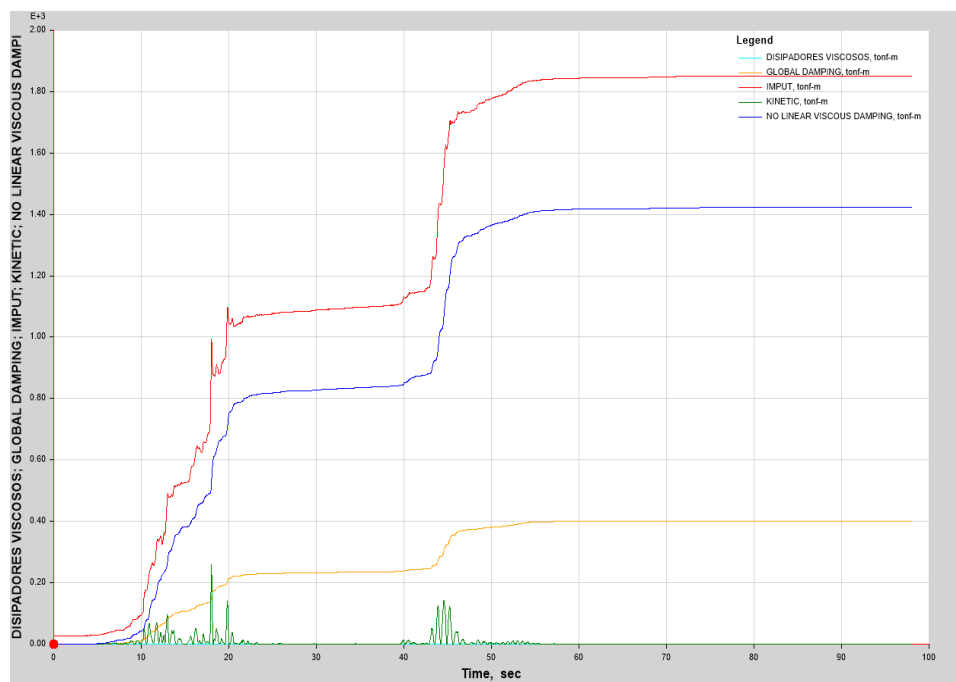


Figura 58: Balance de Energía ( $\alpha=0.75$ ), En la dirección X

Fuente: Elaboración propia

– Porcentaje de disipación de energía

$$\frac{1423.38}{1851.71} = 76.87\%$$

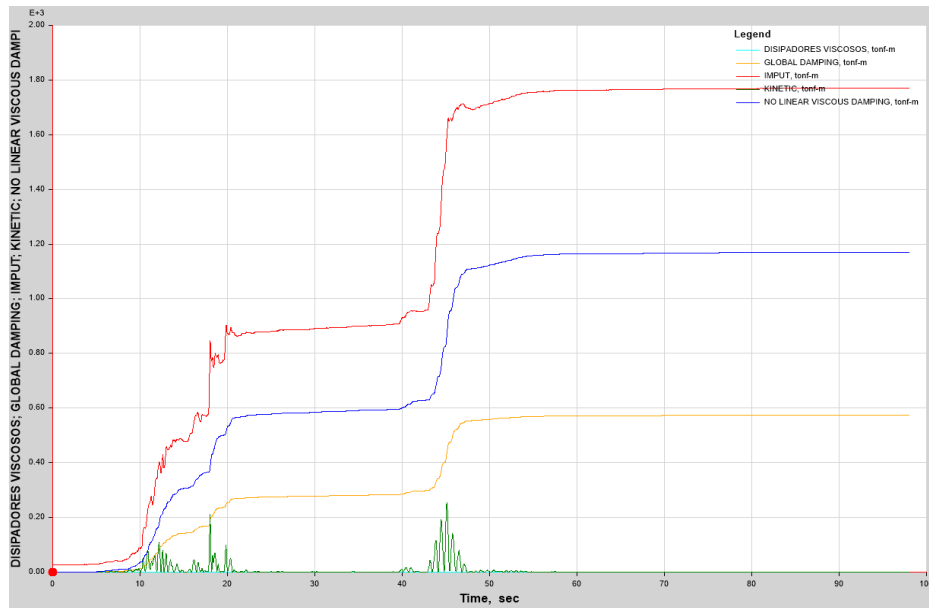


Figura 59: Balance de Energía ( $\alpha=0.75$ ), En la dirección Y

Fuente: elaboración propia

$$\frac{1169.25}{1769.84} = 66.07\%$$

Para el cálculo del porcentaje de disipación de energía se genera en el programa un Ploteo de la Energía de entrada (INPUT) y la energía disipada por los dispositivos (Viscous Damping) para un cierto periodo de tiempo que sea representativo, como se muestra en las Figuras 58 y 59.

– Fuerza de disipadores

Una vez seleccionado el modelo optimizado se procede a extraer las máximas fuerzas en compresión y tracción generadas en los disipadores. Cabe mencionar que la empresa CDV que representa a la empresa Taylor Devices inc tiene valores de fuerzas estandarizadas que serán tomadas en consideración para la elección del disipador, por lo cual se redondeará a la mayor fuerza estandarizada. En la Tabla 46, se muestra la tabla de la empresa CDV Ingeniería Antisísmica.

Tabla 46:Valores de la empresa CDV Ingeniería Antisísmic

Taylor fuerza (kip)	Peso (lbs)
55	98
110	215
165	400
220	560
330	675
440	1000
675	1750
900	2400
1450	consultor
1800	consultor

Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

Los valores de fuerzas en los disipadores para ambas direcciones se detallan en las tablas 47 y 48.

Tabla 47:Fuerzas internas en los disipadores para la dirección X-X

Story	Uniqu e Name	Link Element	Output Case	P (kip)	Taylor Fuerza (kips)
Story15	K35	K35	BRACE -1974-X	152.81	165
Story15	K36	K36	BRACE -1974-X	87.07	110
Story15	K38	K38	BRACE -1974-X	77.60	110
Story15	K63	K63	BRACE -1974-X	109.23	110
Story15	K94	K94	BRACE -1974-X	80.09	110
Story15	K96	K96	BRACE -1974-X	73.04	110
Story15	K115	K115	BRACE -1974-X	147.62	165
Story15	K119	K119	BRACE -1974-X	104.07	110
Story15	K155	K155	BRACE -1974-X	36.58	55
Story15	K157	K157	BRACE -1974-X	40.29	55
Story15	K211	K211	BRACE -1974-X	33.69	55
Story15	K239	K239	BRACE -1974-X	37.29	55
Story15	K262	K262	BRACE -1974-X	36.49	55
Story15	K263	K263	BRACE -1974-X	38.42	55



---

Story15	K293	K293	BRACE -1974-X	41.82	55
Story15	K294	K294	BRACE -1974-X	41.69	55
Story14	K33	K33	BRACE -1974-X	158.48	165
Story14	K34	K34	BRACE -1974-X	93.49	110
Story14	K40	K40	BRACE -1974-X	82.82	110
Story14	K61	K61	BRACE -1974-X	117.06	165
Story14	K92	K92	BRACE -1974-X	86.78	110
Story14	K98	K98	BRACE -1974-X	78.21	110
Story14	K113	K113	BRACE -1974-X	153.19	165
Story14	K117	K117	BRACE -1974-X	111.70	165
Story14	K153	K153	BRACE -1974-X	40.17	55
Story14	K159	K159	BRACE -1974-X	42.74	55
Story14	K209	K209	BRACE -1974-X	37.23	55
Story14	K237	K237	BRACE -1974-X	39.89	55
Story14	K261	K261	BRACE -1974-X	40.69	55
Story14	K265	K265	BRACE -1974-X	41.20	55
Story14	K292	K292	BRACE -1974-X	44.09	55
Story14	K295	K295	BRACE -1974-X	44.93	55
Story13	K31	K31	BRACE -1974-X	161.32	165
Story13	K32	K32	BRACE -1974-X	98.39	110
Story13	K42	K42	BRACE -1974-X	87.14	110
Story13	K59	K59	BRACE -1974-X	120.88	165
Story13	K90	K90	BRACE -1974-X	91.56	110
Story13	K100	K100	BRACE -1974-X	82.39	110
Story13	K109	K109	BRACE -1974-X	115.43	165
Story13	K111	K111	BRACE -1974-X	155.74	165
Story13	K151	K151	BRACE -1974-X	45.09	55
Story13	K161	K161	BRACE -1974-X	45.69	55
Story13	K207	K207	BRACE -1974-X	40.18	55
Story13	K235	K235	BRACE -1974-X	42.66	55

---

---

Story13	K260	K260	BRACE -1974-X	44.50	55
Story13	K266	K266	BRACE -1974-X	44.42	55
Story13	K291	K291	BRACE -1974-X	46.61	55
Story13	K296	K296	BRACE -1974-X	45.96	55
Story12	K29	K29	BRACE -1974-X	163.84	165
Story12	K30	K30	BRACE -1974-X	101.00	110
Story12	K44	K44	BRACE -1974-X	89.58	110
Story12	K57	K57	BRACE -1974-X	123.39	165
Story12	K88	K88	BRACE -1974-X	94.24	110
Story12	K102	K102	BRACE -1974-X	84.73	110
Story12	K105	K105	BRACE -1974-X	117.64	165
Story12	K107	K107	BRACE -1974-X	157.98	165
Story12	K149	K149	BRACE -1974-X	50.03	55
Story12	K163	K163	BRACE -1974-X	49.86	55
Story12	K205	K205	BRACE -1974-X	43.26	55
Story12	K233	K233	BRACE -1974-X	45.10	55
Story12	K259	K259	BRACE -1974-X	48.63	55
Story12	K267	K267	BRACE -1974-X	47.56	55
Story12	K290	K290	BRACE -1974-X	48.05	55
Story12	K297	K297	BRACE -1974-X	47.53	55
Story11	K27	K27	BRACE -1974-X	165.16	165
Story11	K28	K28	BRACE -1974-X	102.09	110
Story11	K46	K46	BRACE -1974-X	92.49	110
Story11	K55	K55	BRACE -1974-X	125.09	165
Story11	K86	K86	BRACE -1974-X	98.82	110
Story11	K101	K101	BRACE -1974-X	119.38	165
Story11	K103	K103	BRACE -1974-X	159.38	165
Story11	K104	K104	BRACE -1974-X	87.65	110
Story11	K147	K147	BRACE -1974-X	53.28	55
Story11	K165	K165	BRACE -1974-X	53.05	55

---

---

Story11	K203	K203	BRACE -1974-X	46.38	55
Story11	K231	K231	BRACE -1974-X	47.73	55
Story11	K258	K258	BRACE -1974-X	51.76	55
Story11	K268	K268	BRACE -1974-X	50.51	55
Story11	K289	K289	BRACE -1974-X	50.79	55
Story11	K298	K298	BRACE -1974-X	49.08	55
Story10	K25	K25	BRACE -1974-X	164.28	165
Story10	K26	K26	BRACE -1974-X	108.06	110
Story10	K48	K48	BRACE -1974-X	97.49	110
Story10	K53	K53	BRACE -1974-X	125.07	165
Story10	K84	K84	BRACE -1974-X	104.26	110
Story10	K97	K97	BRACE -1974-X	119.75	165
Story10	K99	K99	BRACE -1974-X	158.74	165
Story10	K106	K106	BRACE -1974-X	92.53	110
Story10	K145	K145	BRACE -1974-X	54.25	55
Story10	K167	K167	BRACE -1974-X	54.15	55
Story10	K201	K201	BRACE -1974-X	48.97	55
Story10	K229	K229	BRACE -1974-X	50.06	55
Story10	K257	K257	BRACE -1974-X	54.20	55
Story10	K269	K269	BRACE -1974-X	53.04	55
Story10	K288	K288	BRACE -1974-X	53.46	55
Story10	K299	K299	BRACE -1974-X	52.10	55
Story9	K23	K23	BRACE -1974-X	163.10	165
Story9	K24	K24	BRACE -1974-X	112.22	165
Story9	K50	K50	BRACE -1974-X	100.99	110
Story9	K51	K51	BRACE -1974-X	124.70	165
Story9	K82	K82	BRACE -1974-X	108.23	110
Story9	K93	K93	BRACE -1974-X	120.00	165
Story9	K95	K95	BRACE -1974-X	157.80	165
Story9	K108	K108	BRACE -1974-X	95.96	110

---

---

Story9	K143	K143	BRACE -1974-X	53.02	55
Story9	K169	K169	BRACE -1974-X	52.97	55
Story9	K199	K199	BRACE -1974-X	50.77	55
Story9	K227	K227	BRACE -1974-X	51.41	55
Story9	K256	K256	BRACE -1974-X	54.40	55
Story9	K270	K270	BRACE -1974-X	54.44	55
Story9	K287	K287	BRACE -1974-X	54.07	55
Story9	K300	K300	BRACE -1974-X	53.14	55
Story8	K21	K21	BRACE -1974-X	162.68	165
Story8	K22	K22	BRACE -1974-X	114.90	165
Story8	K49	K49	BRACE -1974-X	124.62	165
Story8	K52	K52	BRACE -1974-X	103.07	110
Story8	K80	K80	BRACE -1974-X	110.55	165
Story8	K89	K89	BRACE -1974-X	120.52	165
Story8	K91	K91	BRACE -1974-X	158.25	165
Story8	K110	K110	BRACE -1974-X	97.94	110
Story8	K141	K141	BRACE -1974-X	52.29	55
Story8	K171	K171	BRACE -1974-X	53.42	55
Story8	K197	K197	BRACE -1974-X	51.99	55
Story8	K225	K225	BRACE -1974-X	52.51	55
Story8	K255	K255	BRACE -1974-X	53.89	55
Story8	K271	K271	BRACE -1974-X	53.83	55
Story8	K284	K284	BRACE -1974-X	54.04	55
Story8	K301	K301	BRACE -1974-X	52.70	55
Story7	K19	K19	BRACE -1974-X	166.84	165
Story7	K20	K20	BRACE -1974-X	117.01	165
Story7	K47	K47	BRACE -1974-X	127.19	165
Story7	K54	K54	BRACE -1974-X	104.66	110
Story7	K78	K78	BRACE -1974-X	112.26	165
Story7	K85	K85	BRACE -1974-X	123.85	165

---

---

Story7	K87	K87	BRACE -1974-X	287.58	330
Story7	K112	K112	BRACE -1974-X	99.57	110
Story7	K139	K139	BRACE -1974-X	52.92	55
Story7	K173	K173	BRACE -1974-X	53.74	55
Story7	K195	K195	BRACE -1974-X	52.85	55
Story7	K223	K223	BRACE -1974-X	53.07	55
Story7	K254	K254	BRACE -1974-X	51.77	55
Story7	K272	K272	BRACE -1974-X	53.10	55
Story7	K283	K283	BRACE -1974-X	53.93	55
Story7	K302	K302	BRACE -1974-X	54.00	55
Story6	K17	K17	BRACE -1974-X	165.36	165
Story6	K18	K18	BRACE -1974-X	117.94	165
Story6	K45	K45	BRACE -1974-X	128.20	165
Story6	K56	K56	BRACE -1974-X	105.29	110
Story6	K76	K76	BRACE -1974-X	113.03	165
Story6	K81	K81	BRACE -1974-X	124.93	165
Story6	K83	K83	BRACE -1974-X	161.10	165
Story6	K114	K114	BRACE -1974-X	100.27	110
Story6	K137	K137	BRACE -1974-X	52.82	55
Story6	K183	K183	BRACE -1974-X	53.31	55
Story6	K193	K193	BRACE -1974-X	53.57	55
Story6	K221	K221	BRACE -1974-X	53.64	55
Story6	K253	K253	BRACE -1974-X	51.91	55
Story6	K273	K273	BRACE -1974-X	53.18	55
Story6	K282	K282	BRACE -1974-X	53.84	55
Story6	K303	K303	BRACE -1974-X	54.44	55
Story5	K15	K15	BRACE -1974-X	160.51	165
Story5	K16	K16	BRACE -1974-X	117.76	165
Story5	K43	K43	BRACE -1974-X	124.30	165
Story5	K58	K58	BRACE -1974-X	104.94	110

---

---

Story5	K74	K74	BRACE -1974-X	112.79	165
Story5	K77	K77	BRACE -1974-X	121.31	165
Story5	K79	K79	BRACE -1974-X	156.34	165
Story5	K116	K116	BRACE -1974-X	100.10	110
Story5	K135	K135	BRACE -1974-X	52.41	55
Story5	K181	K181	BRACE -1974-X	52.53	55
Story5	K191	K191	BRACE -1974-X	53.69	55
Story5	K219	K219	BRACE -1974-X	53.75	55
Story5	K252	K252	BRACE -1974-X	51.38	55
Story5	K274	K274	BRACE -1974-X	52.42	55
Story5	K281	K281	BRACE -1974-X	52.98	55
Story5	K304	K304	BRACE -1974-X	53.61	55
Story4	K13	K13	BRACE -1974-X	153.46	165
Story4	K14	K14	BRACE -1974-X	115.37	165
Story4	K41	K41	BRACE -1974-X	120.15	165
Story4	K60	K60	BRACE -1974-X	102.54	110
Story4	K72	K72	BRACE -1974-X	110.67	165
Story4	K73	K73	BRACE -1974-X	148.96	165
Story4	K75	K75	BRACE -1974-X	117.21	165
Story4	K118	K118	BRACE -1974-X	97.98	110
Story4	K133	K133	BRACE -1974-X	50.74	55
Story4	K179	K179	BRACE -1974-X	50.67	55
Story4	K189	K189	BRACE -1974-X	52.38	55
Story4	K217	K217	BRACE -1974-X	52.37	55
Story4	K251	K251	BRACE -1974-X	49.49	55
Story4	K275	K275	BRACE -1974-X	50.20	55
Story4	K280	K280	BRACE -1974-X	52.00	55
Story4	K305	K305	BRACE -1974-X	51.96	55
Story3	K11	K11	BRACE -1974-X	140.18	165
Story3	K12	K12	BRACE -1974-X	109.90	110

---

---

Story3	K39	K39	BRACE -1974-X	112.54	165
Story3	K62	K62	BRACE -1974-X	99.40	110
Story3	K67	K67	BRACE -1974-X	109.67	110
Story3	K68	K68	BRACE -1974-X	105.49	110
Story3	K71	K71	BRACE -1974-X	135.77	165
Story3	K120	K120	BRACE -1974-X	93.04	110
Story3	K131	K131	BRACE -1974-X	47.41	55
Story3	K177	K177	BRACE -1974-X	47.04	55
Story3	K187	K187	BRACE -1974-X	49.45	55
Story3	K215	K215	BRACE -1974-X	49.32	55
Story3	K250	K250	BRACE -1974-X	47.04	55
Story3	K276	K276	BRACE -1974-X	47.49	55
Story3	K279	K279	BRACE -1974-X	49.61	55
Story3	K306	K306	BRACE -1974-X	49.40	55
Story2	K9	K9	BRACE -1974-X	118.69	165
Story2	K10	K10	BRACE -1974-X	99.91	110
Story2	K37	K37	BRACE -1974-X	100.32	110
Story2	K64	K64	BRACE -1974-X	90.87	110
Story2	K65	K65	BRACE -1974-X	98.00	110
Story2	K66	K66	BRACE -1974-X	94.98	110
Story2	K69	K69	BRACE -1974-X	115.18	165
Story2	K129	K129	BRACE -1974-X	42.40	55
Story2	K175	K175	BRACE -1974-X	41.99	55
Story2	K185	K185	BRACE -1974-X	44.41	55
Story2	K213	K213	BRACE -1974-X	44.11	55
Story2	K241	K241	BRACE -1974-X	82.97	110
Story2	K246	K246	BRACE -1974-X	41.88	55
Story2	K277	K277	BRACE -1974-X	41.91	55
Story2	K278	K278	BRACE -1974-X	44.84	55
Story2	K307	K307	BRACE -1974-X	44.59	55

---

Story1	K1	K1	BRACE -1974-X	73.00	110
Story1	K2	K2	BRACE -1974-X	58.98	110
Story1	K3	K3	BRACE -1974-X	59.36	110
Story1	K4	K4	BRACE -1974-X	70.96	110
Story1	K5	K5	BRACE -1974-X	73.72	110
Story1	K6	K6	BRACE -1974-X	66.85	110
Story1	K7	K7	BRACE -1974-X	60.13	110
Story1	K8	K8	BRACE -1974-X	74.25	110
Story1	K121	K121	BRACE -1974-X	35.30	55
Story1	K123	K123	BRACE -1974-X	35.41	55
Story1	K125	K125	BRACE -1974-X	32.55	55
Story1	K127	K127	BRACE -1974-X	31.72	55
Story1	K242	K242	BRACE -1974-X	34.47	55
Story1	K243	K243	BRACE -1974-X	35.14	55
Story1	K244	K244	BRACE -1974-X	29.34	55
Story1	K245	K245	BRACE -1974-X	30.21	55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Fuerzas internas en los disipadores para la dirección Y-Y

Story	Uniq ue Name	Link Element	Output Case	P (kip)	Taylor Fuerza (kips)
Story15	K35	K35	BRACE- 1974-Y	57.562	110
Story15	K36	K36	BRACE- 1974-Y	45.044	55
Story15	K38	K38	BRACE- 1974-Y	38.894	55
Story15	K63	K63	BRACE- 1974-Y	42.48	55
Story15	K94	K94	BRACE- 1974-Y	40.247	55
Story15	K96	K96	BRACE- 1974-Y	36.746	55
Story15	K115	K115	BRACE- 1974-Y	51.426	55
Story15	K119	K119	BRACE- 1974-Y	35.268	55
Story15	K155	K155	BRACE- 1974-Y	99.473	110
Story15	K157	K157	BRACE- 1974-Y	102.365	110



---

Story15	K211	K211	BRACE- 1974-Y	98.311	110
Story15	K239	K239	BRACE- 1974-Y	101.913	110
Story15	K262	K262	BRACE- 1974-Y	84.854	110
Story15	K263	K263	BRACE- 1974-Y	88.039	110
Story15	K293	K293	BRACE- 1974-Y	88.501	110
Story15	K294	K294	BRACE- 1974-Y	85.002	110
Story14	K33	K33	BRACE- 1974-Y	60.033	110
Story14	K34	K34	BRACE- 1974-Y	48.782	55
Story14	K40	K40	BRACE- 1974-Y	41.159	55
Story14	K61	K61	BRACE- 1974-Y	45.814	55
Story14	K92	K92	BRACE- 1974-Y	43.398	55
Story14	K98	K98	BRACE- 1974-Y	38.944	55
Story14	K113	K113	BRACE- 1974-Y	54.979	55
Story14	K117	K117	BRACE- 1974-Y	37.166	55
Story14	K153	K153	BRACE- 1974-Y	106.797	110
Story14	K159	K159	BRACE- 1974-Y	108.016	110
Story14	K209	K209	BRACE- 1974-Y	105.826	110
Story14	K237	K237	BRACE- 1974-Y	107.542	110
Story14	K261	K261	BRACE- 1974-Y	93.103	110
Story14	K265	K265	BRACE- 1974-Y	94.779	110
Story14	K292	K292	BRACE- 1974-Y	94.973	110
Story14	K295	K295	BRACE- 1974-Y	93.119	110
Story13	K31	K31	BRACE- 1974-Y	63.446	110
Story13	K32	K32	BRACE- 1974-Y	50.869	55
Story13	K42	K42	BRACE- 1974-Y	43.484	55
Story13	K59	K59	BRACE- 1974-Y	49.345	55
Story13	K90	K90	BRACE- 1974-Y	45.907	55
Story13	K100	K100	BRACE- 1974-Y	40.475	55
Story13	K109	K109	BRACE- 1974-Y	39.384	55
Story13	K111	K111	BRACE- 1974-Y	59.276	110

---

---

Story13	K151	K151	BRACE- 1974-Y	111.659	165
Story13	K161	K161	BRACE- 1974-Y	112.94	165
Story13	K207	K207	BRACE- 1974-Y	110.862	165
Story13	K235	K235	BRACE- 1974-Y	112.608	165
Story13	K260	K260	BRACE- 1974-Y	100.51	110
Story13	K266	K266	BRACE- 1974-Y	103.445	110
Story13	K291	K291	BRACE- 1974-Y	103.29	110
Story13	K296	K296	BRACE- 1974-Y	100.862	110
Story12	K29	K29	BRACE- 1974-Y	66.925	110
Story12	K30	K30	BRACE- 1974-Y	52.924	55
Story12	K44	K44	BRACE- 1974-Y	46.188	55
Story12	K57	K57	BRACE- 1974-Y	52.672	55
Story12	K88	K88	BRACE- 1974-Y	48.475	55
Story12	K102	K102	BRACE- 1974-Y	42.772	55
Story12	K105	K105	BRACE- 1974-Y	42.371	55
Story12	K107	K107	BRACE- 1974-Y	62.874	110
Story12	K149	K149	BRACE- 1974-Y	115.205	165
Story12	K163	K163	BRACE- 1974-Y	115.888	165
Story12	K205	K205	BRACE- 1974-Y	114.317	165
Story12	K233	K233	BRACE- 1974-Y	115.998	165
Story12	K259	K259	BRACE- 1974-Y	107.417	165
Story12	K267	K267	BRACE- 1974-Y	110.275	165
Story12	K290	K290	BRACE- 1974-Y	109.788	110
Story12	K297	K297	BRACE- 1974-Y	108.082	110
Story11	K27	K27	BRACE- 1974-Y	69.531	110
Story11	K28	K28	BRACE- 1974-Y	55.157	110
Story11	K46	K46	BRACE- 1974-Y	49.443	55
Story11	K55	K55	BRACE- 1974-Y	55.601	110
Story11	K86	K86	BRACE- 1974-Y	50.915	55
Story11	K101	K101	BRACE- 1974-Y	45.079	55

---

---

Story11	K103	K103	BRACE- 1974-Y	65.745	110
Story11	K104	K104	BRACE- 1974-Y	44.611	55
Story11	K147	K147	BRACE- 1974-Y	118.141	165
Story11	K165	K165	BRACE- 1974-Y	118.521	165
Story11	K203	K203	BRACE- 1974-Y	117.206	165
Story11	K231	K231	BRACE- 1974-Y	118.787	165
Story11	K258	K258	BRACE- 1974-Y	110.442	165
Story11	K268	K268	BRACE- 1974-Y	113.247	165
Story11	K289	K289	BRACE- 1974-Y	112.59	165
Story11	K298	K298	BRACE- 1974-Y	111.308	165
Story10	K25	K25	BRACE- 1974-Y	71.452	110
Story10	K26	K26	BRACE- 1974-Y	57.945	110
Story10	K48	K48	BRACE- 1974-Y	52.172	55
Story10	K53	K53	BRACE- 1974-Y	58.148	110
Story10	K84	K84	BRACE- 1974-Y	53.025	55
Story10	K97	K97	BRACE- 1974-Y	47.386	55
Story10	K99	K99	BRACE- 1974-Y	68.893	110
Story10	K106	K106	BRACE- 1974-Y	46.407	55
Story10	K145	K145	BRACE- 1974-Y	117.87	165
Story10	K167	K167	BRACE- 1974-Y	118.424	165
Story10	K201	K201	BRACE- 1974-Y	117.172	165
Story10	K229	K229	BRACE- 1974-Y	118.431	165
Story10	K257	K257	BRACE- 1974-Y	108.789	165
Story10	K269	K269	BRACE- 1974-Y	111.345	165
Story10	K288	K288	BRACE- 1974-Y	110.811	165
Story10	K299	K299	BRACE- 1974-Y	109.608	110
Story9	K23	K23	BRACE- 1974-Y	74.306	110
Story9	K24	K24	BRACE- 1974-Y	58.7	110
Story9	K50	K50	BRACE- 1974-Y	54.028	55
Story9	K51	K51	BRACE- 1974-Y	60.637	110

---

---

Story9	K82	K82	BRACE- 1974-Y	55.284	110
Story9	K93	K93	BRACE- 1974-Y	49.824	55
Story9	K95	K95	BRACE- 1974-Y	71.654	110
Story9	K108	K108	BRACE- 1974-Y	48.174	55
Story9	K143	K143	BRACE- 1974-Y	116.568	165
Story9	K169	K169	BRACE- 1974-Y	116.778	165
Story9	K199	K199	BRACE- 1974-Y	115.86	165
Story9	K227	K227	BRACE- 1974-Y	116.857	165
Story9	K256	K256	BRACE- 1974-Y	103.517	110
Story9	K270	K270	BRACE- 1974-Y	104.689	110
Story9	K287	K287	BRACE- 1974-Y	104.525	110
Story9	K300	K300	BRACE- 1974-Y	103.304	110
Story8	K21	K21	BRACE- 1974-Y	76.277	110
Story8	K22	K22	BRACE- 1974-Y	62.103	110
Story8	K49	K49	BRACE- 1974-Y	62.16	110
Story8	K52	K52	BRACE- 1974-Y	56.588	110
Story8	K80	K80	BRACE- 1974-Y	57.619	110
Story8	K89	K89	BRACE- 1974-Y	52.009	55
Story8	K91	K91	BRACE- 1974-Y	73.615	110
Story8	K110	K110	BRACE- 1974-Y	50.664	55
Story8	K141	K141	BRACE- 1974-Y	115.731	165
Story8	K171	K171	BRACE- 1974-Y	116.044	165
Story8	K197	K197	BRACE- 1974-Y	114.98	165
Story8	K225	K225	BRACE- 1974-Y	115.981	165
Story8	K255	K255	BRACE- 1974-Y	106.822	110
Story8	K271	K271	BRACE- 1974-Y	107.804	110
Story8	K284	K284	BRACE- 1974-Y	107.816	110
Story8	K301	K301	BRACE- 1974-Y	107.321	110
Story7	K19	K19	BRACE- 1974-Y	77.334	110
Story7	K20	K20	BRACE- 1974-Y	64.417	110

---

---

Story7	K47	K47	BRACE- 1974-Y	62.867	110
Story7	K54	K54	BRACE- 1974-Y	58.255	110
Story7	K78	K78	BRACE- 1974-Y	59.34	110
Story7	K85	K85	BRACE- 1974-Y	53.633	55
Story7	K87	K87	BRACE- 1974-Y	132.502	165
Story7	K112	K112	BRACE- 1974-Y	52.252	55
Story7	K139	K139	BRACE- 1974-Y	117.485	165
Story7	K173	K173	BRACE- 1974-Y	117.287	165
Story7	K195	K195	BRACE- 1974-Y	116.751	165
Story7	K223	K223	BRACE- 1974-Y	117.438	165
Story7	K254	K254	BRACE- 1974-Y	110.586	165
Story7	K272	K272	BRACE- 1974-Y	111.462	165
Story7	K283	K283	BRACE- 1974-Y	110.718	165
Story7	K302	K302	BRACE- 1974-Y	110.517	165
Story6	K17	K17	BRACE- 1974-Y	77.12	110
Story6	K18	K18	BRACE- 1974-Y	65.436	110
Story6	K45	K45	BRACE- 1974-Y	62.282	110
Story6	K56	K56	BRACE- 1974-Y	58.913	110
Story6	K76	K76	BRACE- 1974-Y	59.905	110
Story6	K81	K81	BRACE- 1974-Y	54.318	55
Story6	K83	K83	BRACE- 1974-Y	73.264	110
Story6	K114	K114	BRACE- 1974-Y	52.697	55
Story6	K137	K137	BRACE- 1974-Y	117.949	165
Story6	K183	K183	BRACE- 1974-Y	117.528	165
Story6	K193	K193	BRACE- 1974-Y	117.096	165
Story6	K221	K221	BRACE- 1974-Y	117.298	165
Story6	K253	K253	BRACE- 1974-Y	112.408	165
Story6	K273	K273	BRACE- 1974-Y	113.228	165
Story6	K282	K282	BRACE- 1974-Y	112.5	165
Story6	K303	K303	BRACE- 1974-Y	112.489	165

---

---

Story5	K15	K15	BRACE-1974-Y	75.43	110
Story5	K16	K16	BRACE-1974-Y	64.833	110
Story5	K43	K43	BRACE-1974-Y	60.92	110
Story5	K58	K58	BRACE-1974-Y	57.798	110
Story5	K74	K74	BRACE-1974-Y	58.376	110
Story5	K77	K77	BRACE-1974-Y	53.937	55
Story5	K79	K79	BRACE-1974-Y	71.381	110
Story5	K116	K116	BRACE-1974-Y	51.278	55
Story5	K135	K135	BRACE-1974-Y	116.834	165
Story5	K181	K181	BRACE-1974-Y	116.251	165
Story5	K191	K191	BRACE-1974-Y	115.946	165
Story5	K219	K219	BRACE-1974-Y	115.917	165
Story5	K252	K252	BRACE-1974-Y	111.618	165
Story5	K274	K274	BRACE-1974-Y	112.206	165
Story5	K281	K281	BRACE-1974-Y	111.495	165
Story5	K304	K304	BRACE-1974-Y	111.78	165
Story4	K13	K13	BRACE-1974-Y	71.414	110
Story4	K14	K14	BRACE-1974-Y	62.531	110
Story4	K41	K41	BRACE-1974-Y	58.392	110
Story4	K60	K60	BRACE-1974-Y	55.428	110
Story4	K72	K72	BRACE-1974-Y	55.698	110
Story4	K73	K73	BRACE-1974-Y	67.021	110
Story4	K75	K75	BRACE-1974-Y	52.051	55
Story4	K118	K118	BRACE-1974-Y	48.51	55
Story4	K133	K133	BRACE-1974-Y	113.628	165
Story4	K179	K179	BRACE-1974-Y	112.659	165
Story4	K189	K189	BRACE-1974-Y	112.554	165
Story4	K217	K217	BRACE-1974-Y	112.368	165
Story4	K251	K251	BRACE-1974-Y	108.084	110
Story4	K275	K275	BRACE-1974-Y	109.132	110

---

---

Story4	K280	K280	BRACE- 1974-Y	108.203	110
Story4	K305	K305	BRACE- 1974-Y	108.145	110
Story3	K11	K11	BRACE- 1974-Y	64.612	110
Story3	K12	K12	BRACE- 1974-Y	58.988	110
Story3	K39	K39	BRACE- 1974-Y	53.683	55
Story3	K62	K62	BRACE- 1974-Y	51.985	55
Story3	K67	K67	BRACE- 1974-Y	48.555	55
Story3	K68	K68	BRACE- 1974-Y	51.399	55
Story3	K71	K71	BRACE- 1974-Y	60.41	110
Story3	K120	K120	BRACE- 1974-Y	44.346	55
Story3	K131	K131	BRACE- 1974-Y	106.925	110
Story3	K177	K177	BRACE- 1974-Y	105.549	110
Story3	K187	K187	BRACE- 1974-Y	105.817	110
Story3	K215	K215	BRACE- 1974-Y	105.175	110
Story3	K250	K250	BRACE- 1974-Y	106.789	110
Story3	K276	K276	BRACE- 1974-Y	107.851	110
Story3	K279	K279	BRACE- 1974-Y	107.396	110
Story3	K306	K306	BRACE- 1974-Y	106.887	110
Story2	K9	K9	BRACE- 1974-Y	53.589	55
Story2	K10	K10	BRACE- 1974-Y	53.052	55
Story2	K37	K37	BRACE- 1974-Y	46.791	55
Story2	K64	K64	BRACE- 1974-Y	46.609	55
Story2	K65	K65	BRACE- 1974-Y	43.243	55
Story2	K66	K66	BRACE- 1974-Y	44.955	55
Story2	K69	K69	BRACE- 1974-Y	50.321	55
Story2	K129	K129	BRACE- 1974-Y	95.043	110
Story2	K175	K175	BRACE- 1974-Y	92.955	110
Story2	K185	K185	BRACE- 1974-Y	93.817	110
Story2	K213	K213	BRACE- 1974-Y	93.147	110
Story2	K241	K241	BRACE- 1974-Y	37.86	55

---

Story2	K246	K246	BRACE-1974-Y	98.892	110
Story2	K277	K277	BRACE-1974-Y	99.704	110
Story2	K278	K278	BRACE-1974-Y	99.4	110
Story2	K307	K307	BRACE-1974-Y	99.527	110
Story1	K1	K1	BRACE-1974-Y	32.27	55
Story1	K2	K2	BRACE-1974-Y	33.18	55
Story1	K3	K3	BRACE-1974-Y	28.88	55
Story1	K4	K4	BRACE-1974-Y	36.485	55
Story1	K5	K5	BRACE-1974-Y	33.324	55
Story1	K6	K6	BRACE-1974-Y	36.115	55
Story1	K7	K7	BRACE-1974-Y	26.829	55
Story1	K8	K8	BRACE-1974-Y	41.114	55
Story1	K121	K121	BRACE-1974-Y	70.123	110
Story1	K123	K123	BRACE-1974-Y	70.653	110
Story1	K125	K125	BRACE-1974-Y	71.712	110
Story1	K127	K127	BRACE-1974-Y	67.905	110
Story1	K242	K242	BRACE-1974-Y	75.321	110
Story1	K243	K243	BRACE-1974-Y	76.414	110
Story1	K244	K244	BRACE-1974-Y	74.734	110
Story1	K245	K245	BRACE-1974-Y	74.078	110

Fuente: Elaboración propia

El número total de disipadores agrupados según la fuerza del disipador en kips proporcionado por la revista Taylor devices están en la tabla 49.

Tabla 49: Número total de disipadores agrupados por fuerza en kips

FUERZA (KIP)	N° DE DISPOSITIVOS
55	120
110	58
165	61
330	1

Fuente: Elaboración propia



- Masa participativa y modos de vibración

Se puede demostrar que también que la estructura tiene un comportamiento regular, debido a que se obtiene movimientos de traslación en los 2 primeros modos de vibración y en el tercer modo recién aparece la rotación.

- Masa participativa

Se debe de realizar la verificación que la suma de la participación de la masa en los modos sea mayor a 90%, según lo indicado en la NTP. E030 Diseño Sismorresistente, como se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50: Masa participativa (propuesta final)

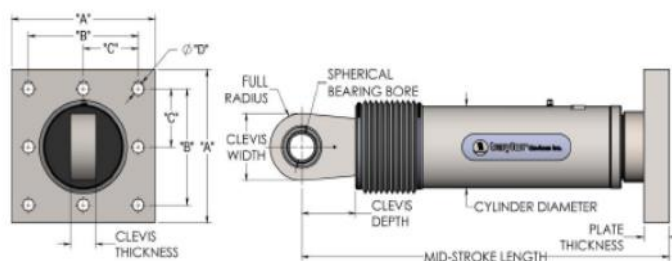
MASA PARTICIPATIVA							
Mode	Period (sec)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)	SumUX (%)	SumUY (%)	SumRZ (%)
1	1.721	74.10%	0.00%	0.01%	74.10%	0.00%	0.01%
2	1.405	0.00%	74.10%	0.11%	74.10%	74.10%	0.12%
3	1.264	0.01%	0.12%	71.94%	74.11%	74.22%	72.06%
4	0.499	12.33%	0.00%	0.00%	86.44%	74.22%	72.07%
5	0.408	0.00%	12.46%	0.01%	86.44%	86.68%	72.07%
6	0.348	0.00%	0.01%	13.51%	86.44%	86.69%	85.59%
7	0.244	5.34%	0.00%	0.00%	<b>91.79%</b>	86.69%	85.59%
8	0.201	0.00%	5.43%	0.00%	91.79%	<b>92.12%</b>	85.59%
9	0.161	0.00%	0.00%	5.88%	91.79%	92.12%	<b>91.47%</b>
10	0.159	0.00%	0.00%	0.00%	91.79%	92.12%	91.47%
11	0.15	0.00%	0.02%	0.00%	91.79%	92.13%	91.47%
12	0.147	2.78%	0.00%	0.00%	94.57%	92.13%	91.47%
13	0.14	0.18%	0.00%	0.00%	94.75%	92.13%	91.47%
14	0.136	0.00%	0.00%	0.00%	94.75%	92.14%	91.47%
15	0.134	0.00%	0.00%	0.00%	94.75%	92.14%	91.47%
16	0.123	0.00%	2.20%	0.00%	94.76%	94.34%	91.47%
17	0.123	0.00%	0.44%	0.00%	94.76%	94.77%	91.48%
18	0.12	0.00%	0.29%	0.00%	94.76%	95.06%	91.48%
19	0.118	0.00%	0.01%	0.00%	94.76%	95.07%	91.48%
20	0.114	0.00%	0.00%	0.00%	94.76%	95.07%	91.48%
21	0.11	0.00%	0.00%	0.00%	94.76%	95.07%	91.48%
22	0.107	0.00%	0.00%	0.00%	94.76%	95.07%	91.48%
23	0.104	0.00%	0.00%	0.00%	94.76%	95.07%	91.48%
24	0.099	1.64%	0.00%	0.00%	96.40%	95.07%	91.48%
25	0.099	0.04%	0.00%	0.04%	96.43%	95.07%	91.52%
26	0.097	0.08%	0.00%	0.02%	96.51%	95.07%	91.54%

27	0.097	0.02%	0.00%	0.03%	96.54%	95.07%	91.57%
28	0.095	0.00%	0.00%	2.73%	96.54%	95.07%	94.30%
29	0.095	0.00%	0.00%	0.32%	96.54%	95.07%	94.62%
30	0.093	0.00%	0.00%	0.01%	96.54%	95.08%	94.63%
31	0.091	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	95.08%	94.63%
32	0.089	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	95.08%	94.63%
33	0.088	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	95.08%	94.63%
34	0.088	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	95.08%	94.63%
35	0.087	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	95.08%	94.63%
36	0.085	0.00%	1.56%	0.00%	96.54%	96.64%	94.63%
37	0.085	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	96.65%	94.63%
38	0.084	0.00%	0.04%	0.00%	96.54%	96.69%	94.63%
39	0.083	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	96.69%	94.63%
40	0.082	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	96.69%	94.63%
41	0.082	0.00%	0.02%	0.00%	96.54%	96.72%	94.63%
42	0.082	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	96.72%	94.63%
43	0.082	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	96.72%	94.63%
44	0.081	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	96.72%	94.63%
45	0.081	0.00%	0.00%	0.00%	96.54%	96.72%	94.63%

Fuente: Elaboración propia

– Diseño de los dispositivos de amortiguamiento

De acuerdo con los resultados expuestos anteriormente del diseño final propuesto, podemos definir las propiedades de los dispositivos gracias a la información proporcionado por fabricantes de estos dispositivos. TAYLOR DEVICES INC, es el principal fabricante de los disipadores de fluido viscoso, líder desde 1955 en tecnología de shock y absorción, y distribuye sus disipadores de fluido viscoso para ingeniería estructural para la protección pasiva de edificios, puentes, entre otros. Se muestra en la Figura 60 las dimensiones necesarias para el uso de la placa base de los dispositivos propuesto por TAYLOR DEVICES INC.

**FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES**


NOTE:  
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ±2 TO ±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 FIVE INCHES PER ±1 INCH OF STROKE.

EXAMPLE: 220 KIP ±4" STROKE, MID-STROKE LG. IS 48.75"  
220 KIP ±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 ±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	±3	1.67	4	3.25	1.31	4%	100	7.00±.12	5.00±.01	†	0.61±.01	1.50±.03
110	17130	2.00	39.25	±4	2.16	5	4.00	1.75	5%	215	11.12±.12	8.00±.01	†	1.25±.01	1.50±.03
165	17140	2.25	40.00	±4	2.31	6	5.10	1.97	7%	370	13.50±.12	10.00±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03
220	17150	2.75	41.25	±4	2.78	7%	5.88	2.40	8%	560	16.50±.12	12.50±.01	6.25±.01	1.25±.01	3.00±.06
330	17160	3.00	43.50	±4	3.03	8	6.38	2.62	9%	675	17.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.01	3.00±.06
440	17170	3.50	53.00	±5	3.56	9	7.50	3.06	11%	1100	18.00±.12	13.50±.01	6.75±.01	1.50±.01	4.00±.06
675	17180	4.00	56.75	±5	4.60	11%	8.00	3.50	13%	1750	20.00±.12	16.00±.01	8.00±.01	1.63±.01	4.00±.06
900	17190	5.00	64.75	±5	5.56	12%	10.75	4.38	16%	2400	**	**	**	**	**
1450	17200	6.00	69.00	±5	6.06	13%	12.00	4.75	20%	4250	**	**	**	**	**
1800	17210	7.00	73.50	±5	7.00	16%	12.50	5.25	22%	5775	**	**	**	**	**

† DENOTES 4 HOLE PATTERN, MEANING NO CENTER HOLES.  
\*\* CONSULT FACTORY FOR DIMENSIONS.

MADE IN USA

Figura 60: Características del disipador

Fuente: Taylor Devices Inc.

Como sabemos de la tabla 51 tenemos cuatro tipos de disipadores agrupados por fuerza en kip, en la estructura, la cual se muestra a continuación.

Tabla 51: Numero de dispositivos totales (propuesta final)

FUERZA (KIP)	Nº DE DISPOSITIVOS
55	120
110	58
165	61
330	1

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el diseñador deberá brindar estos valores de fuerza en kip, los cuales ya cuentan con su propio factor de seguridad. Con sus propiedades y características según la Tabla 52 y 53.

Tabla 52: Propiedades del dispositivo de amortiguamiento

Force (kip)	Spherical bearing bore diameter (in)	Mid-Stroke Length (in)	Stroke (in)	Clevis Thickness (in)	Clevis Width (in)	Clevis Depth (in)	Cylinder dia (in)	Weight (lbs)
55	1.50	31.00	±3	1.67	4	3.25	4 1/2	100
110	2.00	39.25	±4	2.16	5	4	5 1/4	215
165	2.25	40.00	±4	2.31	6	5.1	7 1/4	370
330	3.00	43.50	±4	3.03	8	6.38	9 1/2	675

Fuente: Taylor Devices Inc.

Tabla 53: Características de placa base

Force	"A" (in)	"B" (in)	"C" (in)	"D" (in)	Plate Thickness (in)
55	7.00±.12	5.00±.01	+	0.81±.01	1.50±.03
110	11.12±.12	8.00±.01	+	1.25±.01	1.50±.03
165	13.50±.12	10.00±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03
330	17.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.01	3.00±.06

Fuente: Taylor Devices Inc.

Se utilizó el siguiente perfil tubular metálico Round HSS 7.50x0.50, para su posterior verificación y diseño con sus características detalladas en la Tabla 54.

Tabla 54: Perfil tubular a utilizar para el arriostre metálico

ÁREA DE PERFIL METÁLICO (IN <sup>2</sup> )	RADIO DE PERFIL METÁLICO (IN)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DE ACERO (KSI)	ESFUERZO DE FLUENCIA (KSI)
10.3	2.49	29000	42

Fuente: AISC Steel construction manual 13th

Utilizamos las propiedades y características del arriostre metálico de la norma AISC Steel Construction manual 13th. A continuación, se puede observar la Figura 61 donde se encuentran sus propiedades y características geométricas de la sección a utilizar.

Table 1-13 (continued)  
Round HSS  
Dimensions and Properties



HSS9.625-  
HSS6.875

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
HSS9.625×0.500	0.465	48.77	13.4	20.7	141	29.2	3.24	39.0	281	58.5
×0.375	0.349	37.08	10.2	27.6	110	22.8	3.28	30.0	219	45.5
×0.312	0.291	31.06	8.53	33.1	93.0	19.3	3.30	25.4	186	38.7
×0.250	0.233	25.06	6.87	41.3	75.9	15.8	3.32	20.6	152	31.5
×0.188 <sup>†</sup>	0.174	18.97	5.17	55.3	57.7	12.0	3.34	15.5	115	24.0
HSS8.625×0.625	0.581	53.45	14.7	14.8	119	27.7	2.85	37.7	239	55.4
×0.500	0.465	43.43	11.9	18.5	100	23.1	2.89	31.0	199	46.2
×0.375	0.349	33.07	9.07	24.7	77.8	18.0	2.93	23.9	156	36.1
×0.322	0.300	28.58	7.85	28.8	68.1	15.8	2.95	20.8	136	31.6
×0.250	0.233	22.38	6.14	37.0	54.1	12.5	2.97	16.4	108	25.1
×0.188 <sup>†</sup>	0.174	16.96	4.62	49.6	41.3	9.57	2.99	12.4	82.5	19.1
HSS7.625×0.375	0.349	29.06	7.98	21.8	52.9	13.9	2.58	18.5	106	27.8
×0.328	0.305	25.59	7.01	25.0	47.1	12.3	2.59	16.4	94.1	24.7
HSS7.50×0.500	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
HSS7.000×0.500	0.465	34.74	9.55	15.1	51.2	14.6	2.32	19.9	102	29.3
×0.375	0.349	26.56	7.29	20.1	40.4	11.6	2.35	15.5	80.9	23.1
×0.312	0.291	22.31	6.13	24.1	34.6	9.88	2.37	13.1	69.1	19.8
×0.250	0.233	18.04	4.95	30.0	28.4	8.11	2.39	10.7	56.8	16.2
×0.188	0.174	13.69	3.73	40.2	21.7	6.21	2.41	8.11	43.5	12.4
×0.125 <sup>†</sup>	0.116	9.19	2.51	60.3	14.9	4.25	2.43	5.50	29.7	8.49
HSS6.875×0.500	0.465	34.07	9.36	14.8	48.3	14.1	2.27	19.1	96.7	28.1
×0.375	0.349	26.06	7.16	19.7	38.2	11.1	2.31	14.9	76.4	22.2
×0.312	0.291	21.89	6.02	23.6	32.7	9.51	2.33	12.6	65.4	19.0
×0.250	0.233	17.71	4.86	29.5	26.8	7.81	2.35	10.3	53.7	15.6
×0.188	0.174	13.44	3.66	39.5	20.6	5.99	2.37	7.81	41.1	12.0

<sup>†</sup> Shape exceeds compact limit for flexure with  $F_y = 42$  ksi.

Figura 61: Tabla de propiedades del perfil tubular metálico

Fuente: AISC Steel Construction manual 13th

Se calculó la longitud del brazo metálico en donde se descontó la longitud del dissipador el cual es aproximadamente 1.1049 metros.

$$L_{total} = 4.061 \text{ m}$$

$$L_{neta} = L_{brazo} = 4.061 - 1.1049 = 2.9561 \text{ m} = 116.38139 \text{ in}$$

Se calculó la carga crítica de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 x E}{\left(\frac{L_{eff}}{r}\right)^2}$$

Para proceder a diseñar los brazos metálicos se calculó:

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 29000}{\left(\frac{116.38139}{2.49}\right)^2} = 131.01639 \text{ KSI}$$

Debido a que el esfuerzo de pandeo crítico es mayor que 42 KSI, entonces se sabe que el perfil trabaja en el rango de pandeo inelástico. Para la elección del valor k, se optará por el valor más desfavorable en donde el brazo metálico rota y se traslada tomando un valor de 2.1.

De la norma AISC Steel construction manual 13th podemos obtener estas ecuaciones:

$$\frac{KL}{r} = 4.71X \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{rc} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y$$

Procedemos a calcular:

$$\frac{(2.1) \times (116.38139)}{2.49} = 4.71X \sqrt{\frac{29000}{42}}$$

$$98.15298 \leq 123.764$$

Después se calculó el esfuerzo de pandeo por flexión para el perfil que estamos analizando.

$$F_{rc} = \left(0.658^{\frac{42}{131.01639}}\right) \times 42 = 36.73 \text{ KSI}$$

Luego se calcula la resistencia nominal mediante la metodología LRFD, según lo siguiente:

$$\Phi P_n = \Phi \times F_{rc} \times A$$

$$\Phi P_n = 0.9 \times 36.73 \times 10.3 = 340.487 \text{ kips} = 154.44 \text{ t}$$

La resistencia del perfil metálico a la fluencia será:

$$\Phi T_n = \Phi \times F_y \times A$$

$$\Phi T_n = 0.9 \times 42 \times 10.3 = 389.34 \text{ kips} = 175.20 \text{ t}$$

Entonces se puede comprobar que el perfil si cumple para las solicitaciones impuestas

### 5.3 Análisis de resultados

#### - Desplazamientos Laterales

La Norma E.030 establece que los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por  $0.75 \cdot R$  los resultados obtenidos del análisis lineal con solicitaciones sísmicas reducidas. Esto se interpreta como los desplazamientos que tendría el edificio al entrar en el rango inelástico ante un sismo severo.

Se obtuvieron los siguientes resultados de derivas en las Tablas 55 y 56.

Tabla 55: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores Eje X

Piso	Altura (m)	Sismo x-x	Deriva	Deriva inelástica	Cumple
15	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0012	0.0062	OK
14	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0013	0.0069	OK
13	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0015	0.0077	MAL
12	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0016	0.0084	MAL
11	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0017	0.0091	MAL
10	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0018	0.0097	MAL
9	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0019	0.0102	MAL
8	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0020	0.0106	MAL
7	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0021	0.0109	MAL
6	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0021	0.0109	MAL
5	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0020	0.0107	MAL
4	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0019	0.0100	MAL
3	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0017	0.0088	MAL
2	2.9	SX (100% X+30% Y)	0.0013	0.0068	OK
1	3.2	SX (100% X+30% Y)	0.0006	0.0033	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Derivas inelásticas para el modelo sin disipadores (Eje Y)

Piso	Altura (m)	Sismo y-y	Deriva	Deriva inelástica	Cumple
15	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0009	0.0045	OK
14	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0010	0.0051	OK
13	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0011	0.0056	OK
12	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0012	0.0062	OK
11	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0013	0.0068	OK
10	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0014	0.0073	MAL
9	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0015	0.0078	MAL
8	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0015	0.0081	MAL
7	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0016	0.0083	MAL
6	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0016	0.0084	MAL
5	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0016	0.0082	MAL
4	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0015	0.0077	MAL
3	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0013	0.0067	OK
2	2.9	SY (100% Y+30% X)	0.0010	0.0052	OK
1	3.2	SY (100% Y+30% X)	0.0005	0.0027	OK

Fuente: Elaboración propia

En las Tablas 55 y 56, se muestran las derivas inelásticas calculadas mediante el análisis dinámico modal espectral en el Eje X-X y en el EJE Y-Y, en el cual se puede observar que la máxima deriva permitida es excedida en los pisos desde el 4 al 13 para el eje x y desde el piso 4 al 10 para el eje y. Por lo tanto, no estaría cumpliendo con límites de distorsión impuestas por la norma sismorresistente E 030 vigente.

– Análisis Tiempo Historia lineal

Para analizar la estructura se utilizaron los registros correspondientes a los años 1966, 1974 y 1970 en sus dos direcciones X e Y detallados en la Tabla N°57, las cuales se hizo la corrección por línea base y filtrado con ayuda del software SeismoSignal y a su vez se escalaron mediante el software SeismoMatch de acuerdo a lo estipulado en la NTP E-030 en el Artículo 30: “Ambas componentes se escalan por un mismo factor, de modo que en el rango de periodos entre 0.2T y 1.5T (Siendo T el periodo fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la



ordenada correspondiente del espectro de diseño ( $R=1$ )". (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, octubre de 2018).

Tabla 57: Registros sísmicos empleados para el análisis tiempo historia lineal.

Fecha	Componentes	Duración (seg)	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )	Profundidad local	Magnitud
LIMA (1966)	E-W	197.64	-180.59	37.30	6.40
	N-S		-269.34		
Chimbote (1970)	E-W	45.16	-104.80	64.00	6.60
	N-S		-97.70		
LIMA (1974)	E-W	97.96	-192.50	13.00	6.60
	N-S		179.00		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Derivas extraídas del tiempo historia lineal (Dirección X).

Nivel	Lima 1966		Lima 1970		Lima 1974	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
15	0.0051	0.0042	0.0004	0.0005	0.0050	0.0066
14	0.0058	0.0047	0.0004	0.0005	0.0056	0.0075
13	0.0065	0.0051	0.0005	0.0006	0.0063	0.0083
12	0.0072	0.0054	0.0005	0.0006	0.0068	0.0089
11	0.0079	0.0058	0.0005	0.0006	0.0073	0.0095
10	0.0085	0.0063	0.0005	0.0005	0.0076	0.0098
9	0.0089	0.0068	0.0005	0.0005	0.0078	0.0099
8	0.0091	0.0071	0.0005	0.0005	0.0080	0.0098
7	0.0093	0.0073	0.0005	0.0004	0.0085	0.0097
6	0.0093	0.0073	0.0005	0.0004	0.0092	0.0094
5	0.0089	0.0071	0.0005	0.0004	0.0096	<b>0.0099</b>
4	0.0082	0.0066	0.0005	0.0004	0.0095	0.0097
3	0.0070	0.0057	0.0005	0.0004	0.0087	0.0088
2	0.0052	0.0046	0.0004	0.0003	0.0069	0.0070
1	0.0025	0.0024	0.0002	0.0002	0.0034	0.0034

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Derivas extraídas del tiempo historia lineal (Dirección Y).

Nivel	Lima 1966		Lima 1970		Lima 1974	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
15	0.0037	0.0036	0.0005	0.0005	0.0037	0.0044
14	0.0043	0.0041	0.0005	0.0005	0.0042	0.0051
13	0.0048	0.0045	0.0006	0.0006	0.0047	0.0057
12	0.0055	0.0050	0.0006	0.0006	0.0053	0.0064
11	0.0061	0.0054	0.0007	0.0006	0.0059	0.0070
10	0.0067	0.0057	0.0007	0.0006	0.0065	0.0076
9	0.0073	0.0061	0.0007	0.0005	0.0070	0.0079
8	0.0077	0.0063	0.0006	0.0005	0.0074	<b>0.0081</b>
7	0.0079	0.0065	0.0006	0.0005	0.0077	0.0081
6	0.0080	0.0065	0.0006	0.0005	0.0078	0.0079
5	0.0078	0.0063	0.0006	0.0005	0.0076	0.0075
4	0.0073	0.0059	0.0006	0.0006	0.0071	0.0067
3	0.0063	0.0052	0.0006	0.0005	0.0063	0.0057
2	0.0049	0.0041	0.0005	0.0004	0.0048	0.0043
1	0.0025	0.0022	0.0002	0.0002	0.0024	0.0021

Fuente: Elaboración propia

– Control de distorsiones de entrepiso

En las siguientes tablas se observa como es el porcentaje de reducción de las derivas tanto en la dirección x como en la dirección y de entrepiso con la incorporación de los disipadores de fluido viscoso lineales ( $\alpha = 1.00$ ) y no lineales ( $\alpha = 0.25, 0.50, 0.75$ ).

Tabla 60: Comparación de derivas en la dirección X

Nivel	Sin disipador	Disipadores lineales				Disipadores no Lineales			
		$\alpha = 1.00$		$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.50$		$\alpha = 0.75$	
		Red (%)	Red (%)	Red (%)	Red (%)	Red (%)	Red (%)	Red (%)	Red (%)
15	0.0066	0.0050	25%	0.0043	35%	0.0032	52%	0.0022	66%
14	0.0075	0.0056	25%	0.0048	35%	0.0036	52%	0.0026	66%
13	0.0083	0.0062	25%	0.0053	36%	0.0040	52%	0.0029	65%
12	0.0089	0.0067	25%	0.0057	36%	0.0043	52%	0.0033	63%
11	0.0095	0.0071	25%	0.0059	38%	0.0045	52%	0.0036	62%
10	0.0098	0.0073	25%	0.0059	40%	0.0046	53%	0.0038	61%
9	0.0099	0.0074	25%	0.0057	42%	0.0048	51%	0.0041	59%
8	0.0098	0.0074	25%	0.0057	42%	0.0050	49%	0.0043	56%
7	0.0097	0.0073	25%	0.0057	41%	0.0051	48%	0.0045	54%

6	0.0094	0.0071	25%	0.0056	40%	0.0050	47%	0.0045	52%
5	<b>0.0099</b>	0.0074	25%	0.0056	43%	0.0048	51%	0.0044	56%
4	0.0097	0.0073	25%	0.0055	43%	0.0044	55%	0.0041	58%
3	0.0088	0.0066	25%	0.0050	43%	0.0037	58%	0.0035	60%
2	0.0070	0.0052	25%	0.0040	43%	0.0030	57%	0.0027	62%
1	0.0034	0.0026	25%	0.0020	43%	0.0015	56%	0.0013	62%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 60 se observa los resultados de las derivas de entrepiso para el eje “brindados mediante el análisis tiempo historia lineal para el diseño convencional y no lineales para los disipadores de fluido viscoso, dándonos que en el diseño convencional no cumple con la deriva máxima la cual es 0.007 según la norma E.030, por ende, al aplicar los disipadores lineales ( $\alpha = 1.00$ ) y no lineales ( $\alpha = 0.25, 0.50, 0.75$ ), observamos que el mayor porcentaje de reducción lo realiza el coeficiente de velocidad ( $\alpha = 0.75$ ), para casos prácticos utilizaremos el coeficiente de velocidad ( $\alpha = 0.50$ ), el cual está dentro de la deriva objetivo que nos propusimos, siendo el máximo porcentaje de reducción en 39% ubicándose en el piso 13, además teniendo en cuenta que para el diseño convencional las máximas derivas se encontraban en el piso 7 y 8 reduciendo un 21% y 23% respectivamente, dando a entender que esta es una mejora considerable para la respuesta estructural.

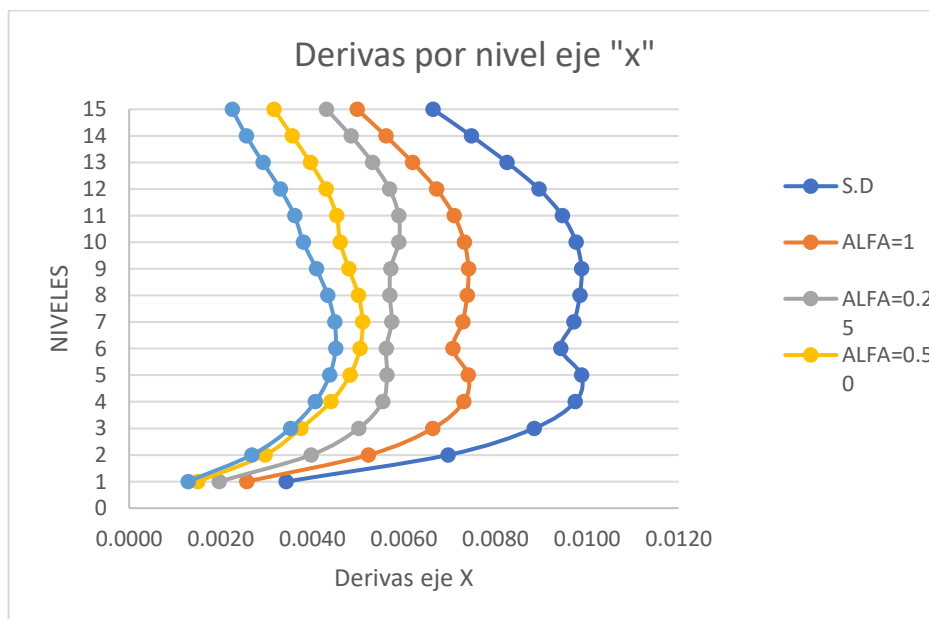


Figura 62: Derivas por nivel en el eje X-X

Fuente: Elaboración propia

En la figura 62 se muestra la comparación de las derivas en el eje x sin disipadores, y con la incorporación de los disipadores lineales ( $\alpha = 1.00$ ) y no lineales ( $\alpha = 0.25, 0.50, 0.75$ ), observando que la mejor respuesta estructural nos da el coeficiente de velocidad de ( $\alpha = 0.75$ ), para optimizar recursos optamos por trabajar con él coeficiente de velocidad ( $\alpha = 0.50$ ), la cual se encuentra menor de la deriva máxima 0.007 impuesta por la norma E.030, dándonos como resultado una mejora de la respuesta estructural de nuestro edificio al incorporar los disipadores de fluido viscoso.

Tabla 61: Comparación de derivas en la dirección Y

Nivel	Sin disipador	Disipadores lineales			Disipadores no lineales				
		$\alpha = 1.00$	Red (%)	$\alpha = 0.25$	Red (%)	$\alpha = 0.50$	Red (%)	$\alpha = 0.75$	Red (%)
15	0.0044	0.0036	20%	0.0031	29%	0.0028	38%	0.0024	46%
14	0.0051	0.0040	21%	0.0036	30%	0.0031	38%	0.0027	46%
13	0.0057	0.0044	23%	0.0039	31%	0.0035	39%	0.0031	46%
12	0.0064	0.0048	24%	0.0044	30%	0.0040	38%	0.0034	47%
11	0.0070	0.0053	25%	0.0050	29%	0.0044	37%	0.0037	47%
10	0.0076	0.0057	25%	0.0055	28%	0.0048	36%	0.0041	46%
9	0.0079	0.0060	24%	0.0059	26%	0.0052	34%	0.0044	45%
8	<b>0.0081</b>	0.0063	23%	0.0062	23%	0.0055	33%	0.0046	43%
7	<b>0.0081</b>	0.0064	21%	0.0065	21%	0.0057	30%	0.0048	41%
6	0.0079	0.0064	19%	0.0065	18%	0.0057	28%	0.0048	39%
5	0.0075	0.0063	16%	0.0064	14%	0.0056	25%	0.0047	37%
4	0.0067	0.0059	13%	0.0060	11%	0.0052	22%	0.0044	35%
3	0.0057	0.0052	9%	0.0052	8%	0.0046	20%	0.0038	33%
2	0.0043	0.0041	4%	0.0040	5%	0.0035	17%	0.0030	30%
1	0.0021	0.0022	-6%	0.0020	2%	0.0018	14%	0.0015	28%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 61 se observa los resultados de las derivas de entrepiso para el eje “brindados mediante el análisis tiempo historia lineal para el diseño convencional y no lineales para los disipadores de fluido viscoso, dándonos que en el diseño convencional no cumple con la deriva máxima la cual es 0.007 según la norma E.030, por ende, al aplicar los disipadores lineales ( $\alpha = 1.00$ ) y no lineales ( $\alpha =$

0.25,0.50,0.75), observamos que el mayor porcentaje de reducción lo realiza el coeficiente de velocidad ( $\alpha = 0.75$ ), para casos prácticos utilizaremos el coeficiente de velocidad ( $\alpha = 0.50$ ), el cual está dentro de la deriva objetivo que nos propusimos, siendo el máximo porcentaje de reducción en 39% ubicándose en el piso 13, además teniendo en cuenta que para el diseño convencional las máximas derivas se encontraban en el piso 7 y 8 reduciendo un 21% y 23% respectivamente, dando a entender que esta es una mejora considerable para la respuesta estructural.

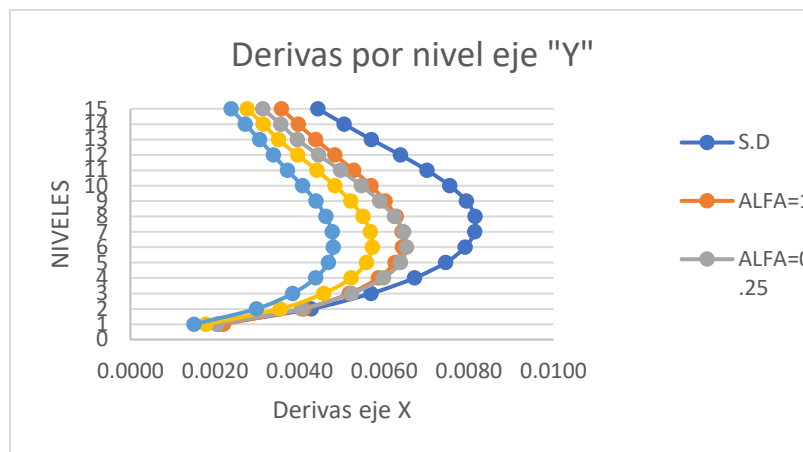


Figura 63: Derivas por nivel en el eje Y-Y

Fuente: Elaboración propia

En la figura 63 se muestra la comparación de las derivas en el eje x sin disipadores, y con la incorporación de los disipadores lineales ( $\alpha = 1.00$ ) y no lineales ( $\alpha = 0.25, 0.50, 0.75$ ), observando que la mejor respuesta estructural nos da el coeficiente de velocidad de ( $\alpha = 0.75$ ), para optimizar recursos optamos por trabajar con el coeficiente de velocidad ( $\alpha = 0.50$ ), la cual se encuentra menor de la deriva máxima 0.007 impuesta por la norma E.030, dándonos como resultado una mejora de la respuesta estructural de nuestro edificio al incorporarle los disipadores de fluido viscoso.

- Comparación de la respuesta estructural de la estructura con diseño convencional y con la incorporación de disipadores

En el diseño convencional según la norma E.030 se obtuvieron las derivas inelásticas las cuales las obtuvimos por  $0.75 \cdot R$ , indicándonos en la norma que debe ser menor que el 0.007, esto se interpretara como los desplazamientos relativos entre la altura de entrepisos.

Tabla 62: Reducción en la cortante de entrepiso para la dirección X-X

Piso	Dirección x-x Fuerza cortante		Porcentaje de reducción (%)
	Convencional (Ton)	Con el uso de disipadores de fluido viscoso (Ton)	
15	685.13	303.13	55.76%
14	1,233.43	542.04	<b>56.05%</b>
13	1,634.67	793.08	51.48%
12	1,937.13	1,039.75	46.33%
11	2,171.86	1,255.31	42.20%
10	2,363.81	1,435.53	39.27%
9	2,534.46	1,579.57	37.68%
8	2,701.11	1,683.12	37.69%
7	2,874.91	1,734.97	39.65%
6	3,059.23	1,735.56	43.27%
5	3,249.49	1,762.55	45.76%
4	3,434.32	1,787.74	47.94%
3	3,597.58	1,793.70	50.14%
2	3,720.99	1,795.94	51.73%
1	3,787.33	1,808.38	52.25%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63: Reducción en la cortante de entrepiso para la dirección Y-Y

Piso	Dirección y-y Fuerza cortante		Porcentaje de reducción (%)
	Convencional (Ton)	Con el uso de disipadores de fluido viscoso (Ton)	
15	732.15	408.74	44.17%
14	1,352.91	718.69	<b>46.88%</b>
13	1,833.56	1,049.32	42.77%
12	2,220.63	1,384.34	37.66%
11	2,542.80	1,699.66	33.16%
10	2,820.97	1,982.93	29.71%
9	3,071.46	2,240.61	27.05%
8	3,306.38	2,492.59	24.61%
7	3,532.99	2,717.86	23.07%
6	3,753.23	2,904.93	22.60%
5	3,963.69	3,045.71	23.16%
4	4,156.26	3,159.86	23.97%
3	4,319.32	3,250.27	24.75%
2	4,439.35	3,297.91	25.59%
1	4,503.30	3,303.15	26.77%

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4 Contratación de hipótesis

##### a) Hipótesis General

Habiendo analizado los datos obtenidos se concluye que si se mejora el comportamiento estructural de la edificación al incorporar los disipadores de fluido viscoso tanto lineales como no lineales.

##### b) Hipótesis secundaria I

Con los resultados obtenidos se observa que al incorporar los disipadores de fluido viscoso con velocidad de ( $\alpha = 0.50$ ), el cual utilizaremos para el proyecto, en el Eje “x” obtenemos un máximo porcentaje de reducción de 58% y en el Eje “y” obtenemos un máximo porcentaje de reducción de 39%, concluyendo que si se cumplió con la hipótesis establecida.

##### c) Hipótesis secundaria II

En la discusión de resultados se realizó la comparación de los esfuerzos cortantes de entrepiso al incorporar los disipadores de fluido viscoso con velocidad de ( $\alpha = 0.50$ ), dándonos porcentajes de reducción máximas para los Eje “x” y “y” en el piso 14, los cuales son 56.05% y 46.88% respectivamente, con lo cual concluimos que si se cumple un alto porcentaje de reducción en los esfuerzos cortantes de la edificación al implementar los disipadores de fluido viscoso

##### d) Hipótesis secundaria III

Habiendo analizado los datos obtenidos, al realizar el análisis tiempo historia no lineal al implementar los disipadores de fluido viscoso, la mejor respuesta estructural para la edificación nos brindó el disipador de fluido viscoso no lineal con velocidad de ( $\alpha = 0.50$ ), debido que genera un alto porcentaje de reducción en las derivas, estando por debajo de la norma E.030.

## CONCLUSIONES

1. Se logro mejorar el comportamiento estructural de la edificación dual idealizada de 15 pisos de concreto armado, al incorporar los disipadores de fluido viscoso tanto con los disipadores de fluido viscoso lineales ( $\alpha = 1.00$ ), como los disipadores de fluido viscoso no lineales, ( $\alpha = 0.25, 0.50, 0.75$ ).
2. Con la incorporación de los disipadores de fluido viscoso a la estructura dual idealizada de 15 pisos, se logró alcanzar la deriva objetivo con la que se inicia en el diseño de los disipadores de fluido viscoso, alcanzando un buen porcentaje de reducción de distorsiones de entrepiso 58.00 %, en el Eje X-X y 39.00%, en el Eje Y-Y, demostrando que al incorporar los disipadores de fluido viscoso lineales y no lineales no solo reduce las distorsiones de entrepiso, sino que se demuestra que mejora en la respuesta estructural.
3. Las fuerzas cortantes de un edificio convencional dual idealizado de 15 pisos de concreto armado, de acuerdo al análisis tiempo historia no lineal que se realizó, al incorporar los disipadores de fluido viscoso se obtuvieron los siguientes resultados. Para los Ejes “x” y “y” en el piso 14 se obtuvieron fuerzas cortantes de 542.04 ton y 718.69 ton, respectivamente, y para el diseño convencional se obtuvieron fuerzas cortantes de 1233.43 ton y 1352.91 ton respectivamente en el eje “x” y “y”, en el piso 14 dándonos un porcentaje de reducción 56.05% y 46.88%, indicándonos que la fuerza cortante se redujo de una manera significativa tanto para el eje “x” como para el eje “y”.
4. La propuesta final del diseño de la estructura es con disipadores no lineales de fluido viscoso con exponente de velocidad alfa ( $\alpha=0.50$ ), el edificio tendrá como uso 8 disipadores por piso de los cual se obtuvieron derivas máximas de 0.0051 en el Eje X-X y 0.0057 en el Eje Y-Y, respectivamente. Para la verificación del amortiguamiento viscoso en la estructura se realizó un ensayo de vibración libre en donde se obtuvieron valores de 18.84% para el Eje X-X y 10,18% para el Eje Y-Y, estando estos valores dentro de lo aceptable con respecto al amortiguamiento viscoso de diseño. Asimismo, se obtuvo un porcentaje de disipación de energía del orden de 70.20% y 58.74% para el Eje X-X y Eje Y-Y respectivamente.



## RECOMENDACIONES

1. El capítulo 21 de la Norma de concreto armado E.060 que corresponde a las disposiciones especiales para el diseño sísmico, establece ciertos parámetros que proporcionan al diseño un comportamiento dúctil tanto en vigas como en columnas, siendo este un papel primordial en el desarrollo del desempeño sísmico ya que sin ello se incurriría en el rango inelástico teniendo falla frágil debido a la falta de ductilidad en los elementos.
2. Tener en cuenta los resultados de esta investigación, debido a que se puede utilizar para reforzamientos de edificaciones de categoría “C”, ya que en la actualidad se busca reducir en lo posible las distorsiones de entrepiso evitando así el colapso en nuestras estructuras y así poder evitar pérdidas de vidas, así como los daños en la estructura.
3. Se recomienda la utilización de los sistemas de control pasivo como son los disipadores de energía de fluido viscoso los cuales no añaden rigidez a la estructura, ayudándonos a no generar irregularidad por torsión por planta, además disminuyendo las fuerzas cortantes máximas de un edificio dual idealizado de 15 niveles de una manera significativa, esto ayudando a reaccionar a la edificación a un evento sísmico severo.
4. En la etapa de diseño se debe de considerar las diferentes opciones de exponentes de velocidades tanto lineales ( $\alpha=1.00$ ), como no lineales ( $\alpha=0.25, 0.5, 0.75$ ) con el fin de escoger el que genere un disipador con mayor eficiencia.
5. Teniendo en cuenta el diseño sísmico en base a la norma E.030 (2018), tomamos como deriva máxima para las distorsiones de entrepiso de 0.007. Se recomienda para futuros estudios de investigaciones utilizar los criterios HAZUS y VISION 2000 los cuales de una mejor manera cuando se está cerca al colapso o no.
6. Se recomienda, incluir en el curso de Ingeniería Sismorresistente y Desastres Naturales, de la facultad de ingeniería civil de nuestra casa de estudios, la unidad temática de: “Introducción a los Sistemas de Protección sísmica”, puesto que debemos estar en la capacidad de implementar estos sistemas en futuras construcciones, con la finalidad de promover una cultura de prevención y del riesgo sísmico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 273-274, F. (1997). *Federal Emergency Management Agency FEMA. Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, D.C.
- 356, F. (2000). *Federal Emergency Management Agency FEMA. Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. Washington, D.C.
- Ancasi, R. (2019). *Propuesta de un método para el diseño de edificios con disipadores pasivos de energía utilizando registros sísmicos peruanos*. (U. C. Peru, Ed.) LIMA. Obtenido de [hdl.handle.net/20.500.12404/15598](https://hdl.handle.net/20.500.12404/15598)
- ASCE, 7.-1. (2010). *American Society of Civil ASCE 7-10. Minimum Design Loads for*.
- ASCE/SEI, 7.-1. (2017). *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures, American Society of Civil Engineers*.
- Bazán, E., & Meli, R. (1985). *Diseño Sísmico de Edificios*. Limusa.
- Borja, S. (2016). *Metodología de investigación científica para ingenieros*.
- Bozzo, L., Gonzales, H., Pantoja, M., Muñoz, E., & Ramírez, J. (2019). Modeling, Analysis and Seismic Design Of Structures Using Energy Dissipators SLB. 81.
- Calderón, A. (2017). *Diseño para el reforzamiento sísmico con disipadores de energía de un edificio de hormigón armado de 16 pisos*, Sangolquí.
- Castañeda, V. -M. (2019). Evaluación de los niveles de desempeño sísmico de un edificio aporticado empleando disipadores de fluido viscoso. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Construction, A. S. (2005). *American institute Steel construction, Thirteenth*.
- Corpus J., & Morales E. (2015). *Análisis sísmico comparativo entre un sistema dual y el sistema de reforzamiento de disipadores de fluido viscoso para un edificio en el distrito de Víctor Larco Herrera aplicando ETABS 2013*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Grajales Guerra, T. (1996). *Conceptos Básicos para la Investigación Social de*.
- Guevara, D., & Torres, P. (2012). *Diseño de un edificio aporticado con amortiguadores de fluido - viscoso en disposición*. Lima.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.).
- López, C., Retamales, R., & Kannegiesser, T. (2011). Protección sísmica de estructuras, sistemas aislación sísmica y disipación de energía. *Cámara chilena de la construcción*, 3-23.
- Ministerio de vivienda, C. y. (2016). *Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"*.
- Montalvo, M. (2019). Comportamiento sísmico de una edificación de 10 niveles con sistema dual. (*tesis para licenciatura*). Universidad Cesar Vallejo.
- Muñoz, A. (2020). *Comentarios a la norma peruana E.030 Diseño sismorresistente*. Sencico.
- NTP-E030. (2018). *Norma Técnica de edificación NTE-E.030 Diseño Sismorresistente*.
- NTP-E060. (2009). *Norma Técnica de edificación NTE-E.060 Diseño concreto armado*.
- Oviedo, J., & Duque, P. (2006). Sistemas de control de respuestas sísmicas en edificaciones. *EIA*(6), 105-120.
- Oviedo, R. (2008). *Dispositivos Pasivos de Disipación de Energía para Diseño Sismorresistente de Estructuras (Tesis de Maestría*. (U. N. Ingeniería, Ed.) Lima.
- Pardo, J. (2007). *Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal*. (U. A. Chile, Ed.) Valdivia, Chile.
- Quilca, R. (2021). Desempeño sísmico de un edificio de uso esencial de 16 niveles de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso. (*tesis de licenciatura*). Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa.
- Reboredo, A. B. (1996). Análisis dinámico de construcciones sismo resistentes.
- Rodríguez, D. (2016). *Análisis sismorresistente mediante el método modal espectral de un edificio habitacional ubicado en la comuna de Tomé*. Universidad de la Santísima Concepción Católica.
- Salinas, B. (2019). Fundamentos del Análisis Dinámico de Estructuras.

Tena, A., & Gama, A. (2017). Determinación de parámetros de diseño sísmico para marcos dúctiles de concreto reforzado con disipadores de energía Histeréticos. 36-58.

Villarreal, C., & Oviedo, S. (2009). *Edificaciones con disipadores de energía*.

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis Principal	Instrumento	METODOLOGIA
¿De qué manera afecta la respuesta estructural de un edificio dual idealizado de concreto armado al incorporar disipadores de fluido viscoso?	Analizar la respuesta estructural de un edificio dual idealizado de concreto armado con la incorporación de disipadores de fluido viscoso	Se mejoró la respuesta estructural de un edificio dual idealizado de concreto armado al incorporar los disipadores de fluido viscoso.	Norma E.30 Diseño Sismorresistente	Tipo de investigación La presente investigación será de tipo aplicado
			Software ETABS 2019	Enfoque de la investigación La presente investigación tendrá un enfoque cuantitativo
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Secundarias	Instrumento	METODOLOGIA
¿Al incorporar disipadores de fluido viscoso a un edificio dual idealizada de concreto armado se genera una reducción de distorsión de entrepisos?	Determinar las máximas distorsiones entrepisos al incorporar disipadores de fluido viscoso.	Al incorporar los disipadores de fluido viscoso se generará una mayor reducción de las distorsiones de entrepiso en la edificación.  Al incorporar los disipadores de fluido viscoso se generará una mayor reducción de los esfuerzos cortantes en la edificación.		Nivel de investigación El nivel de investigación será de tipo descriptivo - explicativo
¿Al aplicar los disipadores de fluido viscoso a un edificio dual idealizada de concreto armado se genera una reducción a las fuerzas cortantes de cada piso?	Determinar las fuerzas cortantes de cada piso al incorporar disipadores de fluido viscoso a un edificio dual idealizado de concreto armado.	Comparar las eficiencias de los disipadores empleando exponentes de velocidad ( $\alpha=1, 0.75, 0.5, 0.25$ ), bajo la acción de un sismo severo en la estructura dual idealizada de concreto armado con disipadores de fluido viscoso.	Diseño basado en los manuales FEMA 273, 274 Y 356	
¿Cómo elegir el exponente de velocidad con mayor eficiencia para el edificio dual idealizada de concreto armado con disipadores de fluido viscoso ante un sismo severo?	Comparar las eficiencias de los disipadores empleando exponentes de velocidad ( $\alpha=1, 0.75, 0.5, 0.25$ ), bajo la acción de un sismo severo en la estructura dual idealizada de concreto armado con disipadores de fluido viscoso.	El exponente de velocidad de los disipadores que proporciona una mejor respuesta estructural es el no lineal con valor de 0.25, bajo la acción de un sismo severo.		Diseño de investigación La presente investigación será no experimental con diseño longitudinal

Anexo 2:Matriz de operacionalización

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones (Subvariables)	Indicadores	Instrumento	
Independiente	Disipadores de Fluido Viscoso	Son sistemas de control pasivo se basan en elementos que responden de forma inercial a la acción sísmica y a diferencia del resto de sistemas no precisan del aporte energético para funcionar. Villarreal (2008)	Características del disipador de fluido viscoso	. Componentes del disipador de fluido viscoso	Diseño basado en los manuales del FEMA 273, 274 Y 356
		Tipos de disipador de fluido viscoso	. Configuración Diagonal. Configuración Chevron . Configuración Scissor Jack		
		Propiedades físicas de los disipadores de fluido viscoso	. Rigidez del disipador de fluido viscoso . Coeficiente de amortiguamiento		
Dependiente	Respuesta Estructural	La respuesta estructural se obtiene de los diferentes métodos de análisis que se realiza a la estructura en lo que se determina los desplazamientos, derivas, cortantes basales y períodos de la edificación. López, Eduardo. (2018)	Distorsiones de entrepiso	Norma Peruana Sismorresistente E.30	Análisis sísmico estático con ETABS 19.0
		Esfuerzos Cortantes	Norma de Concreto Armado E.060	Análisis dinámico espectral con ETABS 19.0	
		Eficiencia de los disipadores empleando distintos exponentes de velocidad	Predimensionamiento de la estructura		

Anexo 3:Cronograma de actividades

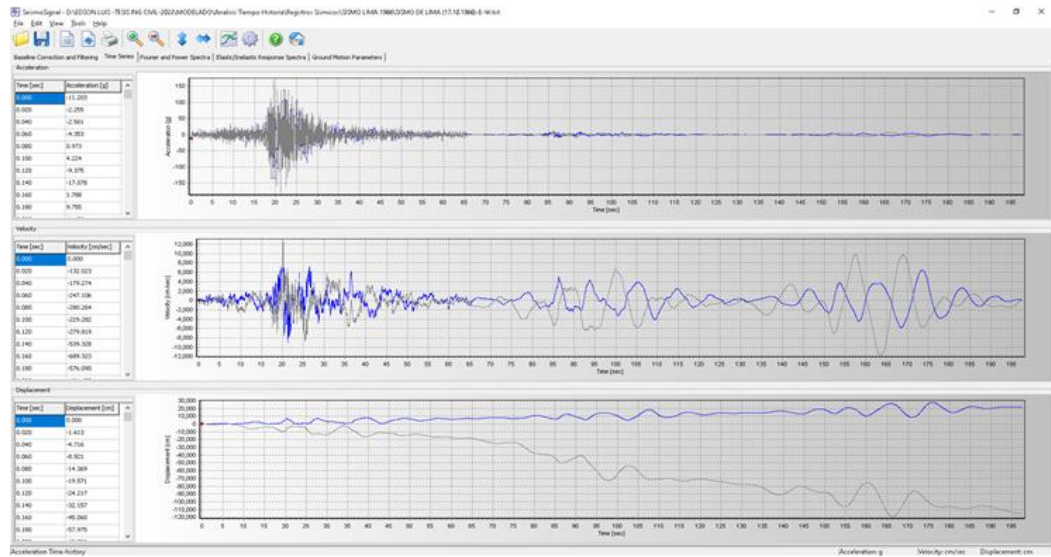
Plan de desarrollo de investigación	2022						
	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
Títulos							
Búsqueda de información							
Capítulo 1: Formulación del problema							
Capítulo 2: Marco teórico							
Capítulo 3: Sistema de Hipótesis							
Capítulo 4: Metodología de la investigación							
Verificación y corrección del APA							
Capítulo 5: Presentación y análisis de resultados							
Revisión por asesor							
Corrección final							

Anexo 4:Presupuesto referencial

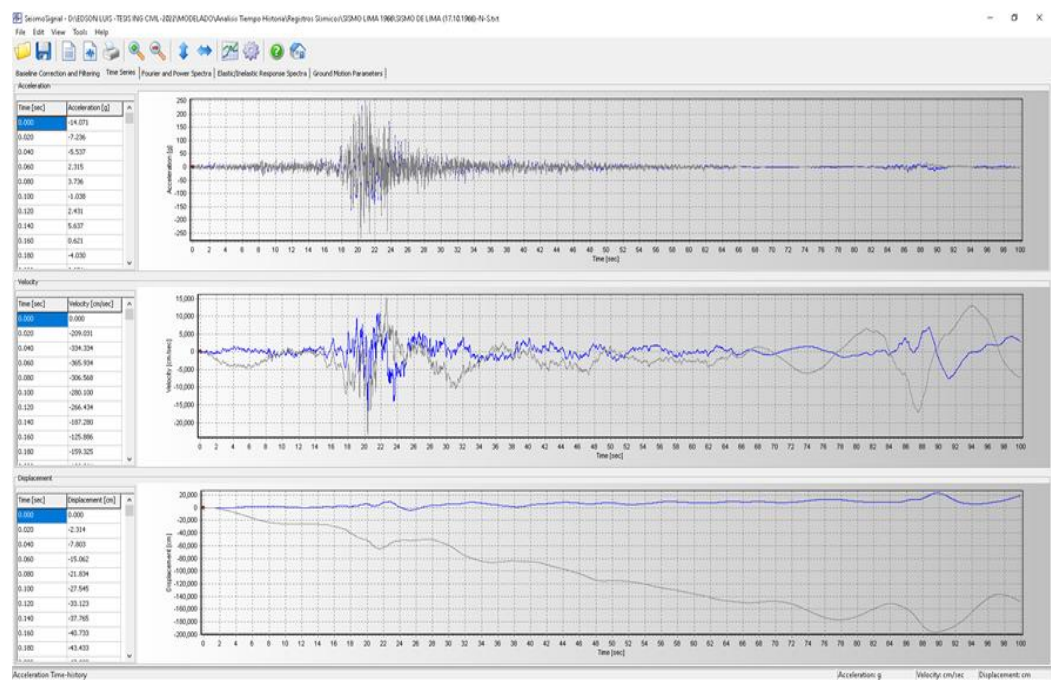
Descripción	Unidad de medida	Cantidad	P.U (S/.)	Total (S/.)
Empastado	und	6	50.00	300.00
Impresiones	glb	1	300.00	300.00
Movilidad	glb	1	100.00	100.00
Internet	glb	12	120.00	1,440.00
Normas, libros	und	1	150.00	150.00
Útiles de escritorio	glb	1	180.00	180.00
Asesoramiento	glb	2	6,000.00	12,000.00
Total				14,470.00

Anexo 5: Filtrado y escalamiento de registros sísmicos con software seismoSignal y seismomatch

FILTRADO Y CORRECCIÓN DE LINEA BASE PARA EL REGISTRO DE LIMA 1966 (E-W)

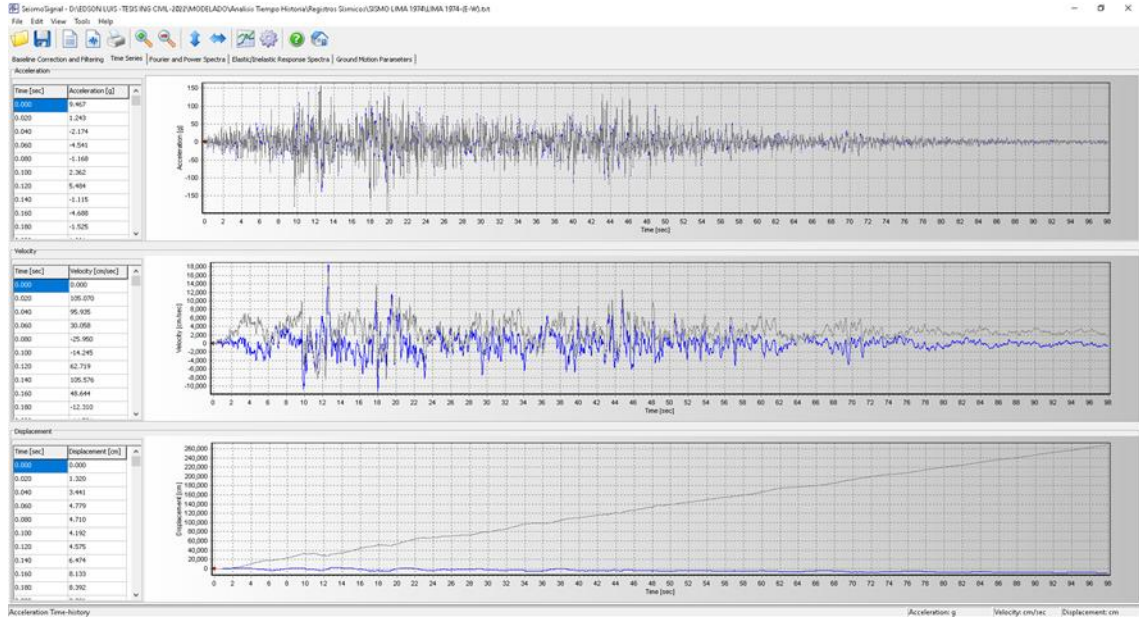


FILTRADO Y CORRECCIÓN DE LINEA BASE PARA EL REGISTRO DE LIMA 1966 (N-S)

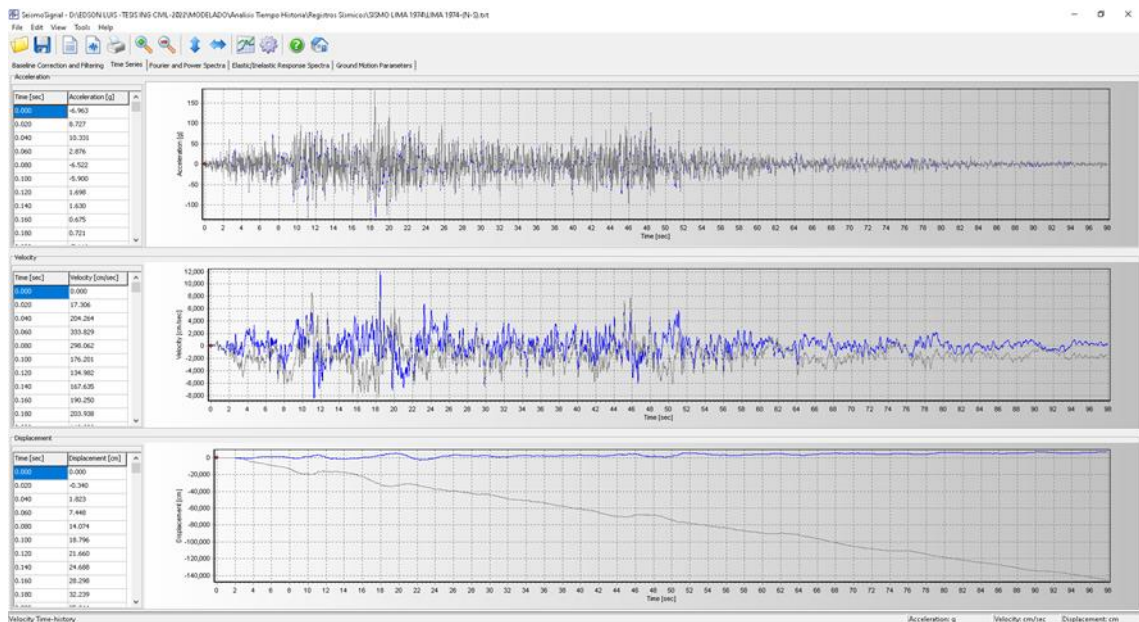




## FILTRADO Y CORRECIÓN DE LINEA BASE PARA EL REGISTRO DE LIMA 1974 (E-W)

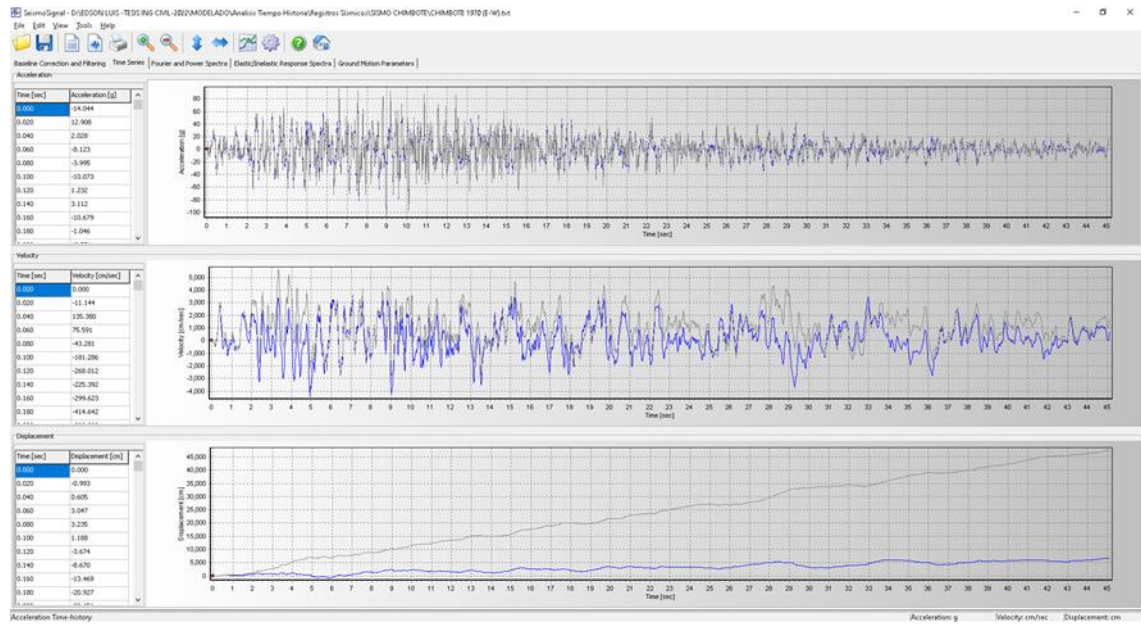


## FILTRADO Y CORRECIÓN DE LINEA BASE PARA EL REGISTRO DE LIMA 1974 (N-S)



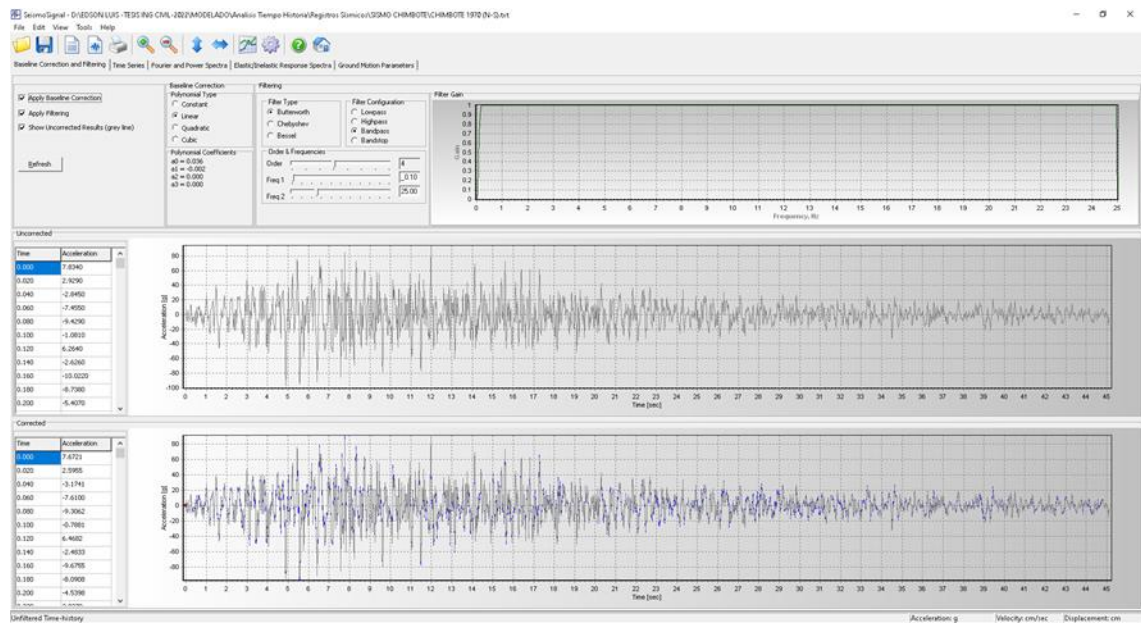
# FILTRADO Y CORRECIÓN DE LINEA BASE PARA EL REGISTRO DE LIMA

## 1970 (E-W)

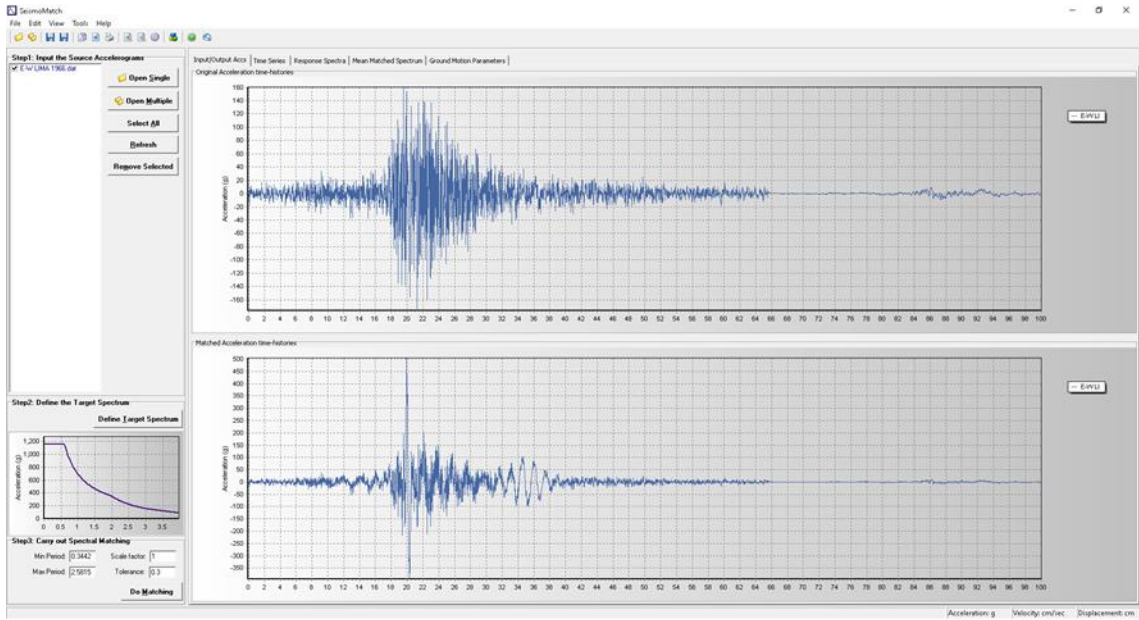


# FILTRADO Y CORRECIÓN DE LINEA BASE PARA EL REGISTRO DE LIMA

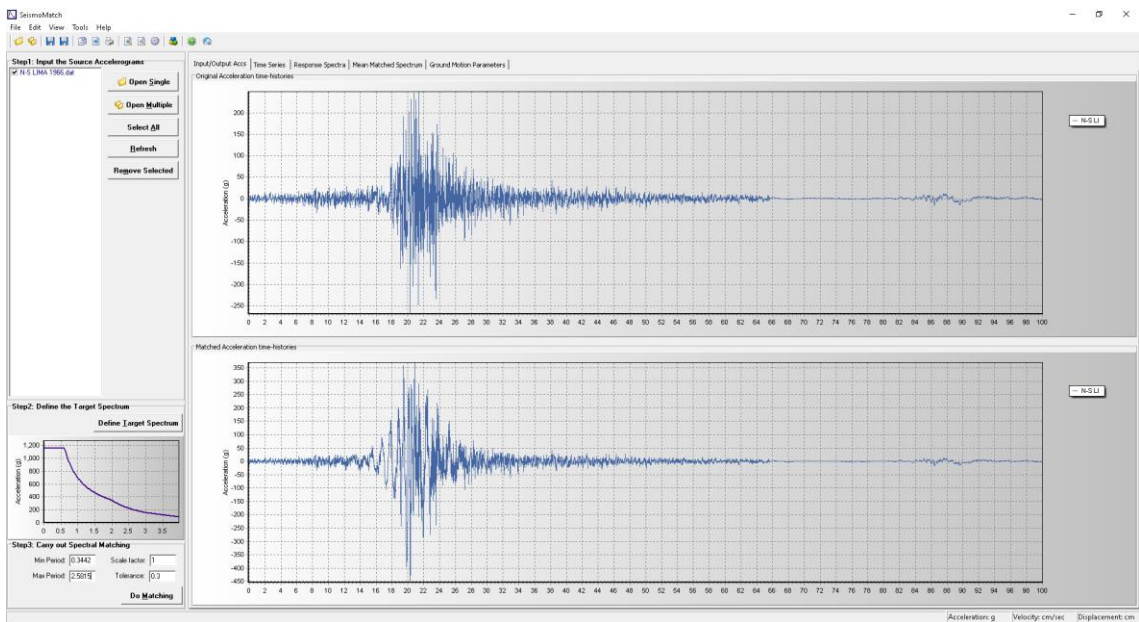
## 1970 (N-S)



# REGISTRO ESCALADO AL SISMO SEVERO PARA LA SEÑAL DE LIMA 1966 (E-W)

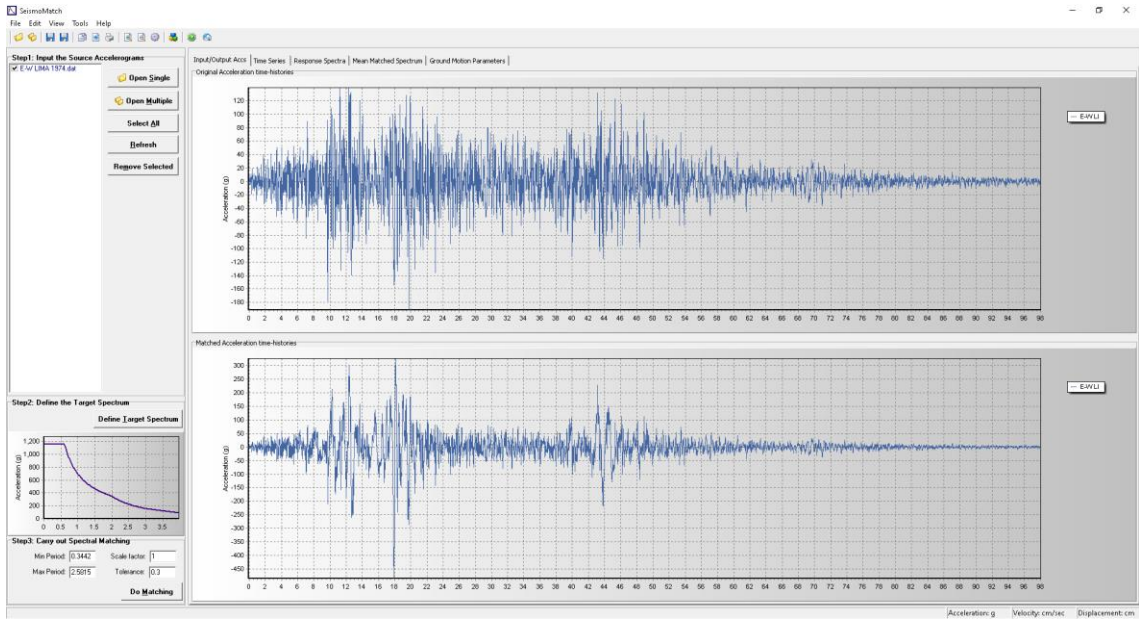


# REGISTRO ESCALADO AL SISMO SEVERO PARA LA SEÑAL DE LIMA 1966 (N-S)

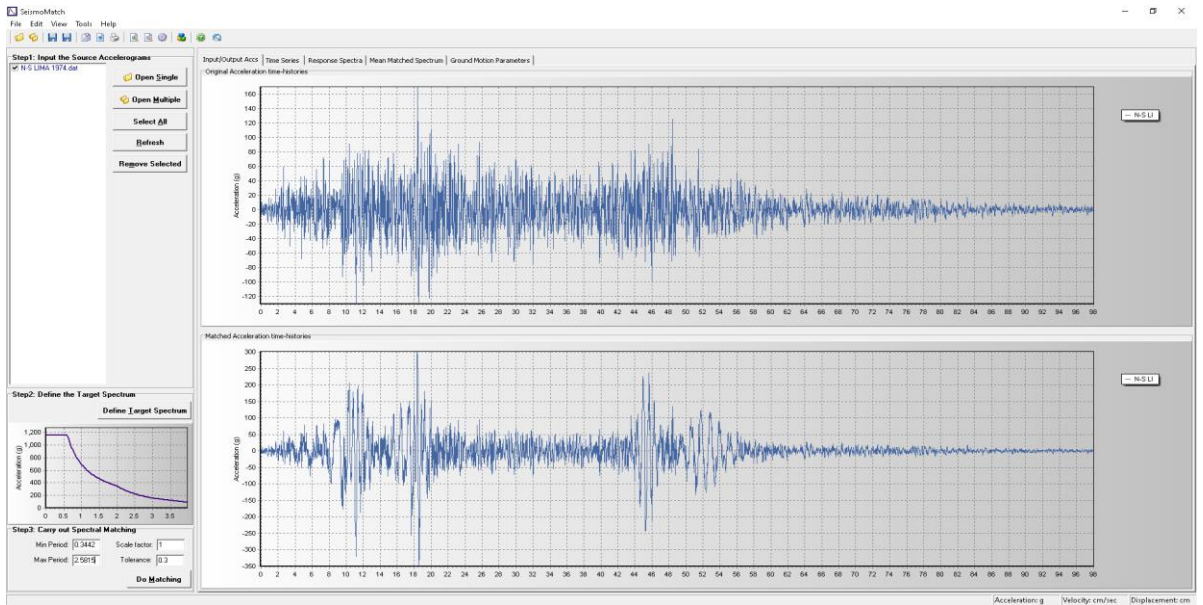




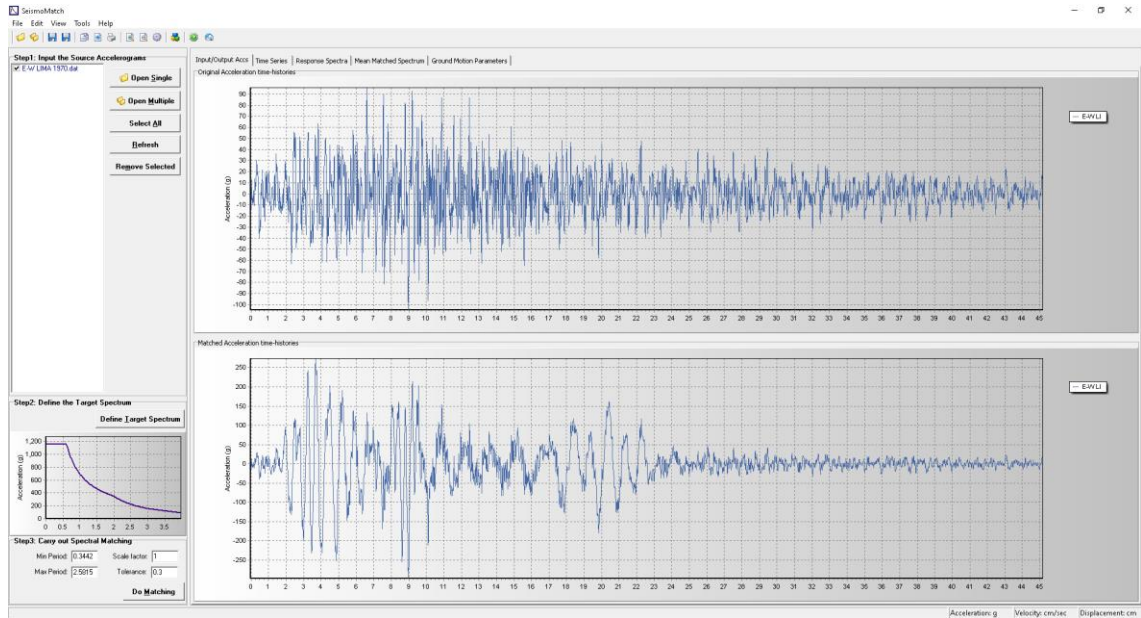
# REGISTRO ESCALADO AL SISMO SEVERO PARA LA SEÑAL DE LIMA 1974 (E-W)



# REGISTRO ESCALADO AL SISMO SEVERO PARA LA SEÑAL DE LIMA 1974 (N-S)



# REGISTRO ESCALADO AL SISMO SEVERO PARA LA SEÑAL DE LIMA 1970 (E-W)



# REGISTRO ESCALADO AL SISMO SEVERO PARA LA SEÑAL DE LIMA 1970 (N-S)

