

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

**“MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO,
EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE
SANTA MARÍA”**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Presentado por:

Bach. REYNOSO DOMINGO RODOLFO DENIS

Asesor:

Mg. JULIO CESAR BARRENCHEA ALVARADO

HUACHO – PERÚ

2022

**“MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA
EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA”**

ELABORADO POR:

Bach. REYNOSO DOMINGO RODOLFO DENIS

APROBADO POR:



Dr. SANCHEZ GUZMAN JORGE ANTONIO

PRESIDENTE



Ing. SERRANO RODAS HUGO

SECRETARIO



Mg. HERRERA VEGA HECTOR ALEXIS

VOCAL

ASESORADO POR:



Mg. BARRENECHEA ALVARADO JULIO CESAR

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi padre celestial que con su misericordia guía mi camino, me llena de bendiciones, me brinda paz y tranquilidad. También por hacer de mí una mejor persona cada día y por darme fortaleza cada mañana cuando uno siente desfallecer.

A mis padres Rosita Domingo Salinas y Esteban Reynoso Flores, quienes son fuente de inspiración para esforzarme cada día y ser mejor. Por su apoyo incondicional que me permitieron culminar mi carrera profesional, por el amor que me brindan cada día y por sus consejos que llenan de motivación para superarme y nunca rendirme.

A mis hermanas Hilda Reynoso Domingo, Maritza Reynoso Domingo, Dulce Inés Reynoso Domingo, por su apoyo incondicional y amor que siempre me brindan y por fomentar en mi persona el deseo de superación y ganas de triunfar en la vida.

A mi abuelito Calixto Domingo León, quien a sus 94 años se sigue esforzándose y por formar parte de mi vida.

A mis amigos, por sus apoyos y sus palabras reconfortantes que me brindaron de manera incondicional en los momentos que más lo necesitaba a cuáles agradezco de corazón.

AGRADECIMIENTO

A mi señor Jesucristo, por ser quien sostiene mi mano y me guía por el camino correcto alejándome de todo lo malo. Por estar siempre acompañándome en cada paso que doy en mi carrera brindándome fuerzas, sabiduría y muchas bendiciones.

A mis familiares, en especial a mi tía Zenobia Domingo Salinas, aunque no está presente en vida, siempre mi gratitud será eterna, por todo el apoyo que me brindo y consejos que me inculco para ser una mejor persona cada día.

Al Ing. Marco Luis Chinga Campos por abrirme las puertas de su oficina para poder forjarme y formarme como profesional.

Al M.Sc. Jean P. Chávez Aguirre, por sus enseñanzas compartidas que hicieron posible la elaboración de la presente tesis.

A mis compañeros y amigos que formaron parte de la promoción “Phs. Luis Bozo Rotondo” por los 5 años compartidos de mucha experiencia.

A todos los docentes que formaron parte durante mi formación académica que se tomaron el arduo trabajo de enseñarnos e inculcar sus conocimientos, en especial en la rama de las estructuras, por eso mi gratitud hacia ellos será eterno.

A mi querida alma mater Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, por ser mi segunda casa y abrirme las puertas de sus aulas lugar donde logre formarme como profesional y como persona gracias a todas las enseñanzas inculcados por sus docentes.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xx
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxvii
RESUMEN.....	xxviii
ABSTRACT	xxx
INTRODUCCIÓN	xxxii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema.....	6
1.2.1 Problema General.....	6
1.2.2 Problemas Específicos.	6
1.3 Objetivos de la investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación de la investigación.....	7
1.4.1 Justificación teórica.....	7
1.4.2 Justificación práctica.....	8
1.4.3 Justificación metodológica.....	8

1.5	Delimitación de la investigación	9
1.5.1	Delimitación temporal.....	9
1.5.2	Delimitación de espacio.....	9
1.5.3	Delimitación de alcance.....	11
1.5.4	Delimitación teórica.....	11
1.6	Viabilidad del estudio.....	11
1.6.1	Medios económicos.....	11
1.6.2	Medios tecnológicos.....	11
1.6.3	Medios técnicos.....	12
1.6.4	Medio social.....	12
1.6.5	Permisos.....	12
CAPÍTULO II		13
MARCO TEÓRICO.....		13
2.1	Antecedentes de la investigación.....	13
2.1.1	Investigaciones internacionales.....	13
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	16
2.2	Bases teóricas	22
2.2.1	Definición de comportamiento estructural.....	22
2.2.1.1	Definición conceptual.....	22
2.2.1.2	Definición operacional	23
2.2.1.2.1	Dimensiones.....	23
2.2.2	Definición de disipadores de fluido viscosos.....	25
2.2.2.1	Definición conceptual.....	25
2.2.2.2	Definición operacional	28
2.2.2.2.1	Dimensiones.....	28
2.3	Definición de términos básicos	40
2.3.1	Sistemas modernos de protección sísmica:	40

2.3.1.1	Sistema activo:.....	40
2.3.1.2	Sistema semiactivo:.....	42
2.3.1.3	Sistema pasivo:.....	43
2.3.1.3.1	Aislamiento sísmico:.....	44
2.3.1.3.2	Disipadores de energía:.....	44
2.3.2	Dispositivos pasivos de disipación de energía:.....	45
2.3.2.1	Disipadores histeréticos:.....	45
2.3.2.1.1	Disipadores por plastificación de metales:	45
2.3.2.1.2	Disipadores por fricción:	47
2.3.2.2	Disipadores viscoelásticos:.....	48
2.3.2.2.1	Disipadores viscoelásticos:	48
2.3.2.2.2	Disipadores de fluido viscoso:.....	49
2.3.3	Amortiguamiento efectivo (β_{eff}):.....	50
2.3.4	Amortiguamiento viscoso (β_H):.....	50
2.3.5	Filosofía sismorresistente:.....	51
2.3.6	Desempeño sismorresistente de edificaciones:	51
2.3.6.1	Niveles de amenaza sísmica:	52
2.3.6.2	Nivel de desempeño:	53
2.3.6.3	Importancia de la edificación:	55
2.3.6.4	Objetivos múltiples de desempeño:.....	55
2.3.7	Deriva y daño estructural:	56
2.3.7.1	Relación daño – deriva:	56
2.3.7.2	Propuesta Hazus para la relación daño–deriva:.....	57
2.3.8	Análisis sísmico de la edificación:.....	58
2.3.8.1	Análisis estático o de fuerzas Estáticas equivalentes	58
2.3.8.2	Análisis dinámico modal espectral.....	58

2.3.8.3	Análisis dinámico tiempo - historia.....	59
2.3.9	Parámetros sísmicos:.....	59
2.3.9.1	Zonificación.....	59
2.3.9.2	Condiciones geotécnicas	61
2.3.9.3	Factor de amplificación sísmica:	62
2.3.9.4	Categoría de las edificaciones	63
2.3.9.5	Sistemas estructurales.....	63
2.3.9.6	Factor de reducción de fuerzas sísmicas	64
2.3.9.7	Regularidad estructural:.....	65
2.3.9.8	Estimación de peso sísmico:.....	67
2.4	Formulación de la hipótesis.....	68
2.4.1	Hipótesis General.....	68
2.4.2	Hipótesis Específicas.	68
2.5	Operacionalización de variables.....	69
CAPÍTULO III		70
METODOLOGÍA		70
3.1	Diseño metodológico.....	70
3.1.1	Tipo de investigación.	70
3.1.2	Nivel de investigación.....	70
3.1.3	Diseño de investigación.	71
3.1.4	Enfoque de investigación.	71
3.2	Población y muestra	72
3.2.1	Población.....	72
3.2.2	Muestra.....	73
3.3	Técnicas de recolección de datos	73
3.3.1	Técnicas a emplear.....	73
3.3.1.1	Técnica documental:.....	73

3.3.1.2	Técnica observacional:	74
3.3.2	Descripción de los instrumentos.	74
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información.....	75
3.5	Matriz de consistencia.	77
CAPITULO IV	78
RESULTADOS	78
4.1	Análisis de resultado.....	78
4.1.1	Descripción del proyecto.....	78
4.1.1.1	Ubicación del proyecto.....	79
4.1.1.2	Características y uso de la edificación.....	79
4.1.1.3	Propiedades de los materiales de la edificación	80
4.1.2	Configuración y predimensionamiento estructural	80
4.1.2.1	Predimensionamiento de losas aligerada.....	80
4.1.2.2	Predimensionamiento de vigas	81
4.1.2.3	Predimensionamiento de columnas	82
4.1.2.4	Predimensionamiento de muros estructurales	85
4.1.2.5	Configuración estructural final.....	86
4.1.3	Metrado de carga de diseño.....	86
4.1.3.1	Metrado de carga muerta.....	86
4.1.3.2	Metrado de carga viva	87
4.1.4	Análisis estructural sísmico sin disipadores de energía	88
4.1.4.1	Parámetros sísmicos	88
4.1.4.2	Análisis sísmico estático	90
4.1.4.2.1	Peso sísmico por pisos	91
4.1.4.2.2	Periodo fundamental de vibración	92
4.1.4.2.3	Coefficiente de amplificación sísmica	92

4.1.4.2.4	Cortante basal	93
4.1.4.2.5	Fuerza sísmica en altura.....	94
4.1.4.2.6	Periodos naturales de vibración.....	95
4.1.4.2.7	Coefficiente de amplificación corregido.....	96
4.1.4.2.8	Cortante basal	97
4.1.4.2.9	Fuerza sísmica en altura.....	98
4.1.4.2.10	Verificación de periodo de vibración.....	101
4.1.4.2.11	Regularidad estructural	104
4.1.4.2.12	Verificación de sistema estructural.....	116
4.1.4.3	Análisis sísmico dinámico modal-espectral.....	118
4.1.4.3.1	Aceleración espectral.....	118
4.1.4.3.2	Periodos y modos de vibración.....	121
4.1.4.3.3	Cortante dinámico respecto a la cortante estático.....	122
4.1.4.3.4	Control de derivas máximas	123
4.1.5	Análisis estructural sísmico con disipadores de energía.....	127
4.1.5.1	Elección de objetivos de desempeño	127
4.1.5.1.1	Elección de nivel de amenaza sísmica.....	127
4.1.5.1.2	Elección de nivel de desempeño.....	127
4.1.5.1.3	Elección de estado de daño.....	128
4.1.5.1.4	Elección de sismo vs nivel de desempeño	129
4.1.5.1.5	Elección de deriva objetivo.....	130
4.1.5.2	Análisis sísmico dinámico modal-espectral con $R=1$	131
4.1.5.2.1	Parámetros sísmicos.....	131
4.1.5.2.2	Espectro de diseño $R=1.00$	132
4.1.5.2.3	Control de derivas máximas	134
4.1.5.3	Análisis sísmico dinámico-tiempo historia lineal.....	138

4.1.5.3.1	Registros sísmicos.....	139
4.1.5.3.2	Corrección por línea base y filtrado de registros	140
4.1.5.3.3	Escalamiento de los acelerogramas	142
4.1.5.3.4	Análisis sísmico Lima-1966	146
4.1.5.3.5	Análisis sísmico Lima-1970	151
4.1.5.3.6	Análisis sísmico Lima-1974	156
4.1.5.3.7	Elección de sismo de diseño	163
4.1.5.4	Cálculo de las propiedades para el uso de disipadores.....	167
4.1.5.4.1	Factor de reducción de respuesta espectral.....	167
4.1.5.4.2	Amortiguamiento efectivo	169
4.1.5.4.3	Amortiguamiento viscoso	170
4.1.5.4.4	Rigidez de brazo metálico.....	171
4.1.5.4.5	Exponente de velocidad y parámetro lambda	173
4.1.5.4.6	Coefficiente de amortiguamiento no lineal	174
4.1.5.5	Análisis sísmico dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores de fluido viscoso	193
4.1.5.5.1	Control de derivas máximas	194
4.1.5.5.2	Verificación de periodos de vibración y masa modal.....	199
4.1.5.5.3	Comportamiento histerético.....	200
4.1.5.5.4	Balance energético.....	213
4.1.5.5.5	Fuerza en los disipadores de energía	215
4.1.5.5.6	Máximo stroke	222
4.1.5.5.7	Velocidades máximas	227
4.1.6	Diseño de elementos de aceros	228
4.1.6.1	Elección del disipador	228
4.1.6.1	Diseño del brazo metálico	234

4.1.6.2	Diseño de la viga de acero.....	246
4.2	Contrastación de hipótesis.....	258
CAPITULO V		280
DISCUSIÓN		280
5.1	Discusión de resultados	280
CAPÍTULO VI.....		292
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		292
6.1	Conclusiones.....	292
6.2	Recomendaciones.....	295
CAPÍTULO VII		297
FUENTES DE INFORMACIÓN.....		297
7.1	Referencias bibliográficas	297
7.2	Referencias documentales	299
7.3	Referencias electrónicas	302
CAPÍTULO VIII		304
ANEXOS.....		304

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Derivas máximas de entrepiso.</i>	24
Tabla 2 <i>Valores del exponente α respecto al parámetro λ.</i>	31
Tabla 3 <i>Propiedades de los dispositivos Taylor Device Inc.</i>	32
Tabla 4 <i>Registros sísmicos, ubicación y aceleraciones máximas.</i>	37
Tabla 5 <i>Niveles de amenaza sísmica propuesta por el Seaoc.</i>	53
Tabla 6 <i>Niveles de desempeño propuesta por el SEAOC.</i>	53
Tabla 7 <i>Matriz de sismo de diseño vs desempeño sísmico.</i>	56
Tabla 8 <i>Deriva objetivo propuesto por la metodología Hazus.</i>	57
Tabla 9 <i>Deriva objetivo propuesto y estado de daño estructural.</i>	57
Tabla 10 <i>Factores de zonas sísmicas.</i>	61
Tabla 11 <i>Factor de suelo.</i>	62
Tabla 12 <i>Categoría de edificaciones y factor uso.</i>	63
Tabla 13 <i>Sistemas estructurales y factor de reducción sísmica.</i>	65
Tabla 14 <i>Factores de irregularidad en planta (I_p).</i>	66
Tabla 15 <i>Factores de irregularidad en altura (I_a).</i>	66
Tabla 16 <i>Dimensiones de las columnas centradas.</i>	83
Tabla 17 <i>Dimensiones de las columnas excéntricas.</i>	84
Tabla 18 <i>Dimensiones de las columnas excéntricas.</i>	85
Tabla 19 <i>Metrado de carga muerta.</i>	87
Tabla 20 <i>Metrado de carga muerta.</i>	88

Tabla 21 <i>Resumen de parámetros sísmicos.</i>	90
Tabla 22 <i>Peso sísmico de la edificación.</i>	91
Tabla 23 <i>Peso sísmico de la edificación</i>	92
Tabla 24 <i>Distribución de fuerzas sísmicas de entrepisos.</i>	95
Tabla 25 <i>Distribución de fuerzas sísmicas de entrepisos.</i>	99
Tabla 26 <i>Distribución de fuerzas sísmicas de entrepisos.</i>	100
Tabla 27 <i>Desplazamiento del centro de masa en la dirección x.</i>	102
Tabla 28 <i>Desplazamiento del centro de masa en la dirección y.</i>	103
Tabla 29 <i>Rigidez lateral de entrepiso en la dirección x.</i>	104
Tabla 30 <i>Rigidez lateral de entrepiso en la dirección y.</i>	105
Tabla 31 <i>Rigidez lateral de entrepiso en la dirección x.</i>	106
Tabla 32 <i>Rigidez lateral de entrepiso en la dirección y.</i>	107
Tabla 33 <i>Masa de entrepiso de la edificación en la dirección x e y.</i>	108
Tabla 34 <i>Desplazamientos máximos por pisos en la dirección x e y.</i>	110
Tabla 35 <i>Derivas máximas por pisos en la dirección x e y.</i>	111
Tabla 36 <i>Irregularidad torsional en la dirección x.</i>	113
Tabla 37 <i>Irregularidad torsional en la dirección y.</i>	113
Tabla 38 <i>Fuerza cortante en los muros de corte en dirección x.</i>	116
Tabla 39 <i>Fuerza cortante en los muros de corte en dirección y.</i>	117
Tabla 40 <i>Resumen de parámetros sísmicos.</i>	118
Tabla 41 <i>Espectro de pseudo-aceleraciones.</i>	119
Tabla 42 <i>Periodos, modos de vibración y masa participativa.</i>	121

Tabla 43 <i>Cortante dinámica y cortante estática en la base.</i>	122
Tabla 44 <i>Cortante dinámica vs cortante estática.</i>	122
Tabla 45 <i>Derivas máximas en la dirección x.</i>	123
Tabla 46 <i>Derivas máximas en la dirección y.</i>	125
Tabla 47 <i>Niveles de sismos de diseños propuesta por el Seaoc.</i>	127
Tabla 48 <i>Niveles de desempeño propuesta por el Seaoc.</i>	127
Tabla 49 <i>Estado de daño vs nivel de desempeño propuesta por el Seaoc.</i>	128
Tabla 50 <i>Matriz de sismo de diseño vs desempeño sísmico.</i>	129
Tabla 51 <i>Deriva objetivo propuesto por la metodología Hazus.</i>	130
Tabla 52 <i>Resumen de parámetros sísmicos.</i>	131
Tabla 53 <i>Espectro de pseudo-aceleraciones con R=1.00.</i>	132
Tabla 54 <i>Derivas máximas con R=1 en la dirección x.</i>	134
Tabla 55 <i>Derivas máximas con R=1 en la dirección y.</i>	137
Tabla 56 <i>Registros sísmicos, ubicación y aceleraciones máximas.</i>	139
Tabla 57 <i>Registros sísmicos escalados</i>	145
Tabla 58 <i>Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1966 (E-W) en la dirección x.</i>	146
Tabla 59 <i>Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1966 (N-S) en la dirección x.</i>	147
Tabla 60 <i>Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1966 (E-W) en la dirección y.</i>	148
Tabla 61 <i>Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1966 (N-S) en la dirección y.</i>	150
Tabla 62 <i>Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1970 (E-W) en la dirección x.</i>	151

Tabla 63 <i>Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1970 (N-S) en la dirección x.</i>	152
Tabla 64 <i>Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1970 (E-W) en la dirección y.</i>	154
Tabla 65 <i>Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1970 (N-S) en la dirección y.</i>	155
Tabla 66 <i>Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1974 (E-W) en la dirección x.</i>	156
Tabla 67 <i>Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1974 (N-S) en la dirección x.</i>	157
Tabla 68 <i>Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1974 (E-W) en la dirección y.</i>	159
Tabla 69 <i>Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1974 (N-S) en la dirección y.</i>	160
Tabla 70 <i>Resumen de las derivas máximas en la dirección x.</i>	161
Tabla 71 <i>Resumen de las derivas máximas en la dirección y.</i>	162
Tabla 72 <i>Relación de las derivas del análisis tiempo-historia lineal vs espectral con $R=1$.</i>	163
Tabla 73 <i>Deriva máxima del análisis tiempo-historia lineal en dirección x.</i>	164
Tabla 74 <i>Relación de las derivas del análisis tiempo-historia lineal vs espectral con $R=1$.</i>	165
Tabla 75 <i>Deriva máxima del análisis tiempo-historia lineal en dirección y.</i>	166
Tabla 76 <i>Deriva máxima del tiempo-historia lineal vs objetivo en x.</i>	167
Tabla 77 <i>Deriva máxima del tiempo-historia lineal vs objetivo en y.</i>	168
Tabla 78 <i>Medidas del perfil metálico Round HSS 12.75 x 0.50.</i>	171
Tabla 79 <i>Valores del exponente α respecto al parámetro λ.</i>	173
Tabla 80 <i>Peso sísmico de la edificación de entrepiso.</i>	174

Tabla 81 <i>Desplazamiento modal del modo 2.</i>	176
Tabla 82 <i>Desplazamiento modal relativo en los extremos del pórtico.</i>	177
Tabla 83 <i>Datos determinados para el cálculo del amortiguamiento no lineal...</i>	179
Tabla 84 <i>Datos para ingresar al Etabs.v.2019.2.0.</i>	181
Tabla 85 <i>Peso sísmico de la edificación de entrepiso.</i>	183
Tabla 86 <i>Desplazamiento modal del modo 1.</i>	185
Tabla 87 <i>Desplazamiento modal relativo en los extremos del pórtico.</i>	186
Tabla 88 <i>Datos determinados para el cálculo del amortiguamiento no lineal...</i>	188
Tabla 89 <i>Datos para ingresar al Etabs.v.2019.2.0.</i>	190
Tabla 90 <i>Derivas con el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores en x.</i>	194
Tabla 91 <i>Derivas con el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores en y.</i>	196
Tabla 92 <i>Periodos, modos de vibración y masa participativa.</i>	199
Tabla 93 <i>Fuerza y peso de disipadores de energía.</i>	216
Tabla 94 <i>Fuerza de los disipadores de fluido viscoso en el pórtico 1-1 y 5-5 en el eje x-x.</i>	216
Tabla 95 <i>Fuerza de los disipadores de fluido viscoso en el pórtico A-A y F-F en el eje y-y.</i>	218
Tabla 96 <i>Cantidad de disipadores por fuerza axial de trabajo.</i>	220
Tabla 97 <i>Características de los disipadores de energía Taylor.</i>	221
Tabla 98 <i>Características de la placa base para los disipadores de energía Taylor.</i>	221

Tabla 99 <i>Deformaciones máximas en los disipadores en los pórticos 1-1 y 5-5 en el eje x.</i>	223
Tabla 100 <i>Deformaciones máximas en los disipadores en los pórticos A-A y F-F en el eje y.</i>	224
Tabla 101 <i>Características de los disipadores de energía Taylor.</i>	228
Tabla 102 <i>Características de la placa base para los disipadores de energía Taylor.</i>	229
Tabla 103 <i>Dimensiones del perfil metálico Round HSS 12.75 x 0.50.</i>	235
Tabla 104 <i>Fuerzas de los disipadores en los pórticos 1 y 2 con el sismo máximo esperado.</i>	236
Tabla 105 <i>Fuerzas de los disipadores en los pórticos A y F con el sismo máximo esperado.</i>	241
Tabla 106 <i>Diferencial de fuerzas axiales en los pórticos 1 y 5 con el sismo máximo esperado.</i>	246
Tabla 107 <i>Diferencial de fuerzas axiales en los pórticos A y F con el sismo máximo esperado.</i>	248
Tabla 108 <i>Propiedades de la viga metálica de sección de W21X73.</i>	252
Tabla 109 <i>Momentos resistentes de la viga metálica de sección de W21X73.</i> ...	253
Tabla 110 <i>Propiedades de la viga metálica de sección de W21X73.</i>	257
Tabla 111 <i>Desplazamiento en el eje “x” e “y” sin disipadores.</i>	259
Tabla 112 <i>Desplazamiento en el eje “x” e “y” con disipadores.</i>	260
Tabla 113 <i>Comparación de desplazamiento en el eje “x” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.</i>	261
Tabla 114 <i>Comparación de desplazamiento en el eje “y” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.</i>	263

Tabla 115 <i>Derivas de entrepiso en el eje “x” e “y” para el edificio sin disipadores.</i>	265
Tabla 116 <i>Derivas en el eje “x” e “y” para el edificio con disipadores.</i>	266
Tabla 117 <i>Comparación de derivas de entrepiso en el eje “x” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.</i>	267
Tabla 118 <i>Comparación de derivas de entrepiso en el eje “y” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.</i>	269
Tabla 119 <i>Comparación de amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje x-x.</i>	271
Tabla 120 <i>Comparación de amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje y-y.</i>	272
Tabla 121 <i>Comparación del momento flector en la columna C-1 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.</i>	274
Tabla 122 <i>Comparación de la fuerza cortante en la columna C-1 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.</i>	275
Tabla 123 <i>Comparación del momento flector en la viga VP-01 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.</i>	276
Tabla 124 <i>Comparación de la fuerza cortante en la viga VP-01 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.</i>	277
Tabla 125 <i>Comparación del momento flector en los muros estructurales PL-XI del edificio sin disipador vs edificio con disipador.</i>	278
Tabla 126 <i>Comparación de la fuerza cortante en los muros estructurales PX-1 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.</i>	278

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Terremoto de Chile, Valdivia (1960).....	2
<i>Figura 2.</i> Catedral de Huacho, terremoto (1966).....	4
<i>Figura 3.</i> Mapa de ubicación del distrito Huaura	10
<i>Figura 4.</i> Mapa limítrofe del distrito de Santa María	10
<i>Figura 5.</i> Funcionamiento de disipador fluido viscoso	26
<i>Figura 6.</i> Funcionamiento de disipador fluido viscoso	28
<i>Figura 7.</i> Disipador fluido viscoso Taylor.....	29
<i>Figura 8.</i> Arreglo chevron brace mejorado.....	30
<i>Figura 9.</i> Bucle histérico de disipador F.D.V.....	35
<i>Figura 10.</i> Balance energético	36
<i>Figura 11.</i> Registro sísmico sin escalar vs escalados	39
<i>Figura 12.</i> Clasificación de sistemas modernos de protección sísmica.....	40
<i>Figura 13.</i> Esquema mecanismo de operación de sistemas activos.....	41
<i>Figura 14.</i> Esquema con sistema de control activo	41
<i>Figura 15.</i> Sistemas de control activo.....	42
<i>Figura 16.</i> Esquema con sistema de control semiactivo.....	43
<i>Figura 17.</i> Esquema de mecanismo de operación de sistemas pasivos	43
<i>Figura 18.</i> Sistemas pasivos de control de respuesta.....	43
<i>Figura 19.</i> Sistemas pasivos de aislamiento sísmico	44
<i>Figura 20.</i> Clasificación de los disipadores de energía	45

<i>Figura 21.</i> Disipador metálico tipo Adas.....	46
<i>Figura 22.</i> Disipador metálico Shear Link	47
<i>Figura 23.</i> Esquema disipador de energía tipo Pall	48
<i>Figura 24.</i> Disipador solido viscoelástico	49
<i>Figura 25.</i> Disipador de energía fluido viscoso.....	50
<i>Figura 26.</i> Curva capacidad sectorizada por el SEAOC.....	55
<i>Figura 27.</i> Zonas sísmicas	60
<i>Figura 28.</i> Edificio de 20 niveles destinado a clínica.....	72
<i>Figura 29.</i> Configuración final del 1er-20 avo nivel.....	86
<i>Figura 30.</i> Espectro de respuesta inelástico.....	121
<i>Figura 31.</i> Derivas máximas en la dirección x	125
<i>Figura 32.</i> Derivas máximas en la dirección y	126
<i>Figura 33.</i> Espectro de respuesta elástico con $R=1.00$	134
<i>Figura 34.</i> Derivas máximas en la dirección x	136
<i>Figura 35.</i> Derivas máximas en la dirección y	138
<i>Figura 36.</i> Corrección de filtrado y línea base para el sismo de 1966.....	140
<i>Figura 37.</i> Corrección de filtrado y línea base para el sismo de 1970.....	141
<i>Figura 38.</i> Corrección de filtrado y línea base para el sismo de 1974.....	141
<i>Figura 39.</i> Escalamiento de componente E-W al espectro objetivo del sismo 1966.	142
<i>Figura 40.</i> Escalamiento de componente N-S al espectro objetivo del sismo 1966.	143

<i>Figura 41.</i> Escalamiento de componente E-W al espectro objetivo del sismo 1970.	143
<i>Figura 42.</i> Escalamiento de componente N-S al espectro objetivo del sismo 1970.	144
<i>Figura 43.</i> Escalamiento de componente E-W al espectro objetivo del sismo 1974.	144
<i>Figura 44.</i> Escalamiento de componente N-S al espectro objetivo del sismo 1974.	145
<i>Figura 45.</i> Vista en 3D y vista frontal del eje X del edificio.....	178
<i>Figura 46.</i> Desplazamientos relativos del pórtico en dirección x.....	178
<i>Figura 47.</i> Datos ingresados al Etabs.v.2019.2.0	182
<i>Figura 48.</i> Pórticos con disipadores en la vista frontal y posterior	182
<i>Figura 49.</i> Desplazamientos relativos del pórtico en dirección y.....	187
<i>Figura 50.</i> Datos ingresados al Etabs.v.2019.2.0	191
<i>Figura 51.</i> Vista en 3D y vista frontal del eje Y del edificio.....	191
<i>Figura 52.</i> Vista en 3D y vista posterior del eje Y del edificio	192
<i>Figura 53.</i> Pórticos con disipadores en la vista frontal y posterior	192
<i>Figura 54.</i> Modelo tridimensional del edificio con disipadores fluido viscoso .	193
<i>Figura 55.</i> Derivas máximas en la dirección x	196
<i>Figura 56.</i> Derivas máximas en la dirección y	198
<i>Figura 57.</i> Bucle histeretico de los disipadores K1-K2.....	201
<i>Figura 58.</i> Bucle histeretico de los disipadores K3-K4.....	201
<i>Figura 59.</i> Bucle histeretico de disipadores K29-K30.....	202

<i>Figura 60.</i> Bucle histeretico de disipadores K31-K32.....	202
<i>Figura 61.</i> Bucle histeretico de disipadores K53-K54.....	203
<i>Figura 62.</i> Bucle histeretico de disipadores K55-K56.....	203
<i>Figura 63.</i> Bucle histeretico de disipadores K57-K58.....	204
<i>Figura 64.</i> Bucle histeretico de disipadores K59-K60.....	204
<i>Figura 65.</i> Bucle histeretico de disipadores K85-K86.....	205
<i>Figura 66.</i> Bucle histeretico de disipadores K87-K88.....	205
<i>Figura 67.</i> Bucle histeretico de disipadores K87-K88.....	206
<i>Figura 68.</i> Bucle histeretico de disipadores K87-K88.....	206
<i>Figura 69.</i> Bucle histeretico de disipadores K113-K114.....	207
<i>Figura 70.</i> Bucle histeretico de disipadores K115-K116.....	207
<i>Figura 71.</i> Bucle histeretico de disipadores K141-K142.....	208
<i>Figura 72.</i> Bucle histeretico de disipadores K143-K144.....	208
<i>Figura 73.</i> Bucle histeretico de disipadores K165-K166.....	209
<i>Figura 74.</i> Bucle histeretico de disipadores K167-K168.....	209
<i>Figura 75.</i> Bucle histeretico de disipadores K169-K170.....	210
<i>Figura 76.</i> Bucle histeretico de disipadores K171-K172.....	210
<i>Figura 77.</i> Bucle histeretico de disipadores K197-K198.....	211
<i>Figura 78.</i> Bucle histeretico de disipadores K199-K200.....	211
<i>Figura 79.</i> Bucle histeretico de disipadores K221-K222.....	212
<i>Figura 80.</i> Bucle histeretico de disipadores K223-K224.....	212
<i>Figura 81.</i> Balance energético para los disipadores en la dirección x.....	213

<i>Figura 82.</i> Balance energético para los disipadores en la dirección y.....	214
<i>Figura 83.</i> Catálogo Taylor Devices Inc. de disipadores y placa base.....	222
<i>Figura 84.</i> Comportamiento del bucle histeretico de disipadores K186	226
<i>Figura 85.</i> Medidas del disipador de F=330KIP	229
<i>Figura 86.</i> Medidas de la placa base del disipador de F=330KIP	230
<i>Figura 87.</i> Medidas del disipador de F=220KIP	230
<i>Figura 88.</i> Medidas de la placa base del disipador de F=220KIP	231
<i>Figura 89.</i> Medidas del disipador de F=330KIP	231
<i>Figura 90.</i> Medidas de la placa base del disipador de F=330KIP	232
<i>Figura 91.</i> Medidas del disipador de F=440KIP	232
<i>Figura 92.</i> Medidas de la placa base del disipador de F=440KIP	233
<i>Figura 93.</i> Medidas del disipador de F=675KIP	233
<i>Figura 94.</i> Medidas de la placa base del disipador de F=675KIP	234
<i>Figura 95.</i> Propiedades de los brazos metálicos HSS.....	235
<i>Figura 96.</i> Diagrama de carga distribuida y puntual en la viga metálica	250
<i>Figura 97.</i> Propiedades de la viga metálica de sección W21X73.....	252
<i>Figura 98.</i> Diagrama de curvas resistente básica de la viga de acero.....	254
<i>Figura 99.</i> Localización de puntos para la determinación de momentos en la viga	255
<i>Figura 100.</i> Medidas de la sección viga W21X73.....	257
<i>Figura 101.</i> Medida final de la sección viga W21X73	258
<i>Figura 102.</i> Representación gráfica de desplazamiento en el eje x-x.....	262

<i>Figura 103.</i> Desplazamiento del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje x-x.....	262
<i>Figura 104.</i> Representación gráfica de desplazamiento en el eje y-y.....	264
<i>Figura 105.</i> Desplazamiento del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje y-y.....	264
<i>Figura 106.</i> Representación gráfica de derivas máximas en el eje x-x	268
<i>Figura 107.</i> Derivas máximas del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje x-x.....	268
<i>Figura 108.</i> Representación gráfica de derivas máximas en el eje x-x	270
<i>Figura 109.</i> Derivas máximas del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje x-x.....	270
<i>Figura 110.</i> Amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje x-x.....	272
<i>Figura 111.</i> Amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje y-y	273
<i>Figura 112.</i> Momento flector en la columna C-1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores.....	274
<i>Figura 113.</i> Fuerza cortante en la columna C-1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores.....	275
<i>Figura 114.</i> Momento flector en la viga VP-01 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores.....	276
<i>Figura 115.</i> Fuerza cortante en la viga VP-01 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores.....	277
<i>Figura 116.</i> Momento flector en los muros estructurales PL-X1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores.....	278

Figura 117. Fuerza cortante en los muros estructurales PL-X1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores..... 279

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano de Arquitectura.....	304
Anexo 2: Planos de Estructuras de cimentación	308
Anexo 3: Planos de Estructuras de aligerado	310
Anexo 4: Informe de estudio de suelo.....	311
Anexo 5: Calicata para estudio de suelo	332

RESUMEN

El presente trabajo de investigación de tesis consiste en realizar el análisis dinámico tiempo-historia con la implementación de los sistemas modernos de protección sísmicos con los disipadores de fluidos viscosos en una edificación de uso esencial destinados a clínicas tiene el fin de reducir los daños, proteger la vida humana de los ocupantes y la economía invertido en la edificación durante el proceso de incursión dentro del intervalo de comportamiento no lineal inelástico para un sismo severo con un periodo de retorno de 475 años.

La realidad problemática se enfoca principalmente en las edificaciones de nuestro país se encuentran ubicados en la zona de subducción más grande a nivel mundial conocido como cinturón de fuego del pacífico, por ende, lo que nos hace ser un país altamente sísmico y vulnerable frente a los terremotos. Es por ello que la implementación de los disipadores de fluidos viscosos en las edificaciones buscara mejorar el comportamiento estructural frente al sismo severo logrando reducir los daños. En base a ello se plantea el objetivo de determinar la mejora del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

El sistema de protección sísmica de disipadores de fluidos viscoso está compuesta por una barra de pistón que está hecha de acero inoxidable que tiene como función dar rigidez al disipador, cilindro hecho de acero que tiene como función albergar el fluido siliconico de trabajo, cabeza del pistón que se empotra en la barra del pistón su función es la de brindar compensación térmica, cámara 3 sirve para nivelar las variaciones del volumen producto de los choques en la barra

y sello que está hecho a base de polímero estructural cumpliendo una función de evitar la adherencia entre la barra del pistón y el cilindro. También lo conforma los brazos metálicos de perfil Round HSS hecho de acero que tendrán el objetivo de arriostrar al dissipador en el pórtico.

Además, para el desarrollo del estudio se empleó la metodología de tipo aplicada, nivel de investigación descriptiva, diseño no experimental, enfoque cuantitativo, población y muestra no probabilística que estuvo conformado por el proyecto de edificación de 20 niveles destinados a clínicas.

Finalmente se concluye que el empleo que presentan estos sistemas de protección pasivos de dissipadores de fluidos viscosos fue eficiente, logrando de esta a cumplir con la exigencia del control de derivas para un estado de daño leve y un nivel de desempeño sísmico operacional establecidas en la norma internacional de la Metodología Hazus y el Comité Visión 2000. Asimismo, logra mejorar el comportamiento sismorresistente frente al sismo severo reduciendo significativamente los desplazamientos, derivas de entrepisos, energía sísmica de entrada, consiguiendo un buen comportamiento de las curvas histeréticas en los dissipadores y consiguiendo el incremento del amortiguamiento viscoso correcto en los dissipadores de fluidos viscosos.

Palabras claves: Comportamiento estructural, dissipadores sísmicos, edificaciones.

ABSTRACT

The present thesis research work consists of performing the dynamic time-history analysis with the implementation of modern seismic protection systems with viscous fluid dissipators in a building for essential use intended for clinics in order to reduce damage, protect the human life of the occupants and the economy invested in the building during the incursion process within the interval of nonlinear inelastic behavior for a severe earthquake with a return period of 475 years.

The problematic reality focuses mainly on the buildings of our country, which are located in the largest subduction zone in the world, known as the Pacific Ring of Fire, therefore, which makes us a highly seismic and vulnerable country against the earthquakes. That is why the implementation of viscous fluid dissipators in buildings will seek to improve the structural behavior against severe earthquakes, reducing damage. Based on this, the objective is to determine the improvement of the structural behavior using viscous fluid seismic dissipators, in a 20-story building in the district of Santa María.

The seismic protection system for viscous fluid dissipators is composed of a piston bar made of stainless steel whose function is to give rigidity to the dissipator, a cylinder made from steel whose function is to house the silicone working fluid, a piston head that is embedded in the piston rod, its function is to provide thermal compensation, chamber 3 serves to level the volume variations resulting from the shocks in the rod and seal that is made from a structural polymer, fulfilling a function of avoiding adherence between the piston rod and

the cylinder. It is also made up of metal arms with a Round HSS profile made of steel that will have the objective of bracing the heat sink in the frame.

In addition, for the development of the study, the methodology of applied type, descriptive research level, non-experimental design, quantitative approach, population and non-probabilistic sample was used, which was made up of the building project of 20 levels destined for clinics.

Finally, it is concluded that the use of these passive protection systems of viscous fluid dissipators was efficient, achieving the requirement of drift control for a state of slight damage and a level of operational seismic performance established in the standard. of the Hazus Methodology and the Vision 2000 Committee. Likewise, it manages to improve the seismic resistance behavior against severe earthquakes, significantly reducing displacements, mezzanine drifts, seismic input energy, achieving good behavior of the hysteretic curves in the dissipators and achieving the increase of the correct viscous damping in viscous fluid dissipators.

Key words: Structural behavior, seismic dissipators, buildings.

INTRODUCCIÓN

Actualmente pasamos por un silencio sísmico cercano a los 50 años en nuestra capital Lima-Perú, debido a que nuestro país se ubica en una de las zona de subducción más grandes a nivel mundial conocido como el cinturón del fuego en donde la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa Sudamericana a una fricción constante de 1”, en la cual va llegara un determinado momento en que el esfuerzo resistente de la placa de Nazca supere a la Sudamérica con lo cual va ocurrir un roce entre ambas logrando así una gran liberación de energía sísmica provocando perturbaciones sobre la corteza terrestre llamados como terremotos, es por ello que es necesario evaluar el empleo de estos disipadores en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María con el fin de lograr reducir las daños, proteger la vida humana de los ocupantes y la economía invertido (edificaciones seguras, estables) en la edificación durante el proceso de incursión dentro del intervalo de comportamiento no lineal inelástico para un sismo severo con un periodo de retorno de 475 años.

La presente tesis de investigación denominado “Mejoramiento del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María” se realizó en 5 capítulos siendo los siguientes:

Capítulo I: Abarca el planteamiento del problema en los cuales desarrolla la descripción de la realidad problemática, formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación de la investigación, delimitación de la investigación y viabilidad del estudio.

Capítulo II: Contiene el marco teórico, en los cuales desarrolla los antecedentes de la investigaciones nacionales e internacionales, bases teóricas como la definición de la variable 1 que es el comportamiento estructural y la variable 2 que es los disipadores de fluidos viscosos, asimismo se especifica los términos básicos, formulación de las hipótesis y el cuadro de operacionalización de variable.

Capítulo III: Contiene la metodología de la investigación, en la cual se desarrollan el diseño metodológico que viene ser el tipo de investigación, el nivel de investigación, el diseño de investigación, el enfoque de investigación, asimismo se especifica la población, la muestra, técnicas de recolección de datos y la matriz de consistencia.

Capítulo IV: Contiene los resultados, en donde se enfoca al desarrollo del análisis de resultados y la contrastación de hipótesis después de realizar el análisis estructural al edificio de 20 pisos con empleo de disipadores de fluido viscosos.

Capítulo V: Contiene la discusión, en la cual se desarrollan las discusiones de los resultados obtenidos del análisis estructural al edificio de 20 pisos con empleo de disipadores de fluido viscosos para compararlos con los resultados de los antecedente internacionales y nacionales.

Capítulo VI: Comprende las conclusiones y recomendaciones, en donde se detalla los resultados finales obtenidos del análisis estructural con disipadores de fluidos viscosos.

Capítulo VII: Contiene las fuentes de información, en la cual se detalla las referencias bibliográficas, referencias documentales y referencia electrónicas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Actualmente América Latina presenta la mayor actividad sísmica, principalmente los más afectados son los países que se ubican dentro de la zona de subducción más grande a nivel mundial denominado como cinturón del fuego. Es por ello que se convierte en una zona donde se produce muchos rozamientos de varias placas tectónicas, donde al momento de colisionar entre ellas, se produce una gran liberación de energía, logrando movimientos bruscos y perturbaciones sobre corteza terrestre denominados como sismos. Los sismos registrados últimamente en México que presentaron una magnitud de 7.1 en la escala de Richter, causaron muchos daños en las edificaciones y pérdidas de vidas humanas (Chen, 2021).

Los desastres naturales son un fenómeno natural ligados a la historia, por eso que la naturaleza no ha cesado en recordarle al hombre su poder destructivo. Los desastres naturales son un acontecimiento de gran magnitud que afectan seriamente las estructuras básicas y la funcionalidad en la sociedad o en un determinado lugar, ocasionando muertes, colapsos de edificios, servicios básicos esenciales interrumpidos y pérdidas de bienes materiales a gran escala donde los países no podrán afrontar solos este acontecimiento denominado como terremotos, por lo que en muchas veces se requiere ayudas externas por países desarrollados. (Espinosa , 2008)

El terremoto más fuerte suscitado en el mundo fue en Valdivia que presento una magnitud de 9.5 en la escala de Richter en el país de Chile en 1960. Provocando al

menos 2000 muertos, 2000000 de personas damnificadas, erupciones de volcanes y maremotos logrando destruir ciudades de todo el litoral chileno hasta cruzar el océano Pacífico llegando Japón, Hawái o Filipinas, provocando daños y damnificados en dichos países. (Bbc news, 2017).



Figura 1. Terremoto de Chile, Valdivia (1960)

Nota. Fuente: (Bbc news, 2017)

La comunidad científica mundial durante los años 70, hacían todos los esfuerzos para poder predecir los acontecimientos de los grandes terremotos. El mapa de Sismicidad Mundial fue el primer logro de dichas investigaciones, con lo cual permitió dar con la ubicación de las zonas de mayor actividad sísmica. También lograron identificar existencia de la zona de subducción más grande a nivel que se le denominó como “Cinturón de Fuego del Pacífico”. Por esta razón nuestro planeta tierra se encarga de disipar un poco más del 80% de energía sísmica almacenado en su interior provocando así movimientos bruscos sobre la corteza terrestre al cual lo conocemos como sismos y actividad volcánica. Todos los países ubicados al borde occidental de

América del Sur como Perú, Ecuador y Chile, forman parte de esta región de alta sismicidad. (Tavera, 2014, p.5)

Conocemos que si llegara a ocurrir un sismo de gran magnitud en el país, lo que es casi posible, según las normativas se alcanzara un buen desempeño en las viviendas que fueron construidas formalmente, el problema va ocurrir en aquellas viviendas que fueron construidas de manera informal, realizadas por autoconstrucción y edificaciones construidas en zonas de alto peligro (lugares con gran pendiente o suelos blandos) (Santa Cruz, 2015).

El 17 de octubre de 1966, se produce uno de los más grandes desastres naturales de su historia Lima y Callao . El evento sísmico de 8.1 en la escala de Richter se suscitó a las 4.45pm, generando movimientos bruscos sobre toda nuestra capital durante 45 segundos y toda la franja del litoral costero de los distritos como Huacho, Supe y Barranca. Como consecuencia dicho terremoto provocaron los colapsos de muchas edificaciones y más de un centenar de pérdidas de vidas humanas en Chancay, Huacho, Huaura. Su epicentro se ubicó, frente a Las Salinas de Huacho en el mar, en la provincia de Huaura, provocando un maremoto de gran intensidad. Pasaron cuatro años más tarde para que ocurriera el sismo en Ancash de 1970, dejando un saldo más de 70.000 muertos.



Figura 2. Catedral de Huacho, terremoto (1966)

Nota. Fuente: (Opinion regional, 2016)

El último terremoto más destructivo de la historia con una magnitud de 9.00 Mw suscitado en nuestro país fue el 28 de octubre del año 1746, con epicentro frente al Callao en el mar océano pacífico, dejando un saldo de 1300 muertos en la ciudad de Lima y 3800 muertos en el Callao equivalentes al 8% de la población de nuestra capital (Lima y Callao). Asimismo, este suceso es recordado siempre por ser el terremoto más devastador de la historia debido que horas más tarde nuestra capital fue atacada por un tsunami con olas de 20 metros de altura aproximadamente, es por ello que nuestro país está pasando por un silencio sísmico más de 276 años, lo cual si lograra ocurrir en nuestro país sería catastrófico y devastador debido que nuestro país no se encuentra preparado para un acontecimiento de gran magnitud que es el sismo máximo considerado que produce cada 2500 años.

Como se ha evidenciado, las causas son variadas de los colapsos de las edificaciones no informales en nuestro país, pudiéndose citar las principales, como las deficiencias en mano de obra calificada, la falta de supervisión en los materiales que presentan una baja calidad, las autoconstrucciones, las construcciones en laderas, las canteras no cuentan con los parámetros de calidad óptimas para usarse como agregados,

la calidad el agua que en muchas zonas es salitrosa y por economía tienden a usarlo por desconocimiento.

Mientras que las principales causas de los colapsos en edificaciones formales fueron la mala estructuración, las irregularidades en planta y altura, el déficit en el cálculo del diseño estructural y sobre todo el mal empleo de nuestra norma E.030 (Diseño sismorresistente).

Los problemas de las fallas en estructuras por diferentes motivos como el sismo, traen variadas consecuencias como colapsos de las edificaciones, grietas pronunciadas, paralizaciones en los servicios básicos e instalaciones, daños no estructurales (tabiquerías y contenidos) y pérdidas de vidas humanas.

En ese sentido se plantea el empleo de disipadores sísmicos de fluido viscosos en las edificaciones, que como evidencias de los estudios nuestro país se ubica en la zona de subducción más grande a nivel mundial denominado como cinturón del fuego, lugar donde se produce los rozamientos de las placas de Nazca con la placa Sudamericana logrando así una gran liberación de energía sísmica provocando perturbaciones sobre la corteza terrestre llamados como terremotos, es por ello que es necesario evaluar el empleo de estos disipadores en un edificio de 20 pisos en el distrito de Santa María para reducir los daños ante un evento sísmico denominado como severo logrando edificaciones seguras, estables y salvaguardando las vidas humanas.

Por lo que se plantea el siguiente problema de investigación cuánto se mejora el comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María siendo el propósito del estudio.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General.

¿Cuánto se mejora el comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?

1.2.2 Problemas Específicos.

¿Cuánto se reduce el desplazamiento al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?

¿Cómo varían las derivas al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?

¿De qué manera varía el amortiguamiento al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?

¿Cómo varían las fuerzas internas en los elementos estructurales al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General.

Determinar la mejora del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Cuantificar los desplazamientos al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Determinar las derivas al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Calcular el amortiguamiento al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Calcular las fuerzas internas en los elementos estructurales al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación teórica.

El presente trabajo de tesis consiste sobre el empleo del sistema de protección sísmica pasiva en edificios de gran altura o esbelto, donde se busca el beneficio de aportar al campo de la ingeniería civil con la finalidad de generar conocimientos en la rama de la ingeniería sismorresistente con sistema de protección sísmica, es por ello que se realizara un análisis estructural a un edificio de 20 pisos con el empleo de disipadores de energía de fluidos viscosos, que permitirá servir de antecedente para otras investigaciones similares en la zona y/o en el País.

1.4.2 Justificación práctica.

Se ha evidenciado que la ubicación de terreno del edificio de 20 pisos en estudio están comprendidas dentro de la zona del cinturón de fuego o circumpacífico, ubicados las zonas de subducción más grandes a nivel mundial en el borde occidental de Sudamérica, en ese sentido, dada la importancia que el área de construcción presenta un peligro de gran potencia ante sismos severo de gran magnitud, se realizara el análisis y diseño al edificio de 20 pisos con el empleo con sistemas de protección sísmica pasiva, donde este caso según el criterio del investigador se evaluara el disipador de fluido viscoso, debido que estos dispositivos logran disipar y absorber más del 80% de la energía sísmica de entrada, no necesita mantenimiento después de un sismo catalogado como severo y reducen las distorsiones de entrepiso.

1.4.3 Justificación metodológica.

Para realizar el análisis estructural y diseño del edificio de 20 pisos, se empleara la norma peruana E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE, como también se emplearán normas internacionales como ASCE/SEI 7-10 (capítulo 18), FEMA 274 (capítulo 9) y el MANUAL MULTI-HAZARD LOSS ESTIMATION METHODOLOGY de carácter importante, debido que nosotros no contamos con normas de sistemas de protección sísmicos que nos puedan conducir a realizar un buen análisis y diseños en edificios de carácter esencial para mantener la seguridad de las personas y continuidad de los servicios después de un sismo severo. Los análisis lineal y no lineal se realizará con software Etabs.v.16.2.0 con la finalidad de reducir el tiempo de procesamiento que ayudan al investigador simular el comportamiento estructural de los edificios dentro del intervalo de comportamiento inelástico donde se buscara que el edificio quede funcional

u operacional después de un sismo denominado como severo siguiendo los requerimientos mínimos establecidos en las normas.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación temporal.

El presente trabajo de investigación de tesis se realizará en el mes de octubre y noviembre del 2021 donde se buscará tener resultados positivos del estudio.

1.5.2 Delimitación de espacio.

El espacio del edificio de 20 niveles donde se plantea realizará el estudio está ubicado en el AA.VV. San Bartolomé Mz:I Lt:13 en el distrito Santa María, provincia Huaura y departamento Lima donde el suelo tienen características rocosas denominado como suelo muy rígido S1.

- ✓ Lugar : San Bartolomé
- ✓ Coordenadas geográficas : 11° 6'42.56"S, 77°35'29.30"W
- ✓ Distrito : Santa María
- ✓ Provincia : Huaura
- ✓ Departamento : Lima
- ✓ País : Perú



Figura 3. Mapa de ubicación del distrito Huaura

Nota. Fuente: (Lugares turístico Región Lima, 2012)

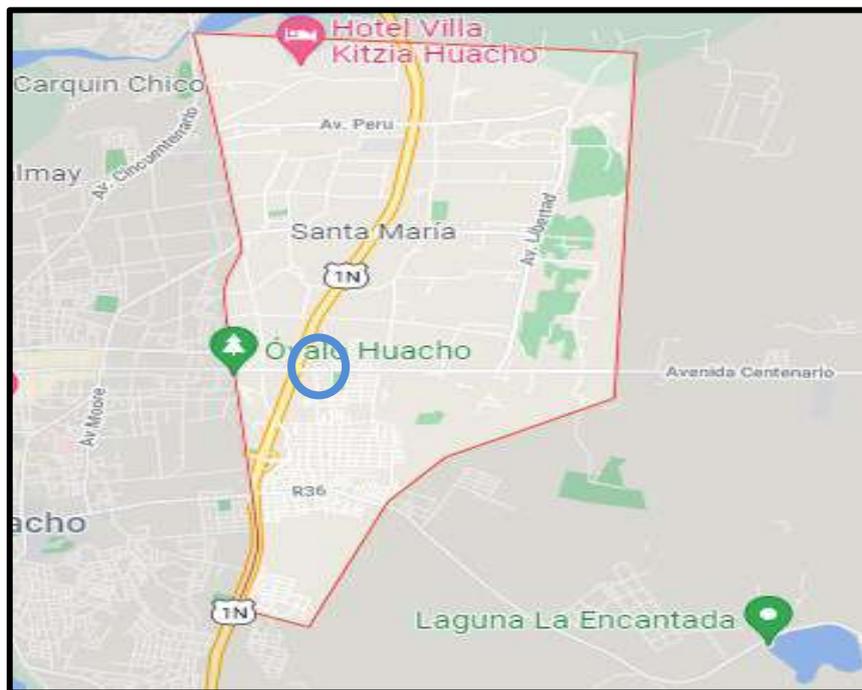


Figura 4. Mapa limítrofe del distrito de Santa María

Nota. Fuente: (Google maps, 2021)

1.5.3 Delimitación de alcance.

El lugar donde está realizando el estudio no presenta edificaciones de gran altura donde se pueda realizar pruebas de laboratorios para poder ver el comportamiento estructural aplicando los dispositivos de protección sísmica, entonces lo que se buscara es realizar el análisis, diseño y evaluación estructural mediante un software de ingeniería para ver la respuesta estructural del edificio en estudio con el objetivo de ver como se comportaran frente a las fuerzas sísmicas, donde los resultados estarán representados mediante derivas, desplazamiento y esfuerzos internos en la estructura.

1.5.4 Delimitación teórica.

Abarca el comportamiento estructural de un edificio de 20 pisos con el empleo los disipadores sísmicos de fluido viscoso frente a la carga sísmica, teniendo por objetivo calcular las derivas de entrepisos, desplazamientos máximos y fuerzas internas en la estructura.

1.6 Viabilidad del estudio

1.6.1 Medios económicos.

Para la elaboración de este presente trabajo de tesis se contará con recursos económicos para la instalación y licencia del software que será autofinanciado por el investigador.

1.6.2 Medios tecnológicos.

Para el presente estudio se emplearon los siguientes instrumentos.

- ✓ Herramientas computacionales (Laptop lenovo)
- ✓ Calculadora
- ✓ Gps
- ✓ Impresora

1.6.3 Medios técnicos.

Se cuenta con planos de ubicación del proyecto, se cuenta con herramientas computacionales con software para el procesamiento o simulación del análisis estructural del edificio y también se cuenta con normas nacionales e internacionales que ayudaran a cumplir con los requerimientos mínimos establecido en las normas, logrando realizar una correcta y eficiente en los cálculos de los análisis, diseño y evaluación del edificio con el empleo de los disipadores sísmicos.

1.6.4 Medio social.

El impacto es positivo por lo que generara trabajo en la zona de estudio, con mínimos impactos al ambiente en la etapa de planificación. Utilizando recursos como papel, energía eléctrica.

1.6.5 Permisos.

No se solicito ningún tipo de permiso debido que el estudio es de carácter aplicado donde se analizara, diseñara y evaluara el edificio mediante un software de ingeniería.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales.

Según Rosero (2020), Universidad Central del Ecuador, Ecuador, en su investigación denominado “Incidencia de la inclusión de dispositivos disipadores de energía en las respuestas estructurales de edificios de hormigón armado de 10 y 15 pisos en la ciudad de Quito”. Se formulo como objetivo determinar la incidencia en las respuestas estructurales de edificios de 10 y 15 pisos con el acoplamiento de los disipadores de energía, viscoelásticos y fricción, en la ciudad de Quito. Además, la metodología de investigación es descriptivo, observación, análisis y modelación. Finalmente se logra demostrar que el mejor comportamiento se obtiene con la inclusión de los disipadores viscoelásticos, debido que estos no modifican el comportamiento modal de la estructura, al no aumentar rigidez a la misma, también se observa la disminución de las derivas y desplazamientos relativos donde el criterio para elegir este dispositivo se basa netamente en la energía disipada, donde estos dispositivos liberan al sistema estructural de disipar toda la energía del registro sísmico. Concluyendo así que el acoplamiento de los disipadores de energía logró reducir las derivas máximas entrepiso, desplazamientos y la energía de entrada del sismo.

Según Velásquez (2019), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, en su investigación denominado “Reforzamiento de edificio de 4

niveles, construido de concreto armado con sistema estructural tipo marcos, por medio de disipadores de energía, ubicado en el Centro Histórico del Municipio de Quetzaltenango, Departamento de Quetzaltenango”. Se planteo como objetivo analizar el efecto al emplear estos dispositivos de energía para reducir las derivas de entrepiso. Además, la metodología de investigación es descriptivo, análisis y modelación. Finalmente se logra demostrar que la deriva máxima de entrepiso para el edificio convencional fue 7.43 cm, mientras para el edificio reforzado con los disipadores de energía se obtiene una deriva máxima de entrepiso de 4.99 cm, por lo tanto, el desplazamiento de la edificación convencional dual se reduce en 32.83% respecto a la edificación con los dispositivos sísmicos. Concluyendo que el empleo de disipadores de energía logra reducir las derivas demostrando su gran efectividad de estos dispositivos en estructuras esenciales donde el daño tiene que ser leve y la estructura debe de quedar operacional después de un evento sísmico denominado severo.

Según López & Quiroz (2020), Universidad de Guayaquil, Ecuador, en su investigación denominado “Diseño de una estructura aporticada de ocupación esencial con amortiguadores de fluido viscoso en disposición chevron”. Se formulo como objetivo diseñar una estructura de acero acoplándole los disipadores de fluido viscoso en disposición chevron, con lo cual se busca verificar sus respuestas ante un evento sísmico y comparar los resultados del análisis de la estructura con disipadores respecto a una estructura convencional realizados con la herramienta computacional Etabs.v2019.2.0. Además, la metodología de investigación es descriptivo, análisis y modelación. Finalmente se logra demostrar que el empleo de los dispositivos de fluido viscoso es el

responsable de la disipación de la energía sísmica de entrada producto del sismo severo; además estos dispositivos sísmicos serán diseñados bajo los requerimientos mínimos de las Normas vigentes. Concluyendo que los dispositivos de disipadores de fluidos viscosos poseen una gran efectividad de absorber energía de entrada sísmica hasta un 80% y que solo el 20% es tomada por la estructura, logrando así estructuras más seguras y menos vulnerables durante un movimiento sísmico.

Según Asunción (2016), Universidad de Guayaquil, Ecuador, en su investigación denominado “Análisis comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en sap2000”. Se formulo como objetivo analizar y comparar una estructura de pórtico convencional respecto a un pórtico que tendrán el acoplamiento de los disipadores de fluido viscoso. Además, su metodología de investigación es de tipo cuantitativo, análisis y modelación. Finalmente se logra demostrar que la deriva y el desplazamiento de ambos pórticos sometidos a dos registros sísmicos son del 1%. Concluyendo así que los pórticos convencionales cumplen la derivas y desplazamiento establecido por la norma ecuatoriana NEC-15, donde las derivas tienen que ser menores a el 2%.

Según Cuntó (2014), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, en su investigación denominado “Uso de disipadores viscosos en edificios de hormigón armado en la ciudad de Guayaquil para el mejoramiento del desempeño sísmico”. Se planteo como objetivo analizar en los edificios de hormigón armado el comportamiento de los disipadores viscoso, las consecuencias o efectos y los esfuerzos de los dispositivos en la estructura,

cimentados sobre los suelos blandos, en el instante que estos son sometidos frente a las cargas dinámicas producto del sismo severo. Además, la metodología de investigación es descriptivo, análisis y modelación. Finalmente se logra demostrar que la energía de entrada total del sismo aumentó en un 36.75%, para la estructura con disipadores respecto al pórtico sin disipadores. Logrando con ello obtener para el pórtico convencional una cortante máxima de 898.6 tnf y para el pórtico con disipadores una cortante basal máxima 584.5 tnf. Concluyendo que los pórticos con el uso de disipadores disminuyo significativamente la cortante, donde el pórtico de 8 pisos, obtuvo la mayor reducción del cortante en 43.56%.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Según Valdez (2019), Universidad Católica de Santa María, Perú, en su investigación denominado “Análisis y diseño estructural de un edificio utilizando disipadores de energía de fluido viscoso”. Se planteo como objetivo hacer el diseño de un edificio empleando sistemas de protección sísmicas de disipadores de fluido viscoso y realizar el análisis estructural del edificio para determinar sus derivas máximas, su curva histerética y su balance energético. Además, la metodología de investigación es análisis y modelación. Finalmente logra demostrar que el acoplamiento de estos dispositivos al edificio logra reducir las derivas máximas en el eje “x” resulto ser 0.0036, mientras el eje “y” resulto ser 0.0031, para la metodología Hazus la deriva objetivo es de 0.0042, pero finalmente se decidió en elegir una deriva máxima que fue 0.0036, con ello se logra cumplir con la deriva del límite permisible. Así mismo el comportamiento de la curva histerética de estos dispositivos pertenecen a lo establecido por el

FEMA 274 de tipo elíptica y regular. También se obtiene que la energía absorbida por los dispositivos es de 70.39% de la energía total de entrada del sismo al edificio; dejando pasar el resto de la energía sísmica a los elementos estructurales propuestos en un inicio. Concluyendo que el empleo de los sistemas de protección sísmica logra reducir las derivas por debajo del límite permisible que permite la norma de 0.0070, también logra absorber la energía del sismo más del 70% logrando que la estructura no sufra daño importante y quede totalmente funcional.

Según Rojas (2019), Universidad César Vallejo, Perú, en su investigación denominado “Comportamiento estructural de un edificio de 5 pisos por cambio de uso con aplicación de disipadores viscosos, Los Olivos, 2019”. Se planteo el objetivo de reducir los desplazamientos máximos, la deriva máxima y el momento de volteo en dicho edificio. Además, la metodología de investigación es tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental transversal. Su población elegida para su estudio de su investigación fueron los edificios de 5 niveles en Los Olivos. Finalmente logra demostrar los desplazamientos máximos para el eje “x” se redujo en 55.80% mientras para el eje “y” se redujo en 58.78%. Así mismo se afirma que las derivas máximas para el eje “x” se redujo en 6.44% y para el eje “y” se redujo en 53.69% en el último nivel. Además, los resultados del momento de volteo en la base se redujeron en 9.16% respecto al edificio convencional que cuenta con el acoplamiento de los disipadores que responden a través del amortiguamiento a las fuerzas cortante. Concluyendo así que los sistemas de protección sísmica mejoran la respuesta estructural de la edificación ante la demanda sísmica.

Según Moscoso (2019), Universidad Continental, Perú, en su investigación denominado “Diseño estructural de un edificio de concreto armado de 7 niveles con disipadores de energía del tipo fluido viscoso en la ciudad de Huancayo”. Se planteo como objetivo calcular el porcentaje de reducción las fuerzas internas en los elementos estructurales de las columnas, los muros estructurales y las vigas. También se planteó en calcular el desplazamiento lateral máximo del edificio con disipadores respecto a un edificio convencional. Así mismo calcular el amortiguamiento viscoso de los disipadores en la estructura. Además, la metodología de investigación es tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental transversal. La población de estudio para la presente investigación son todas las edificaciones de 7 niveles destinados a hoteles en la provincia de Huancayo. Se realizo una muestra no probabilística la cual se elegio para el presente estudio un edificio de 7 niveles. Finalmente logra demostrar la reducción de los momentos en los elementos estructurales, en vigas se redujo en 48.93% y su cortantes se redujo en 32.38%, en columnas se redujo en 49.16% y su cortantes se redujo en 46.68% y en muros estructurales se redujo en 53.15% y sus cortantes se redujo en 36.37%, todo esto debido al acoplamiento de los dispositivos de fluido viscoso en la estructura. Así mismo cabe mencionar que sus derivas máximas disminuyen como mínimo en 50.90% y como máximo en 81.86% todo esto debido al acoplamiento de los dispositivos de fluido viscoso en la estructura. Se obtuvo que los resultados del amortiguamiento para el eje “x” se incrementan en un 5%, mientras para eje “y” incrementan 10%, obteniendo así una deriva máxima de 0.0054. Concluyendo así que los disipadores de energía de fluido viscoso aumentan amortiguamiento mas

no aumentan la rigidez, reducen derivas de entrepisos y reducen las fuerzas internas en sus elementos estructurales.

Según Montalvo (2019), Universidad César Vallejo, Perú, en su investigación denominado “Comportamiento sísmico de una edificación de 10 niveles con sistema dual y disipador de fluido viscoso, Lima 2019”. Cuyo objetivo fue calcular los desplazamientos máximos, la reducción de los esfuerzos cortantes y las derivas máximas para un sistema dual con el acoplamiento de los dispositivos. Además, la metodología de investigación es científico, tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel correlacional y diseño no experimental transversal. La población en estudio de la investigación son los edificios de 10 pisos de sistema dual en el sector de San Martín de Porres. Además, su muestra no probabilística para el estudio se eligió un edificio de 10 pisos en el sector de San Martín de Porres. Finalmente se demuestra la reducción de los desplazamientos máximos para la estructura convencional de sistema dual en la dirección “x” fue 0.2247m para el último piso, mientras que para el edificio con el uso del dispositivo se redujeron en 0.1621m para el último piso, por lo tanto, observamos que se reducen los desplazamientos máximos en un 28% en el edificio con el empleo de los dispositivos respecto al edificio convencional de sistema dual. Así mismo cabe mencionar que los esfuerzos cortantes para el edificio convencional se redujeron en el primer piso con 677049.85kg-f, mientras para el edificio con el uso de los dispositivos se redujeron en el eje “x” en 644211.88kg-f logrando así de esta manera reducir un 5% con el acoplamiento de los dispositivos de fluido viscoso. Se obtuvo que los resultados de las derivas en el piso 5 es 0,0098 en el edificio con sistema dual. Mientras para el edificio con el uso del dispositivo es

0,0066 para el mismo nivel, con ello se logra reducir las derivas máximas en un 32%. Concluyendo así que se logra mejorar el comportamiento estructural logrando resultados óptimos y favorables en la fuerzas cortantes, desplazamientos máximos y derivas de entrepiso logrando cumplir con los límites permisibles establecidos en normas peruanas E-030 (Diseño sismorresistente).

Según Lescano (2020), Universidad Peruana los Andes, Perú, en su investigación denominado “Diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo”. Cuyo objetivo fue diseñar y evaluar el desempeño sísmico en las estructuras reforzadas con disipadores de energía en la provincia de Huancayo. Además, la metodología de investigación es científico, tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño no experimental transversal. Su población de estudio para la presente investigación son los edificios en la provincia de Huancayo. Se realizó una muestra no probabilística la cual se eligió para el presente estudio fue un edificio de 5 niveles destinados a ser una vivienda multifamiliar. Finalmente logra demostrar que el diseño y evaluación en estructuras reforzadas con los dispositivos de fluido viscoso para su desempeño sísmico logra influir para la reducción de derivas máximas, es por ello que se obtuvo derivas máximas de 72.42% en el eje “x”, mientras un 59.43% se redujo en el eje “y” respectivamente. Concluyendo así que para estructuras reforzadas con los dispositivos de energía de fluido viscoso desempeñaron una función importante en el comportamiento estructural del edificio.

Según Alva & Castro (2017), Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, en su investigación denominado “Análisis y diseño estructural en edificaciones implementando disipadores de energía viscosos Taylor”. Cuyo objetivo fue comparar los resultados del edificio acoplados con disipadores de energía viscosos del modelo Taylor con un edificio convencional sin disipadores de energía. Además, la metodología es descriptiva, análisis y modelamiento. Finalmente logra demostrar que el acoplamiento de disipadores de energía viscosos disipa la energía de entrada sísmica en la estructura, logrando reducir los daños estructurales del edificio. Los disipadores acoplados lograron absorber la energía sísmica total de entrada un 41.31% en la estructura. Concluyendo así la gran importancia de emplear estos dispositivos de disipadores de energía de fluido viscoso para el mejoramiento del desempeño estructural del edificio logrando así salvaguardar las vidas humanas y la economía invertido en la edificación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Definición de comportamiento estructural

2.2.1.1 Definición conceptual

Según Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2016), define que: “Es el análisis de la edificación para evaluar la vulnerabilidad ante daños funcionales” (p.375).

Según Campos (2018), señala que: Es la respuesta de una edificación frente a cargas de gravedad y fuerzas de origen sísmico, que se evalúa mediante el análisis estructural con el objetivo de determinar los esfuerzos resultantes que causan la deformación de los elementos estructurales que componen la edificación. (p.23)

Según Luis (2017), afirma que: “Es el análisis de una edificación para encontrar fuerzas y momentos internos originados por cargas de gravedad y sismo (vertical y horizontal) y posteriormente evaluar el grado de vulnerabilidad ante las fallas funcionales” (p.47).

Según Huerta (2017), afirma que: Es la respuesta de la estructura frente a sollicitaciones externas como los eventos sísmicos, en esta respuesta intervienen diversos factores como: intensidad, duración y frecuencia del movimiento, condiciones geológicas y de suelo, o calidad de la construcción. Con la enseñanza de sismos pasados adquirimos conocimientos sobre el comportamiento

estructural y de los mecanismos de falla, así como para adoptar medidas tendientes a reducir los desastres y minimizar las pérdidas.
(p.14)

2.2.1.2 Definición operacional

Se realizará un análisis estructural sísmico a la estructura con el objetivo de determinar el estado sismorresistente. Para después colocar los sistemas de protección sísmicos (disipadores de fluidos viscoso) a la estructura donde se buscará el mejoramiento del comportamiento estructural para cumplir con los requerimientos mínimos de la norma Diseño sismorresistente E-030.

2.2.1.2.1 Dimensiones

a) Desplazamientos:

Es el cambio de posición que se produce en un elemento por fuerzas externas que actúan sobre el elemento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

b) Derivas:

Son los desplazamientos que se genera en los entrepisos producida por una fuerza horizontal externa, es por ello que se calcula multiplicando a los desplazamientos elásticos obtenidos del análisis lineal elástico mediante un factor de $0.75R$ para estructuras regulares y las estructuras irregulares mediante un factor de $0.85R$,

además, impone una deriva máxima menor a 0.007 para concreto armado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$Drift = \frac{\Delta_i - (\Delta_{i-1})}{H_i} \leq Drift E. 030$$

Tabla 1

Derivas máximas de entrepiso.

LÍMITES PARA LA DISTORSION DEL ENTREPISO	
Material predominante	$\left(\frac{\Delta_i}{h_{ei}}\right)$
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota. Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

c) Amortiguamiento:

El amortiguamiento viscoso es el equivalente a la energía disipada durante la respuesta cíclica de los sistemas de disipación de energía. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

d) Esfuerzos internos:

El esfuerzo máximo, es la fuerza interna provocada por una fuerza externa o carga en un cuerpo, que cuando llega a su límite máximo de fuerza puede llegar a deformar el material (Montalvo, 2019).

2.2.2 Definición de disipadores de fluido viscosos

2.2.2.1 Definición conceptual

Los disipadores de fluido viscoso son dispositivos que trabajan con un pistón y una cámara hueca de acumulación de fluido siliconico, en la cual ante los desplazamientos del pórtico trabajan pasando el fluido de una cámara a otra mediante orificios donde ante dicha acción ocurre la conversión de energía mecánica mediante el calor interno y por ende la disipación de la energía sísmica. (Chavez, 2017, p.45)

Son dispositivos que disipan la fuente de energía sísmica mediante un fluido altamente viscoso compresible al pasar de una cámara a otra por medio de orificios con longitudes, diámetros e inclinación preponderantemente definido para dominar el paso del fluido. Estos dispositivos tienen la capacidad de soportar las fuerzas generadas por el sismo (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

Son dispositivos que consta de un cilindro donde la parte interna se traslada un pistón embebido junto al fluido altamente

viscoso, cuando el pistón se traslada de un lugar a otro, el fluido pasa por medio de un orificio, generando una gran liberación de fuente de energía sísmica (Genatios & Lafuente, 2016).

Según Villareal & Díaz (2016), afirman que: “Son dispositivos que dependen de la velocidad y no del desplazamiento, razón por la cual no varía la rigidez de la estructura, ni tampoco incrementan los esfuerzos en los elementos estructurales” (p.9).

Los disipadores de fluido viscoso son dispositivos que contienen un líquido viscoso que liberaran la energía a través del paso del flujo mediante un orificio. Dependerán de la velocidad razón por la cual los esfuerzos en la estructura no variarán (Boza & Galán, 2013).

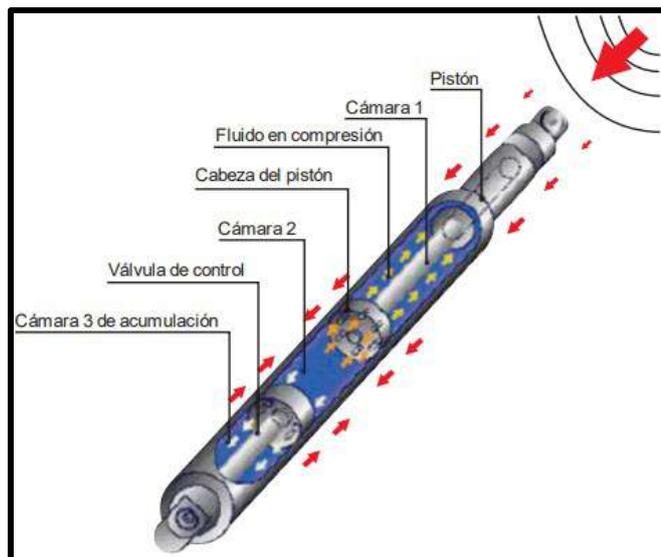


Figura 5. Funcionamiento de disipador fluido viscoso

Nota. Fuente: (Villareal & Díaz, 2016)

Componentes de un disipador fluido viscoso (DFV):

- Barra de pistón: Esta elaborado de un material de acero inoxidable muy pulido. Está diseñada para dar rigidez con el fin de soportar el esfuerzo a compresión para evitar así el daño del sello (Lee y Taylor, p.2).
- Cilindro: Esta elaborado de un material del tubo de acero inconsútil. Está compuesto por el fluido viscoso en la parte interna, es por ello que debe resistir las cargas de presión cuando funciona el amortiguador (Lee y Taylor, p.2).
- Fluido: Este fluido es un líquido de silicona con un punto de inflamación más de 650 °F, además es cosméticamente inerte, no toxico, el fluido más estable térmicamente, resistente al fuego y que no se descomponen al paso del tiempo (Lee y Taylor, p.2).
- Sello: Está elaborado de polímero de alta resistencia para evitar la adherencia. El sello posee una vida útil aproximadamente de 35 años sin ser reemplazado (Lee y Taylor, p.2).
- Cabeza de pistón: Esta elaborado de un material distinto del cilindro con el objetivo de proporcionar equilibrio térmico, se empotra en la barra del pistón y separa el cilindro en dos cámaras (Lee y Taylor, p.2).
- Acumulador o cámara 3: La cámara 3 se encarga de equilibrar el cambio de volumen productos de los golpes en la barra y regular la expansión térmica del fluido siliconico. (Lee y Taylor, p.2)

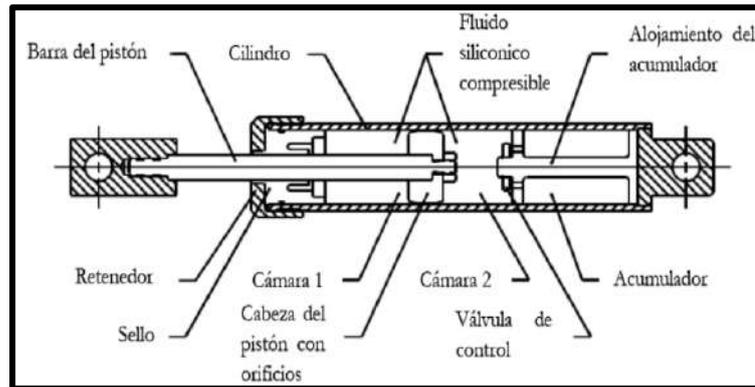


Figura 6. Funcionamiento de disipador fluido viscoso

Nota. Fuente: (Chavez, 2017, p.50)

2.2.2.2 Definición operacional

El acoplamiento de los disipadores de fluidos viscosos permitirá que las edificaciones obtengan una mayor capacidad de resistir frente a un sismo catalogado como severo logrando así la funcionalidad de mi edificio y la seguridad de las vidas humanas. Asimismo, reducen en un gran porcentaje las derivas máximas, los desplazamientos y disipan más del 80% de la fuente de energía del sismo.

2.2.2.2.1 Dimensiones

a) Propiedades físicas:

Las propiedades físicas son las que reaccionan a estímulos como la electricidad, la luz, el calor o la aplicación de fuerzas a un material. Describen características como elasticidad, conductividad eléctrica o térmica, magnetismo o comportamiento óptico, por lo

que no se ven alterados ante fuerzas externas que actúan sobre el material (Iglesias, 2013).

- **Modelo de fluido viscoso Taylor:**

El modelo de los disipadores de fluido viscosos Taylor son fabricadas por la empresa Norteamérica Taylor Devices Inc, donde está compuesta por 3 cámaras cilíndricas huecas que en la parte interna contiene un líquido viscoso resistente al fuego, inerte, no toxico, no inflamable, térmicamente estable y duradero con el paso de los años. En nuestro país dos empresas se encargan de su distribución de estos dispositivos, la empresa CDV Ingeniería antisísmica y el Grupo prisma ingeniería.

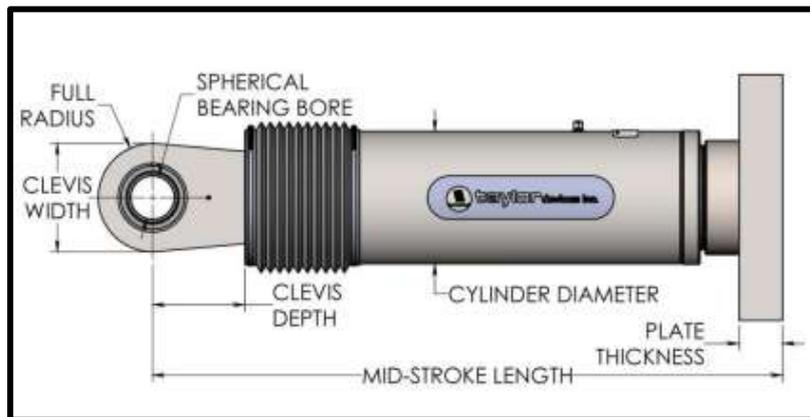


Figura 7. Disipador fluido viscoso Taylor

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

- **Disposición chevron brace:**

Su acoplamiento a los pórticos se realiza en una posición horizontal con el fin de disminuir los desplazamientos máximos logrando así su 100% de su efectividad y absorber las fuerzas horizontales directamente del sismo.

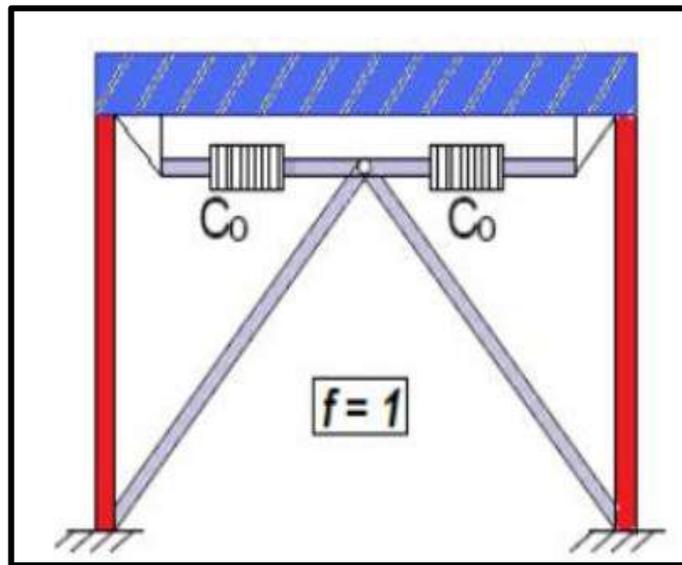


Figura 8. Arreglo chevron brace mejorado

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

b) Propiedades mecánicas:

Son propiedades del material que se presentan cuando se ejerce una fuerza. Es por ello que es la capacidad de transmitir y soportar fuerzas o deformaciones (Iglesias, 2013).

- **Fuerza del disipador:**

La fuerza que ejerce el dispositivo es directamente proporcional a la variación de la velocidad.

La fuerza de amortiguación máxima del disipador se produce cuando la velocidad es máxima se encuentra en equilibrio (t_2), asimismo el desplazamiento en el pórtico será igual a cero (Villareal & Díaz, 2016).

La clasificación de los dispositivos se dará por medio de las fuerzas axiales de trabajo que podrán resistir, determinados por el análisis no lineal tiempo historia.

La fuerza del disipador se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$F = CxV^\alpha$$

Donde:

F = Fuerza producida por el disipador

C = Constante de amortiguación

V= Velocidad relativa en el disipador

α = Exponente de velocidad $0.4 < \alpha < 0.6$ (para edificaciones)

Tabla 2

Valores del exponente α respecto al parámetro λ .

Valor de Parámetros λ	
Exponente α	Parámetro λ
0.25	3.7
0.5	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Nota. Fuente: (FEMA 274, 1997)

Tabla 3

Propiedades de los dispositivos Taylor Device Inc.

Force (KIP)	Force (KN)	Spherical Bearing Bore Dia.(mm)	Mid-stroke Length (mm)	Stroke (mm)	Clevis Thickness (mm)	Clevis Width (mm)	Clevis Depth (mm)	Bearing Thickness (mm)	Cylinder Dia (cm)	Weight (kg)
55 KIP	250 KN	38.10	787	± 75	43	102	83	33	114	44
110 KIP	500 KN	50.80	997	± 100	55	127	102	44	146	98
165 KIP	750 KN	57.15	1016	± 100	59	152	129	50	184	168
220 KIP	1000 KN	69.85	1048	± 100	71	184	150	61	210	254
330 KIP	1500 KN	76.20	1105	± 100	77	203	162	67	241	306
440 KIP	2000 KN	88.90	1346	± 125	91	235	191	78	292	503
675 KIP	3000 KN	101.60	1441	± 125	117	286	203	89	350	805
900 KIP	4000 KN	127.00	1645	± 125	142	324	273	111	425	1088
1450 KIP	6500 KN	152.40	1752	± 125	152	350	305	121	515	1930
1800 KIP	8000 KN	177.80	1867	± 125	178	415	343	135	565	2625

Nota. Fuente: Elaboración propia

- **Rigidez del brazo metálico:**

Los dispositivos de fluido viscoso están conformados por unos elementos de acero hueco muy rígido que se acoplan en las esquinas de los pórticos de la estructura dependiendo de la disposición del dispositivo, asimismo, el control de la respuesta dinámica del edificio dependerá de su velocidad. Para la modelación se debe de considerar la rigidez axial del brazo metálico, debido que la rigidez axial del brazo metálico será mayor a la rigidez axial del disipador sísmico. Para determinar el valor de la rigidez del brazo metálico se determinará de la siguiente manera.

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

Donde:

K = Rigidez del brazo metálico

A = Área de la sección transversal del perfil metálico

E = Modulo de elasticidad del acero

L = Longitud al eje del brazo metálico (incluyendo la longitud del disipador)

- **Coefficiente de amortiguamiento:**

El coeficiente de amortiguamiento es una propiedad inherente propia del dispositivo, asimismo dependerán de varias

variables, establecidas por la norma americana FEMA 274, por lo tanto, el amortiguamiento viscoso de la estructura se puede hallar mediante la siguiente expresión:

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

Despejamos la variable del coeficiente de amortiguamiento resultando lo siguiente expresión:

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

Donde:

β_H = Amortiguamiento viscoso de la estructura

λ = Parámetro lambda

C_j = Coeficiente de amortiguamiento del disipador j

ϕ_{rj} = Desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j en la dirección horizontal

θ_j = Angulo de inclinación del disipador j

A = Amplitud de desplazamiento del modo fundamental

ω = Frecuencia angular

m = masa del nivel i

ϕ_{rj} = Desplazamiento del nivel i (sismo de diseño)

- **Curva histéretica:**

La curva histéretica que presentan los dispositivos viscosos son de forma elíptica y regular paralela al eje de las abscisas que dependerán siempre de la velocidad del dispositivo para lograr disipar la energía sísmica.

La estructura logra su desplazamiento máximo, cuando su velocidad es cero; por ende, la fuerza del dispositivo será cero, es por ello cuando la estructura presenta su desplazamiento mínimo la fuerza del dispositivo será máxima (Boza & Galán, 2013).

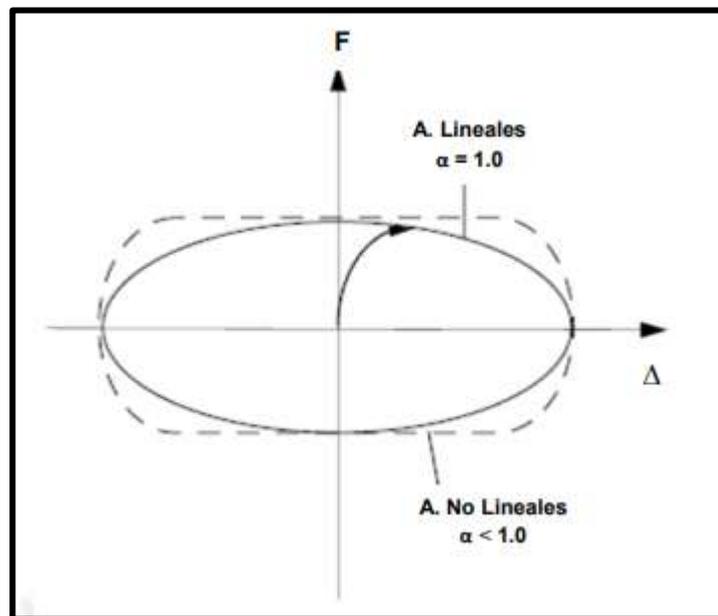


Figura 9. Bucle histérico de disipador F.D.V.

Nota. Fuente: (Boza & Galán, 2013, p.14)

El gráfico representa la relación de fuerza y deformación de la curva histéretica. La forma que presentan las curvas debe ser tipo

elíptica y regular, si no cumple con esta condición, se opta por elegir otra disposición de arreglo (FEMA 274, 1997).

- **Balance energético:**

Una estructura diseñada con los sistemas de protección sísmicas pasivos de los dispositivos de fluidos viscosos, sus gráficos de balance energético lo obtendremos del Etabs.v2019.2.0. para poder determinar los 5 tipos de curvas, la energía de entrada, la cinética, la potencial, la de amortiguamiento en la estructura y disipadores.

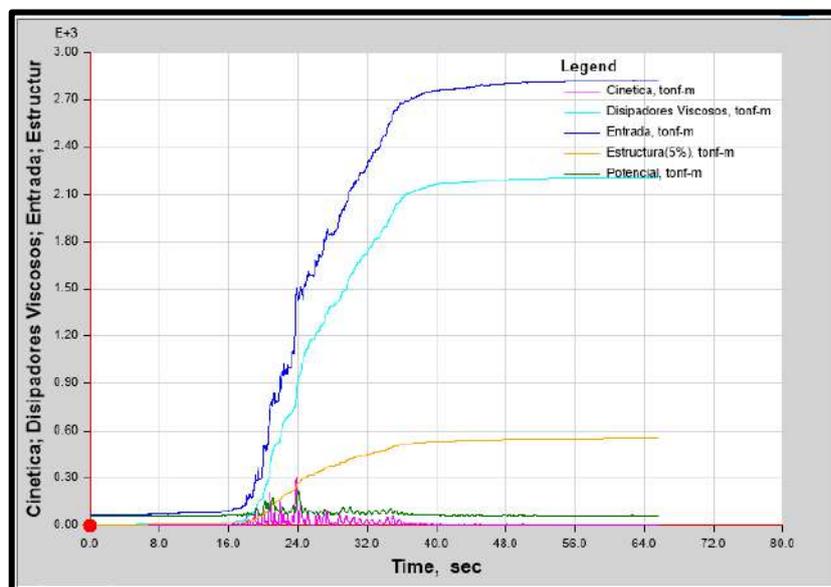


Figura 10. Balance energético

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la energía disipada total del sistema estructural se tomará en cuenta la siguiente expresión:

$$\%Disipacion\ de\ E^{\circ} = \frac{E^{\circ}\ disipada\ por\ los\ dispositivos}{E^{\circ}\ de\ entrada\ del\ sismo\ severo} \times 100\%$$

- **Registro sísmico:**

Los registros son de carácter importante para poder elaborar un buen análisis tiempo historia, es por ello que se deberá usar como mínimo tres registros sísmicos de aceleración del terreno, que estará compuesta por dos componentes en sus direcciones de análisis. Si en caso no se llegara a contar con los registros sísmicos, se podría usar los registros sísmicos simulados. Para los dos casos de análisis se considerará la fuerza máxima del sismo para la eje “x” y para el eje “y” de las componentes (Norte;Sur y Este;Oeste) de los registros sísmicos (Chávez, 2017, p.59).

Dirección "x" = 100% del componente (E ; W)

Dirección "y" = 100% del componente (N ; S)

Tabla 4

Registros sísmicos, ubicación y aceleraciones máximas.

Estación Acelerometrica	Fecha	Componentes	Aceleración máxima (cm/seg ²)	Ubicación de sismo
Lima	17/10/1966	E-W	-180.56	Parque de la reserva
		N-S	-268.24	
Lima	31/05/1970.	E-W	-105.05	Parque de la reserva
		N-S	-97.81	
Lima	03/10/1974	E-W	-194.21	Parque de la reserva
		N-S	-180.09	

Nota. Fuente: Elaboración propia

- **Espectro de diseño:**

El espectro de diseño es importante para realizar el análisis dinámico modal espectral es por ello que se usará un espectro de respuesta inelástico bajo parámetros sísmicos (zona, uso, suelo y coeficiente de amplificación), brindada por la norma E.030 (Diseño Sismorresistente) la cual se verá afectado por el coeficiente de ductilidad “R” que dependerá del sistema estructural empleado en la estructura.

$$V_{xy} = \frac{ZUCS}{R} xg$$

Donde:

Z: Factor de zona

U: Factor uso

C: Coeficiente de amplificación sísmica

S: Factor de suelo

R: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmica

g: Aceleración de la gravedad

Para realizar un análisis dinámico tiempo historia basado en desempeño del intervalo de comportamiento no lineal por el acoplamiento del dispositivo se tendrá que realizar nuevamente el análisis dinámico modal espectral para un sismo máximo

considerado. Se empleará un coeficiente de reducción sísmica $R=1$ con la finalidad de proyectarlo para un sismo severo, para ello se escalará el espectro de los registros hacia un espectro objetivo.



Figura 11. Registro sísmico sin escalar vs escalados

Nota. Fuente: Elaboración propia

- **Máximo stroke:**

Es la deformación máxima que sufren los disipadores, como máximo este valor puede ser 50mm (5cm) impuesta por la empresa CDV Representaciones Ingeniería Antisísmica con sede en Lima - Perú, asimismo el máximo stroke es un dato muy importante, con lo cual el proveedor podrá diseñar la cámara de acumulación del líquido siliconico.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Sistemas modernos de protección sísmica:

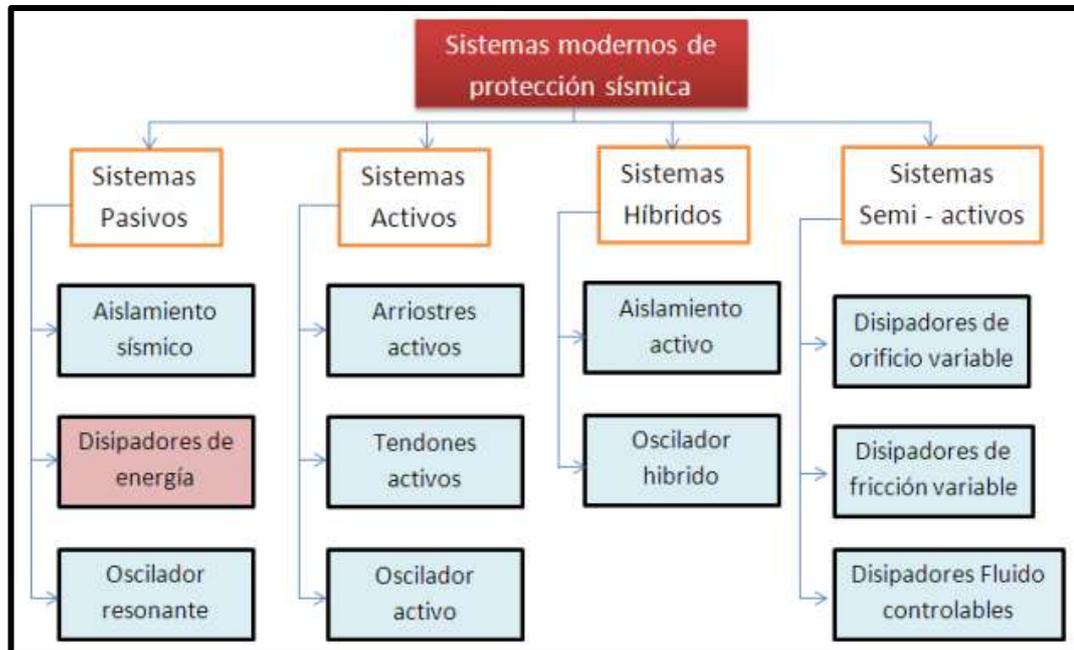


Figura 12. Clasificación de sistemas modernos de protección sísmica

Nota. Fuente: (Villareal & Díaz, 2016, p.8)

2.3.1.1 Sistema activo:

Los sistemas protección sísmica activo están compuesto por sensores de movimiento, sistemas de control y procesamiento de datos (computadora), y actuadores (dispositivo). Asimismo, controlan la respuesta sísmica del edificio, logrando detectar ondas sísmicas y contrarrestando con fuerzas en el preciso instante producido el sismo. Son aplicados y desarrollados en países como EE.UU. y Japón, siendo Japón el país donde más se emplean por las estructuras esbeltas y altas

por las restricciones de espacio de las grandes urbes (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

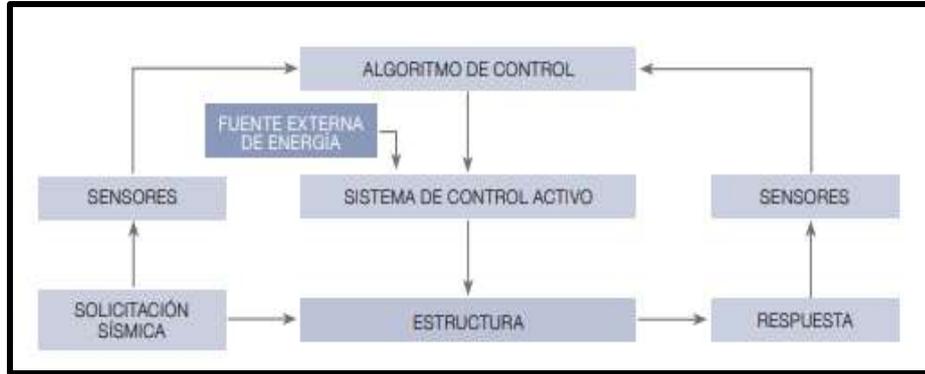


Figura 13. Esquema mecanismo de operación de sistemas activos

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.12)

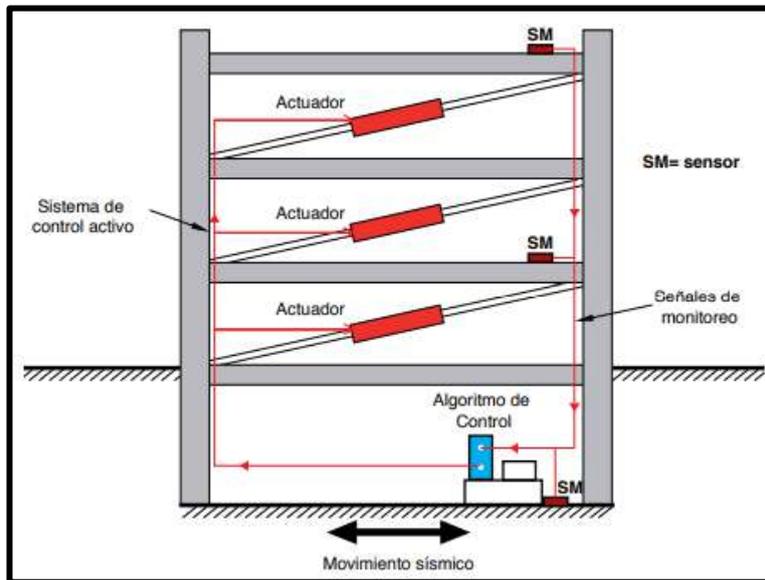


Figura 14. Esquema con sistema de control activo

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.13)

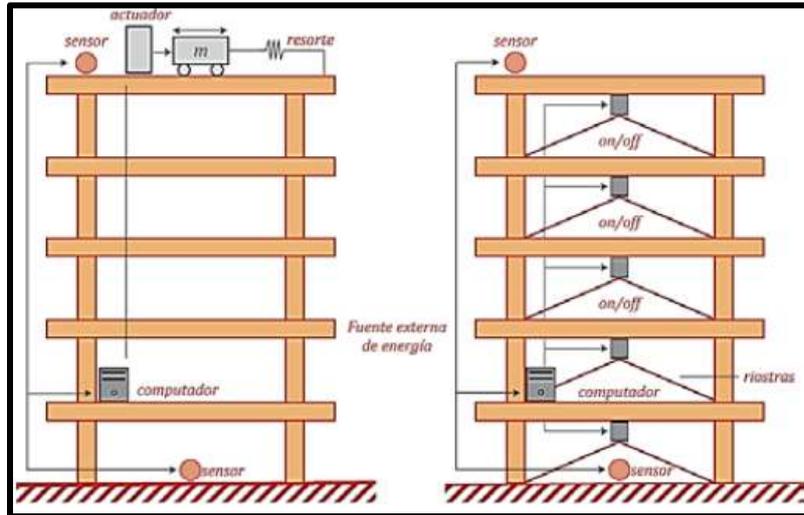


Figura 15. Sistemas de control activo

Nota. Fuente: (Genatios & Lafuente, 2016, p.42)

2.3.1.2 Sistema semiactivo:

Los sistemas semiactivos están compuestos por un mecanismo de monitoreo en tiempo real al igual que el sistema activo, solo que en este sistema no aplican fuerzas de control directamente sobre la estructura, sino actúan cambiando las propiedades mecánicas de los dispositivos en el tiempo (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

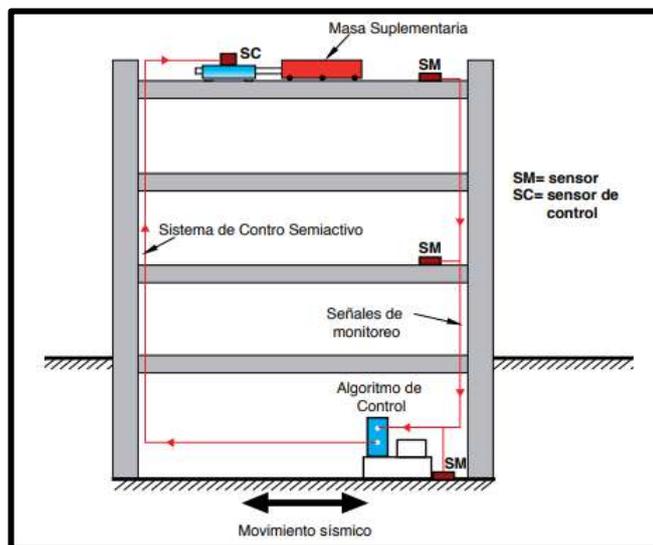


Figura 16. Esquema con sistema de control semiactivo

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.13)

2.3.1.3 Sistema pasivo:

Los sistemas pasivos son los dispositivos que más son empleados a nivel mundial. Se divide en dos categorías el de aislación sísmica de base y los disipadores de energía. Este sistema logra minimizar la respuesta dinámica del edificio mediante los disipadores energía diseñado para absorber energía sísmica por medio de calor (Camara Chilena de la Construcción, 2011).



Figura 17. Esquema de mecanismo de operación de sistemas pasivos

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.13)

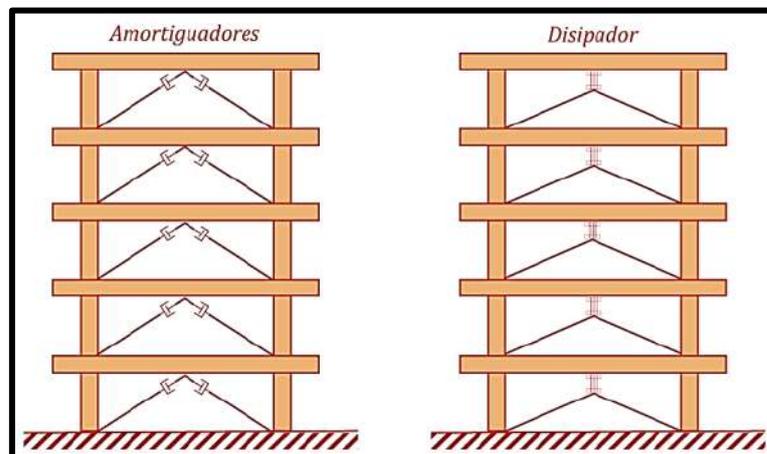


Figura 18. Sistemas pasivos de control de respuesta

Nota. Fuente: (Genatios & Lafuente, 2016, p.41)

2.3.1.3.1 Aislamiento sísmico:

El sistema de la aislación sísmica en la base consiste en separar la superestructura de la subestructura, mediante elementos flexibles en el eje horizontal, se ubican entre el cimiento y la superestructura. El empleo de aisladores sísmicos reduce la rigidez de la estructura obteniendo períodos de vibración 3 veces más al período de la estructura sin sistema de aislación (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

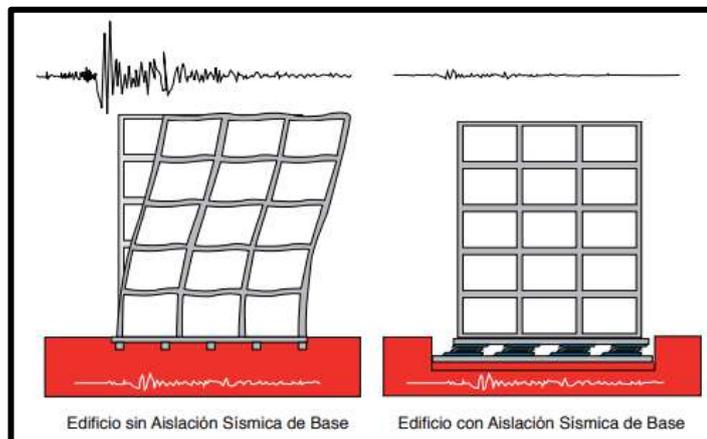


Figura 19. Sistemas pasivos de aislamiento sísmico

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.8)

2.3.1.3.2 Disipadores de energía:

Los disipadores de energía cumplen la función de disipar la energía de entrada del sismo, cargas de viento todo aquello que tenga origen dinámico, logrando minimizar los daños en la estructura y aumentan el amortiguamiento a la estructura.

Asimismo, Estos dispositivos, se acoplan en zonas estratégicos del edificio con el objetivo que permitan reducir la respuesta sísmica, es por ello que son los más empleados en el mundo al igual que el aislamiento sísmico de base en el diseño de edificaciones nuevas y en el reforzamiento de edificios existentes (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

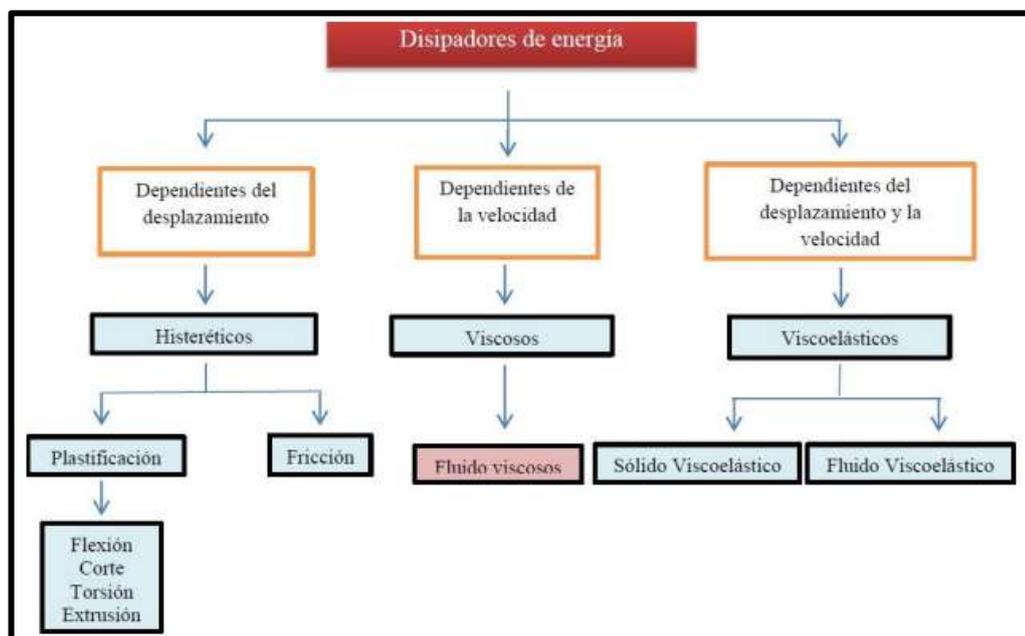


Figura 20. Clasificación de los disipadores de energía

Nota. Fuente: (Villareal & Díaz, 2016)

2.3.2 Dispositivos pasivos de disipación de energía:

2.3.2.1 Disipadores histeréticos:

2.3.2.1.1 Disipadores por plastificación de metales:

Los disipadores de plastificación de metales disipan energía a través de la fluencia de metales cuando están expuestos a los

siguientes esfuerzos como flexión, corte y torsión. Asimismo, presentan un comportamiento predecible, estable, y confiable a largo plazo (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

- **Disipadores por flexión:**

Son dispositivos que plastifican o disipan la energía sísmica mediante la flexión al momento de enrollarse sus dos placas de aceros por efecto del movimiento entre sus extremos (Oviedo, 2016).

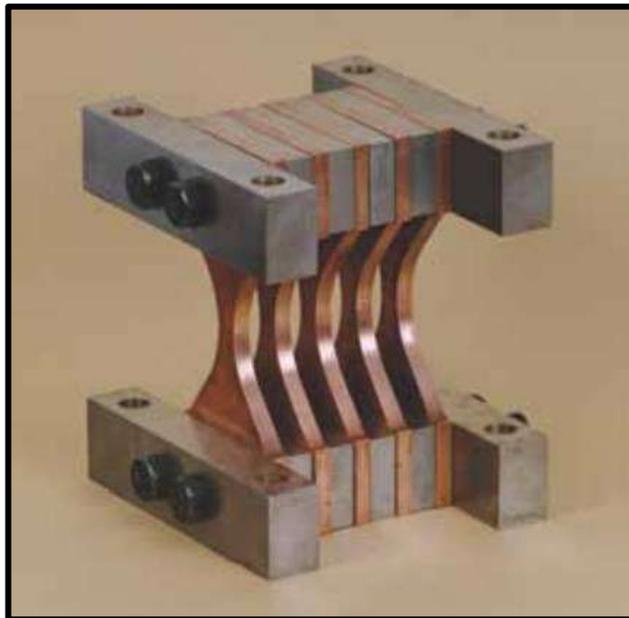


Figura 21. Disipador metálico tipo Adas

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.16)

- **Disipadores por cortante:**

Los dispositivos por cortante incorporan una gran ductilidad a la estructura, a la vez posee ciclos histereticos estables con una gran capacidad disipativa siempre que la rigidización fuera correcta.

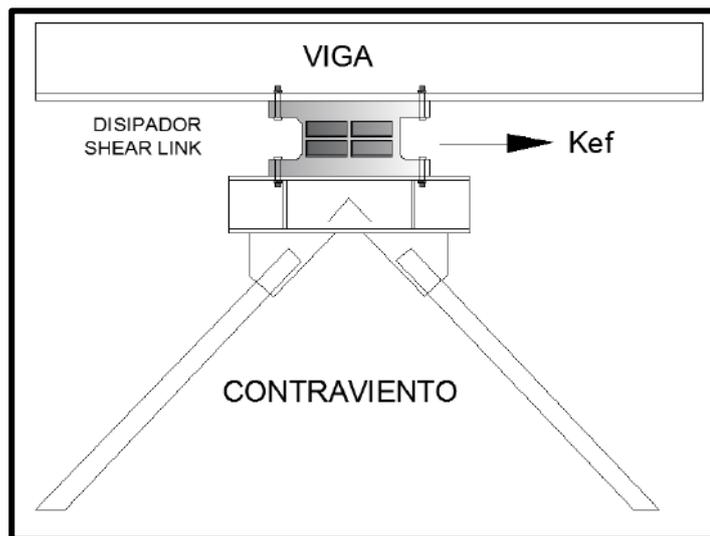


Figura 22. Disipador metálico Shear Link

Nota. Fuente: (Aguilar, 2016)

2.3.2.1.2 Disipadores por fricción:

Los dispositivos por fricción disipan la energía por medio del rozamiento de la superficie de contacto durante el desplazamiento. Estos dispositivos están diseñados para activarse cuando alcance un nivel de carga específico en el disipador, si el

dispositivo no alcanza dicha carga la disipación de energía se mantiene inactivo (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

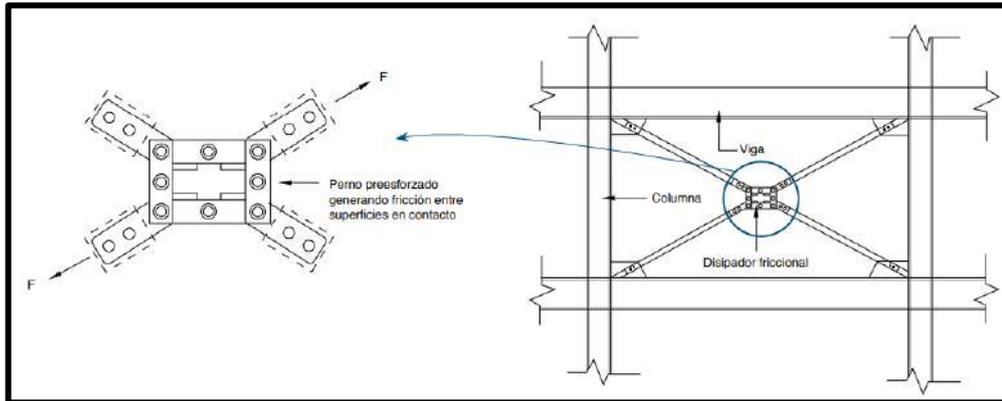


Figura 23. Esquema disipador de energía tipo Pall

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.17)

2.3.2.2 Disipadores viscoelásticos:

2.3.2.2.1 Disipadores viscoelásticos:

Son dispositivos que están conformados por un material viscoelástico en la parte central de las placas de aceros, estos dispositivos se colocan en los arriostres de los pórticos conectando dos pisos diferentes. Además, logran disipar la energía mediante la deformación del material viscoelástico al momento que ocurra su desplazamiento. Su comportamiento de su bucle histerético varían según la amplitud del movimiento y frecuencia, del número de ciclos de carga que realizan (Camara Chilena de la Construcción, 2011).

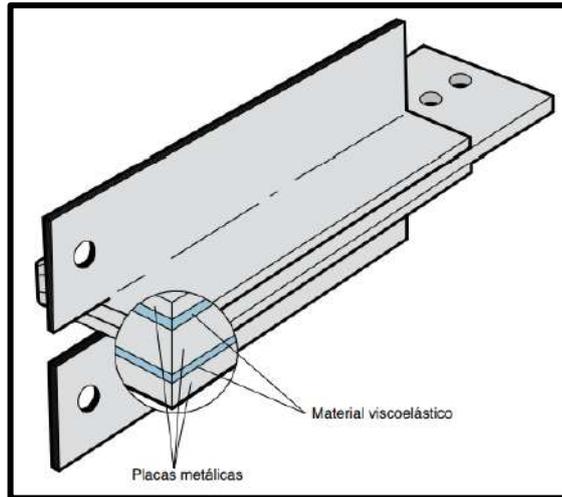


Figura 24. Disipador sólido viscoelástico

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.17)

2.3.2.2.2 Disipadores de fluido viscoso:

Son dispositivos compuestos por un líquido altamente viscoso que se comprime para pasar de una cámara a otra mediante un orificio definido para controlar el paso del fluido logrando disipar la energía. Los dispositivos tienen la capacidad de soportar grandes fuerzas sísmicas y cargas externas producto del sismo (Camara Chilena de la Construcción, 2011).



Figura 25. Disipador de energía fluido viscoso

Nota. Fuente: (Camara Chilena de la Construcción, 2011, p.19)

2.3.3 Amortiguamiento efectivo (β_{eff}):

Para determinar el amortiguamiento efectivo primero se debe de determinar el factor de reducción de la respuesta sísmica. La deriva máxima se obtiene mediante un análisis tiempo-historia lineal con un sismo de diseño seleccionado y la deriva objetivo lo obtenemos en la norma E.030 (Diseño sismorresistente) o por la relación daño-deriva de la metodología Hazus.

$$B_{XY} = \frac{\text{Deriva Máxima}}{\text{Deriva Objetivo}}$$

$$B_{XY} = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_o)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{ef})}$$

2.3.4 Amortiguamiento viscoso (β_H):

El amortiguamiento viscoso es la diferencia entre el amortiguamiento efectivo adicionado de los disipadores menos el amortiguamiento inherente propio de la estructura que tendrá un valor de 5% (Chavez, 2017).

$$\beta_H(xy) = \beta_{ef}(xy) - \beta_o$$

2.3.5 Filosofía sismorresistente:

Nuestra norma E.030 (Diseño sismorresistente) en gran parte tiene su fundamento con las normativas internacionales americanas los cuales fueron adaptadas a nuestra realidad y condiciones de nuestro país.

La filosofía sismorresistente consiste en que las estructura van a fallar o sufrir daños pero que jamás no deberían de colapsar cuando mi estructura incursiona dentro del intervalo de comportamiento inelástico para un sismo severo. La disipación de la energía de sismo lo realiza los elementos de concreto armado como vigas y columnas mediante la formación de rotulas plásticas trayendo a las estructuras daños irreparables. Por eso que al momento de diseñar la estructura se debe hacer con los principios de la ingeniería sismorresistente que son resistencia, rigidez y ductilidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Según nuestra norma E.030 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018), su filosofía consiste en:

- ✓ Evitar la muerte de los seres humanos.
- ✓ Mantener seguro la continuidad de los servicios básicos.
- ✓ Reducir los estragos en las edificaciones.

2.3.6 Desempeño sismorresistente de edificaciones:

La mejor prueba de la ingeniería sismorresistente serán los sismos que pondrán a prueba nuestras edificaciones con lo cual se buscara mejorar cada vez

más. Al inicio de la ingeniería sismorresistente se buscaba que una estructura bien diseñada no tuviera complicaciones durante un sismo severo, pero con el pasar de los años este concepto se tuvo que cambiar debido que en los últimos años se pudieron presenciar daños y colapsos en las edificaciones ante sismo moderados. Es, pero eso que será necesario la evaluación de las estructuras mediante un escenario de múltiples niveles de desempeño para tener una solución óptima de la edificación ante la presencia de evento significativo que es el sismo (Boza & Galán, 2013).

El desempeño sísmico de las edificaciones se establece bajo tres ideas: la severidad del sismo, el nivel de desempeño esperado y la importancia o uso que se le dará a la edificación, relacionándolos mediante la matriz de desempeño (Boza & Galán, 2013).

Los conceptos desarrollados a continuación, surgen de las propuestas presentadas por la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California SEAOC 1995 a través del Comité VISION 2000 (libro Recommended Lateral Force Requirements and Commentary) y el programa HAZUS 99, FEMA 273 y 274.

2.3.6.1 Niveles de amenaza sísmica:

Según la propuesta del Comité VISION 2000 instaure cuatro niveles de amenaza sísmica en función de su probabilidad de ocurrencia en un período de 50 años de exposición (vida útil de la edificación) (SEAOC, 1995).

Tabla 5

Niveles de amenaza sísmica propuesta por el Seaoc.

Sismo de Diseño	Probabilidad de Excedencia en 50 Años de Exposición	Periodo de Retorno
Sismo Frecuente	69%	43 años
Sismo Ocasionales	50%	72 años
Sismos Raros	10%	475 años
Sismos muy Raros	5%	970 años

Nota. Fuente: (SEAOC, 1995)

2.3.6.2 Nivel de desempeño:

La propuesta del comité VISION 2000 establece cinco niveles de desempeño en base a tres aspectos importantes (SEAOC, 1995):

- Daño sufrido por el sistema estructural y no estructurales de la edificación.
- Nivel de Amenaza de la seguridad de los ocupantes a raíz de los daños.
- La Funcionalidad de la edificación luego de un evento sísmico.

Tabla 6

Niveles de desempeño propuesta por el SEAOC.

Nivel de Desempeño	Descripción de los Daños	Estado de Daño	Límite de Desplazamiento del Sistema
Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Todas las instalaciones y servicios operan normalmente luego del sismo	Despreciable	Δy

Funcional	Daños ligeros en elementos estructurales y en componentes no estructurales. Las instalaciones y servicios están operativos o podrían estar parcialmente interrumpidos, pero de fácil recuperación	Ligero	$\Delta y + 0.30\Delta p$
Resguardo de Vida	Daño estructural y no estructural moderado. La estructura conserva un margen de seguridad contra el colapso. El edificio podría repararse, aunque no siempre sea económicamente aconsejable.	Moderado	$\Delta y + 0.60\Delta p$
Cerca al Colapso	Daño estructural severo. Falla de elementos no estructurales. La seguridad de los ocupantes se encuentra comprometida, las réplicas podrían ocasionar el colapso	Extenso	$\Delta y + 0.80\Delta p$
Colapso	Colapso estructural. No es posible reparar la edificación	Completo	$\Delta y + 1.00\Delta p$

Nota. Fuente: (SEAOC, 1995)

La curva capacidad resistente se divide en 4 sectores los niveles de desempeño desde el rango lineal (totalmente operacional) que después del punto de fluencia efectiva la estructura incursiona dentro del intervalo no lineal (funcional u ocupación inmediata, seguridad de vida, cerca al colapso y colapso) dependiendo del desplazamiento inelástico (ΔP) (Boza & Galán, 2013).

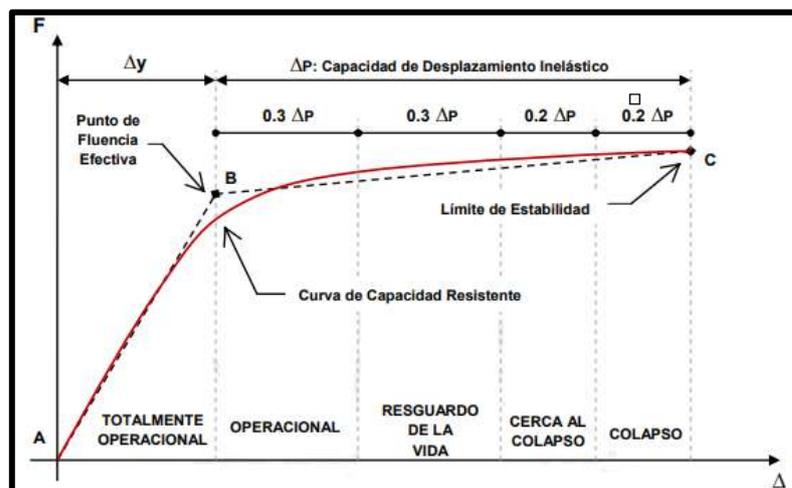


Figura 26. Curva capacidad sectorizada por el SEAOC

Nota. Fuente: (Boza & Galán, 2013)

2.3.6.3 Importancia de la edificación:

La propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) clasifica a las edificaciones en tres grupos que dependerá del grado de importancia del edificio, durante y después del sismo.

- Esenciales: son las edificaciones que no debe de cortarse después del sismo, aquí tenemos los hospitales, cuarteles de bomberos, policías, etc.
- Seguridad crítica: son las edificaciones que presentan un contenido peligroso y dañino, aquí tenemos a los reactores nucleares.
- Comunes: son todas edificaciones no citadas o descritas anteriormente, aquí tenemos las viviendas, oficinas, hoteles, etc.

2.3.6.4 Objetivos múltiples de desempeño:

Según el comité visión 2000 establece 5 objetivos del desempeño Sísmico de una edificación (totalmente operacional, funcional, resguardo de vida, cerca al colapso y colapso) se definen mediante la intersección de los niveles de desempeño buscado y el nivel de amenaza sísmica que se espera según la importancia de la estructura (SEAOC, 1995).

Tabla 7

Matriz de sismo de diseño vs desempeño sísmico.

NIVELES DE SISMOS		Nivel de Desempeño de la Edificación			
		Totalmente operacional	Funcional	Resguardo de Vida	Cerca al Colapso
Nivel de Demanda Sísmica	Sismos Frecuentes	Estructura Común			
	Sismos Ocasionales	Estructura Esencial	Estructura Común		
	Sismos Raros	Estructura Crítica	Estructura Esencial	Estructura Común	
		Estructura Crítica	Estructura Crítica	Estructura Esencial	Estructura Común

Nota. Fuente: (SEAOC, 1995)

2.3.7 Deriva y daño estructural:

2.3.7.1 Relación daño – deriva:

Los últimos años se ha quedado demostrado mientras más edificación incursiona dentro el intervalo de comportamiento inelástico durante un evento sísmico presentara mayores daños y probabilidades de colapsar. El manual de Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS, brinda una relación de 16 sistemas estructurales y los divide de acuerdo a la altura de la estructura. Para cada tipo de edificio existe un nivel de daño estructural que pueden ser despreciable, leve,

moderado, extenso, completo, similar a lo establecido por el SEAOC (Federal Emergency Management Agency FEMA).

Tabla 8

Deriva objetivo propuesto por la metodología Hazus.

Propiedades de la Edificación				Distorsión Limite Según el Estado Daño			
Edificación	Tipo	Altura (m)		Leve	Moderado	Extenso	Completo
Pórticos de Concreto Armado	C1L	Bajo	1-3 Pisos	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800
	C1M	Medio	4-7 Pisos	0.0033	0.0057	0.0200	0.0533
	C1H	Alto	>8 Pisos	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400
Muros de Concreto Armado	C2L	Bajo	1-3 Pisos	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800
	C2M	Medio	4-7 Pisos	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533
	C2H	Alto	>8 Pisos	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400

Nota: Fuente: (Federal Emergency Management Agency FEMA).

2.3.7.2 Propuesta Hazus para la relación daño–deriva:

La edificación presentara una deriva objetivo para cada estado de daño. Para el caso de nuestro estudio se trata de una edificación de 20 niveles de sistema estructural muro estructurales denominado según Hazus como C2H donde presentara las derivas objetivos mostrado en la tabla.

Tabla 9

Deriva objetivo propuesto y estado de daño estructural.

Daño Estructural	Descripción	Deriva Objetivo
Leve	Pueden observarse grietas de corte y de flexión cerca de la unión de algunas vigas y columnas.	0.20%

Moderado	La mayoría de columnas y vigas presentan grietas. Algunos elementos como vigas han alcanzado la fluencia. Es evidente la presencia de largas grietas de flexión y en algunos lugares el concreto de recubrimiento se ha desprendido.	0.50%
Extenso	Algunos pórticos han alcanzado su capacidad última evidente por la presencia de largas grietas de flexión, concreto desprendido y refuerzo principal y transversal deformado. Resulta en un colapso parcial.	1.50%
Completo	La estructura ha colapsado o está a punto de hacerlo debido a falla frágil, agotamiento de ductilidad o pérdida de la estabilidad del sistema.	4.00%

Nota: Fuente: (Federal Emergency Management Agency FEMA)

2.3.8 Análisis sísmico de la edificación:

2.3.8.1 Análisis estático o de fuerzas Estáticas equivalentes

El análisis de fuerzas estáticas es un método que consiste en que las solicitaciones sísmicas de las fuerzas sísmicas actúen en la parte central de las masas de cada nivel de entrepiso del edificio (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$V_{xy} = \frac{ZUCS}{R} xP$$

2.3.8.2 Análisis dinámico modal espectral

El análisis dinámico de una estructura se utilizará un espectro de respuesta inelástico, donde para cada dirección de análisis se considerará un espectro inelástico de pseudoaceleraciones con los parámetros (zona, uso, suelo y coeficiente de amplificación), la cual se

ve afectado por un coeficiente de ductilidad “R” que está dado por el sistema estructural. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$S_{xy} = \frac{ZUCS}{R} x g$$

2.3.8.3 Análisis dinámico tiempo - historia

El análisis dinámico tiempo – historia consiste en realizar un análisis por desempeño en el intervalo de comportamiento no lineal inelástico producto del uso de los disipadores empleando el sismo máximo considerado, es decir el valor de R=1 con la finalidad de prepararlo para un sismo severo, la cual tendrá que escalarse para un espectro objetivo. Se utilizara como mínimo 3 registros sísmicos de la zona con sus 2 componentes en ambas direcciones, si en caso dicha zona no tuviera registros sísmicos debería emplearse información de suelos parecidos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

2.3.9 Parámetros sísmicos:

2.3.9.1 Zonificación

La zonificación se interpreta como la aceleración máxima presentada en el suelo rígido con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años. Nuestro territorio peruano se considera dividido en cuatro zonas. La norma establece la repartición espacial de las 4

zonas de sismicidad, donde a cada zona se le asignara un factor Z (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

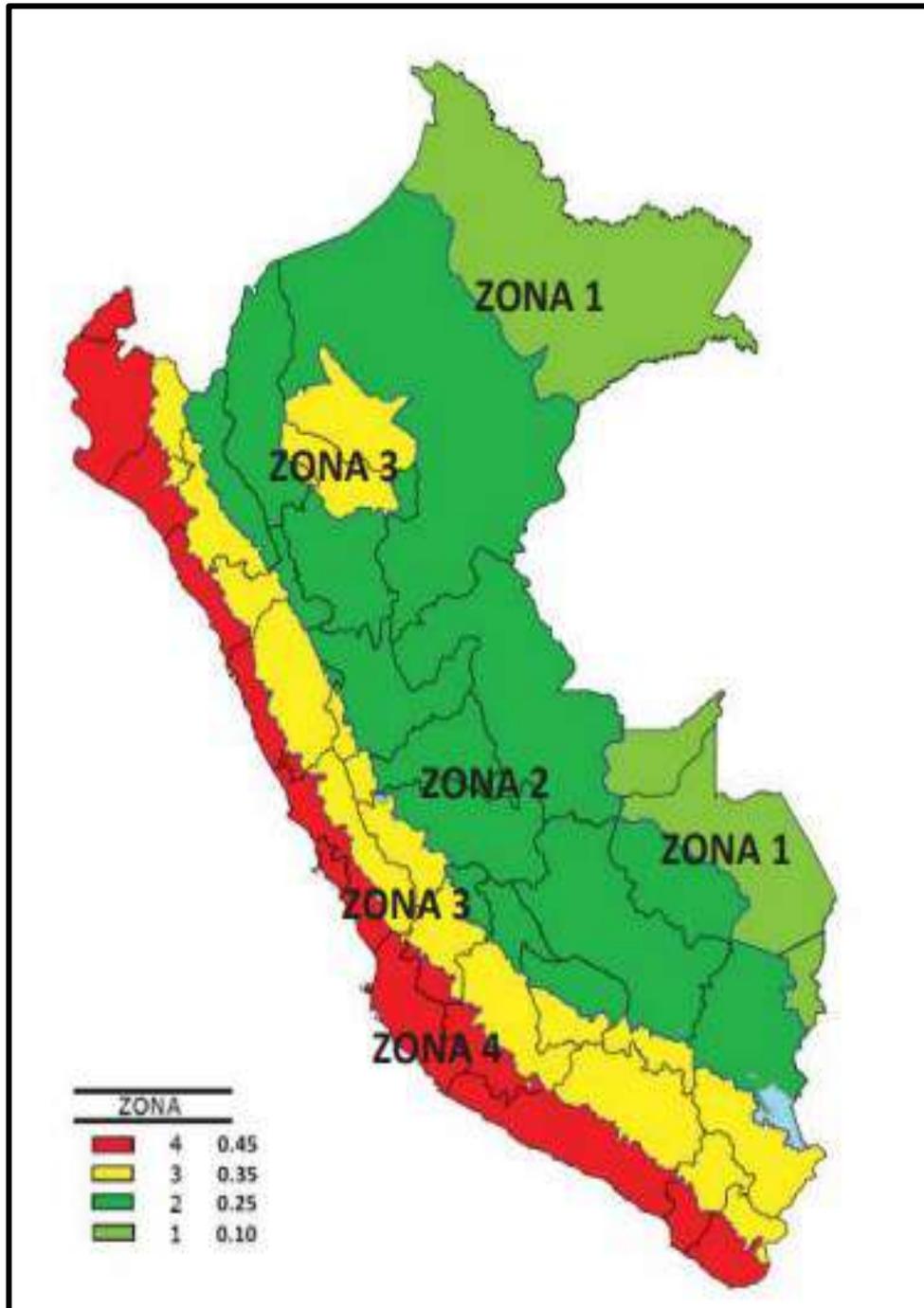


Figura 27. Zonas sísmicas

Nota. Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

Tabla 10

Factores de zonas sísmicas.

Factores de Zona “Z”	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota: Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

2.3.9.2 Condiciones geotécnicas

La norma diseño sismorresistente clasifica en los 5 tipos de suelo para ello se toma en consideración la velocidad de las ondas de corte. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

La categorización de los perfiles de suelo describe las condiciones locales del suelo a edificar utilizando los valores del factor de amplificación de suelo S y sus periodos T_p y T_l especificados en la siguiente tabla.

Tabla 11

Factor de suelo.

Factor de Suelo "S"				
Suelo	So	S1	S2	S3
Zona				
Z1	0.8	1.00	1.05	1.10
Z2	0.8	1.00	1.15	1.20
Z3	0.8	1.00	1.20	1.40
Z4	0.8	1.00	1.60	2.00

Nota: Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

2.3.9.3 Factor de amplificación sísmica:

El factor de amplificación se define como la aceleración estructural en el edificio respecto a la aceleración en el suelo. Según las características de la zona, el factor de amplificación sísmica (C) se hallará con la fórmula presentada a continuación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

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

$$T_p < T < T_l \quad C = 2.50x\left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_l \quad C = 2.50x\left(\frac{T_p \times T_l}{T^2}\right)$$

2.3.9.4 Categoría de las edificaciones

El factor de uso (U) está clasificada de acuerdo al funcionamiento que se le dará a la edificación. Asimismo, en estructuras con aislamiento sísmico en la base considerar igual a la unidad ($U = 1$) (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 12

Categoría de edificaciones y factor uso.

Categoría	Factor “U”
Esencial	1.50
Importante	1.30
Común	1.00
Temporales	Criterio del Proyectista

Nota. Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

2.3.9.5 Sistemas estructurales

El sistema estructural está conformado por un conjunto elemento de concreto armado donde deberán de cumplir los requerimientos mínimos planteados en la norma E.060 (Concreto armado), asimismo se dividen en 4 sistemas estructurales mencionados a continuación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- **Pórticos:** Es el sistema estructural resistente conformado por pórticos en donde fuerza cortante actuante sobre las bases de las columnas no es menos del 80% del cortante basal total del edificio.
- **Muros Estructurales:** Es el sistema estructural resistente frente cargas sísmicas está compuesto por placas de concreto en donde la fuerza cortante actúa sobre la base de las placas no es menos el 70% del cortante basal total del edificio.
- **Dual:** Es el sistema estructural resistente frente a cargas sísmicas está compuesto por una unión de pórticos y placas en donde la fuerza cortante actuante sobre las bases de las columnas no es menos del 20% ni más del 70% del cortante basal del edificio.
- **Edificaciones de muros de ductilidad limitada:** Es el sistema estructural resistente frente cargas sísmica está compuesto por muros delgados de concreto armado, confinados en ambos extremos y el refuerzo del acero es en una sola capa. Asimismo, para edificios con muros de ductilidad limitada se pueden construir solo hasta ocho pisos como máximo.

2.3.9.6 Factor de reducción de fuerzas sísmicas

La clasificación del sistema estructural de las edificaciones se hace de acuerdo al material empleado y la estructuración de la estructura. Si en caso exista más un sistema estructural para cada dirección de análisis, el factor de reducción que se considerará el

menor R_o (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Tabla 13

Sistemas estructurales y factor de reducción sísmica.

Sistemas Estructurales	
Sistemas Estructurales	Coefficiente Básico de Reducción $R(o)$
Concreto Armado:	
Pórtico	8
Dual	7
Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4
Albañilería Armada y Confinada:	
	3
Madera:	
	7

Nota. Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

2.3.9.7 Regularidad estructural:

Las estructuras son de dos tipos regular e irregular de acuerdo a las características que presente el edificio (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

➤ **Estructuras regulares:** Son estructuras en la que en su configuración resistente a cargas laterales no presentan

irregularidades, si no presentan irregularidades entonces $I_a=1$ y $I_p=1$.

- **Estructuras irregulares:** Son estructuras en la que en su configuración resistente a cargas laterales presentan irregularidades. Si presentan las irregularidades entonces se determinará de acuerdo a las siguientes tablas establecidas por la E.030.

Tabla 14

Factores de irregularidad en planta (I_p).

Irregularidades en Planta	Factor de Irregularidades I_p
Irregularidad torsional	0.75
Irregularidad torsional extrema	0.60
Irregularidad de esquinas entrantes	0.90
Irregularidad de discontinuidad del diafragma	0.85
Irregularidad de sistemas no paralelos	0.90

Nota: Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

Tabla 15

Factores de irregularidad en altura (I_a).

Irregularidades en Planta	Factor de Irregularidades I_a
Irregularidad rigidez - piso blando	0.75
Irregularidad resistencia - piso débil	0.75
Irregularidad extrema de rigidez	0.50
Irregularidad extrema de resistencia	0.50

Irregularidad de masa o peso	0.90
Irregularidad de geometría vertical	0.90
Irregularidad de discontinuidad en los sistemas resistentes	0.80
Irregularidad de discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	0.60

Nota. Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

2.3.9.8 Estimación de peso sísmico:

La estimación de la carga sísmica de una edificación se dará mediante la combinación de la carga permanente y un porcentaje de la carga viva que va depender de la importancia que se le dará a la edificación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

- Para edificios de categorías A y B, se considerará el 50 % de la carga viva.
- Para edificios de categoría C, será el 25 % del peso de la carga viva.
- Para lugares como depósitos, será el 80 % del peso total de lo almacenado.
- Para techo y azoteas, será el 25 % de la carga viva.
- Para tanques, silos y estructuras semejantes, será el 100 % de la carga de lo almacenado.

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis General.

El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso mejora significativamente el comportamiento estructural en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

2.4.2 Hipótesis Específicas.

El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce los desplazamientos máximos en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las derivas máximas en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso aumenta el amortiguamiento en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las fuerzas internas en los elementos estructurales en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

2.5 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Comportamiento estructural, es el análisis de la edificación para evaluar la vulnerabilidad ante daños funcionales (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016, p.375).	Se realizará un análisis estructural sísmico a la estructura con el objetivo de determinar el estado sismorresistente. Para después colocar los sistemas de protección sísmicos (disipadores de fluidos viscoso) a la estructura donde se buscará el mejoramiento del comportamiento estructural para cumplir con los requerimientos mínimo de la norma Diseño sismorresistente E-030.	DESPLAZAMIENTOS	- DESPLAZAMIENTO ABSOLUTO DE ENTREPISOS
			DERIVAS	- DERIVAS DE ENTREPISO
			AMORTIGUAMIENTO	- VALOR DE AMORTIGUAMIENTO
			ESFUERZOS INTERNOS	- FUERZA DE FLEXIÓN - FUERZA CORTANTE - FUERZA DE MOMENTO FLECTOR - FUERZA AXIAL
DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDOS VISCOSOS	Los disipadores de fluido viscoso son dispositivos que trabajan con un pistón y una cámara hueca de acumulación de fluido siliconico, en la cual ante los desplazamientos del pórtico trabajan pasando el fluido de una cámara a otra mediante orificios donde ante dicha acción ocurre la conversión de energía mecánica mediante el calor interno y por ende la disipación de la energía sísmica. (Chavez, 2017, p.45)	El acoplamiento de los disipadores de fluidos viscosos permitirá que las edificaciones obtengan una mayor capacidad de resistir frente a un sismo catalogado como severo logrando así la funcionalidad de mi edificio y la seguridad de las vidas humanas. Asimismo, reducen en un gran porcentaje las derivas máximas, los desplazamientos y disipan más del 80% de la fuente de energía del sismo.	PROPIEDADES FÍSICAS	- MODELO FLUIDO VISCOSO TAYLOR - DISPOSICIÓN CHEVRON BRACE
			PROPIEDADES MECANICAS	- FUERZA DEL DISIPADOR - RIGIDEZ DEL BRAZO METALICO - COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO - CURVA HISTERÉTICA - BALANCE ENERGETICO - REGISTRO SISMICO - ESPECTRO DE DISEÑO - MAXIMO STROKE

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación.

La investigación aplicada tiene como propósito aportar un nuevo conocimiento a la sociedad con la finalidad de buscar alternativas de solución ante las necesidades y la problemática del hombre (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Esta investigación es aplicada debido que el empleo de disipadores sísmicos en una edificación generara una solución eficaz en el comportamiento estructural de la edificación logrando reducir futuros daños provocados por los sismos.

3.1.2 Nivel de investigación.

La investigación descriptiva se enfoca en especificar y detallar todas las características de la variable en estudio para un lugar y tiempo determinado. El objetivo de la investigación descriptiva es puntualizar o explicar de manera precisa y exacta la información sobre los conceptos de las propiedades de una población o un grupo al someterse a un análisis (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Esta investigación es descriptiva por que se realizó un conjunto de procedimiento de manera ordenada para evaluar el comportamiento de la edificación empleando disipadores sísmicos con la finalidad de llegar a una solución.

3.1.3 Diseño de investigación.

Una investigación no experimental consiste en hacer estudios sin la manipulación de la variable independiente ya que esta se da de forma natural y la observan los fenómenos en un espacio natural para poder después analizarlos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El diseño de la investigación es no experimental-transversal debido a que mi variable independiente (disipadores de fluido viscoso) no sufrirá ningún cambio porque el empleo de disipadores sísmicos se realizara en una sola disposición (chevron brace mejorado) y un solo modelo de disipador sísmico (fluido viscoso) que será analizados y diseñado en la herramienta computacional Etabs.v2019.2.0.

3.1.4 Enfoque de investigación.

El enfoque cuantitativo de una investigación apunta a seguir una secuencia de manera ordenada que son fundamentales no saltarse para llegar al objetivo, con la finalidad de afirmar y probar que los resultados obtenidos muestren que la hipótesis planteada sean las correctas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Según nuestra hipótesis general de nuestro estudio consiste en mejorar el comportamiento estructural de una edificación de 20 niveles lo cual se obtendrá a partir de un análisis y diseño realizado en el software ingeniera Etabs.v.2019.2.0, el cual nos arrojará como resultados datos de valores numéricos.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población.

Es un conjunto elementos conformados por seres vivos u objetos que serán estudiados para una investigación en un determinado espacio (Carrasco, 2006). Es por ello que la población de estudio será el plan del proyecto de edificio de 20 niveles destinado a uso de clínica creado para fines de este presente estudio.

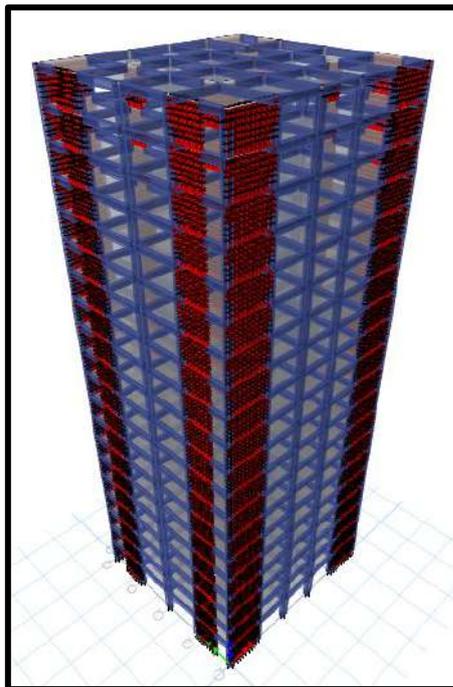


Figura 28. Edificio de 20 niveles destinado a clínica

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Muestra.

La muestra no probabilística es un subgrupo que pertenecen a una población donde la selección de la muestra está orientado a las características de la investigación u objetivo del investigador y que no dependerá de la probabilidad (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El presente estudio se emplearán las muestras no probabilísticas debido que la elección de la muestra no se dará mediante una probabilidad, sino que en este caso la selección de la muestra dependerá del criterio del investigador, donde en nuestro caso solo nos concentraremos en estudiar el plan del proyecto de edificio de 20 niveles destinado a uso de clínica.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Técnicas a emplear.

3.3.1.1 Técnica documental:

Esta técnica se enfoca en conseguir información de documentos valiosos que están relacionados con una problemática en estudio (Carrasco, 2006).

Para el presente estudio se tuvo que tomar como fuente información documentos como nomas nacionales (Reglamento Nacional de Edificaciones), normas internacionales (Asce/Sei 7-10 Cap.18, Fema 274 Cap.9 y el Manual Multi-Hazard Loss Estimation Methodology), manuales, revistas y tesis de investigadores con la

finalidad de tener un amplio conocimiento relacionado al tema y determinar los objetivos de la problemática en estudio que serán contrastados con las hipótesis obteniendo el resultado anhelado. También se cuenta con planos de arquitectónicos.

3.3.1.2 Técnica observacional:

La técnica de recolección observacional consiste en un proceso de examinar u observar a un objeto para obtener información de sus características, propiedades y cualidades (Carrasco, 2006).

En este presente trabajo se tuvo que recoger información de los datos registrados en el campo del estudio de suelo realizado para poder determinar las características de suelo donde se fundara la edificación y las componentes de los parámetros sísmicos para la obtención del espectro inelástico.

3.3.2 Descripción de los instrumentos.

La ficha de recolección de datos consiste en un método que permite al observador registrar datos de manera directa con la realidad que se está investigando (Carrasco, 2006).

Para el caso de nuestro estudio el instrumento para la recolección de datos que se sacará principalmente del análisis del comportamiento sismorresistente de una edificación con el empleo de disipadores sísmicos, que será realizado con ayuda de varias herramientas computacionales de ingeniería como los siguientes:

- ✓ Etabs.v.19.2.0
- ✓ Sap2000.v.20.1.0
- ✓ Autocad 2021
- ✓ Sismo match
- ✓ Sismo signal
- ✓ Excel 2016
- ✓ Word 2016

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Este proyecto de investigación empleara un software de ingeniería denominado Etabs.2019.v.19.2.0 para el modelamiento, análisis y diseño de la estructura empleando disipadores sísmicos Taylor. Así mismo el software de ingeniería ayudara a realizar un análisis dinámico modal-espectral con parámetros brindados en nuestra norma E.030 (Diseño Sismorresistente) con el cual determinaremos nuestras derivas, una vez determinado esto se prosigue a realizar nuevamente el análisis dinámico espectral, pero con $R=1$ para ver el comportamiento de la estructura, pero esta vez en el intervalo de comportamiento no lineal inelástico donde se obtendrán derivas. Luego se realizará el análisis tiempo historia lineal donde se empleará tres pares de registros sísmicos más fuertes suscitados cerca de las zonas de estudio para después llevarla al programa Sismo match para el escalamiento de nuestro espectro inelástico objetivo con lo cual una vez realizado ello se va corregir la línea de base como del filtrado en el programa denominado Sismo signal, con lo cual obtendremos derivas nuevas diferente al obtenido con el análisis dinámico espectral usando un $R=1$, entonces

lo que se hará es seleccionar el sismo de diseño tomando como considerando la derivas más conservadores. Finalmente se realizará un análisis tiempo historia no lineal para ver el desempeño sísmico de la estructura donde se buscará una estructura con un nivel de desempeño operacional con daños leves pero reparable para un sismo severo empleando esta vez con el acoplamiento de los disipadores sísmicos donde finalmente el edificio cumplirá con las derivas objetivos propuestos inicialmente. Además los resultados de las derivas, desplazamientos, fuerzas internas, amortiguamiento, balance energético que nos brindara el programa Etabs.2019.v.19.2.0 serán procesados mediante el programa Excel 2016. Estos resultados serán representados en tablas, histogramas, graficas de barras con el objetivo poder contrastar las hipótesis planteados. Se considerará la herramienta computacional Excel 2016 para el uso de las hojas de cálculos para el predimensionamiento de la estructura y para el cálculo de acero en la losa aligerada. También se emplea el programa autocad 2021 para la elaboración de los planos de arquitectura (distribución y elevación), estructura (cimentación y aligerado) del edificio de 20 pisos destinado a clínicas, asimismo también se dibuja los tipos de disipadores sísmicos. Por último se emplea el programa sap2000.v.20.1.0 para el diseño del cálculo de los acero en los elementos estructurales como viga, losa aligerada, zapata y columna para después compararlos con los resultados que me arrojará la hoja de cálculo utilizado para determinar el área de acero que se empleara para la edificación de 20 pisos destinado a uso de clínicas.

3.5 Matriz de consistencia.

	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PRINCIPAL	¿Cuánto se mejora el comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?	Determinar la mejora del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.	El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso mejora significativamente el comportamiento estructural en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.	<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDOS VISCOSOS	PROPIEDADES FÍSICAS PROPIEDADES MECANICAS	1. Tipo de investigación: Aplicada 2. Nivel de Investigación: Descriptiva 3. Diseño de Investigación No Experimental 4. Enfoque de la Investigación: Cuantitativo 5. Población: Proyecto de edificación de 20 niveles destinado a clínica.
ESPECÍFICOS	¿Cuánto se reduce el desplazamiento al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?	Cuantificar los desplazamientos al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.	El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce los desplazamientos máximos en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.	<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	DESPLAZAMIENTO DERIVAS AMORTIGUAMIENTO ESFUERZOS INTERNOS	6. Muestra: Proyecto de edificación de 20 niveles destinado a clínica. 7. Técnicas de recolección de datos: Observacional y documental 8. Análisis interpretación de la información - Software Etabs 2019, Sismo match y signal - Excel - Hojas de cálculos
	¿Cómo varían las derivas al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?	Determinar las derivas al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.	El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las derivas máximas en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.			
	¿De qué manera varía el amortiguamiento al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?	Calcular el amortiguamiento al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.	El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso aumenta el amortiguamiento en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.			
	¿Cómo varían las fuerzas internas en los elementos estructurales al emplear disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María?	Calcular las fuerzas internas en los elementos estructurales al emplear disipadores sísmicos de fluidos viscoso, en un edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.	El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las fuerzas internas en los elementos estructurales en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.			

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultado

Aquí se realiza toda la investigación donde especificas tus cálculos, también empleas herramientas computacionales como hojas Excel y programas de ingeniería.

4.1.1 Descripción del proyecto

El estudio consiste en realizar el análisis sismorresistente de una edificación esencial no existente de 20 pisos destinados al uso de clínicas, cuyas dimensiones son para el eje “x” es 27.00m y para el eje “y” es 25.25m con un área de 681.75m². La estructura está compuesta por un sistema estructural de muros estructurales para las dos direcciones de análisis, asimismo tiene una configuración estructural regular en altura y planta.

El objetivo será que la estructura presente un desempeño sísmico operacional y con estado de daños leves ante un sismo severo de 475 años de periodo de retorno, para ello se implementará a la edificación el uso de los disipadores de energía logrando así un mejor comportamiento estructural (reducción de derivas, desplazamiento, esfuerzos internos y el aumento del amortiguamiento).

4.1.1.1 Ubicación del proyecto

La ubicación del proyecto en estudio se ubica en la localidad de San Bartolomé Mz:I Lt:13, distrito de Santa María, provincia Huaura, departamento Lima, lugar en donde se realizó el estudio de suelo para obtener la capacidad portante del suelo.

4.1.1.2 Características y uso de la edificación

El plano arquitectónico de la edificación en estudio presenta una distribución para el primer nivel que estará conformado por un área de unidad de referencia, triaje, toma de muestra de laboratorio, farmacia, CAI, farmacia, consultorio medicina general, tópico de urgencia, consultorio del adulto mayor, odontología y SS.HH. La distribución del 2do al 8avo nivel estará conformado por un área de unidad de referencia, farmacia, asistencia social, consejería, psicología, obstetricia, pediatría, cardiología, ginecología, consultorio de medicina general, tópico de urgencia, consulta y programa de TBC, odontología y SS.HH. La distribución para el 9avo nivel al 13avo estará conformado por un área de unidad de referencia, farmacia, asistencia social, consejería, espirometría, consultorio de medicina, conmutación, consultorio oftalmológico, optometría, consultorio de medicina general, tópico de urgencia, consultorio de especialización, odontología y SS.HH. La distribución para el 14avo nivel al 20avo estará conformado por un área de unidad de referencia, farmacia, secretaria, dirección, atención al asegurado, espirometría, consultorio de

medicina, conmutación, consultorio oftalmológico, optometría, consultorio de medicina general, sala multifuncional, consultorio de especialización, taller y SS.HH.

4.1.1.3 Propiedades de los materiales de la edificación

Las propiedades del concreto y acero para realizar el análisis estructural y diseño de la edificación son:

a) Concreto armado:

- Resistencia del concreto a la compresión: $f_c=280\text{kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad $E_c=250998.01\text{ kg/cm}^2$
- Coeficiente de poisson: $\mu=0.20$
- Peso específico del concreto $V=2400\text{kg/m}$

b) Acero corrugado $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

- Esfuerzo de fluencia del acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del acero $E_s=2 \times 10^6$
- Peso específico $V=7850\text{kg/m}^3$

4.1.2 Configuración y predimensionamiento estructural

4.1.2.1 Predimensionamiento de losas aligerada

En el predimensionamiento se optó por usar losas aligeradas en una sola dirección. Para el sentido de las viguetas será paralela a la luz corta de la losa aligerada en este caso será dirección paralela al eje “y”.

Según el plano de la edificación la luz más corta tiene una longitud de 4.925m.

El ancho de la losa aligerada se determina mediante la siguiente expresión:

$$t = \frac{L_{mayor}}{25} = \frac{4.925}{25} = 0.197$$

$$t = 0.20m$$

Según el predimensionamiento se optó por usar un espesor de 0.20m para evitar las deflexiones. La losa aligerada estará conformada por viguetas de ancho de 0.10m espaciados cada 0.40m con ladrillos de techo de 0.30x0.30x0.15 y un recubrimiento de espesor de losa 0.05m.

4.1.2.2 Predimensionamiento de vigas

Para el predimensionamiento de la sección de vigas peraltadas se empleó el mismo peralte en las dos direcciones de análisis con el objetivo de rigidizar la estructura ante las cargas laterales del sismo. La luz mayor libre de la viga que presenta el plano de la edificación tiene una longitud de 6.20m.

Para determinar el peralte y ancho de la viga se emplearon las siguientes expresiones.

$$h = \frac{L_{mayor}}{10} @ \frac{L_{mayor}}{12}$$

➤ Peralte de la viga

$$h = \frac{6.20}{10} = 0.62m \quad h = \frac{6.20}{12} = 0.516$$

$$h = 0.70m \quad h = 0.55m$$

➤ Ancho de la viga

$$b = \frac{0.70}{2} = 0.35m \quad h = \frac{0.55}{2} = 0.25$$

$$b = 0.35m \quad h = 0.30m$$

Según el predimensionamiento de la viga se optó por usar un peralte de 0.70 y ancho de 0.35m.

4.1.2.3 Predimensionamiento de columnas

Para el predimensionamiento de columnas se tomará el criterio de áreas tributarias, para ello se tomará a la columna que presente la mayor área tributaria en la edificación.

Por tratarse de una edificación de categoría A (esencial) se considerará una carga tributaria de $P=1500\text{kg/m}^2$.

➤ Columna Centradas

$$\text{Área de columna} = \frac{P_{\text{servicio}}}{0.45f'_c}$$

$$\text{Área de columna} = \frac{1500\text{kg/m}^2 \times 32.86\text{m}^2 \times 20}{0.45 \times 280\text{kg/cm}^2}$$

$$\text{Área de columna} = 7823.81\text{cm}^2$$

$$\text{Área de columna} = 88.45 \times 88.45\text{cm}^2$$

Tabla 16

Dimensiones de las columnas centradas.

	Cm	Área cm ²	Cumple
b	90	8100	Ok
t	90		

Nota: Fuente: Elaboración propia

Para la columna centrada se optó por considerar una sección de 90x50cm², la reducción se debe a que mi sistema es de muros estructurales donde se trató de rigidizar la parte externa con el objetivo que estos elementos se encargaran de absorber las fuerzas cortantes del sismo, de tal manera disminuyan los momentos flectores y aumente mi capacidad axial en mis columnas.

➤ Columna Excéntricas

$$\text{Área de columna} = \frac{P_{\text{servicio}}}{0.35f'_c}$$

$$\text{Área de columna} = \frac{1500\text{kg/m}^2 \times 16.43\text{m}^2 \times 20}{0.45 \times 280\text{kg/cm}^2}$$

$$\text{Área de columna} = 5029.59\text{cm}^2$$

$$\text{Área de columna} = 70.92 \times 70.92\text{cm}^2$$

Tabla 17

Dimensiones de las columnas excéntricas.

	Cm	Área cm ²	Cumple
b	90	5400	Ok
t	60		

Nota: Fuente: Elaboración propia

Para la columna centrada se optó por considerar una sección de 90x50cm², la reducción se debe a que mi sistema es de muros estructurales donde se trató de rigidizar la parte externa con el objetivo que estos elementos se encargaran de absorber las fuerzas cortantes del sismo, de tal manera disminuyan los momentos flectores y aumente mi capacidad axial en mis columnas.

➤ Columna Esquinadas

$$\text{Área de columna} = \frac{P_{\text{servicio}}}{0.35f'_c}$$

$$\text{Área de columna} = \frac{1500\text{kg/m}^2 \times 8.22\text{m}^2 \times 20}{0.45 \times 280\text{kg/cm}^2}$$

$$\text{Área de columna} = 2516.33\text{cm}^2$$

$$\text{Área de columna} = 50.16 \times 50.16\text{cm}^2$$

Tabla 18

Dimensiones de las columnas excéntricas.

	cm	Área cm ²	Cumple
b	60	3600	Ok
t	60		

Nota: Fuente: Elaboración propia

Para la columna centrada se optó por considerar una sección de 60x60cm², se debe a que mi sistema es de muros estructurales donde se trató de rigidizar la parte externa con el objetivo que estos elementos se encargaran de absorber las fuerzas cortantes del sismo, de tal manera disminuyan los momentos flectores y aumente mi capacidad axial en mis columnas.

4.1.2.4 Predimensionamiento de muros estructurales

Para el predimensionamiento de la placa de concreto armado se optó por un ancho de 0.30m desde el 1er nivel hasta el 20avo piso de acuerdo al plano de arquitectura de la edificación, conforme aumenta el número de niveles aumentara el espesor de la placa.

4.1.2.5 Configuración estructural final

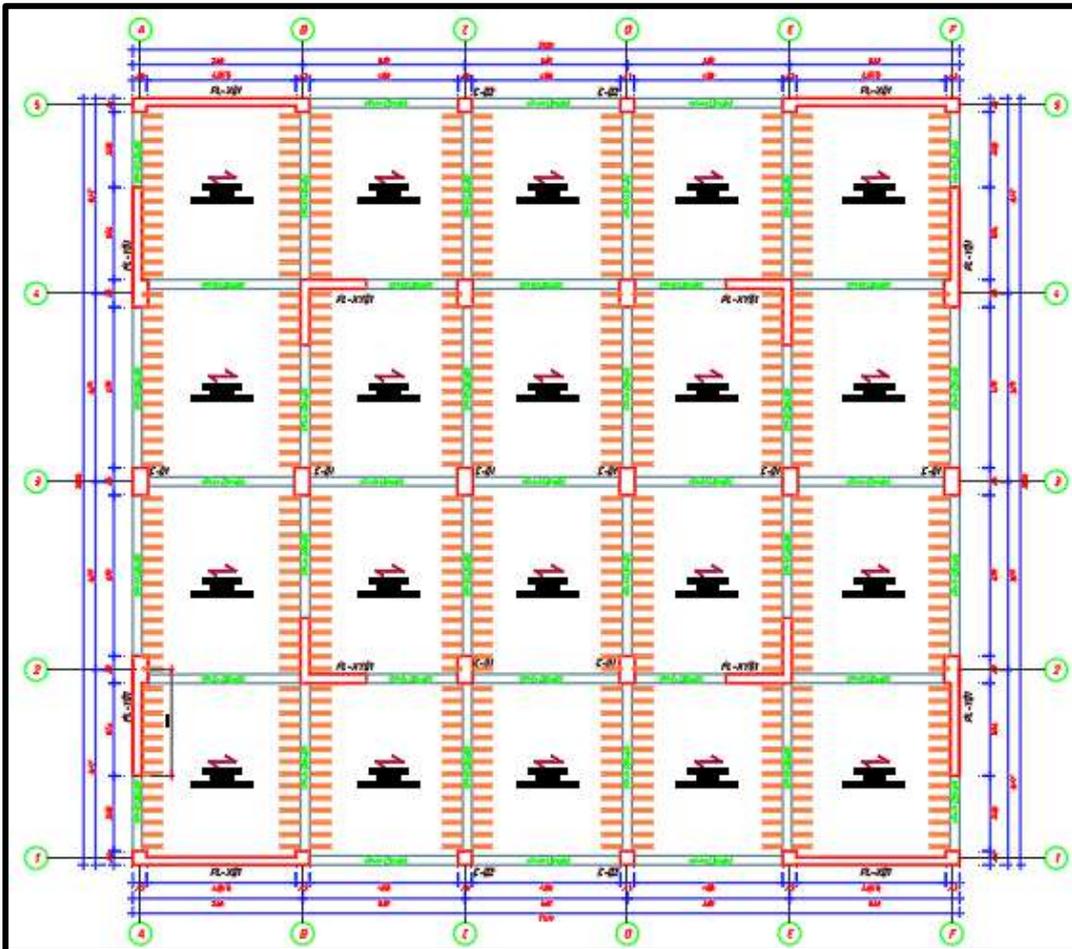


Figura 29. Configuración final del 1er-20 avo nivel

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Metrado de carga de diseño

4.1.3.1 Metrado de carga muerta

El metrado de carga muerta son todos aquellos elementos que permanecen perenne durante toda la vida útil de la estructura.

- Carga de tabiquería=150kg/m²

- Carga de acabados=120kg/m²
- Carga de ladrillo de techo=65kg/m²

Tabla 19

Metrado de carga muerta.

Carga Muerta	
Item	Peso
Tabiquería	150kg/m ²
Acabados	120kg/m ²
Ladrillos	65kg/m ²
Carga total	335kg/m ²

Nota: Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2 Metrado de carga viva

El metrado de carga viva son aquellos elementos que permanecerán de manera temporal de acuerdo al uso y ocupación que se le dará a la edificación. Según la norma E020 de cargas específica para edificaciones destinado a clínica presentaran cargas vivas variables, con la cual se usará el promedio de todas las cargas vivas que presentara la edificación destinada a clínicas.

- Sobrecarga para sala de operaciones y laboratorios S/C=300kg/m²
- Sobrecarga para cuartos S/C=200kg/m²
- Sobrecarga para corredores y escaleras S/C=400kg/m²

Carga viva del 1er hasta 19avo nivel:

$$CV = \frac{300kg/m^2 + 200kg/m^2 + 400kg/m^2}{3}$$

$$CV = 300kg/m^2$$

Carga viva en el último nivel o 20avo nivel:

$$CV = 150kg/m^2$$

La carga viva que se optó para usar para el modelamiento y asignación de cargas para la losa aligerada será de 300kg/m² y para el último nivel será de 150kg/m².

Tabla 20

Metrado de carga muerta.

Carga Viva	
Item	Peso
S/C (1er-19avo nivel)	300kg/m ²
Carga total	300kg/m ²
S/C (20avo nivel)	150kg/m ²
Carga total	150kg/m ²

Nota: Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Análisis estructural sísmico sin disipadores de energía

4.1.4.1 Parámetros sísmicos

➤ Factor de Zona:

Debido que el proyecto en estudio se encuentra en la zona costa del país, se clasificara como una zona altamente sísmica donde

presentara las mayores aceleraciones en el suelo, es por ello que se le asignara un factor de zonificación $Z=0.45$.

➤ Factor de uso:

La edificación en estudio destinada a clínicas pertenece dentro de la categoría A denominado como edificaciones esenciales, es por ello que se le asignara un factor de uso $U=1.5$.

➤ Factor de suelo:

Según los resultados del estudio de mecánica de suelos es un suelo muy rígido, es por ello que se le asignara un factor de $S=1.00$. A partir de conocer ya nuestro suelo en estudio podemos determinar las condiciones del suelo donde se va edificar, es por ello el suelo presentaran periodos corto y largo que tendrán un valor $T_p=0.4$ y $T_l=2.50$.

➤ Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas:

El sistema estructural estimado es de muros estructurales, lo cual después se debe de verificar si es correcto es por ello que se le asignara un factor $R=6.00$ en las dos direcciones de análisis. Se asume que la edificación no presentara irregularidades, después en el análisis estático se tiene que verificar que sea correcto, es por ello que se considerara los siguientes factores $I_a=1.00$ y $I_p=1.00$.

Tabla 21

Resumen de parámetros sísmicos.

Parámetros	Símbolo	Valor	Descripción
Zona	Z	0.45	Zona 4: Dist. Santa María
Uso	U	1.5	Edif. Esencial: Clínica
Suelo	S	1.00	Suelos S1
Coefficiente de reducción de fuerzas sísmica	Ro	6	Muros Estructurales
Regularidad estructural	Ia	1.00	Irregularidad altura
	Ip	1.00	Irregularidad planta

Nota: Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2 Análisis sísmico estático

El análisis estático tendrá como objetivo verificar la irregularidad estructural, verificar el sistema estructural de la edificación que sea correcto con lo propuesto inicialmente, determinar las fuerzas laterales y cortantes en cada entrepiso.

El análisis sísmico de la edificación se realizará en las dos direcciones de análisis para el eje “x” y para el eje “y”. Asimismo, se verificará los periodos de vibración obtenidos de la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0 donde los calculados manualmente tienen que ser semejantes.

4.1.4.2.1 Peso sísmico por pisos

El peso sísmico de la edificación de categoría A de uso esencial se determina como el $P_s=100\%CM+50\%CV$.

Tabla 22

Peso sísmico de la edificación.

PISOS	Masa (Ton.s²/m)	Pi (Ton)
20	56.97594	558.75
19	84.81618	831.77
18	84.81618	831.77
17	84.81618	831.77
16	84.81618	831.77
15	84.81618	831.77
14	84.81618	831.77
13	84.81618	831.77
12	84.81618	831.77
11	84.81618	831.77
10	84.81618	831.77
9	84.81618	831.77
8	84.81618	831.77
7	84.81618	831.77
6	84.81618	831.77
5	84.81618	831.77
4	84.81618	831.77
3	84.81618	831.77
2	84.81618	831.77
1	86.42774	847.57
	12.89246	16,378.12

Nota: Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2.2 Período fundamental de vibración

El período fundamental de la estructura para las dos direcciones de análisis “x” e “y” se puede estimar mediante la siguiente fórmula.

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Tabla 23

Peso sísmico de la edificación

ELEMENTOS RESISTENTES	N°	CT
Pórticos de C°A°	1	35
Dual (muros en ascensores, escalera)	2	45
Albañilería y muros estructurales	3	60

Nota: Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la altura libre total del edificio es $h_n=69.5\text{m}$ y por tratarse de un sistema estructural de muros estructurales le corresponderá un coeficiente $C_t=60$.

$$T = \frac{69.5}{60} = 1.158\text{seg}$$

4.1.4.2.3 Coeficiente de amplificación sísmica

Una vez determinados el período fundamental se procede a determinar el coeficiente de amplificación con las siguientes fórmulas.

- Periodo fundamental estimado xy: $T_{xy}=1.158\text{seg}$,
- Periodo corto y largo para un suelo S1: $T_p=0.4$, $T_l=2.5$
- Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas: $R=6.00$

$$T_p < T_{xy} < T_l \quad C_{xy} = 2.50x\left(\frac{T_p}{T_{xy}}\right)$$

$$0.40 < 1.158 < 2.50 \quad C_{xy} = 2.50x\left(\frac{0.4}{1.158}\right)$$

$$C_{xy} = 0.863$$

Determinado el coeficiente de amplificación se procede a la corroboración de $C/R > 0.11$.

$$\frac{C}{R} > 0.11$$

$$0.1438 > 0.11 \text{ OK!!!}$$

4.1.4.2.4 Cortante basal

La cortante basal total de la edificación para las dos direcciones se hallará con la formulas presentadas a continuación.

$$V_{XY} = \frac{ZUCS}{R} * P_s$$

$$V_{XY} = \frac{0.45x1.5x0.863x1.0}{6.0} * 16378.12$$

$$V_{XY} = 1590.68 \text{ Tonf}$$

4.1.4.2.5 Fuerza sísmica en altura

Las fuerzas sísmicas laterales en el centro de masa de cada entrepiso se determinarán de la siguiente manera.

$$F_i = \alpha_i \cdot V_{XY}$$

$$\alpha_1 = \frac{P_i(h_i^k)}{\sum P_i(h_i^k)}$$

El peso de edificación se obtuvo una vez realizado el análisis estructural en el programa Etabs.v.2019.2.0 y la altura de entrepiso para el piso inferior es de 4.00m y para los típicos es de 3.50m.

Para el obtener del coeficiente de altura se hallará con la fórmula presentada a continuación.

- $T < 0.50$ $K = 1.00 \text{seg}$
- $T > 0.50$ $K = 0.75 + 0.50 T_{xy}$

El periodo fundamental estimado de la edificación nuestro es 1.158seg es por ello que el coeficiente de altura se determina con la segunda fórmula descrita anteriormente.

$$K = 0.75 + 0.50 * T_{xy}$$

$$K = 0.75 + 0.50 * 1.158 = 1.329$$

$$K = 1.329$$

Una vez obtenidos todos los datos se procede a determinar las fuerzas laterales sísmicas de entrepiso.

Tabla 24

Distribución de fuerzas sísmicas de entrepisos.

Nivel	Pi (Ton)	Hi (m)	Pi*((Hi)^k) (Ton.m)	ai	Fi (Ton)	Vi (Ton)
20	558.75	70.50	159,756.20	0.08	121.09	121.09
19	831.77	67.00	222,256.78	0.11	168.46	289.55
18	831.77	63.50	206,960.70	0.10	156.87	446.42
17	831.77	60.00	191,939.61	0.09	145.48	591.91
16	831.77	56.50	177,204.19	0.08	134.31	726.22
15	831.77	53.00	162,766.20	0.08	123.37	849.59
14	831.77	49.50	148,638.70	0.07	112.66	962.26
13	831.77	46.00	134,836.28	0.06	102.20	1,064.46
12	831.77	42.50	121,375.35	0.06	92.00	1,156.46
11	831.77	39.00	108,274.57	0.05	82.07	1,238.52
10	831.77	35.50	95,555.37	0.05	72.43	1,310.95
9	831.77	32.00	83,242.65	0.04	63.10	1,374.05
8	831.77	28.50	71,365.85	0.03	54.09	1,428.14
7	831.77	25.00	59,960.31	0.03	45.45	1,473.59
6	831.77	21.50	49,069.58	0.02	37.19	1,510.78
5	831.77	18.00	38,748.84	0.02	29.37	1,540.15
4	831.77	14.50	29,070.98	0.01	22.03	1,562.19
3	831.77	11.00	20,137.82	0.01	15.26	1,577.45
2	831.77	7.50	12,104.81	0.01	9.18	1,586.63
1	847.57	4.00	5,349.51	0.00	4.05	1,590.68
	16,378.12		2,098,614.29	1.00	1,590.68	

Nota: Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2.6 Periodos naturales de vibración

Los periodos de vibración reales de la edificación son extraídos de la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0 a lo

que con lleva nuevamente hacer el análisis estático, pero en esta ocasión ya con los periodos reales de la edificación.

- $T_x=1.729$ seg
- $T_y=1.887$ seg
- $T_z=1.729$ seg

4.1.4.2.7 Coeficiente de amplificación corregido

El coeficiente de amplificación real de la edificación se calculará nuevamente, pero con los periodos de vibración reales.

- C_x :

$$T_p < T_x < T_l \quad C_x = 2.50x\left(\frac{T_p}{T_x}\right)$$

$$0.40 < 1.729 < 2.50 \quad C_x = 2.50x\left(\frac{0.4}{1.729}\right)$$

$$C_x = 0.5784$$

Determinado el coeficiente de amplificación se procede a la corroboración de $C/R > 0.11$.

$$\frac{C}{R} > 0.11$$

$$0.0964 > 0.11 \text{ NO CUMPLE!!!}$$

Como no está cumpliendo se procede a tomar el valor mínimo para determinar la cortante basal $C/R=0.11$.

- C_y :

$$T_p < T_y < T_l \quad C_y = 2.50x\left(\frac{T_p}{T_y}\right)$$

$$0.40 < 1.887 < 2.50 ; C_y = 2.50x\left(\frac{0.4}{1.887}\right)$$

$$C_x = 0.5299$$

Determinado el coeficiente de amplificación se procede a la corroboración de $C/R>0.11$.

$$\frac{C}{R} > 0.11$$

$$0.0883 > 0.11 \text{ NO CUMPLE!!!}$$

Como no está cumpliendo se procede a tomar el valor mínimo para determinar la cortante basal $C/R=0.11$.

4.1.4.2.8 Cortante basal

La cortante basal total de la edificación para las dos direcciones se hallará con la formulas presentadas a continuación.

$$V_{XY} = \frac{ZUCS}{R} * P_s$$

- V_x :

$$V_x = 0.45 * 1.5 * 0.11 * 1.0 * 16378.12$$

$$V_x = 1216.08 \text{ Tonf}$$

- V_y :

$$V_y = 0.45 * 1.5 * 0.11 * 1.0 * 16378.12$$

$$V_y = 1216.08 \text{ Tonf}$$

4.1.4.2.9 Fuerza sísmica en altura

Las fuerzas sísmicas laterales en el centro de masa de cada entrepiso se determinarán de la siguiente manera.

$$F_i = \alpha_i \cdot V_{XY}$$

$$\alpha_1 = \frac{P_i(h_i^k)}{\sum P_i(h_i^k)}$$

El peso de edificación se obtiene una vez realizado el análisis estructural en el programa Etabs.v.2019.2.0 y la altura de entrepiso para el piso inferior es de 4.00m y para los típicos es de 3.50m.

F_x :

El periodo fundamental de vibración para la dirección “x”

es $T_x=1.729$ seg

- $T < 0.50$ $K=1.00$ seg
- $T > 0.50$ $K=0.75+0.50T_x < 2$

$$K = 0.75 + 0.50 * T_x$$

$$K = 0.75 + 0.50 \times 1.729 = 1.615$$

$$K = 1.615$$

Una vez obtenidos todos los datos se procede a determinar las fuerzas laterales sísmicas de entrepiso.

Tabla 25

Distribución de fuerzas sísmicas de entresijos.

Nivel	Pi (Ton)	Hi (m)	Pi*((Hi)^k) (Ton.m)	αi	Fi (Ton)	Vi (Ton)
20	558.75	70.50	539,560.08	0.10	116.02	116.02
19	831.77	67.00	739,796.73	0.13	159.07	275.09
18	5.00	63.50	4,078.02	0.00	0.88	275.96
17	831.77	60.00	619,035.95	0.11	133.10	409.07
16	831.77	56.50	561,771.68	0.10	120.79	529.86
15	831.77	53.00	506,648.93	0.09	108.94	638.80
14	831.77	49.50	453,721.12	0.08	97.56	736.36
13	831.77	46.00	403,046.82	0.07	86.66	823.02
12	831.77	42.50	354,690.63	0.06	76.27	899.28
11	831.77	39.00	308,724.39	0.05	66.38	965.66
10	831.77	35.50	265,228.62	0.05	57.03	1,022.69
9	831.77	32.00	224,294.60	0.04	48.23	1,070.92
8	831.77	28.50	186,027.03	0.03	40.00	1,110.92
7	831.77	25.00	150,547.90	0.03	32.37	1,143.29
6	831.77	21.50	118,002.09	0.02	25.37	1,168.66

5	831.77	18.00	88,565.93	0.02	19.04	1,187.71
4	831.77	14.50	62,461.29	0.01	13.43	1,201.14
3	831.77	11.00	39,980.74	0.01	8.60	1,209.73
2	831.77	7.50	21,539.00	0.00	4.63	1,214.37
1	847.57	4.00	7,952.49	0.00	1.71	1,216.08
	15,551.35		5,655,674.03	1.00	1,216.08	

Nota: Fuente: Elaboración propia

Fy:

El periodo fundamental de vibración para la dirección “y”
es $T_y=1.887$ seg

- $T < 0.50$ $K=1.00$ seg
- $T > 0.50$ $K=0.75+0.50T_y < 2$

$$K = 0.75 + 0.50 * T_x$$

$$K = 0.75 + 0.50 * 1.887 = 1.694$$

$$K = 1.694$$

Una vez obtenidos todos los datos se procede a determinar
las fuerzas laterales sísmicas de entrepiso.

Tabla 26

Distribución de fuerzas sísmicas de entrepisos.

Nivel	Pi (Ton)	Hi (m)	Pi*((Hi)^k) (Ton.m)	ai	Fi (Ton)	Vi (Ton)
20	558.75	70.50	755,173.52	0.09	106.71	106.71
19	831.77	67.00	1,031,269.83	0.12	145.72	252.43
18	831.77	63.50	941,673.37	0.11	133.06	385.49

17	831.77	60.00	855,440.52	0.10	120.88	506.37
16	831.77	56.50	772,630.18	0.09	109.18	615.55
15	831.77	53.00	693,305.94	0.08	97.97	713.51
14	831.77	49.50	617,536.75	0.07	87.26	800.77
13	831.77	46.00	545,397.78	0.06	77.07	877.84
12	831.77	42.50	476,971.52	0.06	67.40	945.24
11	831.77	39.00	412,349.09	0.05	58.27	1,003.51
10	831.77	35.50	351,632.03	0.04	49.69	1,053.19
9	831.77	32.00	294,934.56	0.03	41.68	1,094.87
8	831.77	28.50	242,386.70	0.03	34.25	1,129.12
7	831.77	25.00	194,138.64	0.02	27.43	1,156.55
6	831.77	21.50	150,366.94	0.02	21.25	1,177.80
5	831.77	18.00	111,284.13	0.01	15.72	1,193.52
4	831.77	14.50	77,154.10	0.01	10.90	1,204.43
3	831.77	11.00	48,319.32	0.01	6.83	1,211.25
2	831.77	7.50	25,255.47	0.00	3.57	1,214.82
1	847.57	4.00	8,872.90	0.00	1.25	1,216.08
16,378.12			8,606,093.27	1.00	1,216.08	

Nota: Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2.10 Verificación de periodo de vibración

Se verificará los periodos obtenidos de la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0 que sean iguales a los periodos hallados manualmente con el análisis estático.

Los periodos y los desplazamientos del centro de masa serán extraídos del programa Etabs.v.2019.2.0.

- $T_x=1.729$ seg
- $T_y=1.887$ seg

T_x :

Tabla 27

Desplazamiento del centro de masa en la dirección x.

Nivel	Pi (Ton)	Hi (m)	Pi*((Hi)^k) (Ton.m)	ai	Fi (Ton)	Vi (Ton)	di (m)	Pi.di^2 (Ton.m2)	Fi.di (Ton.m)
20	558.75	70.50	539,560.08	0.09	103.66	103.66	0.1143	7.30	11.85
19	831.77	67.00	739,796.73	0.12	142.12	245.78	0.1100	10.07	15.64
18	831.77	63.50	678,392.70	0.11	130.33	376.11	0.1055	9.26	13.75
17	831.77	60.00	619,035.95	0.10	118.93	495.03	0.1006	8.42	11.97
16	831.77	56.50	561,771.68	0.09	107.92	602.96	0.0954	7.57	10.30
15	831.77	53.00	506,648.93	0.08	97.33	700.29	0.0898	6.71	8.74
14	831.77	49.50	453,721.12	0.07	87.17	787.46	0.0838	5.84	7.30
13	831.77	46.00	403,046.82	0.06	77.43	864.89	0.0774	4.99	6.00
12	831.77	42.50	354,690.63	0.06	68.14	933.03	0.0708	4.17	4.82
11	831.77	39.00	308,724.39	0.05	59.31	992.34	0.0639	3.39	3.79
10	831.77	35.50	265,228.62	0.04	50.95	1,043.29	0.0567	2.68	2.89
9	831.77	32.00	224,294.60	0.04	43.09	1,086.38	0.0495	2.04	2.13
8	831.77	28.50	186,027.03	0.03	35.74	1,122.12	0.0422	1.48	1.51
7	831.77	25.00	150,547.90	0.02	28.92	1,151.04	0.0350	1.02	1.01
6	831.77	21.50	118,002.09	0.02	22.67	1,173.71	0.0280	0.65	0.64
5	831.77	18.00	88,565.93	0.01	17.01	1,190.73	0.0214	0.38	0.36
4	831.77	14.50	62,461.29	0.01	12.00	1,202.73	0.0152	0.19	0.18
3	831.77	11.00	39,980.74	0.01	7.68	1,210.41	0.0097	0.08	0.07
2	831.77	7.50	21,539.00	0.00	4.14	1,214.55	0.0052	0.02	0.02
1	847.57	4.00	7,952.49	0.00	1.53	1,216.08	0.0018	0.00	0.00
	16,378.12		6,329,988.70	1.00	1,216.08			76.26	102.97

Nota: Fuente: Elaboración propia

Determinamos los periodos de vibración del edificio con la siguiente expresión para la dirección x.

$$Tx = 2\pi \sqrt{\frac{\sum P_i d_i^2}{g \sum F_i d_i}}$$

$$Tx = 2\pi \sqrt{\frac{76.26}{9.81 * 102.97}}$$

$$Tx = 1.727 \text{ seg ok!!!}$$

Ty:

Tabla 28

Desplazamiento del centro de masa en la dirección y.

Nivel	Pi (Ton)	Hi (m)	Pi*((Hi)^k) (Ton.m)	ai	Fi (Ton)	Vi (Ton)	di (m)	Pi.di^2 (Ton.m2)	Fi.di (Ton.m)
20	558.75	70.50	755,173.52	0.09	106.71	106.71	0.1300	9.44	13.87
19	831.77	67.00	1,031,269.83	0.12	145.72	252.43	0.1264	13.29	18.42
18	831.77	63.50	941,673.37	0.11	133.06	385.49	0.1224	12.46	16.29
17	831.77	60.00	855,440.52	0.10	120.88	506.37	0.1179	11.56	14.25
16	831.77	56.50	772,630.18	0.09	109.18	615.55	0.1128	10.57	12.31
15	831.77	53.00	693,305.94	0.08	97.97	713.51	0.1070	9.53	10.49
14	831.77	49.50	617,536.75	0.07	87.26	800.77	0.1007	8.44	8.79
13	831.77	46.00	545,397.78	0.06	77.07	877.84	0.0939	7.34	7.24
12	831.77	42.50	476,971.52	0.06	67.40	945.24	0.0867	6.25	5.84
11	831.77	39.00	412,349.09	0.05	58.27	1,003.51	0.0790	5.20	4.61
10	831.77	35.50	351,632.03	0.04	49.69	1,053.19	0.0711	4.20	3.53
9	831.77	32.00	294,934.56	0.03	41.68	1,094.87	0.0629	3.29	2.62
8	831.77	28.50	242,386.70	0.03	34.25	1,129.12	0.0545	2.47	1.87
7	831.77	25.00	194,138.64	0.02	27.43	1,156.55	0.0461	1.77	1.26
6	831.77	21.50	150,366.94	0.02	21.25	1,177.80	0.0377	1.18	0.80
5	831.77	18.00	111,284.13	0.01	15.72	1,193.52	0.0295	0.72	0.46
4	831.77	14.50	77,154.10	0.01	10.90	1,204.43	0.0216	0.39	0.23
3	831.77	11.00	48,319.32	0.01	6.83	1,211.25	0.0142	0.17	0.10
2	831.77	7.50	25,255.47	0.00	3.57	1,214.82	0.0078	0.05	0.03
1	847.57	4.00	8,872.90	0.00	1.25	1,216.08	0.0028	0.01	0.00
	16,378.12		8,606,093.27	1.00	1,216.08			108.32	123.01

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Determinamos los periodos de vibración del edificio con la siguiente expresión para la dirección y.

$$Ty = 2\pi \sqrt{\frac{\sum P_i d_i^2}{g \sum F_i d_i}}$$

$$T_y = 2\pi \sqrt{\frac{108.32}{9.81 * 123.01}}$$

$$T_y = 1.882 \text{ seg ok!!!}$$

4.1.4.2.11 Regularidad estructural

I. Irregularidad estructural en altura

- Irregularidad de rigidez o piso blando

Son dos condiciones que tienen que cumplir para que la estructura califique como irregular.

- La rigidez lateral del entrepiso inferior es menor al 70% de la rigidez lateral inmediato superior.
- La rigidez lateral del entrepiso inferior es menor al 80% del promedio de la rigidez lateral de los 3 entrepisos inmediatos superiores.

K: Rigidez de los entrepisos

$$K_C < 0.70K_D; K_C < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$$

Tabla 29

Rigidez lateral de entrepiso en la dirección x.

Story	Load Case	Kx (Tonf/m)	-Kx i/Kxi+1	Control Kx i/Kxi+1<0.70	Kx i/Prom Kx +3	Control Kx i/Prom Kx +3<0.80
20	S-ESX	23,834.65	-	-	-	-

19	S-ESX	52,951.61	2.22	(REGUL.)	-	-
18	S-ESX	75,485.93	1.43	(REGUL.)	-	-
17	S-ESX	92,405.68	1.22	(REGUL.)	1.82	(REGUL.)
16	S-ESX	105,100.93	1.14	(REGUL.)	1.43	(REGUL.)
15	S-ESX	114,778.49	1.09	(REGUL.)	1.26	(REGUL.)
14	S-ESX	122,408.96	1.07	(REGUL.)	1.18	(REGUL.)
13	S-ESX	128,742.00	1.05	(REGUL.)	1.13	(REGUL.)
12	S-ESX	134,366.34	1.04	(REGUL.)	1.10	(REGUL.)
11	S-ESX	139,780.11	1.04	(REGUL.)	1.09	(REGUL.)
10	S-ESX	145,462.74	1.04	(REGUL.)	1.08	(REGUL.)
9	S-ESX	151,963.83	1.04	(REGUL.)	1.09	(REGUL.)
8	S-ESX	159,637.79	1.05	(REGUL.)	1.10	(REGUL.)
7	S-ESX	169,654.59	1.06	(REGUL.)	1.11	(REGUL.)
6	S-ESX	183,544.74	1.08	(REGUL.)	1.14	(REGUL.)
5	S-ESX	204,137.30	1.11	(REGUL.)	1.19	(REGUL.)
4	S-ESX	237,432.88	1.16	(REGUL.)	1.28	(REGUL.)
3	S-ESX	298,950.29	1.26	(REGUL.)	1.43	(REGUL.)
2	S-ESX	447,933.88	1.50	(REGUL.)	1.81	(REGUL.)
1	S-ESX	668,860.15	1.49	(REGUL.)	2.04	(REGUL.)

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Rigidez lateral de entrepiso en la dirección y.

Story	Load Case	Ky (Tonf/m)	Ky i/Kyi+1	Control Ky i/Kyi+1<0.70	Ky i/Prom Ky +3	Control Ky i/Prom Ky +3<0.80
20	S-ESY	28,780.88	-	-	-	-
19	S-ESY	60,159.57	2.09	(REGUL.)	-	-
18	S-ESY	80,970.82	1.35	(REGUL.)	-	-
17	S-ESY	94,627.32	1.17	(REGUL.)	1.67	(REGUL.)
16	S-ESY	103,876.50	1.10	(REGUL.)	1.32	(REGUL.)
15	S-ESY	110,436.15	1.06	(REGUL.)	1.19	(REGUL.)
14	S-ESY	115,353.24	1.04	(REGUL.)	1.12	(REGUL.)
13	S-ESY	119,271.05	1.03	(REGUL.)	1.09	(REGUL.)
12	S-ESY	122,607.80	1.03	(REGUL.)	1.07	(REGUL.)
11	S-ESY	125,663.90	1.02	(REGUL.)	1.06	(REGUL.)
10	S-ESY	128,692.88	1.02	(REGUL.)	1.05	(REGUL.)
9	S-ESY	131,959.17	1.03	(REGUL.)	1.05	(REGUL.)
8	S-ESY	135,591.50	1.03	(REGUL.)	1.05	(REGUL.)

7	S-ESY	140,228.13	1.03	(REGUL.)	1.06	(REGUL.)
6	S-ESY	146,762.32	1.05	(REGUL.)	1.08	(REGUL.)
5	S-ESY	156,831.50	1.07	(REGUL.)	1.11	(REGUL.)
4	S-ESY	174,066.50	1.11	(REGUL.)	1.18	(REGUL.)
3	S-ESY	208,263.90	1.20	(REGUL.)	1.31	(REGUL.)
2	S-ESY	299,530.56	1.44	(REGUL.)	1.67	(REGUL.)
1	S-ESY	433,869.93	1.45	(REGUL.)	1.91	(REGUL.)

Nota: Fuente: Elaboración propia

Se concluye que el edificio no presenta irregularidad de rigidez o piso blando en las dos direcciones de análisis en “x” e “y”, con ello se logra comprobar que no existirá irregularidad por piso blando.

- **Irregularidad de resistencia o piso débil**

La estructura calificara como irregular si la fuerza cortante de entrepiso inferior a analizar es menor que el 80% de la fuerza cortante de entrepiso superior.

V: Fuerza cortante de entrepiso

$$V_C < 0.80V_D$$

Tabla 31

Rigidez lateral de entrepiso en la dirección x.

Story	Load Case/Combo	V _x (Tonf)	V _{x i} /V _{x i+1}	Control V _{x i} /V _{x i+1} <0.80
20	S-ESX	-103.66	-	-
19	S-ESX	-245.78	2.37	(REGUL.)
18	S-ESX	-376.11	1.53	(REGUL.)
17	S-ESX	-495.03	1.32	(REGUL.)

16	S-ESX	-602.96	1.22	(REGUL.)
15	S-ESX	-700.29	1.16	(REGUL.)
14	S-ESX	-787.45	1.12	(REGUL.)
13	S-ESX	-864.89	1.10	(REGUL.)
12	S-ESX	-933.03	1.08	(REGUL.)
11	S-ESX	-992.34	1.06	(REGUL.)
10	S-ESX	-1,043.29	1.05	(REGUL.)
9	S-ESX	-1,086.38	1.04	(REGUL.)
8	S-ESX	-1,122.12	1.03	(REGUL.)
7	S-ESX	-1,151.04	1.03	(REGUL.)
6	S-ESX	-1,173.71	1.02	(REGUL.)
5	S-ESX	-1,190.72	1.01	(REGUL.)
4	S-ESX	-1,202.72	1.01	(REGUL.)
3	S-ESX	-1,210.40	1.01	(REGUL.)
2	S-ESX	-1,214.54	1.00	(REGUL.)
1	S-ESX	-1,216.07	1.00	(REGUL.)

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Rigidez lateral de entrepiso en la dirección y.

Story	Load Case/Combo	Vy (Tonf)	Vy i/Vy i+1	Control Vy i/Vy i+1<0.80
20	S-ESY	-106.71	-	-
19	S-ESY	-252.43	2.37	(REGUL.)
18	S-ESY	-385.49	1.53	(REGUL.)
17	S-ESY	-506.37	1.31	(REGUL.)
16	S-ESY	-615.54	1.22	(REGUL.)
15	S-ESY	-713.51	1.16	(REGUL.)
14	S-ESY	-800.77	1.12	(REGUL.)
13	S-ESY	-877.84	1.10	(REGUL.)
12	S-ESY	-945.23	1.08	(REGUL.)
11	S-ESY	-1,003.50	1.06	(REGUL.)
10	S-ESY	-1,053.19	1.05	(REGUL.)
9	S-ESY	-1,094.86	1.04	(REGUL.)
8	S-ESY	-1,129.11	1.03	(REGUL.)
7	S-ESY	-1,156.54	1.02	(REGUL.)
6	S-ESY	-1,177.79	1.02	(REGUL.)
5	S-ESY	-1,193.52	1.01	(REGUL.)
4	S-ESY	-1,204.42	1.01	(REGUL.)

3	S-ESY	-1,211.25	1.01	(REGUL.)
2	S-ESY	-1,214.82	1.00	(REGUL.)
1	S-ESY	-1,216.07	1.00	(REGUL.)

Nota: Fuente: Elaboración propia

Se concluye que el edificio no presenta irregularidad de resistencia o piso débil en las dos direcciones de análisis en “x” e “y”, con ello se logra comprobar que no existirá irregularidad por piso blando.

- **Irregularidad de masa o peso**

La estructura calificara como irregular si la masa del entrepiso inferior a analizar sea mayor a 1.50 veces de la masa del entrepiso superior.

m: masa de la edificación

$$m_C > 1.50m_D$$

$$m_D > 1.50m_C$$

Tabla 33

Masa de entrepiso de la edificación en la dirección x e y.

NIVELES	Masa (Tonf-s ² /m)	Peso Sísmico (Tonf)	M _i /M _{i+1}	Control M _i /M _{i+1} >1.5	M _{i+1} /M _i	Control M _{i+1} /M _i >1.5
20	56.97594	558.75	-	-	0.67	(REGUL.)
19	84.81618	831.77	1.49	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
18	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
17	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)

16	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
15	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
14	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
13	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
12	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
11	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
10	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
9	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
8	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
7	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
6	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
5	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
4	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
3	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	1.00	(REGUL.)
2	84.81618	831.77	1.00	(REGUL.)	0.98	(REGUL.)
1	86.42774	847.57	1.02	(REGUL.)	-	-
16,378.12						

Nota: Fuente: Elaboración propia

Se concluye que no existe irregularidad de masa o peso en las dos direcciones de análisis en “x” e “y”, con ello se logra comprobar que no existirá irregularidad de masa.

- **Irregularidad de geometría vertical**

La estructura calificara como irregular cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la longitud en planta de la estructura es mayor que 1.30 la longitud en un piso adyacente.

a: longitud del piso inferior en dirección x e y.

b: longitud del piso superior en dirección x e y.

$$a > 1.30b; b > 1.30a$$

Se concluye que la edificación presenta un área regular en todos los niveles, por lo tanto, no existirá irregularidad por geometría vertical.

II. Irregularidad estructural en planta

- **Irregularidad estructural torsional**

La estructura calificara como irregular cuando en cualquiera de las direcciones de análisis el desplazamiento máximo relativo de entrepiso sea mayor que 1.30 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso.

$$\frac{\Delta_{max}}{h_i} > 1.30 \frac{\Delta_{prom}}{h_i}$$

se aplica solo si cumple:

$$\frac{\Delta_{max}}{h_i} \geq 0.50 * \frac{\Delta_{permissible}}{h_i}$$

Tabla 34

Desplazamientos máximos por pisos en la dirección x e y.

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
Story20	S_ESTX	X	0.12637	0.112938	1.119
Story19	S_ESTX	X	0.121715	0.10872	1.12
Story18	S_ESTX	X	0.116755	0.104233	1.12
Story17	S_ESTX	X	0.111433	0.09943	1.121
Story16	S_ESTX	X	0.105694	0.094261	1.121
Story15	S_ESTX	X	0.099520	0.08871	1.122

Story14	S_ESTX	X	0.092916	0.082782	1.122
Story13	S_ESTX	X	0.085912	0.076504	1.123
Story12	S_ESTX	X	0.078553	0.069915	1.124
Story11	S_ESTX	X	0.070900	0.063069	1.124
Story10	S_ESTX	X	0.063024	0.056032	1.125
Story9	S_ESTX	X	0.055013	0.048879	1.125
Story8	S_ESTX	X	0.046964	0.041701	1.126
Story7	S_ESTX	X	0.038993	0.034598	1.127
Story6	S_ESTX	X	0.031231	0.027688	1.128
Story5	S_ESTX	X	0.023830	0.021108	1.129
Story4	S_ESTX	X	0.016972	0.015019	1.13
Story3	S_ESTX	X	0.010873	0.009611	1.131
Story2	S_ESTX	X	0.005795	0.005116	1.133
Story1	S_ESTX	X	0.002061	0.001818	1.134
Story20	S_ESTY	Y	0.143893	0.128403	1.121
Story19	S_ESTY	Y	0.139893	0.124909	1.12
Story18	S_ESTY	Y	0.135405	0.120972	1.119
Story17	S_ESTY	Y	0.130329	0.116497	1.119
Story16	S_ESTY	Y	0.124604	0.111434	1.118
Story15	S_ESTY	Y	0.118229	0.105783	1.118
Story14	S_ESTY	Y	0.111237	0.099574	1.117
Story13	S_ESTY	Y	0.103678	0.092856	1.117
Story12	S_ESTY	Y	0.095619	0.085688	1.116
Story11	S_ESTY	Y	0.087134	0.078135	1.115
Story10	S_ESTY	Y	0.078301	0.070269	1.114
Story9	S_ESTY	Y	0.069206	0.062165	1.113
Story8	S_ESTY	Y	0.059942	0.053903	1.112
Story7	S_ESTY	Y	0.050613	0.045572	1.111
Story6	S_ESTY	Y	0.041336	0.037275	1.109
Story5	S_ESTY	Y	0.032257	0.029138	1.107
Story4	S_ESTY	Y	0.023567	0.021329	1.105
Story3	S_ESTY	Y	0.015525	0.01408	1.103
Story2	S_ESTY	Y	0.008508	0.007732	1.100
Story1	S_ESTY	Y	0.003081	0.002803	1.099

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Derivas máximas por pisos en la dirección x e y.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story20	S_ESTX	X	0.00133	277	25.97	24.8	70.50
Story19	S_ESTX	X	0.001417	277	25.97	24.8	67.00
Story18	S_ESTX	X	0.00152	277	25.97	24.8	63.50
Story17	S_ESTX	X	0.00164	277	25.97	24.8	60.00
Story16	S_ESTX	X	0.001764	277	25.97	24.8	56.50
Story15	S_ESTX	X	0.001887	277	25.97	24.8	53.00
Story14	S_ESTX	X	0.002001	277	25.97	24.8	49.50
Story13	S_ESTX	X	0.002103	277	25.97	24.8	46.00
Story12	S_ESTX	X	0.002187	277	25.97	24.8	42.50
Story11	S_ESTX	X	0.00225	277	25.97	24.8	39.00
Story10	S_ESTX	X	0.002289	277	25.97	24.8	35.50
Story9	S_ESTX	X	0.002299	277	25.97	24.8	32.00
Story8	S_ESTX	X	0.002277	277	25.97	24.8	28.50
Story7	S_ESTX	X	0.002218	277	25.97	24.8	25.00
Story6	S_ESTX	X	0.002114	277	25.97	24.8	21.50
Story5	S_ESTX	X	0.001959	277	25.97	24.8	18.00
Story4	S_ESTX	X	0.001743	277	25.97	24.8	14.50
Story3	S_ESTX	X	0.001451	277	25.97	24.8	11.00
Story2	S_ESTX	X	0.001067	277	25.97	24.8	7.50
Story1	S_ESTX	X	0.000515	277	25.97	24.8	4.00
Story20	S_ESTY	Y	0.001143	35	26.5	3.2	70.50
Story19	S_ESTY	Y	0.001282	35	26.5	3.2	67.00
Story18	S_ESTY	Y	0.00145	35	26.5	3.2	63.50
Story17	S_ESTY	Y	0.001636	35	26.5	3.2	60.00
Story16	S_ESTY	Y	0.001821	35	26.5	3.2	56.50
Story15	S_ESTY	Y	0.001998	35	26.5	3.2	53.00
Story14	S_ESTY	Y	0.00216	35	26.5	3.2	49.50
Story13	S_ESTY	Y	0.002303	35	26.5	3.2	46.00
Story12	S_ESTY	Y	0.002425	35	26.5	3.2	42.50
Story11	S_ESTY	Y	0.002524	35	26.5	3.2	39.00
Story10	S_ESTY	Y	0.002598	35	26.5	3.2	35.50
Story9	S_ESTY	Y	0.002647	35	26.5	3.2	32.00
Story8	S_ESTY	Y	0.002666	35	26.5	3.2	28.50
Story7	S_ESTY	Y	0.002651	35	26.5	3.2	25.00
Story6	S_ESTY	Y	0.002594	35	26.5	3.2	21.50
Story5	S_ESTY	Y	0.002483	35	26.5	3.2	18.00
Story4	S_ESTY	Y	0.002298	35	26.5	3.2	14.50

Story3	S_ESTY	Y	0.002005	35	26.5	3.2	11.00
Story2	S_ESTY	Y	0.001551	35	26.5	3.2	7.50
Story1	S_ESTY	Y	0.00077	35	26.5	3.2	4.00

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

Irregularidad torsional en la dirección x.

Story	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	UX-Prom (m)	Drift X - Prom	Drift X - Max	Drift X - Max/Drift X - Prom	Control Drift X - Max/Drift X - Prom > 1.3	50%* 0.007	Control de Aplicación
20	S-ESX	3.5	0.113	0.0012	0.0013	1.1036	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
19	S-ESX	3.5	0.109	0.0013	0.0014	1.1053	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
18	S-ESX	3.5	0.104	0.0014	0.0015	1.1076	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
17	S-ESX	3.5	0.099	0.0015	0.0016	1.1105	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
16	S-ESX	3.5	0.094	0.0016	0.0018	1.1122	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
15	S-ESX	3.5	0.089	0.0017	0.0019	1.1141	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
14	S-ESX	3.5	0.083	0.0018	0.0020	1.1156	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
13	S-ESX	3.5	0.077	0.0019	0.0021	1.1171	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
12	S-ESX	3.5	0.070	0.0020	0.0022	1.1181	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
11	S-ESX	3.5	0.063	0.0020	0.0023	1.1191	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
10	S-ESX	3.5	0.056	0.0020	0.0023	1.1200	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
9	S-ESX	3.5	0.049	0.0021	0.0023	1.1210	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
8	S-ESX	3.5	0.042	0.0020	0.0023	1.1220	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
7	S-ESX	3.5	0.035	0.0020	0.0022	1.1234	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
6	S-ESX	3.5	0.028	0.0019	0.0021	1.1245	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
5	S-ESX	3.5	0.021	0.0017	0.0020	1.1260	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
4	S-ESX	3.5	0.015	0.0015	0.0017	1.1281	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
3	S-ESX	3.5	0.010	0.0013	0.0015	1.1298	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
2	S-ESX	3.5	0.005	0.0009	0.0011	1.1324	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
1	S-ESX	4	0.002	0.0005	0.0005	1.1331	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Irregularidad torsional en la dirección y.

Story	Load Case/Combo	Altura entre piso (m)	UY-Prom (m)	Drift Y - Prom	Drift Y - Max	Drift Y - Max/Drift Y - Prom	Control Drift Y - Max/Drift Y - Prom > 1.3	50%*0.007	Control de Aplicación
Piso 20	S-ESY	3.5	0.128	0.0010	0.0011	1.1450	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 19	S-ESY	3.5	0.125	0.0011	0.0013	1.1397	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 18	S-ESY	3.5	0.121	0.0013	0.0015	1.1341	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 17	S-ESY	3.5	0.116	0.0014	0.0016	1.1310	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 16	S-ESY	3.5	0.111	0.0016	0.0018	1.1279	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 15	S-ESY	3.5	0.106	0.0018	0.0020	1.1263	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 14	S-ESY	3.5	0.100	0.0019	0.0022	1.1253	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 13	S-ESY	3.5	0.093	0.0020	0.0023	1.1245	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 12	S-ESY	3.5	0.086	0.0022	0.0024	1.1237	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 11	S-ESY	3.5	0.078	0.0022	0.0025	1.1231	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 10	S-ESY	3.5	0.070	0.0023	0.0026	1.1220	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 9	S-ESY	3.5	0.062	0.0024	0.0026	1.1213	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 8	S-ESTY	3.5	0.054	0.0024	0.0027	1.1200	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 7	S-ESY	3.5	0.046	0.0024	0.0027	1.1183	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 6	S-ESY	3.5	0.037	0.0023	0.0026	1.1158	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 5	S-ESY	3.5	0.029	0.0022	0.0025	1.1129	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 4	S-ESY	3.5	0.021	0.0021	0.0023	1.1095	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 3	S-ESY	3.5	0.014	0.0018	0.0020	1.1055	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 2	S-ESY	3.5	0.008	0.0014	0.0016	1.1013	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)
Piso 1	S-ESY	4	0.003	0.0007	0.0008	1.0988	(REGULAR)	0.0035	(NO EVAL.)

Nota: Fuente: Elaboración propia

Se concluye que no presenta irregularidad torsional en las dos direcciones de análisis.

- **Irregularidad estructural esquinas entrantes**

La estructura calificara como irregular cuando en cualquiera de las direcciones presente esquinas entrantes cuyas dimensiones sean mayores al 20% de la dimensión total para cada dirección análisis.

a: Longitud entrante en dirección xy.

A: Longitud total de la edificación en dirección xy

$$a > 0.20A$$

Se concluye que la edificación presenta un área regular en todos los niveles, por lo tanto, no existirá irregularidad por esquinas entrantes. Luego haber realizado el control de irregularidades en altura y planta, se concluye la edificación es totalmente regular, es por ello que el coeficiente de reducción será afectado mediante factor $I_a=1.00$ y $I_p=1.00$. Por lo tanto, la edificación que se consideró como estructura regular sin irregularidades se comprueba que es correcto el valor que se asumió inicialmente para el análisis estructural

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

$$R = 6.0 * 1.0 * 1.0 = 6$$

4.1.4.2.12 Verificación de sistema estructural

Para la verificación del sistema estructural será necesario extraer los datos de la fuerza cortante tomadas por los muros de corte en el programa del Etabs.v.2019.2.0.

- Sistema estructural en el eje x

$$V_{xtotal}=1216.08$$

Tabla 38

Fuerza cortante en los muros de corte en dirección x.

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P (Tonf)	V2 (Tonf)	V3 (Tonf)	T (Tonf.m)	M2 (Tonf.m)	M3 (Tonf.m)
Story1	P1	S_ESTX	Bottom	0.00	530.78	0.00	-30.67	0.00	6,868.41
Story1	P2	S_ESTX	Bottom	0.00	398.74	0.00	-0.46	0.00	7,672.04
Story1	P3	S_ESTX	Bottom	0.00	144.86	0.00	-91.54	0.00	-2,035.5
					1,074.4				

Nota: Fuente: Elaboración propia

$$\%V_x = \frac{V_{muros\ x}}{V_{total}}$$

$$\%V_x = \frac{1074.40\text{tn} - f}{1216.08\text{tn} - f} * 100\%$$

$$\%V_x = 88.35\% \text{ Ok!!!}$$

La fuerza cortante que están tomando los muros en la dirección x es de 88.35% por lo tanto se concluye que el sistema estructural de muros estructurales asumido inicialmente es correcto R=6.00.

- Sistema estructural en el eje y

$$V_{ytotal}=1216.08$$

Tabla 39

Fuerza cortante en los muros de corte en dirección y.

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P (Tonf)	V2 (Tonf)	V3 (Tonf)	T (Tonf.m)	M2 (Tonf.m)	M3 (Tonf.m)
Story1	P4	S_ESTY	Bottom	0.00	314.13	0.00	8.54	0.00	6,053.34
Story1	P5	S_ESTY	Bottom	0.00	380.84	0.00	-3.50	0.00	6,048.34
Story1	P6	S_ESTY	Bottom	0.00	236.95	0.00	137.82	0.00	-2,603.7
				931.92					

Nota: Fuente: Elaboración propia

$$\%V_Y = \frac{V_{muros Y}}{V_{total}}$$

$$\%V_Y = \frac{931.92tn - f}{1216.08 tn - f} * 100\%$$

$$\%V_Y = 76.63\% \text{ Ok!!!}$$

La fuerza cortante que están tomando los muros en la dirección y es de 76.63% por lo tanto se concluye que el sistema estructural de muros estructurales asumido inicialmente es correcto $R=6.00$.

4.1.4.3 Análisis sísmico dinámico modal-espectral

4.1.4.3.1 Aceleración espectral

Para poder realizar el análisis dinámico modal espectral se empleará un espectro inelástico de pseudo-aceleración expresado mediante la siguiente fórmula.

$$S_{xy} = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

Tabla 40

Resumen de parámetros sísmicos.

Factor	Símbolo	Valor	Justificación
Zona	Z	0.45	Zona sísmica 4: Dist. Santa María
Uso	U	1.50	Edif. Esencial: Clínica
Suelo	S	1.00	Suelos S1
Coefficiente de reducción de fuerzas sísmica	Ro	6	Muros Estruct.
Regularidad estructural	Ia	1.00	Irreg. altura
	Ip	1.00	Irreg. planta

Nota: Fuente: Elaboración propia

El intervalo de tiempo que se empleará para determinar el espectro inelástico de pseudo-aceleración será de 0.00seg hasta 10seg.

Tabla 41

Espectro de pseudo-aceleraciones.

T	C	ZUCS/R	sa
0.00	2.5	0.28125	2.7590625
0.02	2.5	0.28125	2.7590625
0.04	2.5	0.28125	2.7590625
0.06	2.5	0.28125	2.7590625
0.08	2.5	0.28125	2.7590625
0.1	2.5	0.28125	2.7590625
0.12	2.5	0.28125	2.7590625
0.14	2.5	0.28125	2.7590625
0.16	2.5	0.28125	2.7590625
0.18	2.5	0.28125	2.7590625
0.2	2.5	0.28125	2.7590625
0.25	2.5	0.28125	2.7590625
0.3	2.5	0.28125	2.7590625
0.35	2.5	0.28125	2.7590625
0.4	2.5	0.28125	2.7590625
0.45	2.2222222	0.25	2.4525
0.5	2	0.225	2.20725
0.55	1.8181818	0.204545455	2.006590909
0.6	1.6666667	0.1875	1.839375
0.65	1.5384615	0.173076923	1.697884615
0.7	1.4285714	0.160714286	1.576607143
0.75	1.3333333	0.15	1.4715
0.8	1.25	0.140625	1.37953125
0.85	1.1764706	0.132352941	1.298382353
0.9	1.1111111	0.125	1.22625
0.95	1.0526316	0.118421053	1.161710526
1	1	0.1125	1.103625
1.1	0.9090909	0.102272727	1.003295455
1.2	0.8333333	0.09375	0.9196875
1.3	0.7692308	0.086538462	0.848942308

1.4	0.7142857	0.080357143	0.788303571
1.5	0.6666667	0.075	0.73575
1.6	0.625	0.0703125	0.689765625
1.7	0.5882353	0.066176471	0.649191176
1.8	0.5555556	0.0625	0.613125
1.9	0.5263158	0.059210526	0.580855263
2	0.5	0.05625	0.5518125
2.1	0.4761905	0.053571429	0.525535714
2.2	0.4545455	0.051136364	0.501647727
2.3	0.4347826	0.048913043	0.479836957
2.4	0.4166667	0.046875	0.45984375
2.5	0.4	0.045	0.44145
2.6	0.3698225	0.04160503	0.40814534
2.7	0.3429355	0.038580247	0.378472222
2.8	0.3188776	0.035873724	0.351921237
2.9	0.2972652	0.033442331	0.328069263
3	0.2777778	0.03125	0.3065625
4	0.15625	0.017578125	0.172441406
5	0.1	0.01125	0.1103625
6	0.0694444	0.0078125	0.076640625
7	0.0510204	0.005739796	0.056307398
8	0.0390625	0.004394531	0.043110352
9	0.0308642	0.003472222	0.0340625
10	0.025	0.0028125	0.027590625

Nota: Fuente: Elaboración propia

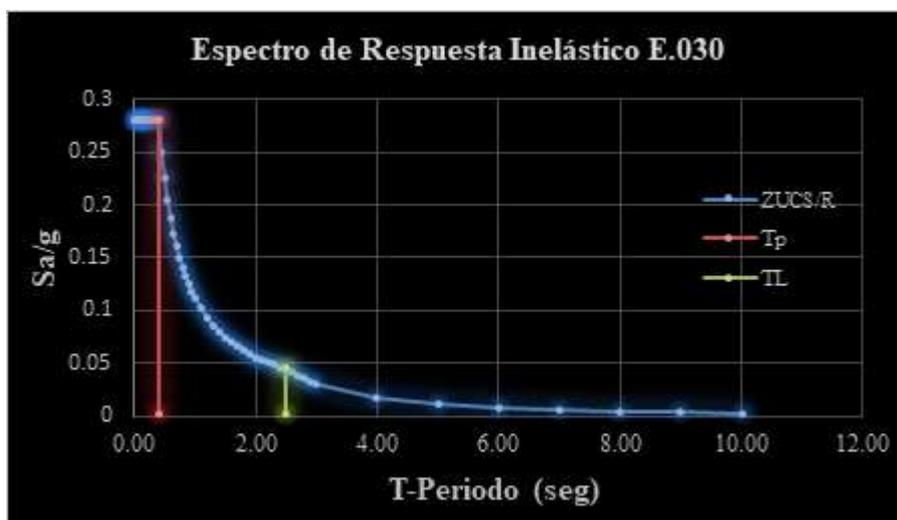


Figura 30. Espectro de respuesta inelástico

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.4.3.2 Periodos y modos de vibración

Para los modos de vibración se consideró 3 formas libres de vibrar por nivel, siendo así en total 60 modos de vibración para la edificación. Además, la norma E.030 (Diseño sismorresistente) establece que solo se consideren aquellos modos de vibración que tengan por lo menos una masa participativa superiores al 90%.

Tabla 42

Periodos, modos de vibración y masa participativa.

Case	Modos	Periodos (Seg)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modo	1	1.887	0.0027	0.7453	0	0.0027	0.7453	0
Modo	2	1.729	0.7111	0.004	0	0.7138	0.7493	0
Modo	3	1.259	0.0103	0.0065	0	0.7241	0.7558	0
Modo	4	0.576	0.0001	0.1167	0	0.7242	0.8725	0
Modo	5	0.489	0.1302	0.0002	0	0.8544	0.8727	0
Modo	6	0.368	0.0024	0.0009	0	0.8568	0.8737	0
Modo	7	0.3	1.39E-05	4.39E-02	0	0.8568	0.9175	0
Modo	8	0.234	0.0538	3.99E-05	0	0.9106	0.9176	0
Modo	9	0.203	0.00E+00	0	0.6176	0.9106	0.9176	0.6176
Modo	10	0.191	2.23E-05	2.54E-02	0	0.9106	0.943	0.6176
Modo	11	0.182	1.30E-03	3.17E-05	0	0.912	0.943	0.6176
Modo	12	0.164	0.0004	0.00E+00	0	0.9124	0.943	0.6176
Modo	13	0.161	0	5.00E-04	0	0.9124	0.9436	0.6176
Modo	14	0.14	2.95E-02	1.97E-05	0	0.9419	0.9436	0.6176
Modo	15	0.138	0	0.00E+00	0.1479	0.9419	0.9436	0.7656
Modo	16	0.133	1.23E-05	1.05E-05	0	0.9419	0.9436	0.7656
Modo	17	0.132	7.11E-06	1.60E-02	0	0.9419	0.9595	0.7656
Modo	18	0.131	0	0.00E+00	0.0101	0.9419	0.9595	0.7756
Modo	19	0.123	2.75E-06	5.00E-04	0	0.9419	0.96	0.7756
Modo	20	0.121	0.0003	0.00E+00	0	0.9422	0.96	0.7756

Modo	21	0.119	0.00E+00	0	0.0118	0.9422	0.96	0.7874
Modo	22	0.114	5.48E-07	0.00E+00	0	0.9422	0.96	0.7874
Modo	23	0.111	3.33E-06	0.00E+00	0	0.9422	0.96	0.7874
Modo	24	0.111	0.001	4.16E-05	0	0.9432	0.9601	0.7874

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.4.3.3 Cortante dinámico respecto a la cortante estático

Para estructuras regulares la cortante dinámica deberá de ser por lo menos el 80% de la cortante estático, en caso de no cumplir se deberá de escalar mediante un factor escalar proporcionalmente.

Tabla 43

Cortante dinámica y cortante estática en la base.

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Story1	S_ESTX	Bottom	0.00	-1,216.1	0.00	18,095.11	0.00	-62,601.8
Story1	S_ESTY	Bottom	0.00	0.00	-1,216.1	-19,335.5	63,114.39	0.00
Story1	S_DINX Max	Bottom	0.00	980.44	314.24	18,034.06	12,936.20	38,242.61
Story1	S_DINY Max	Bottom	0.00	377.37	972.81	19,681.91	39,563.95	15,033.75

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Cortante dinámica vs cortante estática.

Load Case/Combo	Vx (Tonf)	Vy (Tonf)
S_ESTX	1,216.07	0
S_ESTY	0	1,216.07
S_DINX Max	980.44	0
S_DINY Max	0	972.81
PORCENTAJE	81%	80%
FACTOR ESCALA	0.99	1.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se concluye que se cumplió con el 80% de la cortante dinámico respecto a la cortante estático, es por ello que no se necesitara escalar a la cortante basal de la edificación.

4.1.4.3.4 Control de derivas máximas

Para determinar las derivas máximas la norma E.030 Diseño sismorresistente precisa para pasar de derivas elásticas a derivas inelásticas se tendrá que multiplicar $0.75R$, teniendo en consideración que nuestra deriva máxima permisible es de 0.007 para edificios de concreto armado regulares.

Estructuras regulares

$$\Delta_{inelastico} = \Delta_{elastico} \times 0.75R$$

Estructuras irregulares

$$\Delta_{inelastico} = \Delta_{elastico} \times 0.85R$$

- Dirección en el eje “x”:

Tabla 45

Derivas máximas en la dirección x.

Piso	Caso Carga/Combo	Altura entrepiso (m)	UX (m)	UX Relativo (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	S_DNX	3.5	0.068909	0.002591	0.000740	0.0033	(OKEY)
19	S_DNX	3.5	0.066318	0.002726	0.000779	0.0035	(OKEY)

18	S_DNX	3.5	0.063592	0.002879	0.000823	0.0037	(OKEY)
17	S_DNX	3.5	0.060713	0.003058	0.000874	0.0039	(OKEY)
16	S_DNX	3.5	0.057655	0.003244	0.000927	0.0042	(OKEY)
15	S_DNX	3.5	0.054411	0.003430	0.000980	0.0044	(OKEY)
14	S_DNX	3.5	0.050981	0.003610	0.001031	0.0046	(OKEY)
13	S_DNX	3.5	0.047371	0.003781	0.001080	0.0049	(OKEY)
12	S_DNX	3.5	0.04359	0.003937	0.001125	0.0051	(OKEY)
11	S_DNX	3.5	0.039653	0.004076	0.001165	0.0052	(OKEY)
10	S_DINX	3.5	0.035577	0.004190	0.001197	0.0054	(OKEY)
9	S_DNX	3.5	0.031387	0.004271	0.001220	0.0055	(OKEY)
8	S_DNX	3.5	0.027116	0.004309	0.001231	0.0055	(OKEY)
7	S_DNX	3.5	0.022807	0.004285	0.001224	0.0055	(OKEY)
6	S_DNX	3.5	0.018522	0.004181	0.001195	0.0054	(OKEY)
5	S_DNX	3.5	0.014341	0.003969	0.001134	0.0051	(OKEY)
4	S_DNX	3.5	0.010372	0.003619	0.001034	0.0047	(OKEY)
3	S_DNX	3.5	0.006753	0.003087	0.000882	0.0040	(OKEY)
2	S_DNX	3.5	0.003666	0.002330	0.000666	0.0030	(OKEY)
1	S_DNX	4	0.001336	0.001336	0.000334	0.0015	(OKEY)

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Derivas máximas en la dirección x

Nota. Fuente: Elaboración propia

Las derivas máximas para la dirección “x” si están cumpliendo estando por debajo del límite permisible menores a 0.007.

- Dirección en el eje “y”:

Tabla 46

Derivas máximas en la dirección y.

Piso	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	UY (m)	UY Relativo (m)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	S_DNY	3.5	0.07274	0.001925	0.000550	0.0025	(OKEY)
19	S_DNY	3.5	0.070815	0.002141	0.000612	0.0028	(OKEY)
18	S_DNY	3.5	0.068674	0.002400	0.000686	0.0031	(OKEY)
17	S_DNY	3.5	0.066274	0.002682	0.000766	0.0034	(OKEY)
16	S_DNY	3.5	0.063592	0.002965	0.000847	0.0038	(OKEY)
15	S_DNY	3.5	0.060627	0.003237	0.000925	0.0042	(OKEY)
14	S_DNY	3.5	0.05739	0.003495	0.000999	0.0045	(OKEY)
13	S_DNY	3.5	0.053895	0.003736	0.001067	0.0048	(OKEY)
12	S_DNY	3.5	0.050159	0.003963	0.001132	0.0051	(OKEY)
11	S_DNY	3.5	0.046196	0.004174	0.001193	0.0054	(OKEY)
10	S_DNY	3.5	0.042022	0.004369	0.001248	0.0056	(OKEY)
9	S_DNY	3.5	0.037653	0.004542	0.001298	0.0058	(OKEY)
8	S_DNY	3.5	0.033111	0.004691	0.001340	0.0060	(OKEY)
7	S_DNY	3.5	0.02842	0.004801	0.001372	0.0062	(OKEY)
6	S_DNY	3.5	0.023619	0.004848	0.001385	0.0062	(OKEY)
5	S_DNY	3.5	0.018771	0.004800	0.001371	0.0062	(OKEY)

4	S_DNY	3.5	0.013971	0.004594	0.001313	0.0059	(OKEY)
3	S_DNY	3.5	0.009377	0.004143	0.001184	0.0053	(OKEY)
2	S_DNY	3.5	0.005234	0.003303	0.000944	0.0042	(OKEY)
1	S_DNY	4	0.001931	0.001931	0.000483	0.0022	(OKEY)

Nota. Fuente: Elaboración propia

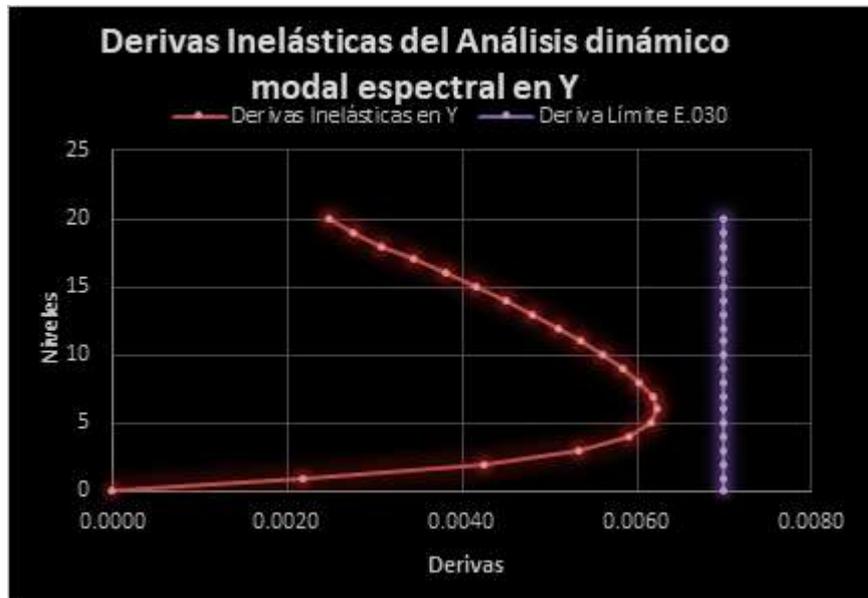


Figura 32. Derivas máximas en la dirección y

Nota. Fuente: Elaboración propia

Las derivas máximas para la dirección “y” si están cumpliendo estando por debajo del límite permisible menores a 0.007.

4.1.5 Análisis estructural sísmico con disipadores de energía

4.1.5.1 Elección de objetivos de desempeño

4.1.5.1.1 Elección de nivel de amenaza sísmica

El sismo de diseño que se utilizará para realizar el análisis dinámico tiempo-historia será un sismo raro con un periodo de retorno de 475 años.

Tabla 47

Niveles de sismos de diseños propuesta por el Seaoc.

Sismo de Diseño	Probabilidad de Excedencia en 50 Años de Exposición	Periodo de Retorno
Sismo Frecuente	69%	43 años
Sismo Ocasionales	50%	72 años
Sismos Raros	10%	475 años
Sismos muy Raros	5%	970 años

Nota. Fuente: (SEAOC, 1995)

4.1.5.1.2 Elección de nivel de desempeño

El nivel de desempeño de la edificación será funcional u operacional, con la presencia de daños leves en la estructura después de incursionar dentro del intervalo de comportamiento no lineal inelástico durante un evento sísmico catalogado como severo.

Tabla 48

Niveles de desempeño propuesta por el Seaoc.

Nivel de Desempeño	Descripción de los Daños	Estado de Daño	Límite de Desplazamiento del Sistema
Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Todas las instalaciones y servicios operan normalmente luego del sismo	Despreciable	Δy
Funcional	Daños ligeros en elementos estructurales y no estructurales. Las instalaciones y servicios están operativos o podrían estar parcialmente interrumpidos, pero de fácil recuperación	Ligero o leve	$\Delta y + 0.30\Delta p$
Resguardo de Vida	Daño estructural y no estructural moderado. La estructura conserva un margen de seguridad contra el colapso. El edificio podría repararse, aunque no siempre sea económicamente aconsejable.	Moderado	$\Delta y + 0.60\Delta p$
Cerca al Colapso	Daño estructural severo. Falla de elementos no estructurales. La seguridad de los ocupantes se encuentra comprometida, las réplicas podrían ocasionar el colapso	Extenso	$\Delta y + 0.80\Delta p$
Colapso	Colapso estructural. No es posible reparar la edificación	Completo	$\Delta y + 1.00\Delta p$

Nota. Fuente: (SEAOC, 1995)

4.1.5.1.3 Elección de estado de daño

La edificación después de un sismo raro quedara en el nivel de desempeño funcional, con la presencia de daños leves.

Tabla 49

Estado de daño vs nivel de desempeño propuesta por el Seaoc.

ESTADO DE DAÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO
DESPRECIABLE	Totalmente operacional
LEVE	Funcional
MODERADO	Resguardo de vida
EXTENSO	Cerca al colapso
COMPLETO	Colapso

Nota. Fuente: (SEAOC, 1995)

4.1.5.1.4 Elección de sismo vs nivel de desempeño

El edificio está destinado para el uso de clínicas que se ubica dentro de la categoría A (esencial). Es por ello que la estructura tendrá un nivel de desempeño funcional con daños leves para un sismo raro o severo.

Tabla 50

Matriz de sismo de diseño vs desempeño sísmico.

		Nivel de Desempeño de la Edificación			
		Totalmente operacional	Funcional	Resguardo de Vida	Cerca al Colapso
Nivel de Demanda Sísmica	Sismos Frecuentes	Estructura Común			
	Sismos Ocasionales	Estructura Esencial	Estructura Común		
	Sismos Raros	Estructura Crítica	Estructura Esencial	Estructura Común	
	Sismos muy Raros	Estructura Crítica	Estructura Crítica	Estructura Esencial	Estructura Común

Nota. Fuente: (SEAOC, 1995)

4.1.5.1.5 Elección de deriva objetivo

Para cada estado daño que presenta la edificación presentara una deriva objetivo. El edificio de 20 niveles presentará un sistema estructural de muro estructurales denominado según Hazus mediante un código como C2H que estará en función del sistema estructural y altura, con lo cual le corresponderán diversas derivas objetivas.

Tabla 51

Deriva objetivo propuesto por la metodología Hazus.

Propiedades de la Edificación				Distorsión Limite Según el Estado Daño			
Edificación	Tipo	Altura (m)	Leve	Moderado	Extenso	Completo	
Pórticos de C°A°	C1L	Bajo	1-3 Pisos	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800
	C1M	Medio	4-7 Pisos	0.0033	0.0057	0.0200	0.0533
	C1H	Alto	>8 Pisos	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400
Muros de C°A°	C2L	Bajo	1-3 Pisos	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800
	C2M	Medio	4-7 Pisos	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533
	C2H	Alto	>8 Pisos	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400

Nota: Fuente: (Federal Emergency Management Agency FEMA).

La deriva objetiva para la edificación de concreto armado en las dos direcciones de análisis para un nivel de desempeño operacional con la presencia de daño leve para un sismo de diseño raro será 0.004 impuesta por la metodología Hazus en la relación daño-deriva.

4.1.5.2 Análisis sísmico dinámico modal-espectral con R=1

El análisis dinámico modal-espectral consiste en realizar un análisis a la estructura con un factor de reducción de fuerzas sísmicas $R=1.00$ para que la estructura pueda incursionar dentro del intervalo de comportamiento no lineal inelástico ante un sismo severo o raro ($T_r=475$ años). La norma E030 Diseño sismorresistente indica que para realizar el análisis dinámico-tiempo historia lineal será necesario primero analizar a la estructura mediante el análisis dinámico modal-espectral $R=1.00$, con dichos análisis se podrán obtener las derivas máximas que serán contrastadas para poder definir el sismo de diseño para el análisis dinámico tiempo-historia no lineal.

4.1.5.2.1 Parámetros sísmicos

Se emplearán parámetros sísmicos los mismo que se emplearon en el análisis dinámico espectral, solo que esta ocasión el valor del factor de reducción de fuerzas sísmicas será $R=1.00$ para las dos direcciones de análisis.

Tabla 52

Resumen de parámetros sísmicos.

Factor	Símbolo	Valor	Justificación
Zona	Z	0.45	Zona sísmica 4: Dist. Santa María
Uso	U	1.50	Edif. Esencial: Clínica
Suelo	S	1.00	Suelos S1

Coefficiente de reducción de fuerzas sísmica	Ro	1.00	Muros Estructurales
Regularidad estructural	Ia	1.00	Irregularidad altura
	Ip	1.00	Irregularidad planta

Nota: Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2.2 Espectro de diseño R=1.00

Para poder realizar el análisis dinámico modal espectral se empleará un espectro inelástico de pseudo-aceleración con R=1.00 expresado mediante la siguiente fórmula.

$$S_{xy} = \frac{ZUCS}{R} xg$$

Tabla 53

Espectro de pseudo-aceleraciones con R=1.00.

T	C	ZUCS/R	sa
0.00	2.5	1.6875	16.554375
0.02	2.5	1.6875	16.554375
0.04	2.5	1.6875	16.554375
0.06	2.5	1.6875	16.554375
0.08	2.5	1.6875	16.554375
0.1	2.5	1.6875	16.554375
0.12	2.5	1.6875	16.554375
0.14	2.5	1.6875	16.554375
0.16	2.5	1.6875	16.554375
0.18	2.5	1.6875	16.554375
0.2	2.5	1.6875	16.554375
0.25	2.5	1.6875	16.554375
0.3	2.5	1.6875	16.554375
0.35	2.5	1.6875	16.554375
0.4	2.5	1.6875	16.554375

0.45	2.2222222	1.5	14.715
0.5	2	1.35	13.2435
0.55	1.8181818	1.227272727	12.03954545
0.6	1.6666667	1.125	11.03625
0.65	1.5384615	1.038461538	10.18730769
0.7	1.4285714	0.964285714	9.459642857
0.75	1.3333333	0.9	8.829
0.8	1.25	0.84375	8.2771875
0.85	1.1764706	0.794117647	7.790294118
0.9	1.1111111	0.75	7.3575
0.95	1.0526316	0.710526316	6.970263158
1	1	0.675	6.62175
1.1	0.9090909	0.613636364	6.019772727
1.2	0.8333333	0.5625	5.518125
1.3	0.7692308	0.519230769	5.093653846
1.4	0.7142857	0.482142857	4.729821429
1.5	0.6666667	0.45	4.4145
1.6	0.625	0.421875	4.13859375
1.7	0.5882353	0.397058824	3.895147059
1.8	0.5555556	0.375	3.67875
1.9	0.5263158	0.355263158	3.485131579
2	0.5	0.3375	3.310875
2.1	0.4761905	0.321428571	3.153214286
2.2	0.4545455	0.306818182	3.009886364
2.3	0.4347826	0.293478261	2.879021739
2.4	0.4166667	0.28125	2.7590625
2.5	0.4	0.27	2.6487
2.6	0.3698225	0.249630178	2.448872041
2.7	0.3429355	0.231481481	2.270833333
2.8	0.3188776	0.215242347	2.111527423
2.9	0.2972652	0.200653983	1.968415577
3	0.2777778	0.1875	1.839375
4	0.15625	0.10546875	1.034648438
5	0.1	0.0675	0.662175
6	0.0694444	0.046875	0.45984375
7	0.0510204	0.034438776	0.337844388
8	0.0390625	0.026367188	0.258662109
9	0.0308642	0.020833333	0.204375
10	0.025	0.016875	0.16554375

Nota: Fuente: Elaboración propia

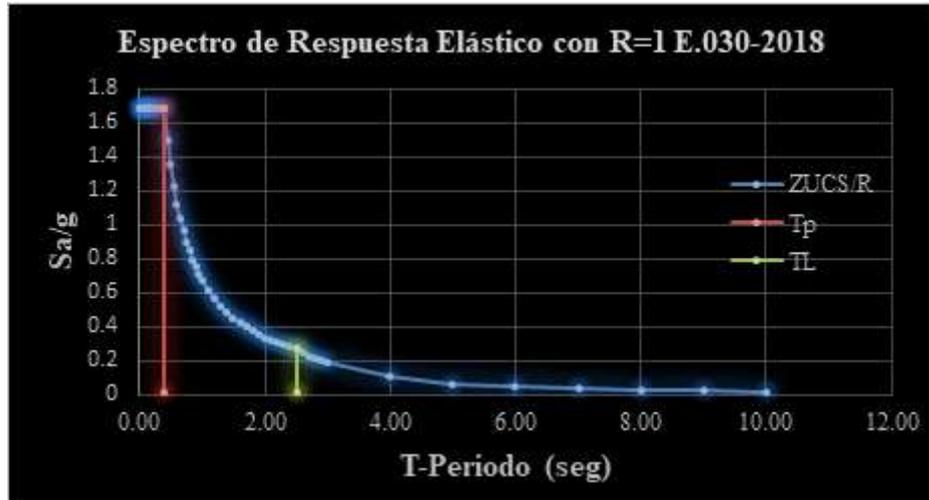


Figura 33. Espectro de respuesta elástico con R=1.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2.3 Control de derivas máximas

Ya una vez realizado el análisis dinámico modal-espectral con el espectro inelástico de pseudo-aceleración con R=1.00, se procede extraer las derivas máximas del programa Etabs.v.2019.2.0.

- Dirección en el eje “x”:

Tabla 54

Derivas máximas con R=1 en la dirección x.

Piso	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007	Control Deriva Hazus ≤ 0.004
20	S_DNX R=1	3.5	0.4134	0.0155	0.0044	(OK)	(NO CUMPLE)
19	S_DNX R=1	3.5	0.3978	0.0164	0.0047	(OK)	(NO CUMPLE)
18	S_DNX R=1	3.5	0.3815	0.0173	0.0049	(OK)	(NO CUMPLE)
17	S_DNX R=1	3.5	0.3642	0.0183	0.0052	(OK)	(NO CUMPLE)
16	S_DNX R=1	3.5	0.3459	0.0195	0.0056	(OK)	(NO CUMPLE)
15	S_DINX R=1	3.5	0.3264	0.0206	0.0059	(OK)	(NO CUMPLE)
14	S_DNX R=1	3.5	0.3058	0.0217	0.0062	(OK)	(NO CUMPLE)
13	S_DNX R=1	3.5	0.2842	0.0227	0.0065	(OK)	(NO CUMPLE)
12	S_DNX R=1	3.5	0.2615	0.0236	0.0067	(OK)	(NO CUMPLE)
11	S_DNX R=1	3.5	0.2379	0.0245	0.0070	(OK)	(NO CUMPLE)
10	S_DNX R=1	3.5	0.2134	0.0251	0.0072	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
9	S_DNX R=1	3.5	0.1883	0.0256	0.0073	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
8	S_DNX R=1	3.5	0.1627	0.0258	0.0074	(NO CUMPLE)	(NO PASA)
7	S_DNX R=1	3.5	0.1368	0.0257	0.0073	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
6	S_DNX R=1	3.5	0.1111	0.0251	0.0072	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
5	S_DNX R=1	3.5	0.0860	0.0238	0.0068	(OK)	(NO CUMPLE)
4	S_DNX R=1	3.5	0.0622	0.0217	0.0062	(OK)	(NO CUMPLE)
3	S_DNX R=1	3.5	0.0405	0.0185	0.0053	(OK)	(NO CUMPLE)
2	S_DNX R=1	3.5	0.0220	0.0140	0.0040	(OK)	(OK)
1	S_DNX R=1	4	0.0080	0.0080	0.0020	(OK)	(OK)

Nota: Fuente: Elaboración propia

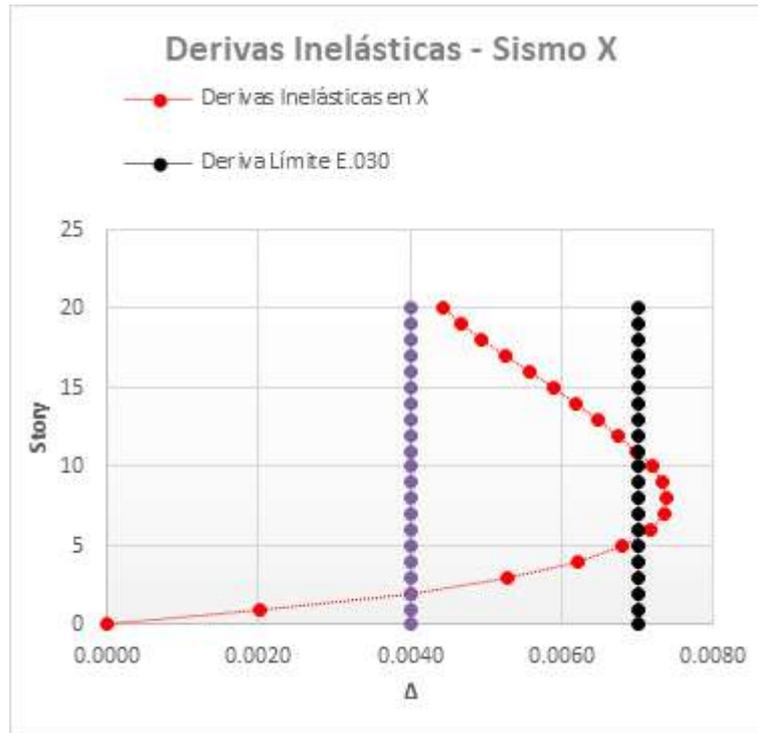


Figura 34. Derivas máximas en la dirección x

Nota. Fuente: Elaboración propia

Las derivas máximas para la dirección “x” no están cumpliendo estando por encima del límite permisible a 0.007, especialmente en los niveles del 6 al 10 piso, por eso se le tendrán que adicionar los disipadores de fluidos viscos para que logre cumplir con las derivas permisibles de la norma y la deriva objetivo Hazus que se le impondrá a la estructura.

- Dirección en el eje “y”:

Tabla 55

Derivas máximas con R=1 en la dirección y.

Story	Load Case/Combo	Altura entepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007	Control Deriva Hazus ≤ 0.004
20	S_DNY R=1	3.5	0.4365	0.0116	0.0033	(OK)	(OK)
19	S_DNY R=1	3.5	0.4250	0.0128	0.0037	(OK)	(OK)
18	S_DNY R=1	3.5	0.4121	0.0144	0.0041	(OK)	(NO CUMPLE)
17	S_DNY R=1	3.5	0.3977	0.0161	0.0046	(OK)	(NO CUMPLE)
16	S_DNY R=1	3.5	0.3816	0.0178	0.0051	(OK)	(NO CUMPLE)
15	S_DNY R=1	3.5	0.3638	0.0194	0.0056	(OK)	(NO CUMPLE)
14	S_DNY R=1	3.5	0.3444	0.0210	0.0060	(OK)	(NO CUMPLE)
13	S_DNY R=1	3.5	0.3234	0.0224	0.0064	(OK)	(NO CUMPLE)
12	S_DNY R=1	3.5	0.3010	0.0238	0.0068	(OK)	(NO CUMPLE)
11	S_DNY R=1	3.5	0.2772	0.0251	0.0072	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
10	S_DNY R=1	3.5	0.2522	0.0262	0.0075	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
9	S_DNY R=1	3.5	0.2260	0.0273	0.0078	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
8	S_DNY R=1	3.5	0.1987	0.0282	0.0080	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
7	S_DNY R=1	3.5	0.1706	0.0288	0.0082	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
6	S_DNY R=1	3.5	0.1417	0.0291	0.0083	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
5	S_DNY R=1	3.5	0.1126	0.0288	0.0082	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
4	S_DNY R=1	3.5	0.0838	0.0276	0.0079	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
3	S_DNY R=1	3.5	0.0563	0.0249	0.0071	(NO PASA)	(NO CUMPLE)
2	S_DNY R=1	3.5	0.0314	0.0198	0.0057	(OK)	(NO CUMPLE)
1	S_DNY R=1	4	0.0116	0.0116	0.0029	(OK)	(OK)

Nota: Fuente: Elaboración propia

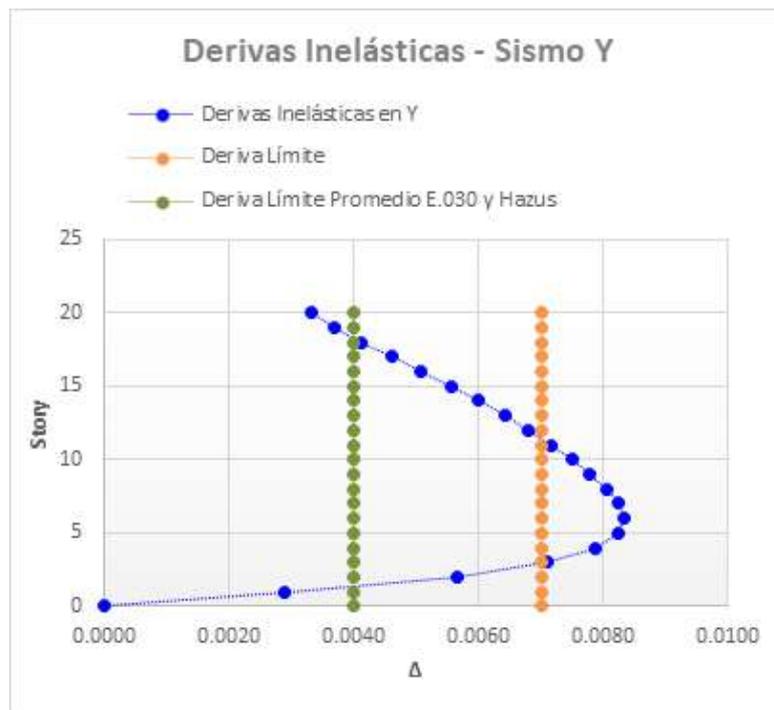


Figura 35. Derivas máximas en la dirección y

Nota. Fuente: Elaboración propia

Las derivas máximas para la dirección “y” no están cumpliendo estando por encima del límite permisible a 0.007, especialmente en los niveles del 3 al 11 piso, por eso se le tendrán que adicionar los disipadores de fluidos viscos para que logre cumplir con las derivas permisibles de la norma y la deriva objetivo Hazus que se le impondrá a la estructura.

4.1.5.3 Análisis sísmico dinámico-tiempo historia lineal

El análisis dinámico tiempo – historia consiste en realizar un análisis por desempeño en el intervalo de comportamiento no lineal

inelástico producto del uso de los disipadores empleando el sismo máximo esperado.

Es por eso que se emplearán tres registros sísmicos como mínimo de la zona, de los cuales estos acelerogramas tendrán que ser corregidos y escalados a un espectro objetivo ante un sismo severo logrando determinar las distorsiones de entrepiso para los dos casos análisis.

4.1.5.3.1 Registros sísmicos

Su utilizara mínimo 3 registros sísmicos de la zona con sus 2 componentes para ambas direcciones, si en caso dicha zona no tuviera registros sísmicos debería emplearse información de suelos parecidos.

Los registros sísmicos empleados para realizar el análisis dinámico tiempo-historia serán los siguientes.

- Sismo de Lima-1966
- Sismo de Lima-1970
- Sismo de Lima-1974

Tabla 56

Registros sísmicos, ubicación y aceleraciones máximas.

Estación Acelerometrica	Fecha	Componentes	Aceleración máx. (cm/seg ²)	Ubicación de sismo
Lima	17/10/1966	E ; W	-180.56	Parque de la reserva
		N ; S	-268.24	
Lima	31/05/1970	E ; W	-105.05	Parque de la reserva
		N ; S	-97.81	
Lima	03/10/1974	E ; W	-194.21	Parque de la reserva
		N ; S	-180.09	

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3.2 Corrección por línea base y filtrado de registros

Para las correcciones de línea base y filtrado de los registros sísmicos se empleó el programa Sismo Signal.

- Lima - 1966

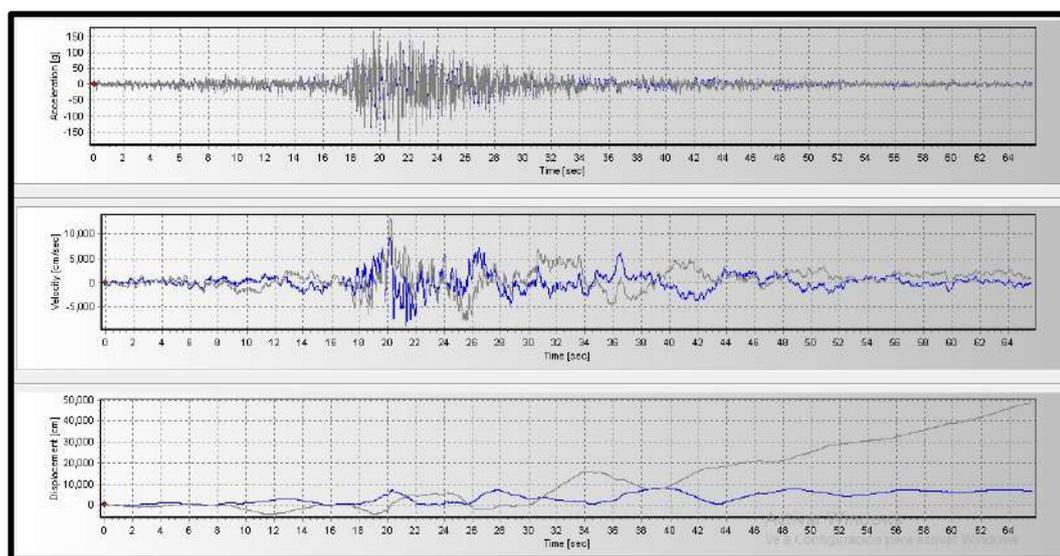


Figura 36. Corrección de filtrado y línea base para el sismo de 1966.

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Lima - 1970

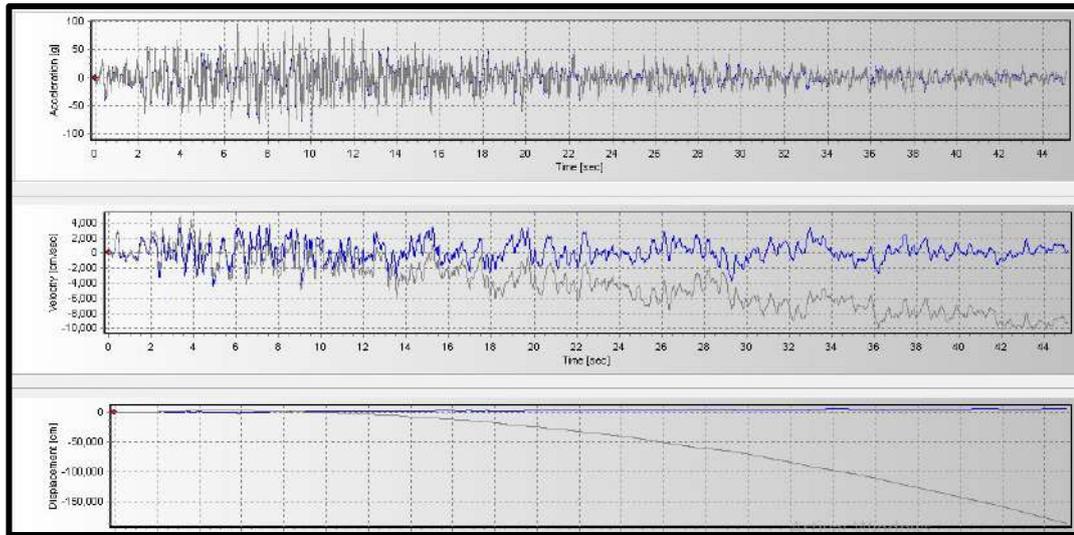


Figura 37. Corrección de filtrado y línea base para el sismo de 1970.

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Lima - 1974

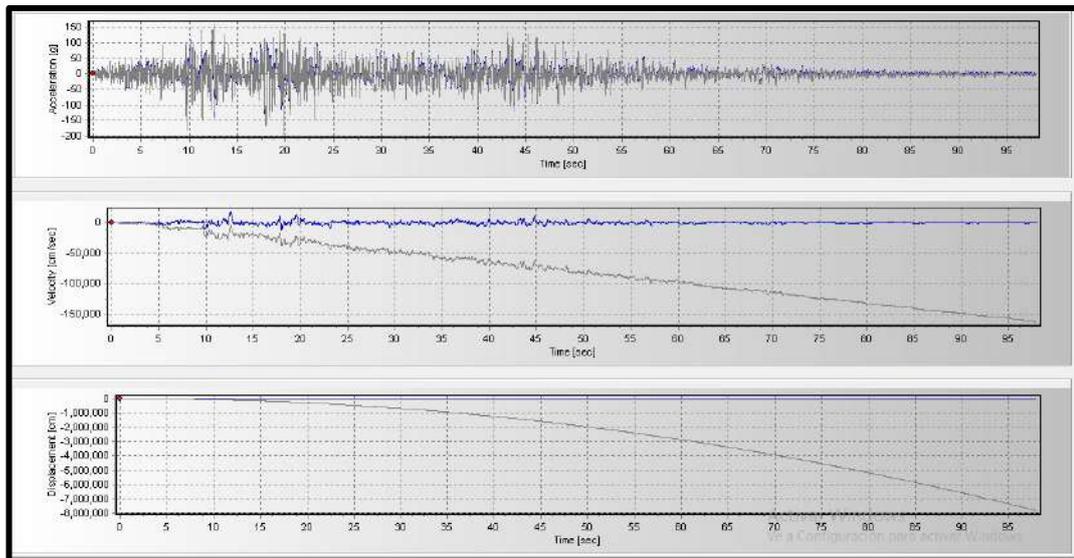


Figura 38. Corrección de filtrado y línea base para el sismo de 1974.

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3.3 Escalamiento de los acelerogramas

Una vez corregido los acelerogramas por línea base y filtrado de los tres registros sísmicos en el programa sismo signal se procede realizar el escalamiento de los acelerogramas hacia un espectro objetivo o de diseño, para ello se empleó el programa Sismo Match.

Los siguientes gráficos muestran el escalamiento de los acelerogramas de los registros sísmicos al espectro objetivo con $R=1.00$, para después realizar el análisis dinámico tiempo-historia ya con los acelerogramas escalados con los 3 registros sísmicos.

- Lima - 1966
 - Componente E-W:

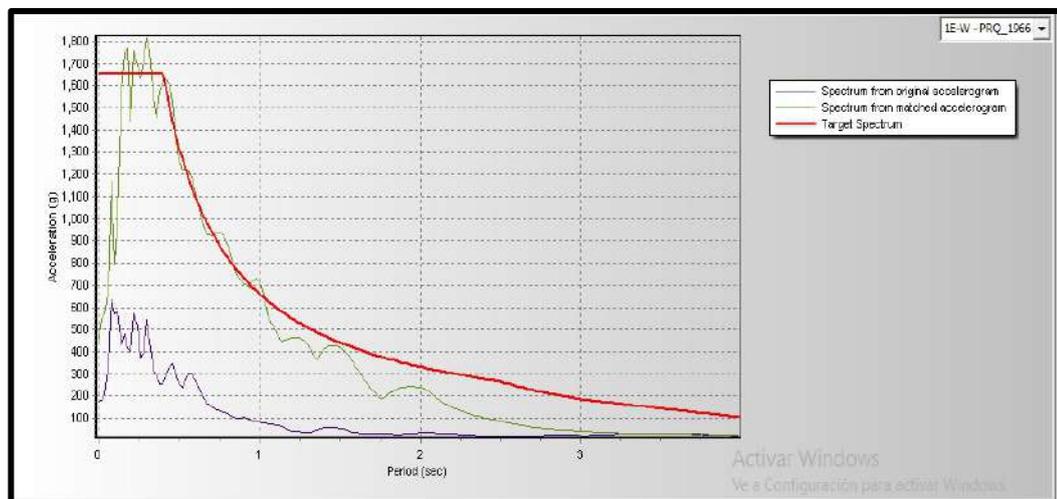


Figura 39. Escalamiento de componente E-W al espectro objetivo del sismo 1966.

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Componente N-S:

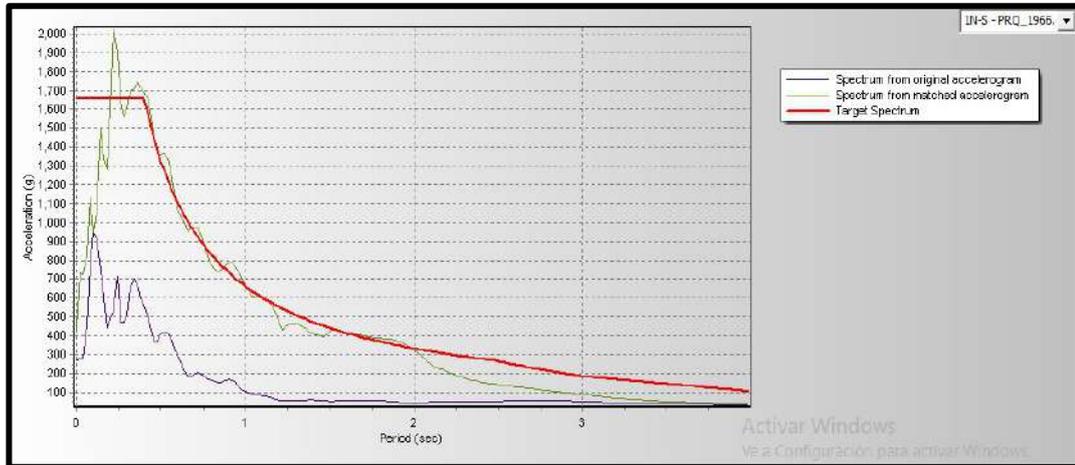


Figura 40. Escalamiento de componente N-S al espectro objetivo del sismo 1966.

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Lima - 1970

- Componente E-W:

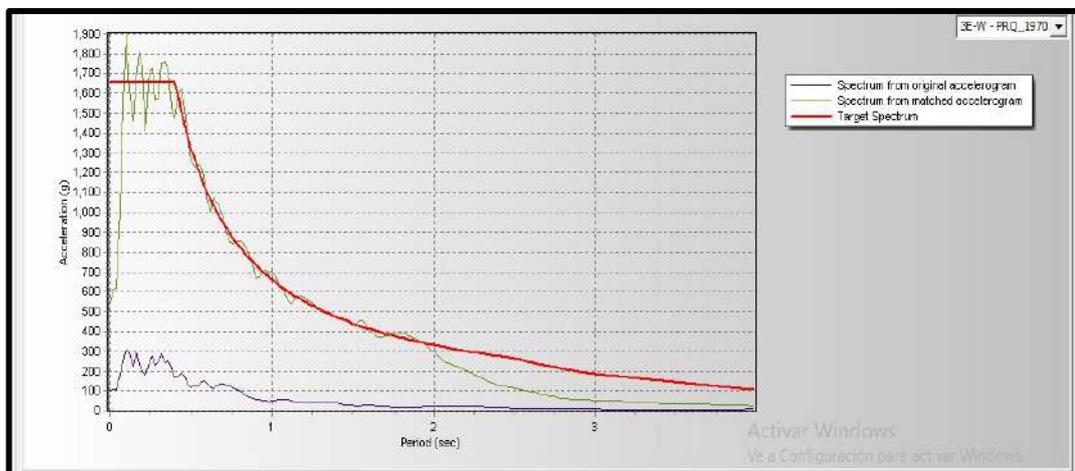


Figura 41. Escalamiento de componente E-W al espectro objetivo del sismo 1970.

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Componente N-S:

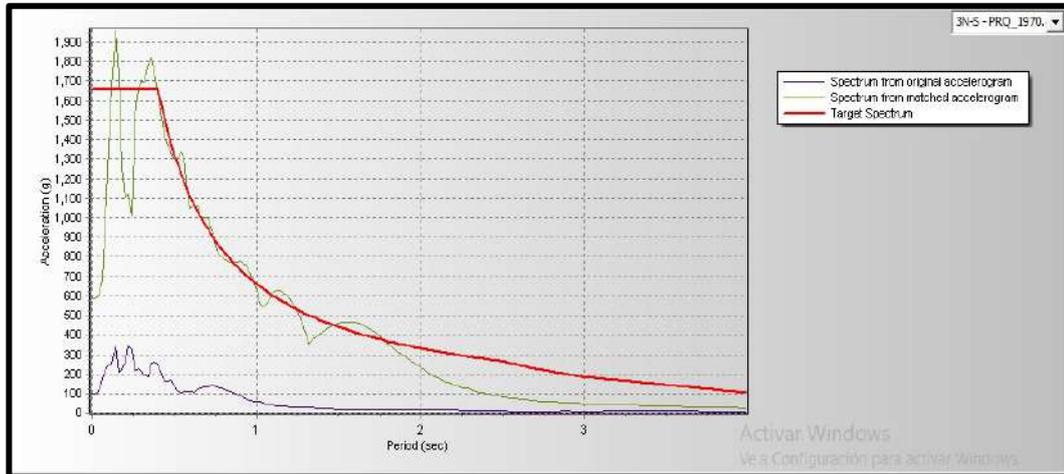


Figura 42. Escalamiento de componente N-S al espectro objetivo del sismo 1970.

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Lima - 1974

- Componente E-W:

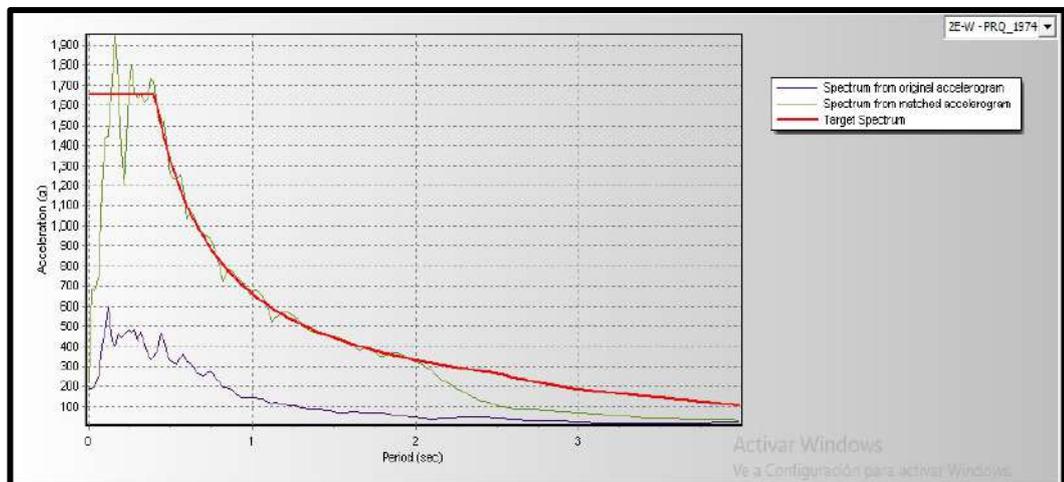


Figura 43. Escalamiento de componente E-W al espectro objetivo del sismo 1974.

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Componente N-S:

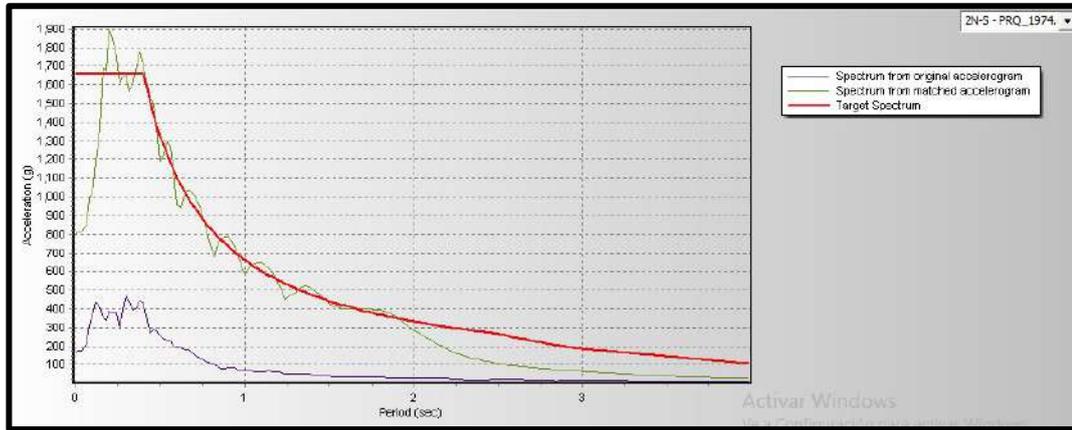


Figura 44. Escalamiento de componente N-S al espectro objetivo del sismo 1974.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Logrado realizar el escalamiento de 3 registro sísmicos al espectro objetivo $R=1.00$ se procede a determinar las aceleraciones máximas.

Tabla 57

Registros sísmicos escalados

Estación Acelerometrica	Fecha	Componentes	Aceleración máxima (cm/seg ²)	Duración (seg)
Lima	17/10/1966	E-W	543.351	65.64
		N-S	723.538	
Lima	31/05/1970	E-W	609.598	45.12
		N-S	586.981	
Lima	03/10/1974	E-W	669.953	97.92
		N-S	797.490	

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3.4 Análisis sísmico Lima-1966

Realizado el análisis dinámico tiempo-historia con los acelerogramas de los registros sísmicos de Lima-1966 ya escalados en el programa sismo match y corregidos la línea base y filtrado de señal en el programa sismo signal se procede extraer las derivas inelásticas para los dos casos (componente E-W, componente N-S) en las dos direcciones de análisis en el programa Etabs.v.2019.2.0.

Tabla 58

Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1966 (E-W) en la dirección x.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
Story20	D20	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3450	0.0121	0.0035	(OK)
Story19	D19	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3329	0.0118	0.0034	(OK)
Story18	D18	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3211	0.0119	0.0034	(OK)
Story17	D17	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3092	0.0117	0.0033	(OK)
Story16	D16	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2975	0.0125	0.0036	(OK)
Story15	D15	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2851	0.0132	0.0038	(OK)
Story14	D14	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2718	0.0140	0.0040	(OK)
Story13	D13	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2578	0.0154	0.0044	(OK)
Story12	D12	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2424	0.0174	0.0050	(OK)
Story11	D11	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2250	0.0191	0.0054	(OK)

Story10	D10	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.2059	0.0206	0.0059	(OK)
Story9	D9	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.1854	0.0223	0.0064	(OK)
Story8	D8	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.1631	0.0236	0.0067	(OK)
Story7	D7	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.1395	0.0245	0.0070	(NO PASA)
Story6	D6	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.1150	0.0245	0.0070	(OK)
Story5	D5	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.0906	0.0239	0.0068	(OK)
Story4	D4	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.0667	0.0225	0.0064	(OK)
Story3	D3	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.0442	0.0198	0.0057	(OK)
Story2	D2	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	3.5	0.0244	0.0154	0.0044	(OK)
Story1	D1	CASO1-EW-LIMA1966(X) Max	4	0.0091	0.0091	0.0023	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 59

Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1966 (N-S) en la dirección x.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO2-NS-LIMA1966(X) Max	3.5	0.3345	0.0166	0.0047	(OK)
19	D19	CASO2-NS-LIMA1966(X) Max	3.5	0.3179	0.0177	0.0051	(OK)
18	D18	CASO2-NS-LIMA1966(X) Max	3.5	0.3001	0.0189	0.0054	(OK)
17	D17	CASO2-NS-LIMA1966(X) Max	3.5	0.2813	0.0154	0.0044	(OK)
16	D16	CASO2-NS-LIMA1966(X) Max	3.5	0.2658	0.0105	0.0030	(OK)
15	D15	CASO2-NS-LIMA1966(X) Max	3.5	0.2553	0.0075	0.0021	(OK)

14	D14	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2478	0.0097	0.0028	(OK)
13	D13	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2382	0.0125	0.0036	(OK)
12	D12	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2256	0.0155	0.0044	(OK)
11	D11	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2101	0.0184	0.0053	(OK)
10	D10	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1917	0.0209	0.0060	(OK)
9	D9	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1708	0.0227	0.0065	(OK)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1481	0.0236	0.0068	(OK)
7	D7	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1245	0.0238	0.0068	(OK)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1007	0.0230	0.0066	(OK)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0777	0.0217	0.0062	(OK)
4	D4	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0560	0.0195	0.0056	(OK)
3	D3	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0365	0.0167	0.0048	(OK)
2	D2	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0198	0.0125	0.0036	(OK)
1	D1	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	4	0.0073	0.0073	0.0018	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1966 (E-W) en la dirección y.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.4079	0.0105	0.0030	(OK)
19	D19	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3974	0.0118	0.0034	(OK)

18	D18	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3856	0.0133	0.0038	(OK)
17	D17	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3723	0.0150	0.0043	(OK)
16	D16	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3573	0.0167	0.0048	(OK)
15	D15	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3407	0.0185	0.0053	(OK)
14	D14	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3221	0.0203	0.0058	(OK)
13	D13	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3018	0.0219	0.0063	(OK)
12	D12	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2799	0.0230	0.0066	(OK)
11	D11	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2569	0.0237	0.0068	(OK)
10	D10	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2332	0.0247	0.0071	(NO PASA)
9	D9	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2085	0.0256	0.0073	(NO PASA)
8	D8	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1829	0.0266	0.0076	(NO PASA)
7	D7	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1563	0.0272	0.0078	(NO PASA)
6	D6	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1292	0.0271	0.0077	(NO PASA)
5	D5	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1021	0.0266	0.0076	(NO PASA)
4	D4	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.0755	0.0251	0.0072	(NO PASA)
3	D3	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.0503	0.0224	0.0064	(OK)
2	D2	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.0279	0.0177	0.0051	(OK)
1	D1	CASO1-EW- LIMA1966(Y) Max	4	0.0102	0.0102	0.0026	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 61

Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1966 (N-S) en la dirección y.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
13	D20	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3435	0.0102	0.0029	(OK)
12	D19	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3332	0.0064	0.0018	(OK)
11	D18	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3269	0.0015	0.0004	(OK)
10	D17	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3254	0.0023	0.0007	(OK)
9	D16	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3230	0.0045	0.0013	(OK)
8	D15	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3185	0.0063	0.0018	(OK)
7	D14	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3122	0.0101	0.0029	(OK)
6	D13	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.3021	0.0142	0.0040	(OK)
5	D12	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2879	0.0181	0.0052	(OK)
4	D11	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2699	0.0216	0.0062	(OK)
3	D10	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2483	0.0245	0.0070	(OK)
2	D9	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.2238	0.0268	0.0077	(NO PASA)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1971	0.0285	0.0081	(NO PASA)
7	D7	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1686	0.0295	0.0084	(NO PASA)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1390	0.0298	0.0085	(NO PASA)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.1093	0.0291	0.0083	(NO PASA)
4	D4	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.0802	0.0271	0.0077	(NO PASA)
3	D3	CASO2-NS-	3.5	0.0531	0.0238	0.0068	(OK)

LIMA1966(Y) Max							
2	D2	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.0293	0.0186	0.0053	(OK)
1	D1	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	4	0.0107	0.0107	0.0027	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3.5 Análisis sísmico Lima-1970

Realizado el análisis dinámico tiempo-historia con los acelerogramas de los registros sísmicos de Lima-1970 ya escalados en el programa sismo match y corregidos la línea base y filtrado de señal en el programa sismo signal se procede extraer las derivas inelásticas para los dos casos (componente E-W, componente N-S) en las dos direcciones de análisis en el programa Etabs.v.2019.2.0.

Tabla 62

Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1970 (E-W) en la dirección x.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepi so (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3156	0.0134	0.0038	(OK)
19	D19	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3022	0.0143	0.0041	(OK)
18	D18	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2879	0.0146	0.0042	(OK)
17	D17	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2733	0.0126	0.0036	(OK)
16	D16	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2607	0.0135	0.0039	(OK)
15	D15	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2472	0.0140	0.0040	(OK)

14	D14	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2331	0.0147	0.0042	(OK)
13	D13	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2184	0.0158	0.0045	(OK)
12	D12	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2026	0.0166	0.0047	(OK)
11	D11	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1860	0.0179	0.0051	(OK)
10	D10	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1681	0.0191	0.0055	(OK)
9	D9	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1491	0.0201	0.0057	(OK)
8	D8	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1290	0.0208	0.0059	(OK)
7	D7	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1082	0.0209	0.0060	(OK)
6	D6	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0873	0.0204	0.0058	(OK)
5	D5	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0669	0.0189	0.0054	(OK)
4	D4	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0480	0.0170	0.0049	(OK)
3	D3	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0310	0.0143	0.0041	(OK)
2	D2	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0167	0.0106	0.0030	(OK)
1	D1	CASO1-EW- LIMA1966(X) Max	4	0.0061	0.0061	0.0015	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 63

Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1970 (N-S) en la dirección x.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3995	0.0154	0.0044	(OK)
19	D19	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3842	0.0163	0.0047	(OK)

18	D18	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3678	0.0174	0.0050	(OK)
17	D17	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3505	0.0186	0.0053	(OK)
16	D16	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3319	0.0197	0.0056	(OK)
15	D15	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.3122	0.0208	0.0059	(OK)
14	D14	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2914	0.0218	0.0062	(OK)
13	D13	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2695	0.0227	0.0065	(OK)
12	D12	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2468	0.0235	0.0067	(OK)
11	D11	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.2233	0.0241	0.0069	(OK)
10	D10	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1992	0.0246	0.0070	(NO PASA)
9	D9	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1746	0.0248	0.0071	(NO PASA)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1498	0.0248	0.0071	(NO PASA)
7	D7	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1249	0.0245	0.0070	(OK)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.1005	0.0236	0.0068	(OK)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0768	0.0221	0.0063	(OK)
4	D4	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0547	0.0195	0.0056	(OK)
3	D3	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0352	0.0164	0.0047	(OK)
2	D2	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	3.5	0.0188	0.0121	0.0035	(OK)
1	D1	CASO2-NS- LIMA1966(X) Max	4	0.0067	0.0067	0.0017	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 64

Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1970 (E-W) en la dirección y.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3831	0.0106	0.0030	(OK)
19	D19	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3724	0.0119	0.0034	(OK)
18	D18	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3605	0.0134	0.0038	(OK)
17	D17	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3471	0.0150	0.0043	(OK)
16	D16	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3321	0.0169	0.0048	(OK)
15	D15	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3152	0.0192	0.0055	(OK)
14	D14	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2960	0.0212	0.0061	(OK)
13	D13	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2748	0.0233	0.0066	(OK)
12	D12	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2516	0.0249	0.0071	(NO PASA)
11	D11	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2267	0.0246	0.0070	(NO PASA)
10	D10	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2021	0.0249	0.0071	(NO PASA)
9	D9	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1772	0.0251	0.0072	(NO PASA)
8	D8	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1521	0.0230	0.0066	(OK)
7	D7	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1291	0.0219	0.0063	(OK)
6	D6	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1072	0.0212	0.0061	(OK)
5	D5	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.0860	0.0215	0.0061	(OK)
4	D4	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.0645	0.0210	0.0060	(OK)
3	D3	CASO1-EW-	3.5	0.0435	0.0192	0.0055	(OK)

LIMA1970(Y) Max

2	D2	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.0243	0.0154	0.0044	(OK)
1	D1	CASO1-EW- LIMA1970(Y) Max	4	0.0089	0.0089	0.0022	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 65

Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1970 (N-S) en la dirección y.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.4170	0.0117	0.0033	(OK)
19	D19	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.4053	0.0130	0.0037	(OK)
18	D18	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3922	0.0142	0.0040	(OK)
17	D17	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3781	0.0163	0.0047	(OK)
16	D16	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3618	0.0186	0.0053	(OK)
15	D15	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3432	0.0209	0.0060	(OK)
14	D14	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.3223	0.0231	0.0066	(OK)
13	D13	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2992	0.0251	0.0072	(NO PASA)
12	D12	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2741	0.0258	0.0074	(NO PASA)
11	D11	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2484	0.0265	0.0076	(NO PASA)
10	D10	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.2219	0.0266	0.0076	(NO PASA)
9	D9	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1953	0.0263	0.0075	(NO PASA)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1689	0.0252	0.0072	(NO PASA)

7	D7	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1438	0.0234	0.0067	(OK)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.1203	0.0240	0.0069	(OK)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.0963	0.0242	0.0069	(OK)
4	D4	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.0722	0.0235	0.0067	(OK)
3	D3	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.0486	0.0211	0.0060	(OK)
2	D2	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	3.5	0.0275	0.0172	0.0049	(OK)
1	D1	CASO2-NS- LIMA1970(Y) Max	4	0.0103	0.0103	0.0026	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3.6 Análisis sísmico Lima-1974

Realizado el análisis dinámico tiempo-historia con los acelerogramas de los registros sísmicos de Lima-1966 ya escalados en el programa sismo match y corregidos la línea base y filtrado de señal en el programa sismo signal se procede extraer las derivas inelásticas para los dos casos (componente E-W, componente N-S) en las dos direcciones de análisis en el programa Etabs.v.2019.2.0.

Tabla 66

Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1974 (E-W) en la dirección x.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO1-EW- LIMA1974(X) Max	3.5	0.3769	0.0163	0.0047	(OK)
19	D19	CASO1-EW-	3.5	0.3606	0.0174	0.0050	(OK)

LIMA1974(X) Max							
18	D18	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.3433	0.0184	0.0053	(OK)
17	D17	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.3248	0.0195	0.0056	(OK)
16	D16	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.3054	0.0204	0.0058	(OK)
15	D15	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.2849	0.0213	0.0061	(OK)
14	D14	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.2636	0.0186	0.0053	(OK)
13	D13	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.2450	0.0179	0.0051	(OK)
12	D12	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.2271	0.0189	0.0054	(OK)
11	D11	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.2082	0.0199	0.0057	(OK)
10	D10	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.1883	0.0209	0.0060	(OK)
9	D9	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.1673	0.0217	0.0062	(OK)
8	D8	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.1456	0.0224	0.0064	(OK)
7	D7	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.1232	0.0214	0.0061	(OK)
6	D6	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.1019	0.0215	0.0061	(OK)
5	D5	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.0804	0.0211	0.0060	(OK)
4	D4	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.0593	0.0200	0.0057	(OK)
3	D3	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.0393	0.0176	0.0050	(OK)
2	D2	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	3.5	0.0218	0.0137	0.0039	(OK)
1	D1	CASO1-EW-LIMA1974(X) Max	4	0.0081	0.0081	0.0020	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 67

Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1974 (N-S) en la dirección x.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
13	D13	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.3326	0.0130	0.0037	(OK)
12	D12	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.3195	0.0135	0.0039	(OK)
11	D11	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.3060	0.0142	0.0041	(OK)
10	D10	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.2918	0.0156	0.0045	(OK)
9	D9	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.2761	0.0172	0.0049	(OK)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.2590	0.0160	0.0046	(OK)
7	D7	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.2430	0.0117	0.0033	(OK)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.2313	0.0132	0.0038	(OK)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.2181	0.0141	0.0040	(OK)
11	D11	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.2040	0.0157	0.0045	(OK)
10	D10	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.1883	0.0175	0.0050	(OK)
9	D9	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.1708	0.0193	0.0055	(OK)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.1515	0.0209	0.0060	(OK)
7	D7	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.1306	0.0222	0.0063	(OK)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.1084	0.0229	0.0065	(OK)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.0855	0.0224	0.0064	(OK)
4	D4	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.0630	0.0212	0.0061	(OK)
3	D3	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.0418	0.0187	0.0054	(OK)
2	D2	CASO2-NS- LIMA1974(X) Max	3.5	0.0231	0.0145	0.0042	(OK)
1	D1	CASO2-NS-	4	0.0086	0.0086	0.0021	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 68

Derivas máximas Caso 1 Sismo de lima 1974 (E-W) en la dirección y.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	D20	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3497	0.0114	0.0033	(OK)
19	D19	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3382	0.0106	0.0030	(OK)
18	D18	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3276	0.0108	0.0031	(OK)
17	D17	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3168	0.0121	0.0035	(OK)
16	D16	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3047	0.0142	0.0040	(OK)
15	D15	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2906	0.0163	0.0047	(OK)
14	D14	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2742	0.0181	0.0052	(OK)
13	D13	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2562	0.0201	0.0057	(OK)
12	D12	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2361	0.0193	0.0055	(OK)
11	D11	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2169	0.0163	0.0047	(OK)
10	D10	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2006	0.0183	0.0052	(OK)
9	D9	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1822	0.0200	0.0057	(OK)
8	D8	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1622	0.0217	0.0062	(OK)
7	D7	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1405	0.0226	0.0065	(OK)
6	D6	CASO1-EW- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1179	0.0237	0.0068	(OK)

5	D5	CASO1-EW-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0941	0.0233	0.0067	(OK)
4	D4	CASO1-EW-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0708	0.0230	0.0066	(OK)
3	D3	CASO1-EW-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0479	0.0210	0.0060	(OK)
2	D2	CASO1-EW-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0269	0.0168	0.0048	(OK)
1	D1	CASO1-EW-LIMA1974(Y) Max	4	0.0101	0.0101	0.0025	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 69

Derivas máximas Caso 2 Sismo de lima 1974 (N-S) en la dirección y.

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
13	D13	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3569	0.0115	0.0033	(OK)
12	D12	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3455	0.0129	0.0037	(OK)
11	D11	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3326	0.0143	0.0041	(OK)
10	D10	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3183	0.0157	0.0045	(OK)
9	D9	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.3027	0.0169	0.0048	(OK)
8	D8	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2858	0.0180	0.0051	(OK)
7	D7	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2678	0.0187	0.0053	(OK)
6	D6	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2491	0.0191	0.0054	(OK)
5	D5	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2301	0.0203	0.0058	(OK)
11	D11	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.2098	0.0207	0.0059	(OK)
10	D10	CASO2-NS-LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1891	0.0191	0.0055	(OK)

9	D9	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1700	0.0140	0.0040	(OK)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1561	0.0168	0.0048	(OK)
7	D7	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1393	0.0184	0.0053	(OK)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.1209	0.0211	0.0060	(OK)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0998	0.0231	0.0066	(OK)
4	D4	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0767	0.0240	0.0069	(OK)
3	D3	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0526	0.0226	0.0064	(OK)
2	D2	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	3.5	0.0301	0.0188	0.0054	(OK)
1	D1	CASO2-NS- LIMA1974(Y) Max	4	0.0113	0.0113	0.0028	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido las derivas máximas del análisis dinámico tiempo-historia lineal con los registros sísmicos escalados en las dos direcciones de análisis, se realiza un cuadro de resumen de las derivas máximas obtenidos.

Tabla 70

Resumen de las derivas máximas en la dirección x.

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X						
NIVEL	LIMA 1966		LIMA 1970		LIMA 1974	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
20	0.0035	0.0047	0.0038	0.0044	0.0047	0.0037
19	0.0034	0.0051	0.0041	0.0047	0.0050	0.0039
18	0.0034	0.0054	0.0042	0.0050	0.0053	0.0041
17	0.0033	0.0044	0.0036	0.0053	0.0056	0.0045
16	0.0036	0.0030	0.0039	0.0056	0.0058	0.0049
15	0.0038	0.0021	0.0040	0.0059	0.0061	0.0046
14	0.0040	0.0028	0.0042	0.0062	0.0053	0.0033

13	0.0044	0.0036	0.0045	0.0065	0.0051	0.0038
12	0.0050	0.0044	0.0047	0.0067	0.0054	0.0040
11	0.0054	0.0053	0.0051	0.0069	0.0057	0.0045
10	0.0059	0.0060	0.0055	0.0070	0.0060	0.0050
9	0.0064	0.0065	0.0057	0.0071	0.0062	0.0055
8	0.0067	0.0068	0.0059	0.0071	0.0064	0.0060
7	0.0070	0.0068	0.0060	0.0070	0.0061	0.0063
6	0.0070	0.0066	0.0058	0.0068	0.0061	0.0065
5	0.0068	0.0062	0.0054	0.0063	0.0060	0.0064
4	0.0064	0.0056	0.0049	0.0056	0.0057	0.0061
3	0.0057	0.0048	0.0041	0.0047	0.0050	0.0054
2	0.0044	0.0036	0.0030	0.0035	0.0039	0.0042
1	0.0023	0.0018	0.0015	0.0017	0.0020	0.0021

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 71

Resumen de las derivas máximas en la dirección y.

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y						
NIVEL	LIMA 1966		LIMA 1970		LIMA 1974	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
20	0.0030	0.0029	0.0030	0.0033	0.0033	0.0033
19	0.0034	0.0018	0.0034	0.0037	0.0030	0.0037
18	0.0038	0.0004	0.0038	0.0040	0.0031	0.0041
17	0.0043	0.0007	0.0043	0.0047	0.0035	0.0045
16	0.0048	0.0013	0.0048	0.0053	0.0040	0.0048
15	0.0053	0.0018	0.0055	0.0060	0.0047	0.0051
14	0.0058	0.0029	0.0061	0.0066	0.0052	0.0053
13	0.0063	0.0040	0.0066	0.0072	0.0057	0.0054
12	0.0066	0.0052	0.0071	0.0074	0.0055	0.0058
11	0.0068	0.0062	0.0070	0.0076	0.0047	0.0059
10	0.0071	0.0070	0.0071	0.0076	0.0052	0.0055
9	0.0073	0.0077	0.0072	0.0075	0.0057	0.0040
8	0.0076	0.0081	0.0066	0.0072	0.0062	0.0048
7	0.0078	0.0084	0.0063	0.0067	0.0065	0.0053
6	0.0077	0.0085	0.0061	0.0069	0.0068	0.0060
5	0.0076	0.0083	0.0061	0.0069	0.0067	0.0066
4	0.0072	0.0077	0.0060	0.0067	0.0066	0.0069
3	0.0064	0.0068	0.0055	0.0060	0.0060	0.0064
2	0.0051	0.0053	0.0044	0.0049	0.0048	0.0054
1	0.0026	0.0027	0.0022	0.0026	0.0025	0.0028

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3.7 Elección de sismo de diseño

Para realizar el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores de energía de fluido viscoso se tendrá que emplear con un sismo de diseño severo, es por ello que la elección del sismo de diseño será quien presente ya mayor similitud entre el cociente las derivas del análisis dinámico tiempo-historia lineal vs las derivas del análisis dinámico modal - espectral. La similitud de la relación de las derivas deberá de estar en el intervalo mayor 0.80 y menor 1.20., si en caso fuese lo contrario se descartaría. A continuación, se mostrará el sismo que presente la mayor similitud de estar más cercano a la unidad.

- Dirección en el eje “x”:

Tabla 72

Relación de las derivas del análisis tiempo-historia lineal vs espectral con $R=1$.

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X						
NIVEL	LIMA 1966		LIMA 1970		LIMA 1974	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
20	0.77791	1.06798	0.86294	0.98823	1.04946	0.83805
19	0.71951	1.08544	0.87535	0.99914	1.06171	0.82783
18	0.69094	1.09310	0.84478	1.00712	1.06571	0.82353
17	0.63665	0.84201	0.68718	1.01172	1.06155	0.85291
16	0.64029	0.53952	0.69435	1.01321	1.05067	0.88248
15	0.64248	0.36384	0.68160	1.01166	1.03460	0.77627
14	0.64831	0.44616	0.68035	1.00771	0.86051	0.53962
13	0.67901	0.55198	0.69718	1.00163	0.78845	0.58060
12	0.73606	0.65803	0.70265	0.99424	0.80067	0.59698

11	0.78004	0.75366	0.73014	0.98630	0.81526	0.64196
10	0.81830	0.83063	0.75890	0.97804	0.83322	0.69668
9	0.86895	0.88441	0.78462	0.96968	0.84678	0.75347
8	0.91349	0.91473	0.80349	0.96119	0.86609	0.81018
7	0.95324	0.92570	0.81327	0.95231	0.83117	0.86388
6	0.97484	0.91667	0.81317	0.94199	0.85635	0.91185
5	1.00197	0.90996	0.79288	0.92890	0.88737	0.94276
4	1.03570	0.89994	0.78422	0.89819	0.91924	0.97720
3	1.06812	0.90213	0.77209	0.88486	0.94796	1.01134
2	1.09888	0.89611	0.75680	0.86870	0.97675	1.03978
1	1.13115	0.90729	0.76104	0.83504	1.01185	1.06900

Nota. Fuente: Elaboración propia

La mayor similitud a la unidad del cociente de las derivas se logró obtener con el sismo Lima 1970 (caso 2), es por ello que se optará por elegir como sismo de diseño en la dirección “x” el sismo de Lima-1970 (caso 2 N-S), con lo cual se podrá realizar el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores de energía de fluidos viscosos.

Tabla 73

Deriva máxima del análisis tiempo-historia lineal en dirección x.

NIVEL	DERIVAS EN X CASO 2 - NS - LIMA 1970	E.030 ≤ 0.007	HAZUS ≤ 0.0040
20	0.0044	(OKEY)	(NO CUMPLE)
19	0.0047	(OKEY)	(NO CUMPLE)
18	0.0050	(OKEY)	(NO CUMPLE)
17	0.0053	(OKEY)	(NO CUMPLE)
16	0.0056	(OKEY)	(NO CUMPLE)
15	0.0059	(OKEY)	(NO CUMPLE)
14	0.0062	(OKEY)	(NO CUMPLE)
13	0.0065	(OKEY)	(NO CUMPLE)
12	0.0067	(OKEY)	(NO CUMPLE)
11	0.0069	(OKEY)	(NO CUMPLE)

10	0.0070	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
9	0.0071	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
8	0.0071	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
7	0.0070	(OKEY)	(NO CUMPLE)
6	0.0068	(OKEY)	(NO CUMPLE)
5	0.0063	(OKEY)	(NO CUMPLE)
4	0.0056	(OKEY)	(NO CUMPLE)
3	0.0047	(OKEY)	(NO CUMPLE)
2	0.0035	(OKEY)	(OK)
1	0.0017	(OKEY)	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Dirección en el eje “y”:

Tabla 74

Relación de las derivas del análisis tiempo-historia lineal vs espectral con $R=1$.

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y						
NIVEL	LIMA 1966		LIMA 1970		LIMA 1974	
	CASO1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
20	0.91033	0.88592	0.92123	1.01177	0.98883	0.99221
19	0.91663	0.49634	0.92721	1.01487	0.82570	1.00031
18	0.92264	0.10506	0.93119	0.98333	0.75085	0.99215
17	0.93149	0.14360	0.93161	1.01211	0.75025	0.97236
16	0.93616	0.25301	0.94998	1.04395	0.79555	0.94863
15	0.95378	0.32661	0.98657	1.07520	0.84130	0.92655
14	0.96815	0.48148	1.01235	1.10165	0.86130	0.89010
13	0.97739	0.63151	1.03724	1.11809	0.89476	0.85012
12	0.96548	0.76022	1.04528	1.08451	0.80949	0.85158
11	0.94790	0.86040	0.98076	1.05800	0.65006	0.82539
10	0.94229	0.93294	0.95018	1.01347	0.69980	0.72780
9	0.93864	0.98236	0.92221	0.96596	0.73302	0.51320
8	0.94320	1.01229	0.81654	0.89468	0.77100	0.59542
7	0.94304	1.02471	0.75966	0.81294	0.78562	0.63997
6	0.93209	1.02258	0.72905	0.82487	0.81617	0.72362
5	0.92362	1.00941	0.74638	0.83953	0.81012	0.80356
4	0.91100	0.98306	0.76176	0.85315	0.83277	0.87074
3	0.90161	0.95632	0.77161	0.84985	0.84333	0.90704
2	0.89221	0.93998	0.77459	0.86785	0.84752	0.94739
1	0.88322	0.92292	0.77214	0.88866	0.87036	0.97601

Nota. Fuente: Elaboración propia

La mayor similitud a la unidad del cociente de las derivas se logró obtener con los sismos Lima 1966 (caso 1) y el sismo Lima 1970 (caso 2). Pero en esta ocasión se optará por elegir como sismo de diseño en la dirección “y” el sismo de Lima-1966 (caso 2), no porque en este caso no cumpla con el criterio porque la relación de derivas del piso 12 al 19 se encuentre por debajo de 0.80, sencillamente es porque la deriva máxima de entrepiso se ubica en el piso 6 con un valor 0.0085. Asimismo, obtenido el sismo de diseño ya se podrá realizar el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores de energía de fluidos viscosos.

Tabla 75

Deriva máxima del análisis tiempo-historia lineal en dirección y.

NIVEL	DERIVAS EN Y CASO 2 - NS - LIMA 1966	E.030 ≤ 0.007	HAZUS ≤ 0.0040
20	0.0029	(OKEY)	(OKEY)
19	0.0018	(OKEY)	(OKEY)
18	0.0004	(OKEY)	(OKEY)
17	0.0007	(OKEY)	(OKEY)
16	0.0013	(OKEY)	(OKEY)
15	0.0018	(OKEY)	(OKEY)
14	0.0029	(OKEY)	(OKEY)
13	0.0040	(OKEY)	(NO CUMPLE)
12	0.0052	(OKEY)	(NO CUMPLE)
11	0.0062	(OKEY)	(NO CUMPLE)
10	0.0070	(OKEY)	(NO CUMPLE)
9	0.0077	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
8	0.0081	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
7	0.0084	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
6	0.0085	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)

5	0.0083	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
4	0.0077	(NO CUMPLE)	(NO CUMPLE)
3	0.0068	(OKEY)	(NO CUMPLE)
2	0.0053	(OKEY)	(NO CUMPLE)
1	0.0027	(OKEY)	(OKEY)

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.4 Cálculo de las propiedades para el uso de disipadores

4.1.5.4.1 Factor de reducción de respuesta espectral

Para realizar el análisis sísmico del edificio con los disipadores de fluido viscoso se debe deberá determinar el factor de reducción de respuesta espectral para cada dirección de análisis.

- Dirección en el eje “x”:

Tabla 76

Deriva máxima del tiempo-historia lineal vs objetivo en x.

NIVEL	DERIVAS EN X CASO 2 - NS - LIMA 1970	DERIVA OBJETIVO HAZUS
20	0.0044	
19	0.0047	
18	0.0050	
17	0.0053	
16	0.0056	
15	0.0059	
14	0.0062	
13	0.0065	0.004
12	0.0067	
11	0.0069	
10	0.0070	
9	0.0071	
8	0.0071	
7	0.0070	

6	0.0068
5	0.0063
4	0.0056
3	0.0047
2	0.0035
1	0.0017

Nota. Fuente: Elaboración propia

$$B_x = \frac{\text{Deriva maxima}}{\text{Deriva objetivo}}$$

$$B_x = \frac{0.0071}{0.0040} = 1.775$$

Tabla 77

Deriva máxima del tiempo-historia lineal vs objetivo en y.

NIVEL	DERIVAS EN Y CASO 2 - NS - LIMA 1966	DERIVA OBJETIVO HAZUS
20	0.0029	
19	0.0018	
18	0.0004	
17	0.0007	
16	0.0013	
15	0.0018	
14	0.0029	
13	0.0040	
12	0.0052	
11	0.0062	
10	0.0070	0.004
9	0.0077	
8	0.0081	
7	0.0084	
6	0.0085	
5	0.0083	
4	0.0077	
3	0.0068	
2	0.0053	
1	0.0027	

Nota. Fuente: Elaboración propia

$$B_Y = \frac{\text{Deriva maxima}}{\text{Deriva objetivo}}$$

$$B_Y = \frac{0.0085}{0.0040} = 2.125$$

4.1.5.4.2 Amortiguamiento efectivo

El amortiguamiento efectivo se determinará despejando la fórmula brindada por la norma americana FEMA 274.

- Dirección en el eje “x”:

$$B_X = \frac{2.31 - 0.41\ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41\ln(\beta_{efx})}$$

$$1.775 = \frac{2.31 - 0.41\ln(5\%)}{2.31 - 0.41\ln(\beta_{efx})}$$

$$\beta_{efx} = 28.97\%$$

- Dirección en el eje “y”:

$$B_Y = \frac{2.31 - 0.41\ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41\ln(\beta_{efy})}$$

$$2.125 = \frac{2.31 - 0.41\ln(5\%)}{2.31 - 0.41\ln(\beta_{efy})}$$

$$\beta_{efy} = 42.12\%$$

4.1.5.4.3 Amortiguamiento viscoso

Para determinar el amortiguamiento viscoso se le quitará al amortiguamiento efectivo el 5% de amortiguamiento inherente de la estructura.

- Dirección en el eje “x”:

$$\beta_{HX} = \beta_{efx} - \beta_o$$

$$\beta_{HX} = 28.97\% - 5\%$$

$$\beta_{HX} = 23.97\%$$

- Dirección en el eje “y”:

$$\beta_{HY} = \beta_{efy} - \beta_o$$

$$\beta_{HY} = 42.12\% - 5\%$$

$$\beta_{HY} = 37.12\%$$

Los amortiguamientos viscosos determinados se encuentran correctamente dentro de los intervalos de 20% al 40% que recomienda la empresa importadora y comercializadora en Perú CDV Representaciones Ingeniería Antisísmica.

4.1.5.4.4 Rigidez de brazo metálico

La disposición de los disipadores de energía para el acoplamiento en la estructura será en chevron brace mejorado. Si en caso no cumpla con los bucles histeréticos se opta por cambiar de disposición.

El perfil metálico que se utilizó para el brazo metálico es round HSS 12.75 x 0.50 establecida en la norma americana AISC Steel Construction manual 13th, asimismo a continuación se presentara sus características del acero metálico seleccionado.

Tabla 78

Medidas del perfil metálico Round HSS 12.75 x 0.50.

Dimensiones Round HSS 12.75 x 0.50				
D ext.(in)	D int.(in)	Espesor (in)	Área (in ²)	Inercia (in ⁴)
12.75	12.285	0.465	17.9	339

Nota. Fuente: (American Institute of Steel Construction, 2005)

$$A=0.01154836\text{m}^2=17.9\text{In}$$

$$E=20400000.00\text{Tn/m}^2=29000\text{KSI}$$

$$F'y=29528.92\text{Tn/m}^2=42\text{KSI}$$

- Dirección en el eje “x”:

$$L_x=5.30\text{m}$$

$$H=2.85\text{m}$$

$$L_{\text{brazox}}=3.892\text{m}$$

$$\Theta=180.00^\circ$$

$$K_x = \frac{AxE}{L}$$

$$K_x = \frac{0.01154836m^2 * 20400000.00Tn/m^2}{3.892m}$$

$$K_x = 60536.32Tn/m$$

- Dirección en el eje “y”:

$$L_y=6.20m$$

$$H=2.85m$$

$$L_{brazoy}=4.211m$$

$$\Theta=180.00^\circ$$

$$K_y = \frac{AxE}{L}$$

$$K_y = \frac{0.01154836m^2 * 20400000.00Tn/m^2}{4.211m}$$

$$K_y = 55945.56Tn/m$$

La rigidez del brazo metálico hallados se introducirá a la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0 como dato para la propiedad del brazo metálico. De igual manera también se calcularán el coeficiente de amortiguamiento no lineal y exponente de velocidad α para completar con las propiedades del brazo metálico.

4.1.5.4.5 Exponente de velocidad y parámetro lambda

El valor del exponente de velocidad α para los disipadores de fluidos viscosos dependerá del comportamiento y el tipo de disipador. En este caso se está empleando disipadores de fluido viscoso, pero presentaran un comportamiento no lineal por lo tanto el exponente de velocidad tendrá valores $\alpha < 1.00$. El valor de α se determinará con la tabla que nos brinda FEMA 274.

Tabla 79

Valores del exponente α respecto al parámetro λ .

Valor de Parámetros λ	
Exponente α	Parámetro λ
0.25	3.7
0.5	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Nota. Fuente: (FEMA 274, 1997)

Se recomienda que cuando se emplean disipadores de fluidos viscosos para estructuras de concreto armado el valor del exponente de velocidad α se tome dentro del intervalo de $0.40 < \alpha < 0.60$.

Se concluye que se tomó un valor exponente de velocidad $\alpha=0.50$ y un parámetro de $\lambda=3.50$ para edificaciones de concreto armado.

4.1.5.4.6 Coeficiente de amortiguamiento no lineal

Para determinar el coeficiente de amortiguamiento no lineal, primero debemos de hallar sus valores que conforman la fórmula de manera separada.

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

Dirección en el eje “x”:

- Peso sísmico de la edificación

El peso sísmico se considera como $P_s=100\%CM+50\%CV$ para la estructura destinada al uso de clínicas.

Tabla 80

Peso sísmico de la edificación de entrespiso.

Nivel	Mass (Ton.s ² /m)	Peso sísmico (Ton)
20	56.98	558.75
19	84.82	831.77
18	84.82	831.77
17	84.82	831.77
16	84.82	831.77
15	84.82	831.77
14	84.82	831.77

13	84.82	831.77
12	84.82	831.77
11	84.82	831.77
10	84.82	831.77
9	84.82	831.77
8	84.82	831.77
7	84.82	831.77
6	84.82	831.77
5	84.82	831.77
4	84.82	831.77
3	84.82	831.77
2	84.82	831.77
1	86.43	847.57

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Frecuencia angular

Para determinar la frecuencia relativa primero debemos de conocer los periodos de vibración predominantes de la estructura en las tres direcciones de análisis (rotacional en “x” e “y” y rotación en “z”). El periodo de vibración es extraído del análisis estructural realizado en la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0.

Ty=1.887 seg

Tx=1.729 seg

Tz=1.259 seg

$$W_x = \frac{2\pi}{T_x}$$

$$W_x = \frac{2\pi}{1.729\text{seg}}$$

$$W_x = 3.634 \text{ rad/seg}$$

- Desplazamiento modal en el pórtico.

El desplazamiento modal ocurridos en el modo 2, sus valores se extraen del análisis estructural realizado en la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0.

Tabla 81

Desplazamiento modal del modo 2.

PISO	MODO	Desplazamiento modal - pórtico (m)
20	2	0.3647
19	2	0.3506
18	2	0.3356
17	2	0.3196
16	2	0.3031
15	2	0.2852
14	2	0.2661
13	2	0.2458
12	2	0.2248
11	2	0.2033
10	2	0.1812
9	2	0.1586
8	2	0.1358
7	2	0.1131
6	2	0.0907
5	2	0.0692
4	2	0.0495
3	2	0.0318
2	2	0.0169
1	2	0.0060

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Desplazamiento modal en los extremos del pórtico.

Los desplazamientos modales se toman conservadoramente en los nodos de las esquinas en los pórticos donde se acoplarán los dispositivos.

Tabla 82

Desplazamiento modal relativo en los extremos del pórtico.

PISO	MODO	Nudo 8	Nudo 9	Φ_{rj}
20	2	-	0.3647	0.0142
19	2	0.3506	0.3506	0.0150
18	2	0.3356	0.3356	0.0160
17	2	0.3196	0.3196	0.0165
16	2	0.3031	0.3031	0.0179
15	2	0.2852	0.2852	0.0191
14	2	0.2661	0.2661	0.0203
13	2	0.2458	0.2458	0.0210
12	2	0.2248	0.2248	0.0215
11	2	0.2033	0.2033	0.0221
10	2	0.1812	0.1812	0.0225
9	2	0.1586	0.1586	0.0228
8	2	0.1358	0.1358	0.0228
7	2	0.1131	0.1131	0.0224
6	2	0.0907	0.0907	0.0215
5	2	0.0692	0.0692	0.0197
4	2	0.0495	0.0495	0.0177
3	2	0.0318	0.0318	0.0149
2	2	0.0169	0.0169	0.0109
1	2	0.0060	0.0060	0.0060

Nota. Fuente: Elaboración propia

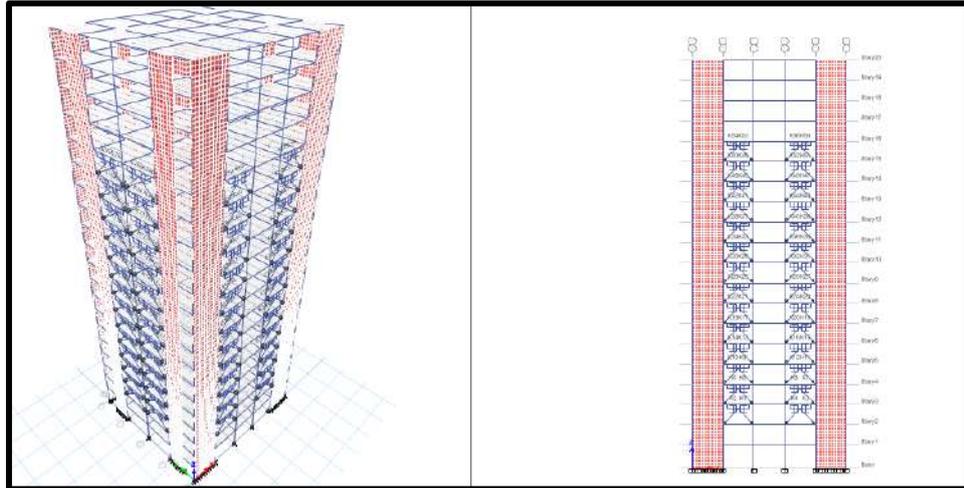


Figura 45. Vista en 3D y vista frontal del eje X del edificio

Nota. Fuente: Elaboración propia

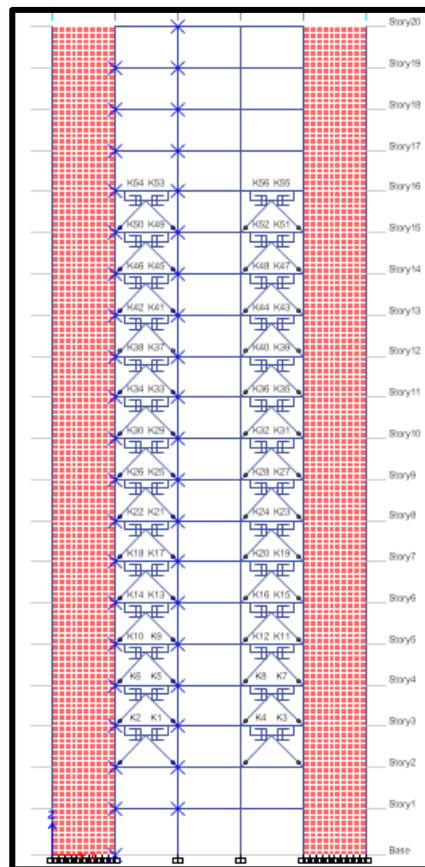


Figura 46. Desplazamientos relativos del pórtico en dirección x

Nota. Fuente: Elaboración propia

Con todos valores determinados podemos realizar la siguiente tabla que serán necesario para determinar el coeficiente de amortiguamiento no lineal.

Tabla 83

Datos determinados para el cálculo del amortiguamiento no lineal.

Nivel	Mass (Ton.s ² /m)	Cos θ	$\Phi_{rj}^{(1+\alpha)}$ * $\cos\theta^{(1+\alpha)}$	m * Φ_i^2	m * Φ_i
20	56.976	1.0000	0.0017	7.5792	20.7806
19	84.816	1.0000	0.0018	10.4241	29.7344
18	84.816	1.0000	0.0020	9.5501	28.4605
17	84.816	1.0000	0.0021	8.6635	27.1073
16	84.816	1.0000	0.0024	7.7901	25.7046
15	84.816	1.0000	0.0026	6.8994	24.1905
14	84.816	1.0000	0.0029	6.0045	22.5671
13	84.816	1.0000	0.0030	5.1229	20.8447
12	84.816	1.0000	0.0032	4.2844	19.0627
11	84.816	1.0000	0.0033	3.5040	17.2394
10	84.816	1.0000	0.0034	2.7836	15.3655
9	84.816	1.0000	0.0034	2.1341	13.4540
8	84.816	1.0000	0.0034	1.5651	11.5215
7	84.816	1.0000	0.0034	1.0845	9.5907
6	84.816	1.0000	0.0031	0.6975	7.6916
5	84.816	1.0000	0.0028	0.4061	5.8690
4	84.816	1.0000	0.0024	0.2078	4.1981
3	84.816	1.0000	0.0018	0.0857	2.6965
2	84.816	1.0000	0.0011	0.0243	1.4365
1	86.428	1.0000	0.0005	0.0031	0.5201
	1670.0949		0.0504	78.8142	308.0354

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Amplitud del desplazamiento relativo del modo 2

El valor de la amplitud del desplazamiento se determinará mediante la siguiente fórmula que nos brinda la norma americana FEMA 274.

$$D_{roof} = \frac{10gr_1 S_{d1} T_x^2}{4\pi^2 B_{md}}$$

Donde:

S_{d1}: aceleración de la gravedad

g: gravedad

r: factor de participación de modo de vibración

T_x: periodo del modo predominante

B_{md}: factor de reducción de respuesta espectral

$$D_{roofx} = \frac{10 \times 9.81 \text{ m/seg}^2 \times 0.3904 \times 1.729^2 \text{ seg}^2}{4\pi^2 \times 1.775} \times 3.908 \text{ seg}$$

$$D_{roofx} = 638.643 \text{ mm} = 0.6386 \text{ m}$$

- Coeficiente de amortiguamiento no lineal

Determinados todos los datos que componen la fórmula del coeficiente de amortiguamiento no lineal procedemos a enlazar en la fórmula general.

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

$$\Sigma C_{jx} = \frac{0.2397 \times 2\pi \times 0.6386^{1-0.5} \times 3.634^{2-0.5} \times 78.8142}{3.50 \times 0.0504}$$

$$\Sigma C_{jx} = 3728.17 \text{ Tn/m}$$

- Coeficiente de amortiguamiento no lineal unitario

Se colocarán 8 disipadores en disposición chevron brace en la parte frontal y posterior en la dirección “x” por cada nivel de entrepiso.

$$\Sigma C_{jx} = \frac{3728.17 \text{ Tn/m}}{8}$$

$$\Sigma C_{jx} = 466.02 \text{ Tn/m}$$

- Propiedades finales del disipador de fluido viscoso.

Tabla 84

Datos para ingresar al Etabs.v.2019.2.0.

<i>Nonlinear Properties:</i>	
Stiffnes (K)	60,536.32Tn/m
Damping (Cj)	466.02Tn/m
Damping Exponent (α)	0.5

Nota. Fuente: Elaboración propia

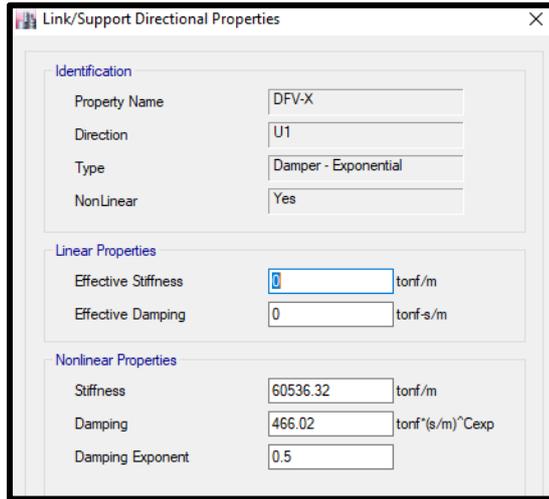


Figura 47. Datos ingresados al Etabs.v.2019.2.0

Nota. Fuente: Elaboración propia

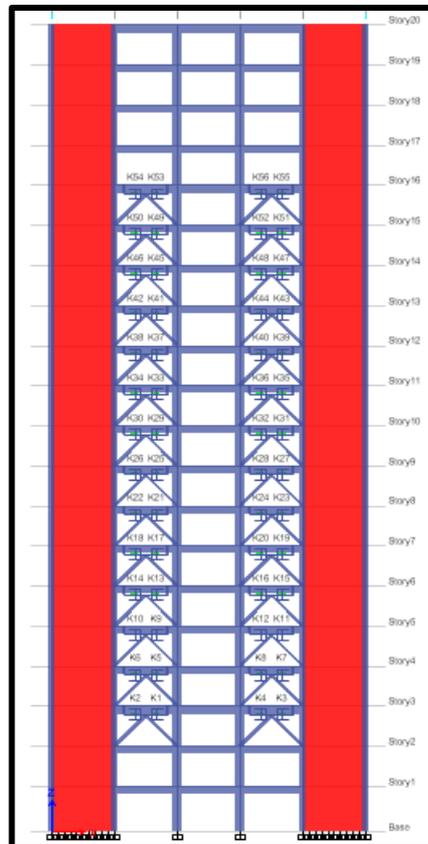


Figura 48. Pórticos con disipadores en la vista frontal y posterior

Nota. Fuente: Elaboración propia

Dirección en el eje “y”:

- Peso sísmico de la edificación

El peso sísmico se considera como $P_s=100\%CM+50\%CV$ para la estructura destinada al uso de clínicas.

Tabla 85

Peso sísmico de la edificación de entrepiso.

Nivel	Mass (Ton.s ² /m)	Peso sísmico (Ton)
20	56.98	558.75
19	84.82	831.77
18	84.82	831.77
17	84.82	831.77
16	84.82	831.77
15	84.82	831.77
14	84.82	831.77
13	84.82	831.77
12	84.82	831.77
11	84.82	831.77
10	84.82	831.77
9	84.82	831.77
8	84.82	831.77
7	84.82	831.77
6	84.82	831.77
5	84.82	831.77
4	84.82	831.77
3	84.82	831.77
2	84.82	831.77
1	86.43	847.57

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Frecuencia angular

Para determinar la frecuencia relativa primero debemos de conocer los periodos de vibración predominantes de la estructura en las tres direcciones de análisis (rotacional en x,y y rotación en z). El periodo de vibración es extraído del análisis estructural realizado en la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0.

$$T_y = 1.887 \text{ seg}$$

$$T_x = 1.729 \text{ seg}$$

$$T_z = 1.259 \text{ seg}$$

$$W_y = \frac{2\pi}{T_y}$$

$$W_y = \frac{2\pi}{1.887 \text{ seg}}$$

$$W_y = 3.330 \text{ rad/seg}$$

- Desplazamiento modal en el pórtico.

El desplazamiento modal ocurridos en el modo 1, sus valores se extraen del análisis estructural realizado en la herramienta computacional Etabs.v.2019.2.0.

Tabla 86

Desplazamiento modal del modo 1.

PISO	MODO	Desplazamiento modal - pórtico (m)
20	1	0.3197
19	1	0.3100
18	1	0.3034
17	1	0.3015
16	1	0.2995
15	1	0.2953
14	1	0.2898
13	1	0.2809
12	1	0.2681
11	1	0.2516
10	1	0.2319
9	1	0.2094
8	1	0.1847
7	1	0.1583
6	1	0.1308
5	1	0.1032
4	1	0.0762
3	1	0.0506
2	1	0.0281
1	1	0.0103

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Desplazamiento modal en los extremos del pórtico del disipador.

Los desplazamientos modales se toman conservadoramente en los nodos de las esquinas en los pórticos donde se acoplarán los dispositivos.

Tabla 87

Desplazamiento modal relativo en los extremos del pórtico.

PISO	MODO	Nudo 29	Nudo 30	Φ_{rj}
20	1	-	0.3197	0.0097
19	1	0.3100	0.3100	0.0066
18	1	0.3034	0.3034	0.0019
17	1	0.3015	0.3015	0.0020
16	1	0.2995	0.2995	0.0041
15	1	0.2953	0.2953	0.0055
14	1	0.2898	0.2898	0.0090
13	1	0.2809	0.2809	0.0128
12	1	0.2681	0.2681	0.0165
11	1	0.2516	0.2516	0.0197
10	1	0.2319	0.2319	0.0225
9	1	0.2094	0.2094	0.0247
8	1	0.1847	0.1847	0.0264
7	1	0.1583	0.1583	0.0274
6	1	0.1308	0.1308	0.0276
5	1	0.1032	0.1032	0.0270
4	1	0.0762	0.0762	0.0256
3	1	0.0506	0.0506	0.0226
2	1	0.0281	0.0281	0.0178
1	1	0.0103	0.0103	0.0103

Nota. Fuente: Elaboración propia

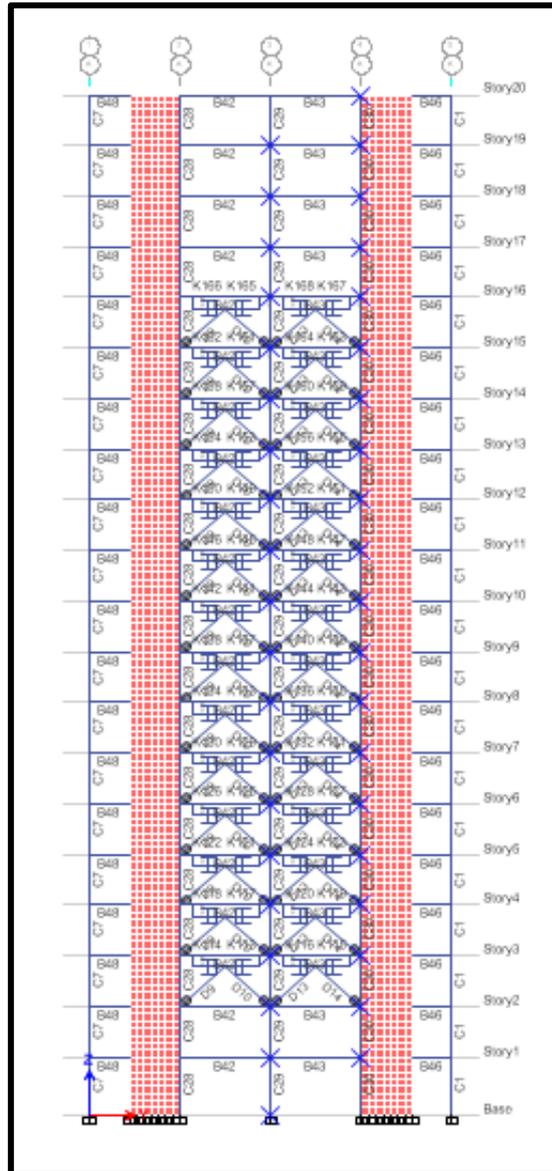


Figura 49. Desplazamientos relativos del pórtico en dirección y

Nota. Fuente: Elaboración propia

Con todos valores determinados podemos realizar la siguiente tabla que serán necesario para determinar el coeficiente de amortiguamiento no lineal.

Tabla 88

Datos determinados para el cálculo del amortiguamiento no lineal.

Nivel	Mass (Ton.s ² /m)	Cos θ	Φ _{rj} ^(1+α) *cosθ ^(1+α)	m * Φ _i ²	m * Φ _i
20	56.9759	1.0000	0.0009	5.8230	18.2146
19	84.8162	1.0000	0.0005	8.1523	26.2954
18	84.8162	1.0000	0.0001	7.8074	25.7331
17	84.8162	1.0000	0.0001	7.7082	25.5692
16	84.8162	1.0000	0.0003	7.6056	25.3985
15	84.8162	1.0000	0.0004	7.3984	25.0499
14	84.8162	1.0000	0.0008	7.1254	24.5835
13	84.8162	1.0000	0.0014	6.6911	23.8226
12	84.8162	1.0000	0.0021	6.0961	22.7387
11	84.8162	1.0000	0.0028	5.3703	21.3422
10	84.8162	1.0000	0.0034	4.5607	19.6677
9	84.8162	1.0000	0.0039	3.7187	17.7596
8	84.8162	1.0000	0.0043	2.8924	15.6628
7	84.8162	1.0000	0.0045	2.1248	13.4245
6	84.8162	1.0000	0.0046	1.4520	11.0973
5	84.8162	1.0000	0.0044	0.9037	8.7551
4	84.8162	1.0000	0.0041	0.4924	6.4625
3	84.8162	1.0000	0.0034	0.2175	4.2953
2	84.8162	1.0000	0.0024	0.0669	2.3821
1	86.4277	1.0000	0.0010	0.0091	0.8873
1670.0949			0.0455	86.2161	339.1418

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Amplitud del desplazamiento relativo del modo 1

El valor de la amplitud del desplazamiento se determinará mediante la siguiente fórmula que nos brinda la norma americana FEMA 274.

$$D_{roof} = \frac{10gr_1 S_{d1} T_Y^2}{4\pi^2 B_{md}}$$

Donde:

Sd1: aceleración de la gravedad

g: gravedad

r: factor de participación de modo de vibración

Ty: periodo del modo predominante

Bmd: factor de reducción de respuesta espectral

$$D_{roofy} = \frac{10 \times 9.81 \text{ m/seg}^2 \times 0.3577 \times 1.887^2 \text{ seg}^2}{4\pi^2 \times 2.125} \times 3.934 \text{ seg}$$

$$D_{roofy} = 585.795 \text{ mm} = 0.5858 \text{ m}$$

- Coeficiente de amortiguamiento no lineal

Determinados todos los datos que componen la formula del coeficiente de amortiguamiento no lineal procedemos a enlazar en la formula general.

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

$$\Sigma C_{jy} = \frac{0.3712 \times 2\pi \times 0.5858^{1-0.5} \times 3.330^{2-0.5} \times 86.2161}{3.50 \times 0.0455}$$

$$\Sigma C_{jy} = 5867.24 \text{ Tn/m}$$

- Coeficiente de amortiguamiento no lineal unitario

Se colocarán 8 disipadores en disposición chevron brace en la parte frontal y posterior en la dirección “y” por cada nivel de entrepiso.

$$\Sigma C_{jy} = \frac{5867.24 \text{ Tn/m}}{8}$$

$$\Sigma C_{jy} = 733.40 \text{ Tn/m}$$

- Propiedades finales del disipador de fluido viscoso.

Tabla 89

Datos para ingresar al Etabs.v.2019.2.0.

<u>Nonlinear Properties:</u>	
Stiffnes (K)	55,945.56Tn/m
Damping (Cj)	733.40Tn.s/m
Damping Exponent (α)	0.5

Nota. Fuente: Elaboración propia

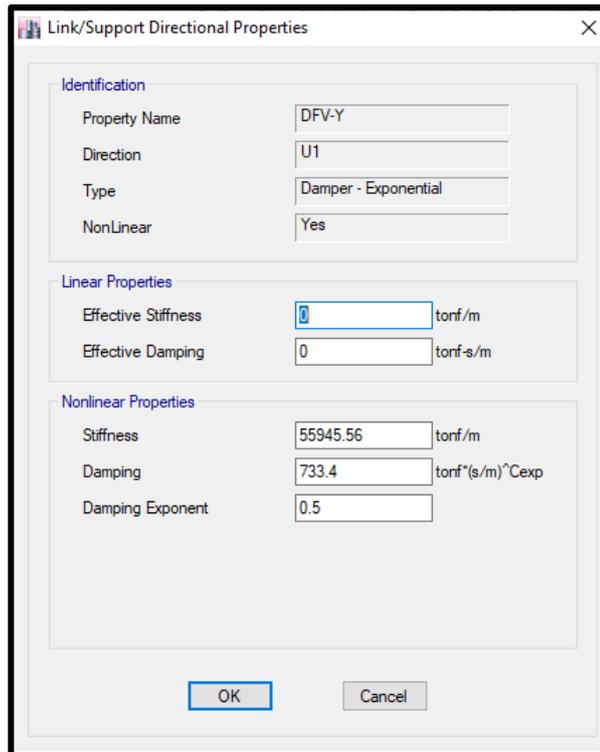


Figura 50. Datos ingresados al Etabs.v.2019.2.0

Nota. Fuente: Elaboración propia

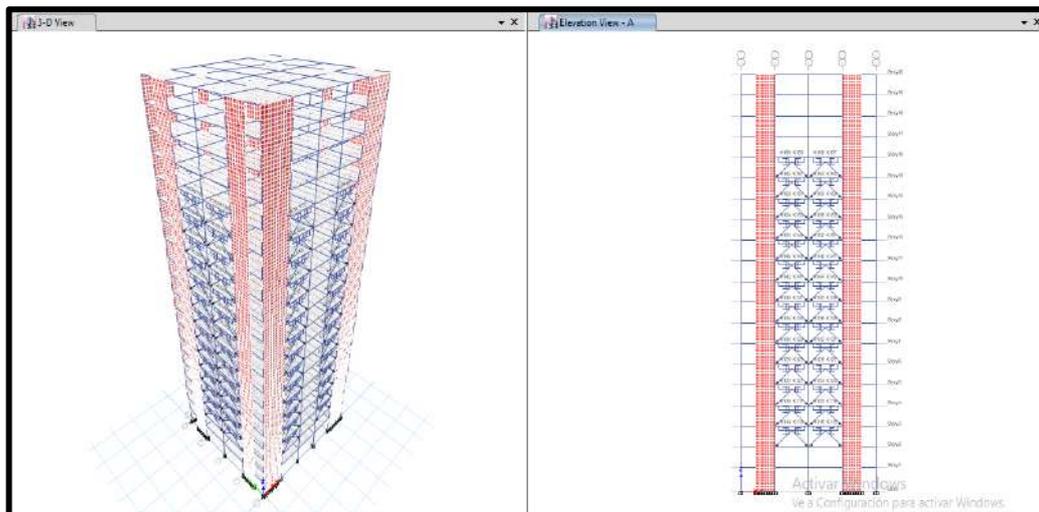


Figura 51. Vista en 3D y vista frontal del eje Y del edificio

Nota. Fuente: Elaboración propia

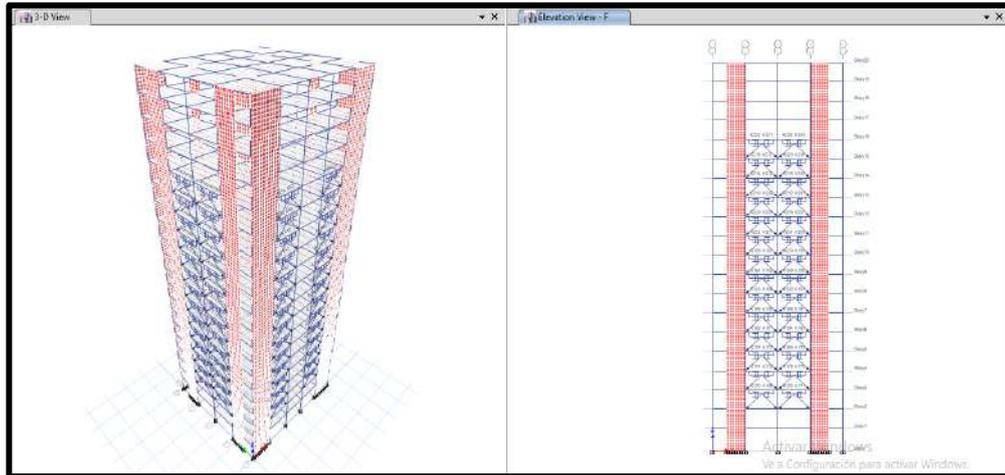


Figura 52. Vista en 3D y vista posterior del eje Y del edificio

Nota. Fuente: Elaboración propia

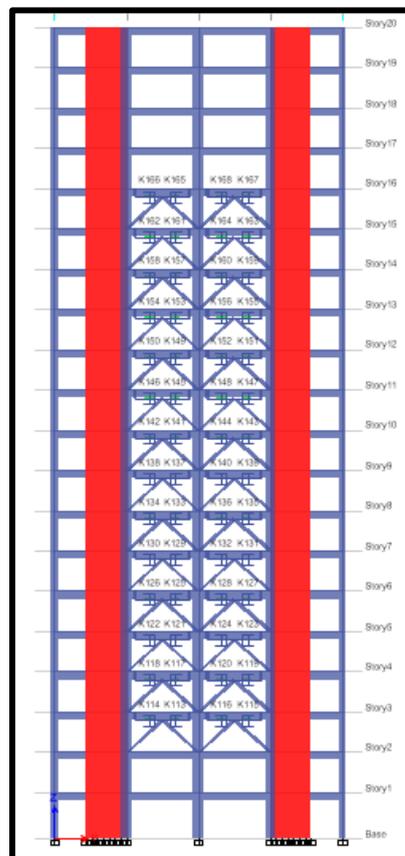


Figura 53. Pórticos con disipadores en la vista frontal y posterior

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.5 Análisis sísmico dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores de fluido viscoso

Para realizar el análisis dinámico tiempo-historia no lineal se emplearán los dos sismos de diseño determinados, donde para la dirección de análisis en “x” se empleará el sismo de Lima-1970 (Caso 2 N-S) y para la dirección de análisis en “y” se empleará el sismo de Lima-1966 (Caso 2 N-S). El modelo tridimensional con el acoplamiento de los disipadores de fluido viscoso en la edificación se realizará en el programa Etabs.v.2019.2.0 para poder realizar el análisis estructural logrando así determinar las derivas máximas que presentará el edificio de 20 pisos destinado a uso de clínicas.

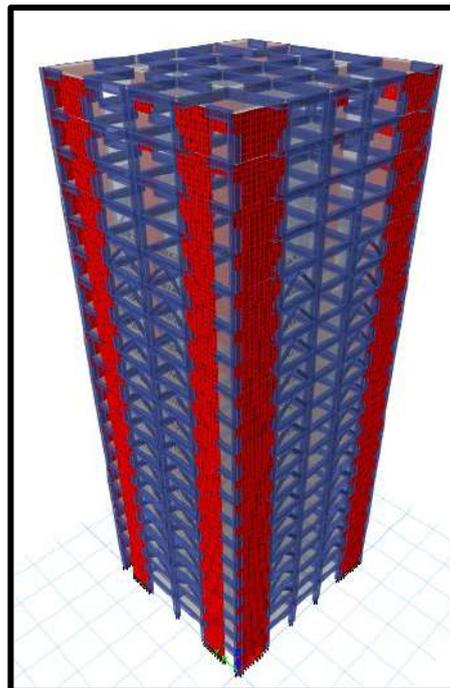


Figura 54. Modelo tridimensional del edificio con disipadores fluido viscoso

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.5.5.1 Control de derivas máximas

Las derivas de entrepiso en todos los niveles cumplen con la deriva limite impuesta por la metodología hazus $\Delta < 0.004$ en la relación daño-deriva.

- Dirección en el eje “x”:

Tabla 90

Derivas con el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores en x.

Niveles	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas X (m)	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007	Control Deriva Hazus ≤ 0.004
20	D20	CASO2-NS-LIMA1970(X) Max	3.5	0.142560	0.005956	0.0017	(OK)	(OK)
19	D19	CASO2-NS-LIMA1970(X) Max	3.5	0.136604	0.006030	0.0017	(OK)	(OK)
18	D18	CASO2-NS-LIMA1970(X) Max	3.5	0.130574	0.005947	0.0017	(OK)	(OK)
17	D17	CASO2-NS-LIMA1970(X) Max	3.5	0.124627	0.006147	0.0018	(OK)	(OK)
16	D16	CASO2-NS-LIMA1970(X) Max	3.5	0.118480	0.006361	0.0018	(OK)	(OK)
15	D15	CASO2-NS-LIMA1970(X) Max	3.5	0.112119	0.006036	0.0017	(OK)	(OK)
14	D14	CASO2-NS-LIMA1970(X) Max	3.5	0.106083	0.006537	0.0019	(OK)	(OK)
13	D13	CASO2-NS-LIMA1970(X)	3.5	0.099546	0.007186	0.0021	(OK)	(OK)

Max								
12	D12	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.092360	0.007187	0.0021	(OK)	(OK)
11	D11	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.085173	0.007667	0.0022	(OK)	(OK)
10	D10	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.077506	0.007902	0.0023	(OK)	(OK)
9	D9	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.069604	0.008146	0.0023	(OK)	(OK)
8	D8	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.061458	0.008737	0.0025	(OK)	(OK)
7	D7	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.052721	0.008417	0.0024	(OK)	(OK)
6	D6	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.044304	0.008770	0.0025	(OK)	(OK)
5	D5	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.035534	0.008934	0.0026	(OK)	(OK)
4	D4	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.026600	0.008388	0.0024	(OK)	(OK)
3	D3	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.018212	0.007539	0.0022	(OK)	(OK)
2	D2	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	3.5	0.010673	0.006495	0.0019	(OK)	(OK)
1	D1	CASO2-NS- LIMA1970(X) Max	4	0.004178	0.004178	0.0010	(OK)	(OK)

Nota. Fuente: Elaboración propia

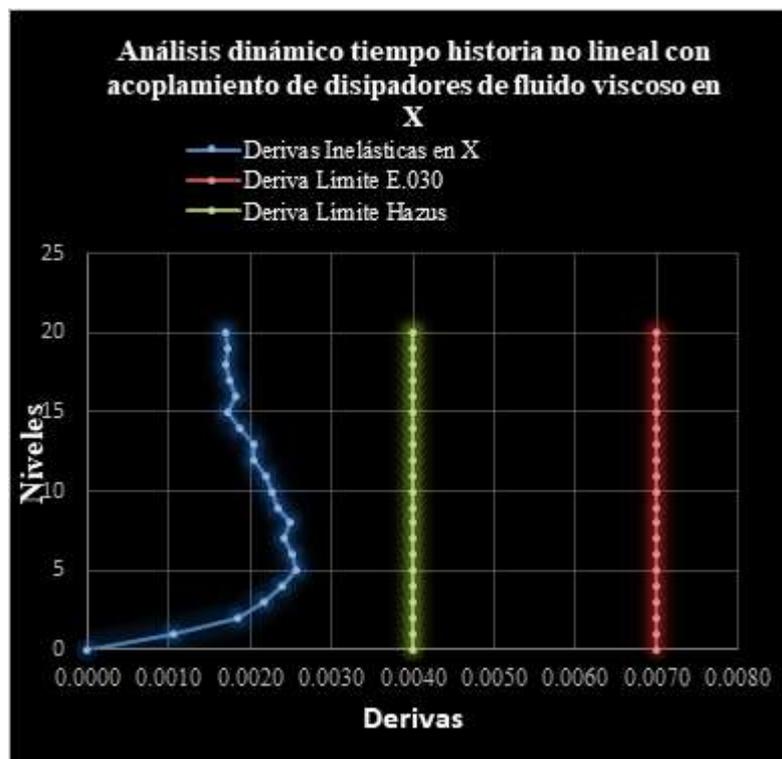


Figura 55. Derivas máximas en la dirección x

Nota. Fuente: Elaboración propia

El acoplamiento de los disipadores de fluido viscoso a la edificación logró reducir las derivas máximas en la dirección “x” cumpliendo con la deriva que impone la metodología Hazus valores por debajo del 0.004 para edificaciones que presenten un nivel de desempeño operacional con daños leves para un sismo de diseño severo.

- Dirección en el eje “y”:

Tabla 91

Derivas con el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con disipadores en y.

Niveles	Diafragma	Load Case/Combo	Altura entrepiso (m)	Despl. Max. Inelásticas Y (m)	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007	Control Deriva Hazus ≤ 0.004
20	D20	CASO2-NS-LIMA1966(Y)	3.5	0.140188	0.004527	0.0013	(OK)	(OK)
19	D19	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.135661	0.005170	0.0015	(OK)	(OK)
18	D18	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.130491	0.005674	0.0016	(OK)	(OK)
17	D17	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.124817	0.005854	0.0017	(OK)	(OK)
16	D16	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.118963	0.005456	0.0016	(OK)	(OK)
15	D15	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.113507	0.005421	0.0015	(OK)	(OK)
14	D14	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.108086	0.005758	0.0016	(OK)	(OK)
13	D13	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.102328	0.006265	0.0018	(OK)	(OK)
12	D12	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.096063	0.006841	0.0020	(OK)	(OK)
11	D11	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.089222	0.006572	0.0019	(OK)	(OK)
10	D10	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.082650	0.006014	0.0017	(OK)	(OK)
9	D9	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.076636	0.006640	0.0019	(OK)	(OK)
8	D8	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.069996	0.007445	0.0021	(OK)	(OK)
7	D7	CASO2-NS-LIMA1966(Y) Max	3.5	0.062551	0.008295	0.0024	(OK)	(OK)
6	D6	CASO2-NS-	3.5	0.054256	0.009151	0.0026	(OK)	(OK)

		LIMA1966(Y) Max							
5	D5	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.045105	0.009470	0.0027	(OK)	(OK)	
4	D4	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.035635	0.009862	0.0028	(OK)	(OK)	
3	D3	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.025773	0.010066	0.0029	(OK)	(OK)	
2	D2	CASO2-NS- LIMA1966(Y) Max	3.5	0.015707	0.009509	0.0027	(OK)	(OK)	
1	D1	CASO2-NS- LIMA1966(Y)	4	0.006198	0.006198	0.0015	(OK)	(OK)	

Nota. Fuente: Elaboración propia

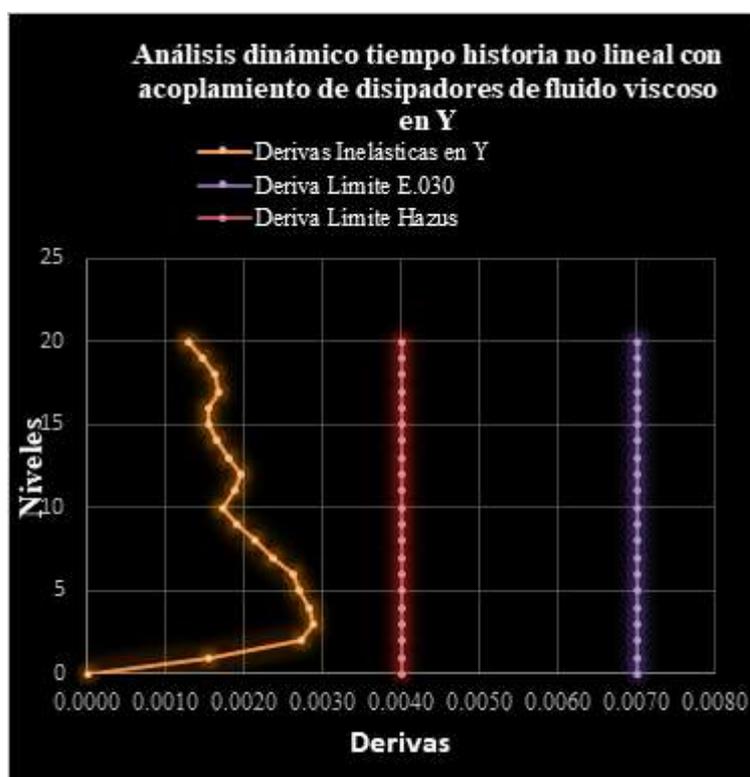


Figura 56. Derivas máximas en la dirección y

Nota. Fuente: Elaboración propia

El acoplamiento de los disipadores de fluido viscoso a la edificación logró reducir las derivas de entrepiso en la dirección “y” cumpliendo con la deriva que impone la metodología Hazus valores por debajo del 0.004 para edificaciones que presenten un nivel de desempeño operacional con daños leves para un sismo de diseño severo.

4.1.5.5.2 Verificación de periodos de vibración y masa modal

Tabla 92

Periodos, modos de vibración y masa participativa.

Case	Modos	Periodos (Seg)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modo	1	1.887	0.0027	0.7453	0	0.0027	0.7453	0
Modo	2	1.729	0.7111	0.004	0	0.7138	0.7493	0
Modo	3	1.259	0.0103	0.0065	0	0.7241	0.7558	0
Modo	4	0.576	0.0001	0.1167	0	0.7242	0.8725	0
Modo	5	0.489	0.1302	0.0002	0	0.8544	0.8727	0
Modo	6	0.368	0.0024	0.0009	0	0.8568	0.8737	0
Modo	7	0.3	1.39E-05	4.39E-02	0	0.8568	0.9175	0
Modo	8	0.234	0.0538	3.99E-05	0	0.9106	0.9176	0
Modo	9	0.203	0.00E+00	0	0.6176	0.9106	0.9176	0.6176
Modo	10	0.191	2.23E-05	2.54E-02	0	0.9106	0.943	0.6176
Modo	11	0.182	1.30E-03	3.17E-05	0	0.912	0.943	0.6176
Modo	12	0.164	0.0004	0.00E+00	0	0.9124	0.943	0.6176
Modo	13	0.161	0	5.00E-04	0	0.9124	0.9436	0.6176
Modo	14	0.14	2.95E-02	1.97E-05	0	0.9419	0.9436	0.6176
Modo	15	0.138	0	0.00E+00	0.1479	0.9419	0.9436	0.7656
Modo	16	0.133	1.23E-05	1.05E-05	0	0.9419	0.9436	0.7656
Modo	17	0.132	7.11E-06	1.60E-02	0	0.9419	0.9595	0.7656
Modo	18	0.131	0	0.00E+00	0.0101	0.9419	0.9595	0.7756
Modo	19	0.123	2.75E-06	5.00E-04	0	0.9419	0.96	0.7756
Modo	20	0.121	0.0003	0.00E+00	0	0.9422	0.96	0.7756

Modo	21	0.119	0.00E+00	0	0.0118	0.9422	0.96	0.7874
Modo	22	0.114	5.48E-07	0.00E+00	0	0.9422	0.96	0.7874
Modo	23	0.111	3.33E-06	0.00E+00	0	0.9422	0.96	0.7874
Modo	24	0.111	0.001	4.16E-05	0	0.9432	0.9601	0.7874

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los periodos de vibración obtenidos después de realizar el análisis dinámico tiempo-historia no lineal con los disipadores de fluidos viscoso no varían absolutamente nada con respecto a los periodos de vibración determinados manualmente en el análisis estático y los periodos del análisis dinámico modal-espectral. Se concluye que los disipadores de fluido viscoso aumentan el amortiguamiento mas no la rigidez, con ellos se verifica que los periodos de vibración de la edificación no sufrirán ningún cambio en la estructura.

4.1.5.5.3 Comportamiento histerético

Para que los bucles histereticos presenten un buen comportamiento histereticos sus curvas deberán presentar una forma elíptica paralela al eje de las abscisas de no ser así se tendría que optar por cambiar de disposición, aumentar la sección del brazo metálico o podría quitarse los disipadores en los pórticos.

- Dirección en el eje “x” (Vista frontal):
 - Pisos 3

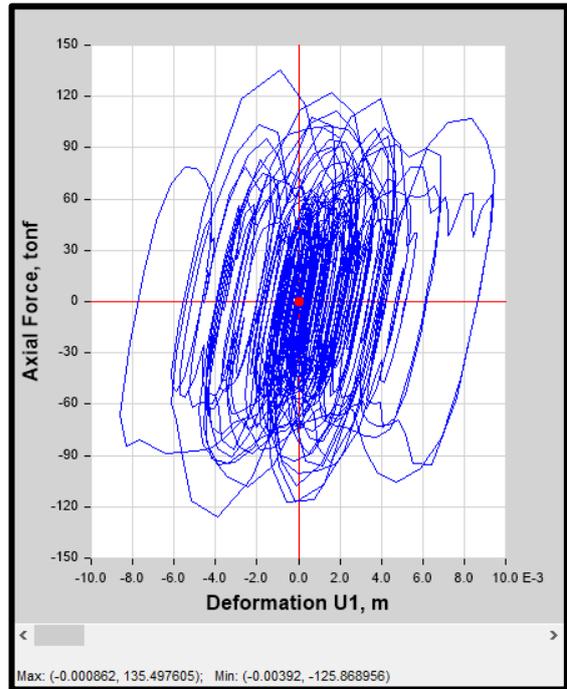
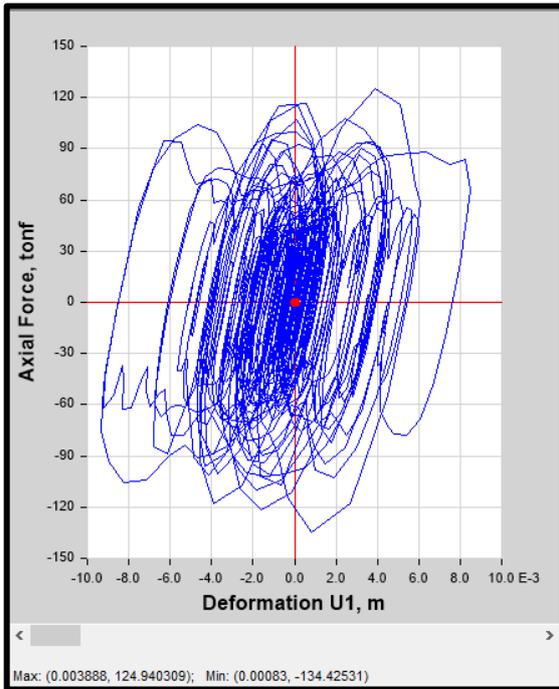


Figura 57. Bucle histeretico de los disipadores K1-K2

Nota. Fuente: Elaboración propia

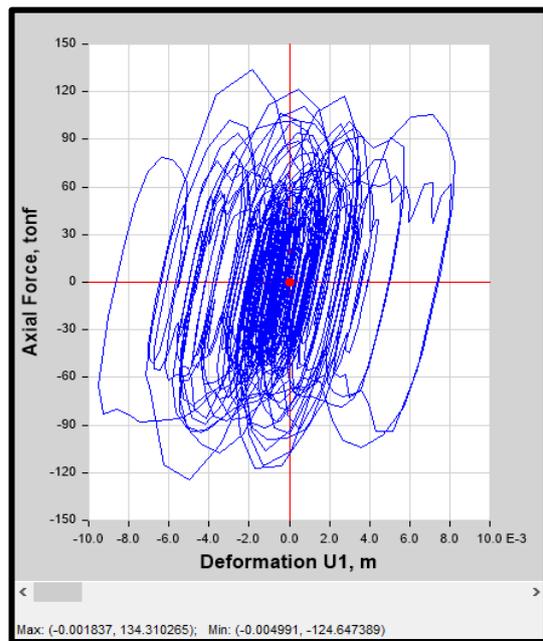
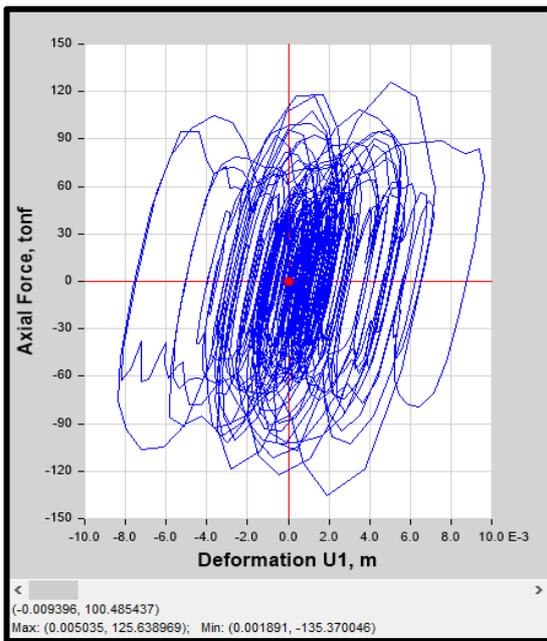


Figura 58. Bucle histeretico de los disipadores K3-K4

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 10

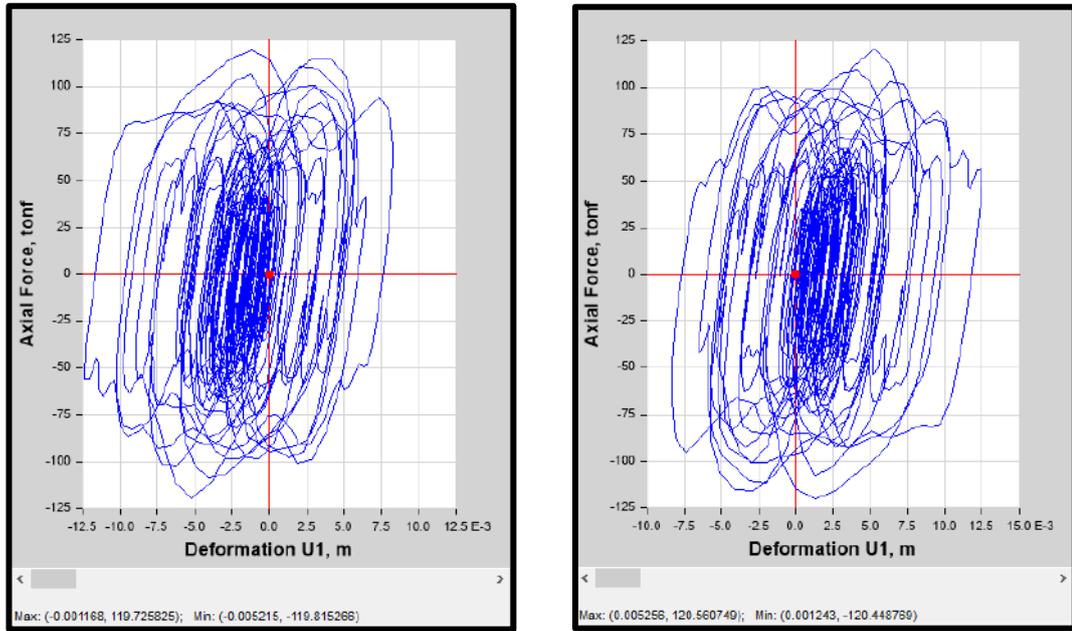


Figura 59. Bucle histeretico de disipadores K29-K30

Nota. Fuente: Elaboración propia

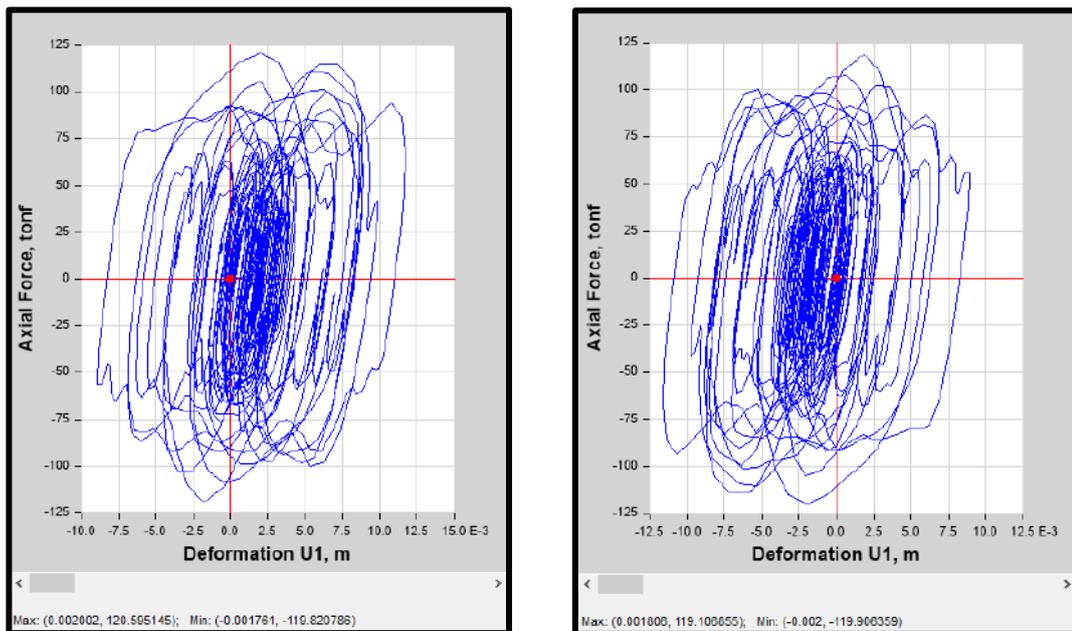


Figura 60. Bucle histeretico de disipadores K31-K32

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 16

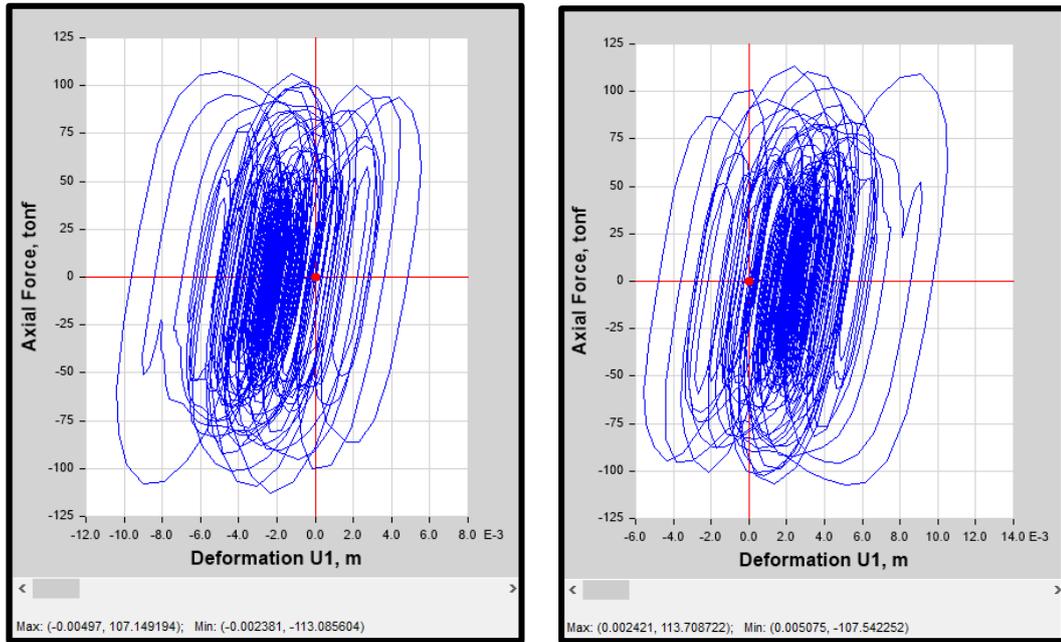


Figura 61. Bucle histeretico de disipadores K53-K54

Nota. Fuente: Elaboración propia

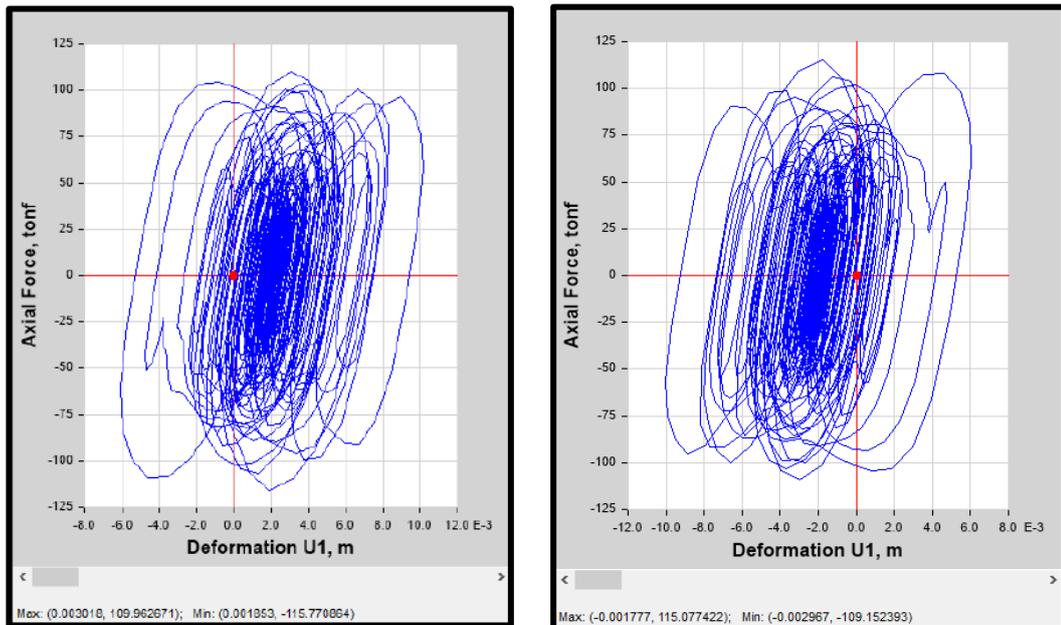


Figura 62. Bucle histeretico de disipadores K55-K56

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Dirección en el eje “x” (Vista posterior):

- Pisos 3

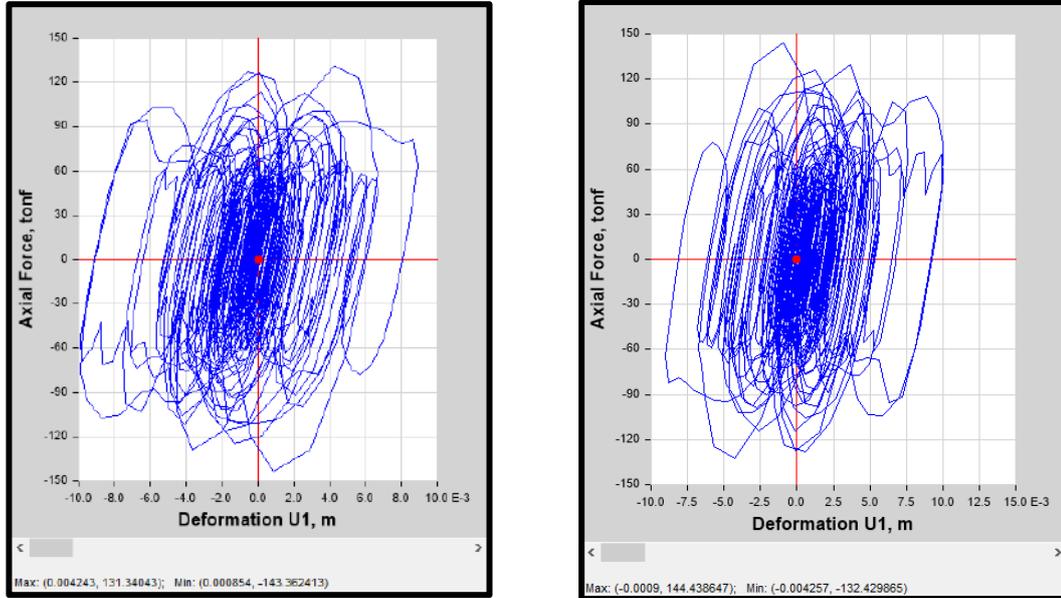


Figura 63. Bucle histeretico de disipadores K57-K58

Nota. Fuente: Elaboración propia

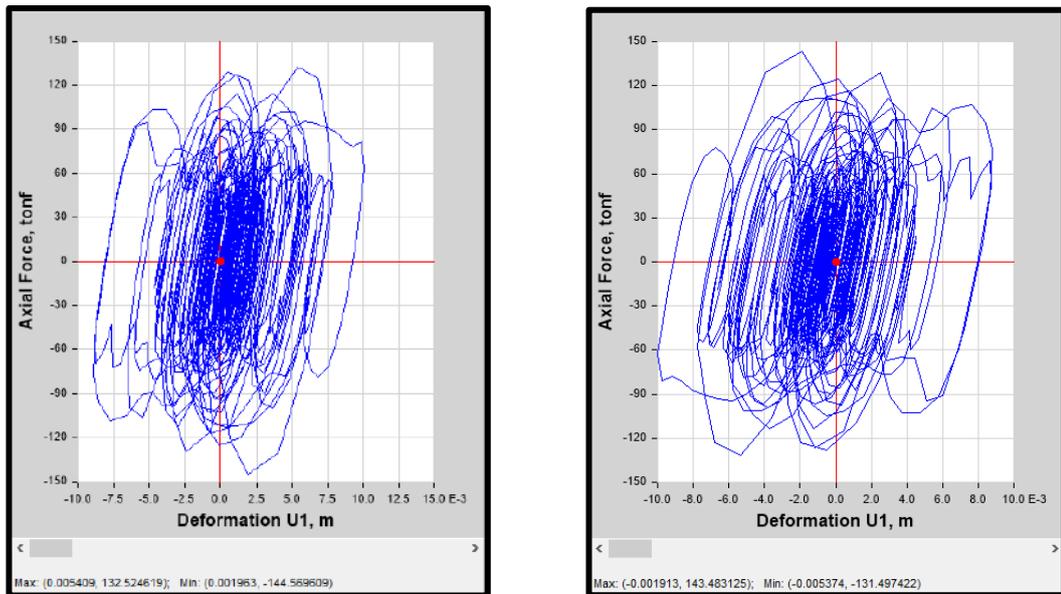


Figura 64. Bucle histeretico de disipadores K59-K60

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 10

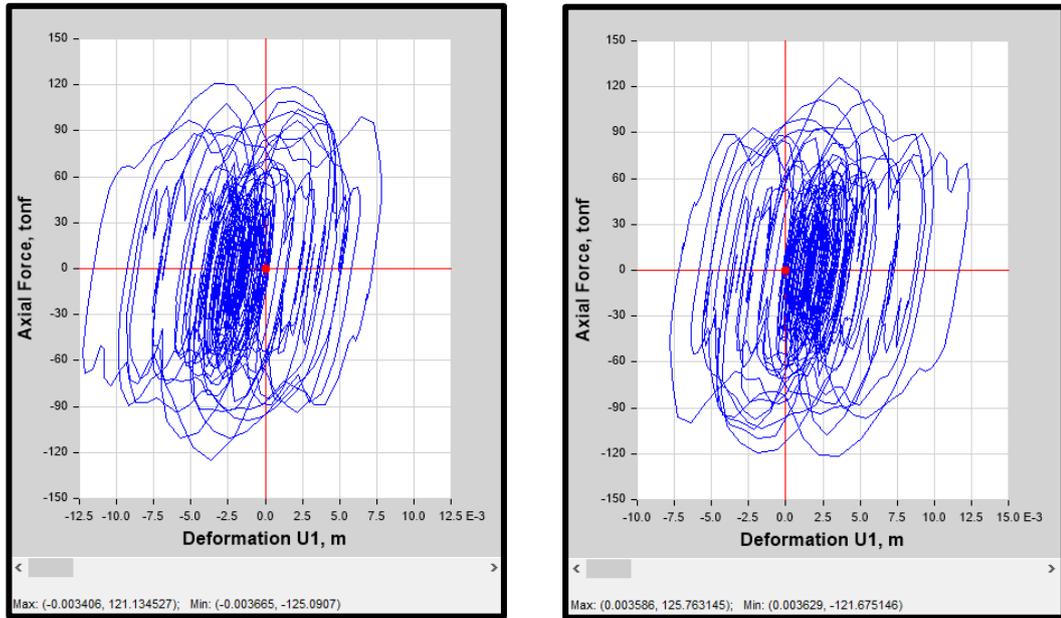


Figura 65. Bucle histérico de disipadores K85-K86

Nota. Fuente: Elaboración propia

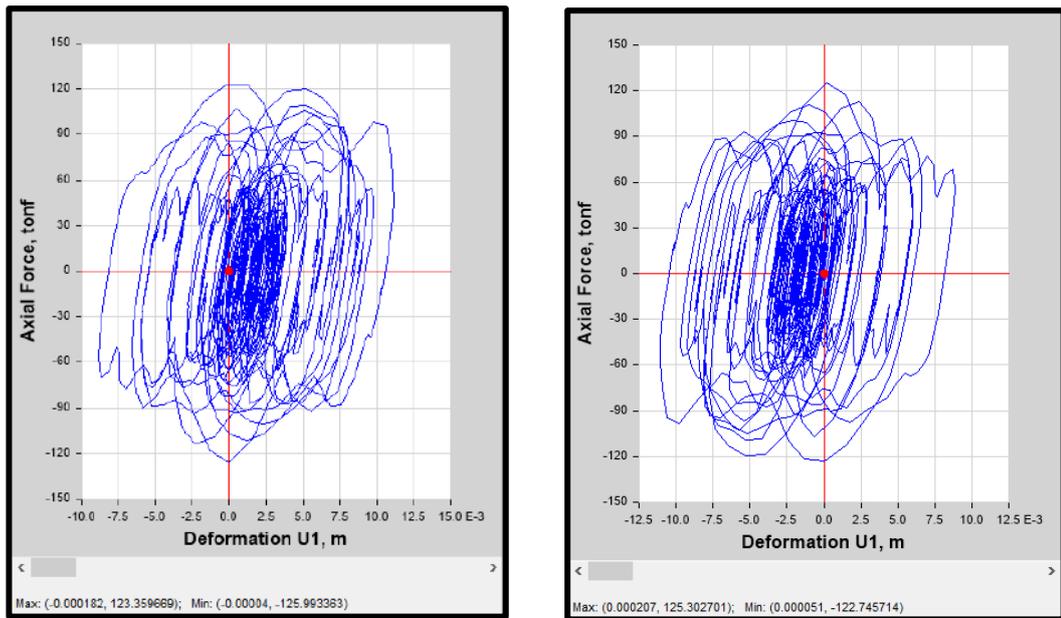


Figura 66. Bucle histérico de disipadores K87-K88

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 16

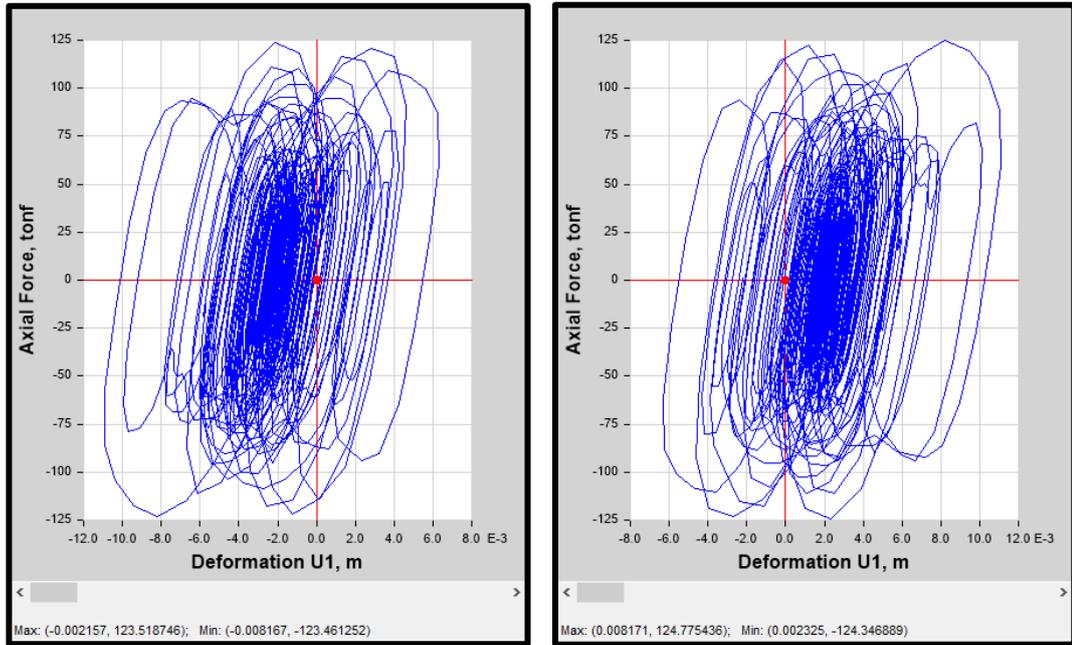


Figura 67. Bucle histeretico de disipadores K87-K88

Nota. Fuente: Elaboración propia

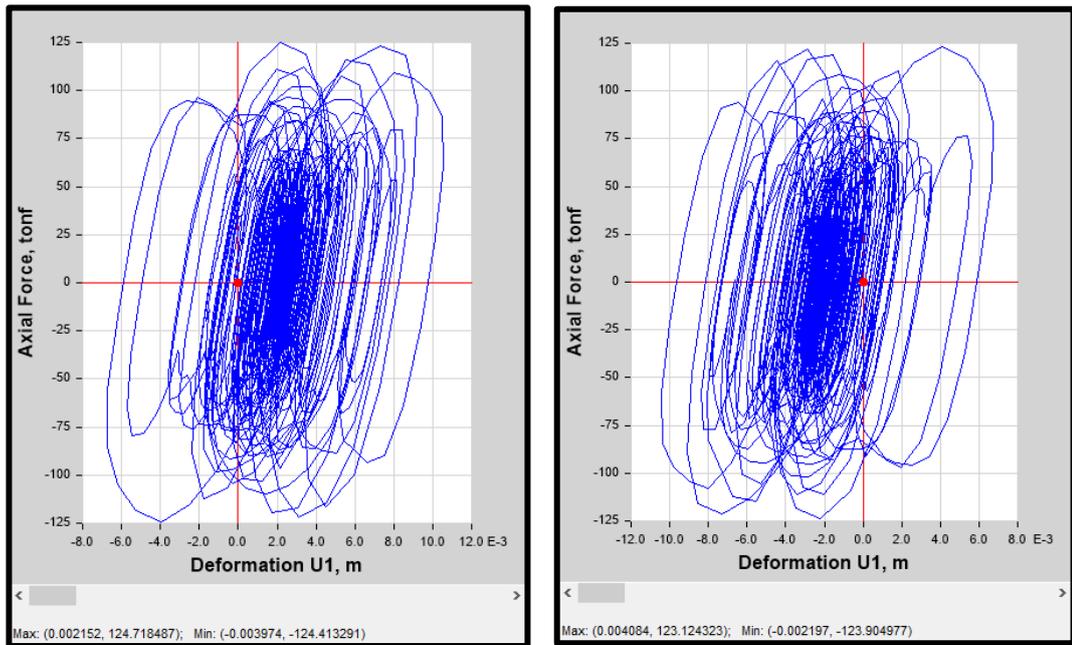


Figura 68. Bucle histeretico de disipadores K87-K88

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Dirección en el eje “y” (Vista frontal):

- Pisos 3

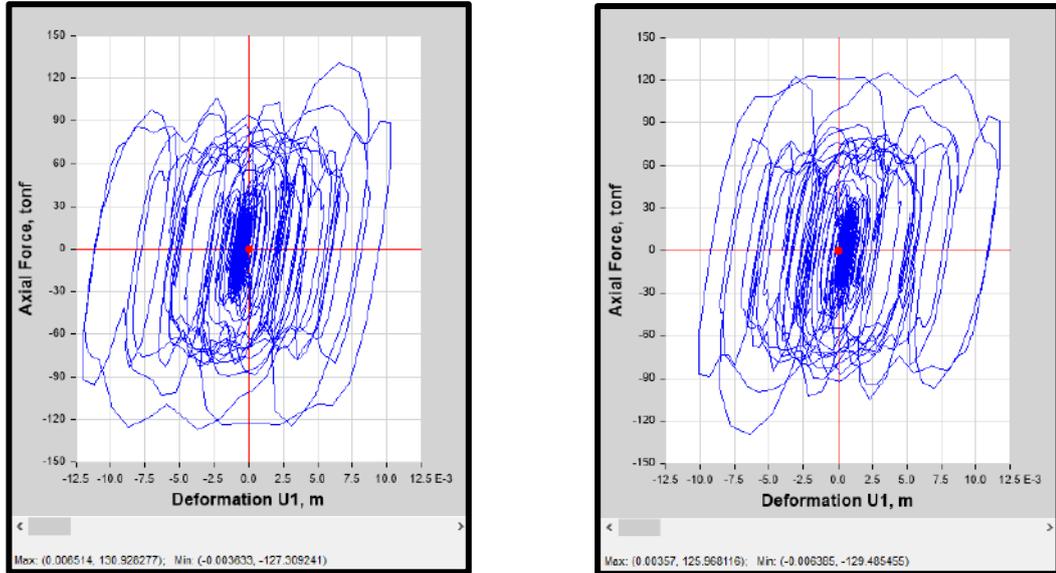


Figura 69. Bucle histeretico de disipadores K113-K114

Nota. Fuente: Elaboración propia

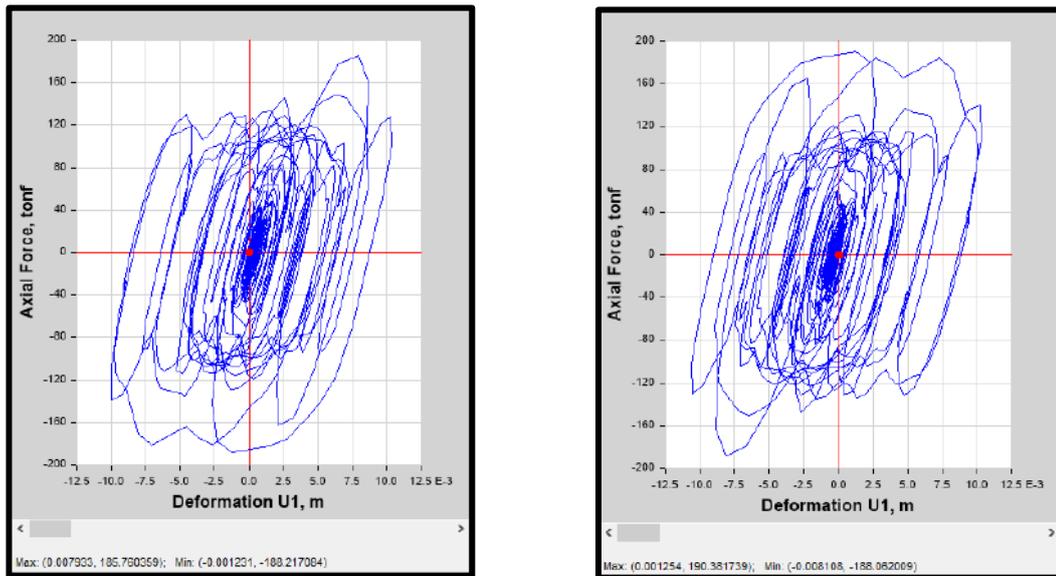


Figura 70. Bucle histeretico de disipadores K115-K116

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 10

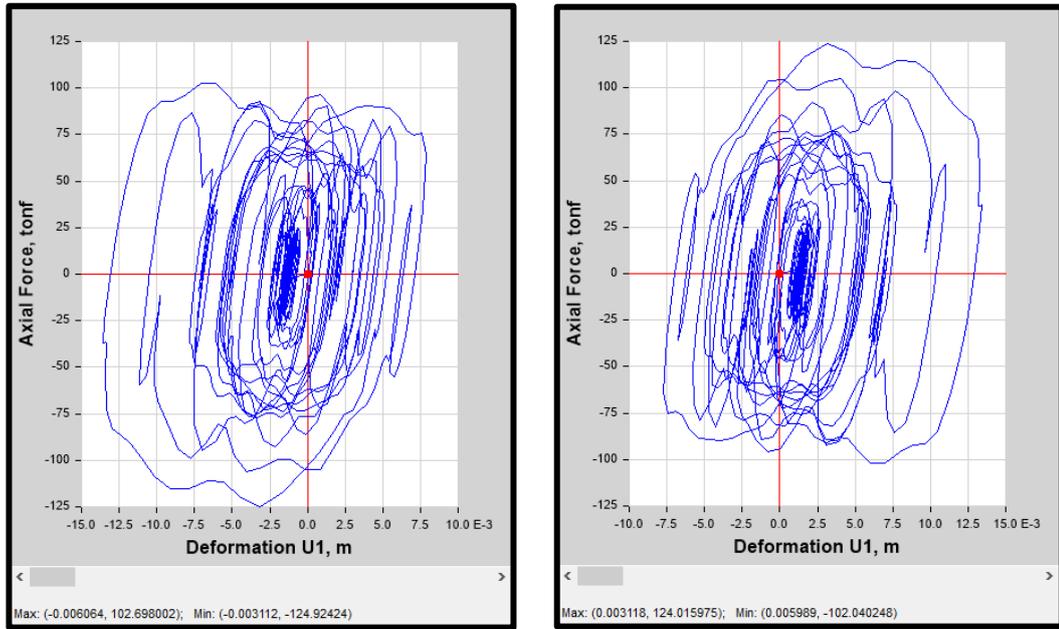


Figura 71. Bucle histeretico de disipadores K141-K142

Nota. Fuente: Elaboración propia

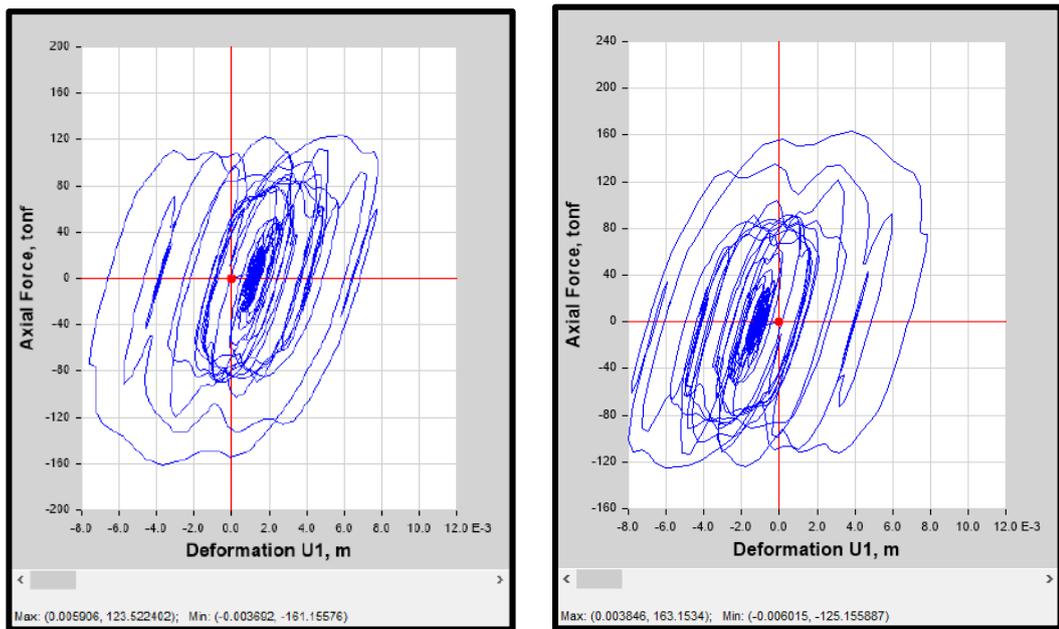


Figura 72. Bucle histeretico de disipadores K143-K144

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 16

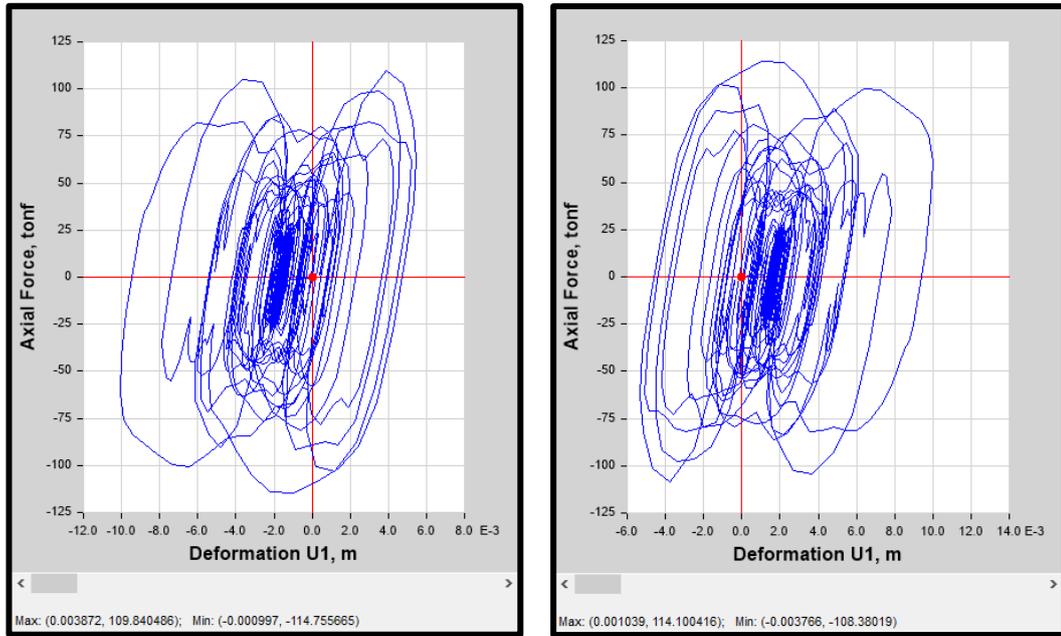


Figura 73. Bucle histeretico de disipadores K165-K166

Nota. Fuente: Elaboración propia

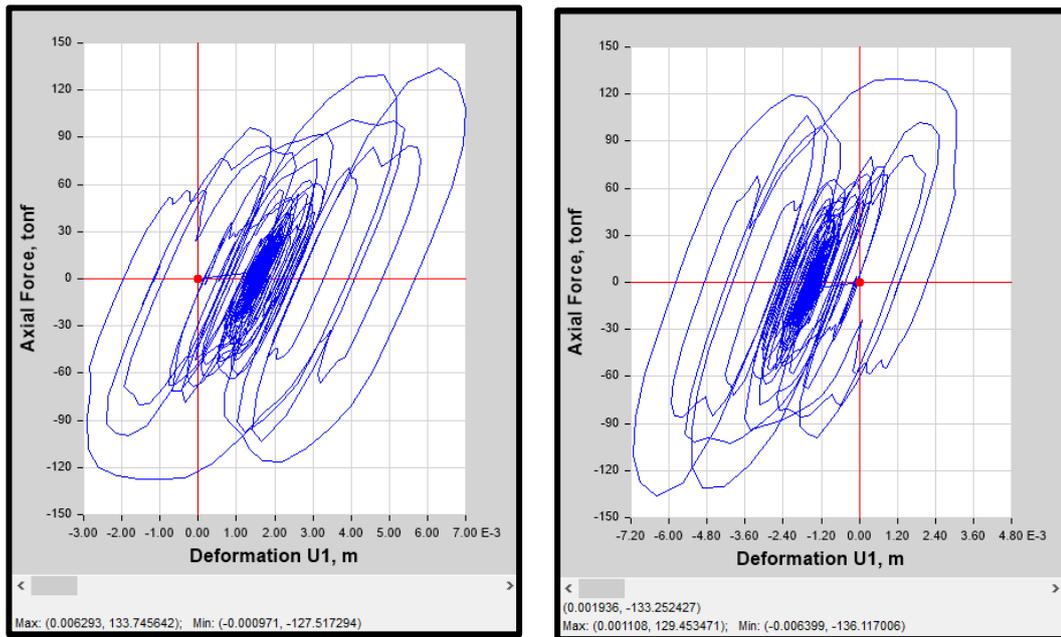


Figura 74. Bucle histeretico de disipadores K167-K168

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Dirección en el eje “y” (Vista posterior):

- Pisos 3

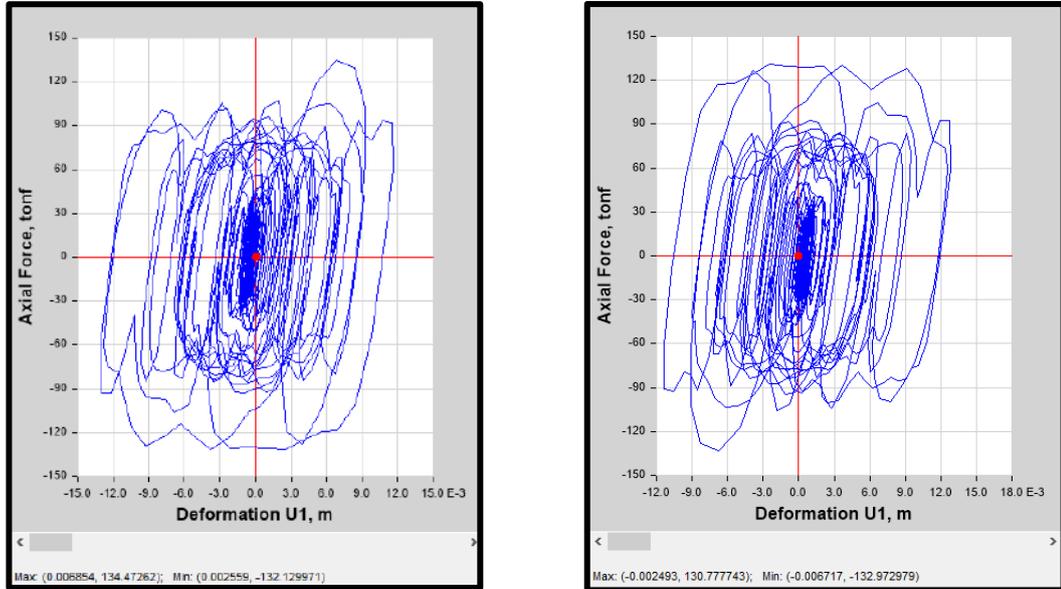


Figura 75. Bucle histeretico de disipadores K169-K170

Nota. Fuente: Elaboración propia

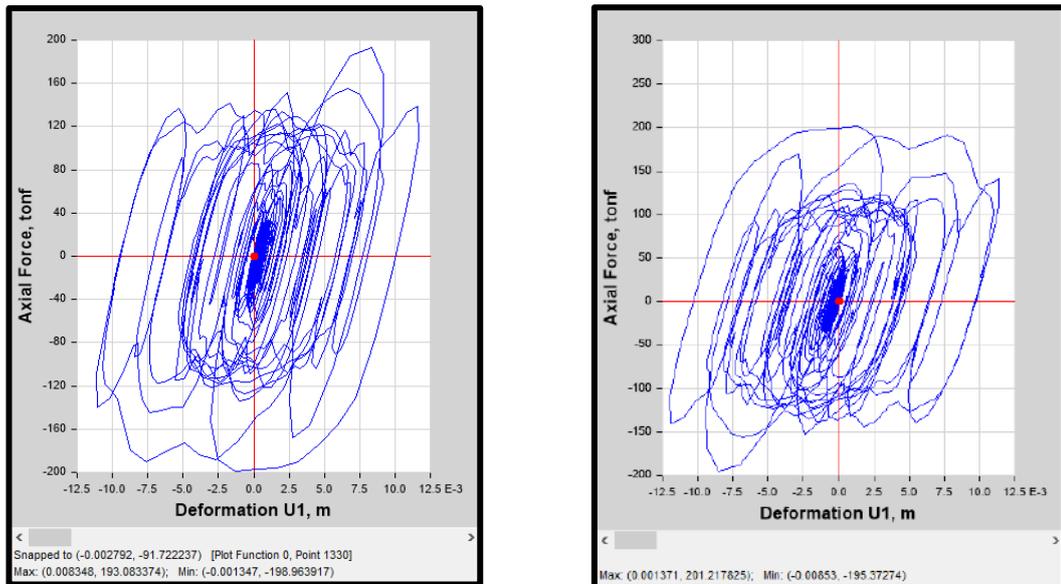


Figura 76. Bucle histeretico de disipadores K171-K172

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 10

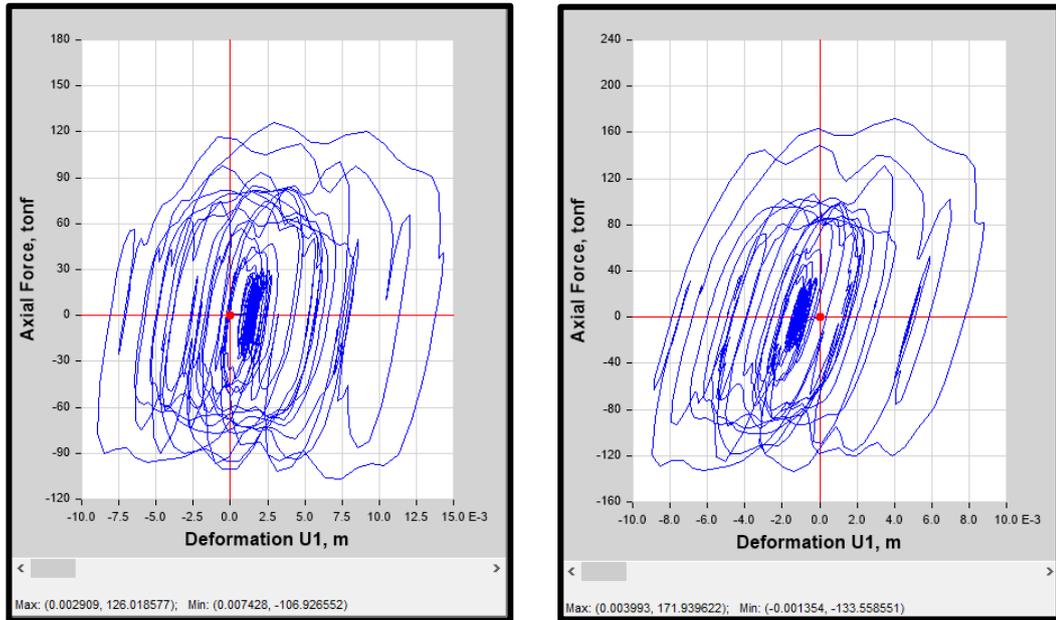


Figura 77. Bucle histeretico de disipadores K197-K198

Nota. Fuente: Elaboración propia

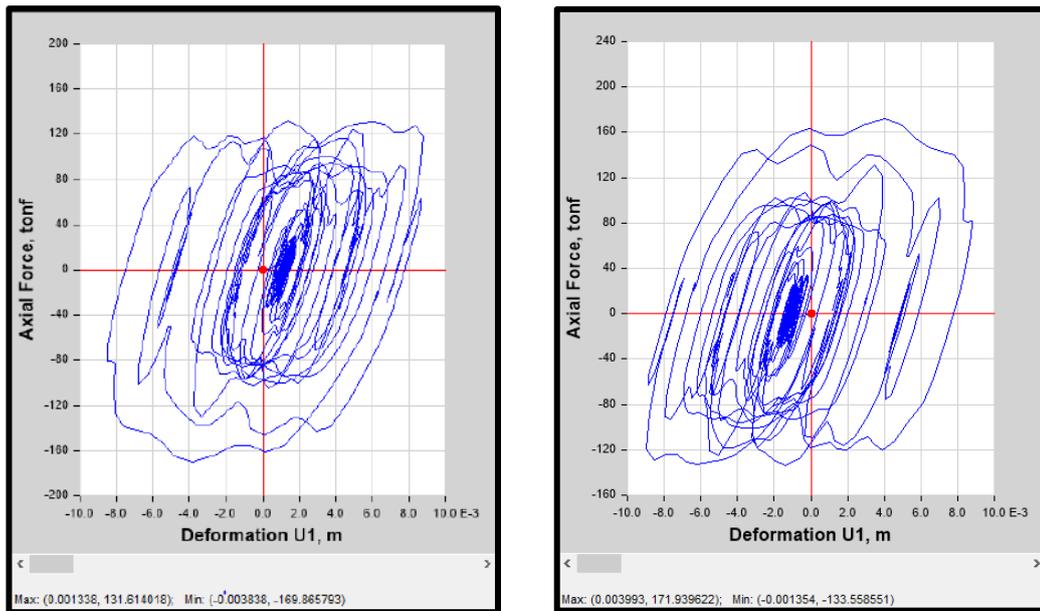


Figura 78. Bucle histeretico de disipadores K199-K200

Nota. Fuente: Elaboración propia

▪ Pisos 16

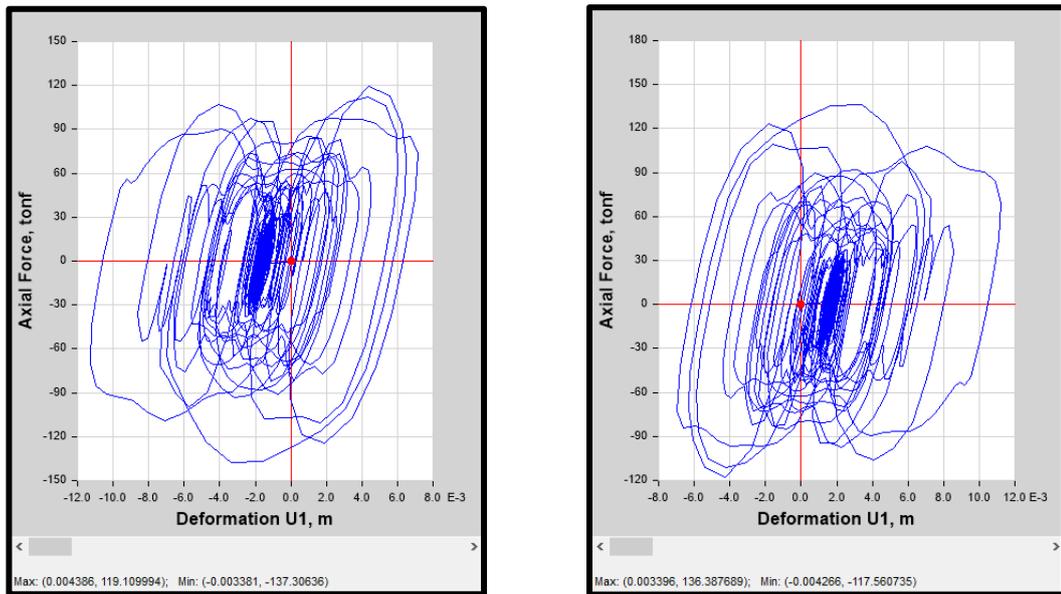


Figura 79. Bucle histeretico de disipadores K221-K222

Nota. Fuente: Elaboración propia

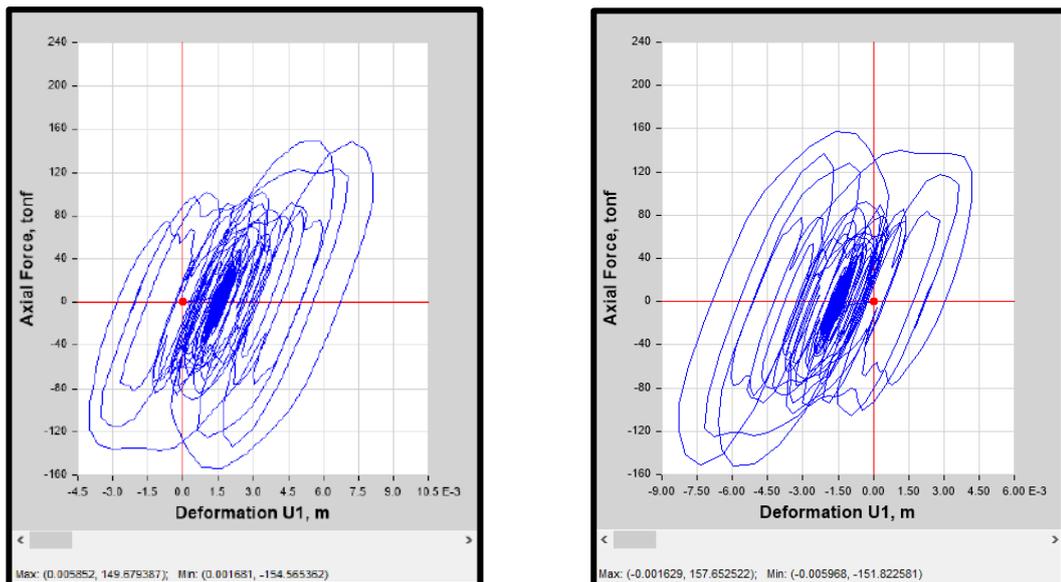


Figura 80. Bucle histeretico de disipadores K223-K224

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los disipadores de energía que fueron acoplados a la edificación presentaron un correcto comportamiento histerético en sus curvas de histéresis logrando tener una forma casi elíptica.

4.1.5.5.4 Balance energético

La cantidad de energía sísmica absorbida por los disipadores de energía durante un sismo severo se hallará mediante la relación de la energía absorbida por los disipadores de energía entre la energía sísmica de entrada total tomada por la estructura.

- Sismo Lima-1970 Caso 2 N-S en el eje “x”:

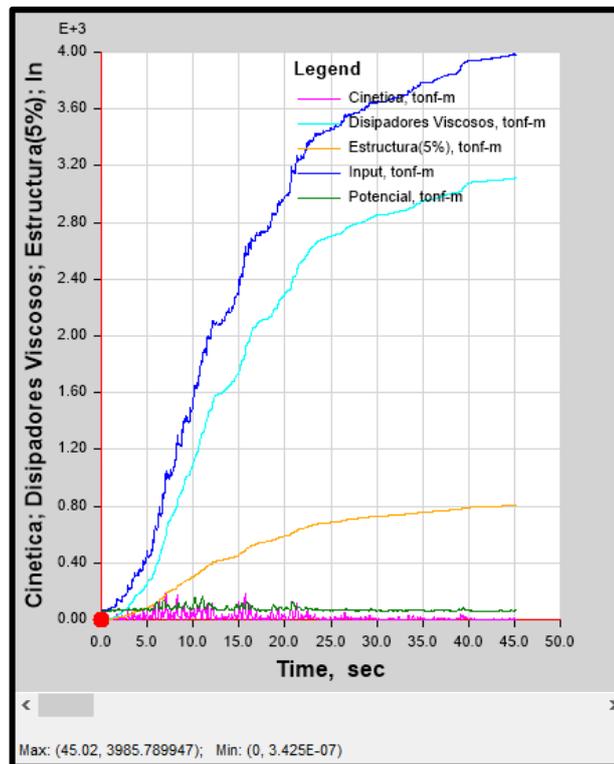


Figura 81. Balance energético para los disipadores en la dirección x.

Nota. Fuente: Elaboración propia

$$\%Disipacion\ de\ E^{\circ} = \frac{E^{\circ}\ disipada\ por\ los\ dispositivos}{E^{\circ}\ de\ entrada\ del\ sismo\ severo} \times 100\%$$

$$\%Disipacion\ de\ E^{\circ} = \frac{3113.26}{3985.79} \times 100\%$$

$$\%Disipacion\ de\ E^{\circ} = 78.11\%$$

El porcentaje de energía sísmica del sismo severo que lograron absorber los disipadores de energía para la dirección “x” fue de 78.11%, la energía restante será absorbida por lo elementos de concreto armado.

- Sismo Lima-1966 Caso 2 N-S en el eje “y”:

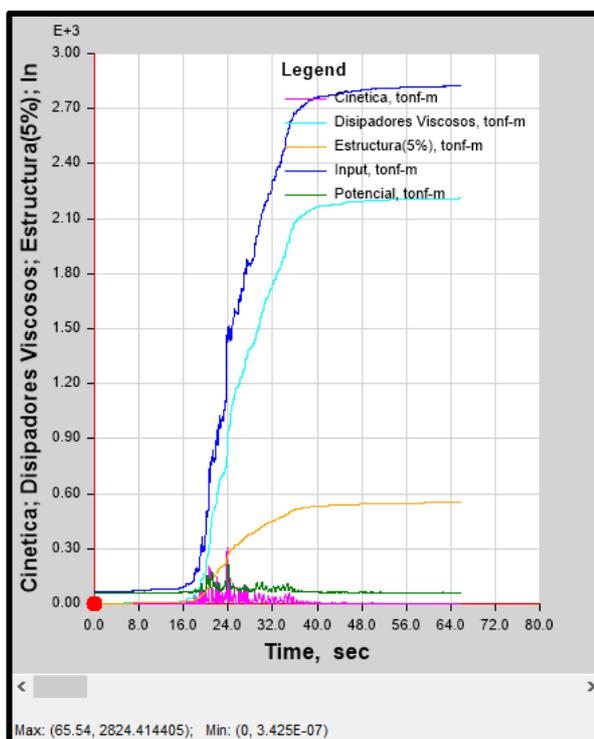


Figura 82. Balance energético para los disipadores en la dirección y.

Nota. Fuente: Elaboración propia

$$\%Disipacion\ de\ E^{\circ} = \frac{E^{\circ}\ disipada\ por\ los\ dispositivos}{E^{\circ}\ de\ entrada\ del\ sismo\ severo} \times 100\%$$

$$\%Disipacion\ de\ E^{\circ} = \frac{2210.08}{2824.41} \times 100\%$$

$$\%Disipacion\ de\ E^{\circ} = 78.25\%$$

El porcentaje de energía sísmica del sismo severo que lograron absorber los disipadores de energía para la dirección “y” fue de 78.25%, la energía restante será absorbida por lo elementos de concreto armado.

4.1.5.5.5 Fuerza en los disipadores de energía

Luego de haber cumplido con el control de las derivas logrando estar por debajo del máximo permisible que brinda la Metodología Hazus en la relación daño-deriva. Se procede a extraer los valores de las fuerzas axiales (compresión y tracción) de los disipadores de energía en el programa de Etabs.v.2019.2.0. Las fuerzas axiales de los disipadores de energía se redondearán a las fuerzas axiales más cercano que brinda la empresa americana Taylor Devices Inc. en su catálogo de Taylor.

Tabla 93

Fuerza y peso de disipadores de energía.

FUERZA TAYLOR (KIP)	FUERZA TAYLOR (KN)	PESO (LBS)
55	250	98
110	500	215
165	750	400
220	1,000	560
330	1,500	675
440	2,000	1,000
675	3,000	1,750
900	4,000	2,400
1,450	6,500	Consultar
1,800	8,000	Consultar

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

- Dirección en el eje “x”:

Para los pórticos 1-1 y 5-5 se logró acoplar para la parte frontal y posterior un total de 112 dispositivos de los cuales se determinará su fuerza axial máxima de trabajo (Taylor).

Tabla 94

Fuerza de los disipadores de fluido viscoso en el pórtico 1-1 y 5-5 en el eje x-x.

NIVEL	DISIPADORES EN EL PÓRTICO 1-1 EJE X-X			DISIPADORES EN EL PÓRTICO 5-5 EJE X-X				
	DISIPADOR	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)	DISIPADOR	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
16	K53	107.15	236.22	330.00	K109	123.52	272.31	330.00
16	K54	113.71	250.69	330.00	K110	124.78	275.08	330.00
16	K55	109.96	242.43	330.00	K111	124.72	274.96	330.00
16	K56	115.08	253.70	330.00	K112	123.12	271.44	330.00
15	K49	105.69	233.02	330.00	K105	114.95	253.41	330.00
15	K50	108.19	238.51	330.00	K106	117.29	258.59	330.00

15	K51	103.68	228.58	330.00	K107	117.46	258.96	330.00
15	K52	109.55	241.51	330.00	K108	115.71	255.09	330.00
14	K45	109.23	240.81	330.00	K101	110.53	243.67	330.00
14	K46	100.49	221.55	330.00	K102	107.24	236.42	330.00
14	K47	107.58	237.17	330.00	K103	113.21	249.59	330.00
14	K48	101.37	223.48	330.00	K104	105.86	233.38	330.00
13	K41	110.85	244.39	330.00	K97	108.74	239.73	330.00
13	K42	107.34	236.63	330.00	K98	109.00	240.30	330.00
13	K43	109.90	242.29	330.00	K99	111.31	245.39	330.00
13	K44	106.26	234.27	330.00	K100	109.16	240.65	330.00
12	K37	114.36	252.12	330.00	K93	114.34	252.07	330.00
12	K38	111.26	245.30	330.00	K94	115.57	254.78	330.00
12	K39	114.59	252.62	330.00	K95	116.46	256.76	330.00
12	K40	110.05	242.61	330.00	K96	115.59	254.84	330.00
11	K33	118.24	260.67	330.00	K89	118.83	261.99	330.00
11	K34	114.42	252.25	330.00	K90	119.21	262.80	330.00
11	K35	118.83	261.97	330.00	K91	121.10	266.98	330.00
11	K36	112.84	248.78	330.00	K92	119.05	262.46	330.00
10	K29	119.73	263.95	330.00	K85	121.13	267.06	330.00
10	K30	120.56	265.79	330.00	K86	125.76	277.26	330.00
10	K31	120.60	265.87	330.00	K87	123.36	271.96	330.00
10	K32	119.11	262.59	330.00	K88	125.30	276.25	330.00
9	K25	118.12	260.40	330.00	K81	122.01	268.98	330.00
9	K26	121.33	267.49	330.00	K82	128.61	283.53	330.00
9	K27	119.16	262.70	330.00	K83	124.31	274.05	330.00
9	K28	119.98	264.51	330.00	K84	127.99	282.18	330.00
8	K21	114.52	252.47	330.00	K77	120.83	266.39	330.00
8	K22	124.13	273.66	330.00	K78	131.13	289.09	330.00
8	K23	114.70	252.88	330.00	K79	122.56	270.21	330.00
8	K24	122.82	270.78	330.00	K80	130.25	287.16	330.00
7	K17	117.34	258.68	330.00	K73	120.08	264.73	330.00
7	K18	122.40	269.85	330.00	K74	131.45	289.81	330.00
7	K19	117.40	258.83	330.00	K75	120.53	265.72	330.00
7	K20	121.12	267.04	330.00	K76	130.48	287.66	330.00
6	K13	121.39	267.61	330.00	K69	125.45	276.58	330.00
6	K14	125.21	276.04	330.00	K70	131.28	289.42	330.00
6	K15	121.58	268.05	330.00	K71	126.08	277.96	330.00
6	K16	124.37	274.18	330.00	K72	130.27	287.20	330.00
5	K9	127.52	281.14	330.00	K65	132.32	291.71	330.00
5	K10	132.81	292.79	330.00	K66	138.28	304.86	330.00
5	K11	127.92	282.03	330.00	K67	133.25	293.77	330.00
5	K12	131.69	290.33	330.00	K68	137.42	302.97	330.00

4	K5	127.11	280.24	330.00	K61	133.82	295.01	330.00
4	K6	132.81	292.81	330.00	K62	140.89	310.62	330.00
4	K7	127.72	281.57	330.00	K63	134.89	297.38	330.00
4	K8	131.71	290.37	330.00	K64	140.15	308.97	330.00
3	K1	124.94	275.45	330.00	K57	131.34	289.56	330.00
3	K2	135.50	298.72	330.00	K58	144.44	318.43	330.00
3	K3	125.64	276.99	330.00	K59	132.52	292.17	330.00
3	K4	134.31	296.11	330.00	K60	143.48	316.33	330.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Las fuerzas axiales máximas de trabajo para la dirección “x” fueron 112 dispositivos de 330 KIP.

- Dirección en el eje “y”:

Para los pórticos A-A y F-F se logró acoplar para la parte frontal y posterior un total de 112 dispositivos de los cuales se determinará su fuerza axial máxima de trabajo (Taylor).

Tabla 95

Fuerza de los disipadores de fluido viscoso en el pórtico A-A y F-F en el eje y-y.

NIVEL	DISIPADORES EN EL PÓRTICO A-A EJE Y-Y				DISIPADORES EN EL PÓRTICO F-F EJE Y-Y			
	DISIPADOR	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)	DISIPADOR	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
16	K165	109.84	242.16	330.00	K221	119.11	262.59	330.00
16	K166	114.10	251.55	330.00	K222	136.39	300.68	330.00
16	K167	133.75	294.86	330.00	K223	149.68	329.99	330.00
16	K168	129.45	285.40	330.00	K224	157.65	347.57	440.00
15	K161	95.11	209.68	220.00	K217	98.19	216.48	220.00
15	K162	116.03	255.80	330.00	K218	136.03	299.89	330.00
15	K163	111.10	244.94	330.00	K219	127.85	281.86	330.00
15	K164	130.37	287.42	330.00	K220	152.58	336.38	440.00
14	K157	88.82	195.82	220.00	K213	99.61	219.60	220.00
14	K158	117.40	258.83	330.00	K214	135.29	298.27	330.00

14	K159	105.64	232.91	330.00	K215	130.37	287.43	330.00
14	K160	132.89	292.97	330.00	K216	147.71	325.64	330.00
13	K153	92.10	203.05	220.00	K209	100.45	221.46	330.00
13	K154	118.00	260.15	330.00	K210	133.46	294.22	330.00
13	K155	108.43	239.04	330.00	K211	132.30	291.67	330.00
13	K156	137.54	303.23	330.00	K212	149.98	330.65	440.00
12	K149	97.30	214.52	220.00	K205	101.32	223.37	330.00
12	K150	118.02	260.19	330.00	K206	132.82	292.83	330.00
12	K151	114.12	251.59	330.00	K207	133.24	293.75	330.00
12	K152	148.54	327.48	330.00	K208	157.65	347.55	440.00
11	K145	101.14	222.98	330.00	K201	105.50	232.60	330.00
11	K146	114.29	251.97	330.00	K202	127.49	281.06	330.00
11	K147	119.30	263.01	330.00	K203	131.02	288.86	330.00
11	K148	155.97	343.86	440.00	K204	165.02	363.80	440.00
10	K141	102.70	226.41	330.00	K197	107.63	237.29	330.00
10	K142	124.02	273.41	330.00	K198	126.02	277.82	330.00
10	K143	123.52	272.32	330.00	K199	131.61	290.16	330.00
10	K144	163.15	359.69	440.00	K200	171.94	379.06	440.00
9	K137	103.55	228.28	330.00	K193	109.39	241.16	330.00
9	K138	131.96	290.93	330.00	K194	135.85	299.50	330.00
9	K139	126.91	279.80	330.00	K195	136.25	300.39	330.00
9	K140	173.39	382.25	440.00	K196	180.95	398.93	440.00
8	K133	107.07	236.05	330.00	K189	111.98	246.87	330.00
8	K134	135.02	297.66	330.00	K190	140.01	308.66	330.00
8	K135	136.38	300.66	330.00	K191	142.45	314.05	330.00
8	K136	181.61	400.38	440.00	K192	189.86	418.58	440.00
7	K129	107.23	236.40	330.00	K185	112.63	248.30	330.00
7	K130	133.58	294.50	330.00	K186	139.00	306.44	330.00
7	K131	144.45	318.46	330.00	K187	154.40	340.39	440.00
7	K132	193.00	425.50	440.00	K188	199.98	440.87	675.00
6	K125	108.59	239.40	330.00	K181	115.60	254.87	330.00
6	K126	138.65	305.67	330.00	K182	141.92	312.89	330.00
6	K127	156.07	344.08	440.00	K183	168.51	371.49	440.00
6	K128	201.35	443.91	675.00	K184	209.50	461.86	675.00
5	K121	116.06	255.86	330.00	K177	122.62	270.34	330.00
5	K122	138.47	305.28	330.00	K178	142.57	314.32	330.00
5	K123	168.58	371.65	440.00	K179	177.93	392.27	440.00
5	K124	203.83	449.36	675.00	K180	212.54	468.56	675.00
4	K117	125.48	276.65	330.00	K173	129.66	285.85	330.00
4	K118	132.28	291.63	330.00	K174	136.55	301.04	330.00
4	K119	177.83	392.04	440.00	K175	185.76	409.53	440.00
4	K120	195.79	431.64	440.00	K176	204.83	451.57	675.00

3	K113	130.93	288.65	330.00	K169	134.47	296.46	330.00
3	K114	125.97	277.71	330.00	K170	130.78	288.32	330.00
3	K115	185.76	409.53	440.00	K171	193.08	425.68	440.00
3	K116	190.38	419.72	440.00	K172	201.22	443.61	675.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se acoplaron un total de 112 dispositivos a la estructura para la dirección “y” donde se obtuvo 4 tipos de dispositivo con diferentes fuerzas axiales máximas de trabajo que fueron: 6 dispositivos de 220 KIP, 75 dispositivos de 330 KIP, 24 dispositivos de 440 KIP y 7 dispositivos de 675 KIP.

Tabla 96

Cantidad de disipadores por fuerza axial de trabajo.

N° DE DISIPADORES						
FUERZA TAYLOR (KIP)						
PÓRTICO	220	330	440	675	900	TOTAL
EJE X-X	0	112	0	0	0	112.00
EJE Y-Y	6	75	24	7	0	112.00
CANTIDAD TOTAL DE DISPOSITIVOS						224.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

La edificación se le acoplará 4 tipos de disipadores de energía el de 220KIP, 330KIP, 440KIP y 675KIP. Para la fabricación de los 4 tipos de dispositivos la empresa americana Taylor Devices Inc. nos brinda un catálogo donde establece las características de cada disipador según sea su tipo de fuerza axial.

Tabla 97

Características de los disipadores de energía Taylor.

Force (KIP)	Force (KN)	Spherical Bearing Bore Dia.(mm)	Mid-stroke Length (mm)	Stroke (mm)	Clevis Thickness (mm)	Clevis Width (mm)	Clevis Depth (mm)	Bearing Thickness (mm)	Cylinder Dia (cm)	Weight (kg)
55 KIP	250 KN	38.10	787	± 75	43	102	83	33	114	44
110 KIP	500 KN	50.80	997	± 100	55	127	102	44	146	98
165 KIP	750 KN	57.15	1016	± 100	59	152	129	50	184	168
220 KIP	1000 KN	69.85	1048	± 100	71	184	150	61	210	254
330 KIP	1500 KN	76.20	1105	± 100	77	203	162	67	241	306
440 KIP	2000 KN	88.90	1346	± 125	91	235	191	78	292	503
675 KIP	3000 KN	101.60	1441	± 125	117	286	203	89	350	805
900 KIP	4000 KN	127.00	1645	± 125	142	324	273	111	425	1088
1450 KIP	6500 KN	152.40	1752	± 125	152	350	305	121	515	1930
1800 KIP	8000 KN	177.80	1867	± 125	178	415	343	135	565	2625

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

Tabla 98

Características de la placa base para los disipadores de energía Taylor.

Force (KIP)	Force (KN)	"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)	"D" (mm)	Plate Thickness (mm)
110 KIP	500 KN	282+3	203+-0.25	+	31.8+-0.25	38+-0.76
165 KIP	750 KN	343+3	254+-0.25	127+-0.25	34.9+-0.25	61+-0.76
220 KIP	1000 KN	419+3	318+-0.25	159+-0.25	31.8+-0.25	76+-1.5
330 KIP	1500 KN	432+3	330+-0.25	165+-0.25	34.9+-0.25	76+-1.5
440 KIP	2000 KN	457+3	343+-0.25	171.5+-0.25	38.1+-0.25	102+-1.5

675 KIP	3000 KN	508+ \pm 3	406+ \pm 0.25	203+ \pm 0.25	41.4+ \pm 0.25	102+ \pm 1.5
900 KIP	4000 KN	**	**	**	**	**
1450 KIP	6500 KN	**	**	**	**	**
1800 KIP	8000 KN	**	**	**	**	**

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

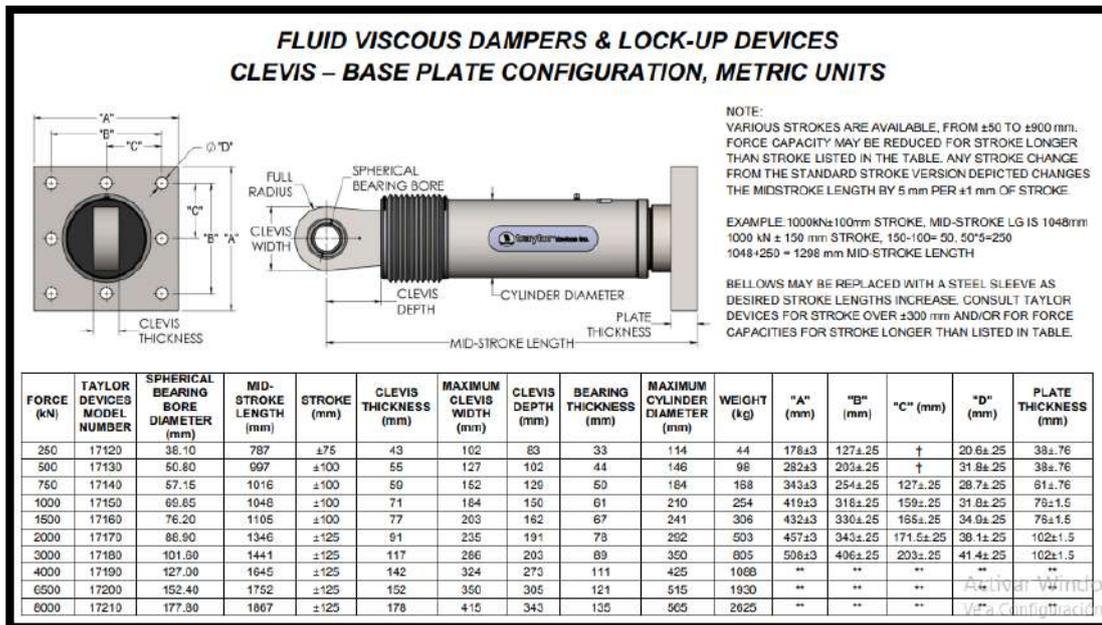


Figura 83. Catálogo Taylor Devices Inc. de disipadores y placa base.

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

4.1.5.5.6 Máximo stroke

Determinaremos la deformación máxima en las botellas o cámara de los disipadores de energía con el grafico de las curvas de histéresis (deformación vs fuerza axial del disipador) que presentaran los disipadores de energía. Además, la empresa comercializadores CDV Ingeniería antisísmica exige que se le proporcione el valor del máximo stroke para su fabricación y

también establece un límite máximo permisible para su deformación máxima que será de 50mm o 5cm.

Tabla 99

Deformaciones máximas en los disipadores en los pórticos 1-1 y 5-5 en el eje x.

NIVEL	DISIPADOR PORTICO 1-1 EJE X-X	DEFORMACIÓN MAXIMA (m)	DISIPADOR PORTICO 5-5 EJE X-X	DEFORMACIÓN MAXIMA (m)
16	K53	0.005548	K109	0.006309
16	K54	0.010532	K110	0.011079
16	K55	0.010153	K111	0.010579
16	K56	0.006048	K112	0.006720
15	K49	0.005667	K105	0.006314
15	K50	0.010378	K106	0.010889
15	K51	0.010127	K107	0.010490
15	K52	0.006015	K108	0.006627
14	K45	0.005955	K101	0.006334
14	K46	0.010232	K102	0.010607
14	K47	0.010246	K103	0.010396
14	K48	0.006011	K104	0.006535
13	K41	0.006454	K97	0.006489
13	K42	0.010624	K98	0.011055
13	K43	0.010549	K99	0.010398
13	K44	0.006562	K100	0.007023
12	K37	0.007085	K93	0.006943
12	K38	0.011250	K94	0.011492
12	K39	0.010968	K95	0.010692
12	K40	0.007331	K96	0.007606
11	K33	0.007715	K89	0.007399
11	K34	0.011914	K90	0.011912
11	K35	0.011353	K91	0.010950
11	K36	0.008151	K92	0.008215
10	K29	0.008287	K85	0.007810
10	K30	0.012458	K86	0.012355
10	K31	0.011673	K87	0.011145
10	K32	0.008887	K88	0.008860
9	K25	0.008772	K81	0.008327
9	K26	0.012868	K82	0.012845
9	K27	0.011903	K83	0.011400
9	K28	0.009515	K84	0.009580

8	K21	0.009188	K77	0.008981
8	K22	0.012979	K78	0.013276
8	K23	0.012058	K79	0.011807
8	K24	0.009881	K80	0.010257
7	K17	0.009479	K73	0.009537
7	K18	0.012870	K74	0.013324
7	K19	0.012080	K75	0.012104
7	K20	0.010059	K76	0.010585
6	K13	0.009589	K69	0.009828
6	K14	0.012514	K70	0.013171
6	K15	0.011893	K71	0.012101
6	K16	0.010029	K72	0.010750
5	K9	0.009676	K65	0.010077
5	K10	0.011923	K66	0.012640
5	K11	0.011629	K67	0.012029
5	K12	0.009792	K68	0.010565
4	K5	0.009261	K61	0.009753
4	K6	0.010903	K62	0.011712
4	K7	0.010848	K63	0.011350
4	K8	0.009169	K64	0.010016
3	K1	0.008476	K57	0.008913
3	K2	0.009447	K58	0.010018
3	K3	0.009640	K59	0.010098
3	K4	0.008231	K60	0.008803

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 100

Deformaciones máximas en los disipadores en los pórticos A-A y F-F en el eje y.

NIVEL	DISIPADOR PÓRTICO A-A EJE Y-Y	DEFORMACIÓN MAXIMA (m)	DISIPADOR PÓRTICO F-F EJE Y-Y	DEFORMACIÓN MAXIMA (m)
16	K165	0.005465	K221	0.007139
16	K166	0.009998	K222	0.011198
16	K167	0.006998	K223	0.008135
16	K168	0.003077	K224	0.004208
15	K161	0.005289	K217	0.007212
15	K162	0.010326	K218	0.011396
15	K163	0.006440	K219	0.007466
15	K164	0.003628	K220	0.004518
14	K157	0.005620	K213	0.007480

14	K158	0.010862	K214	0.011782
14	K159	0.006436	K215	0.007285
14	K160	0.004393	K216	0.005188
13	K153	0.006188	K209	0.007975
13	K154	0.011658	K210	0.012473
13	K155	0.006714	K211	0.007740
13	K156	0.005305	K212	0.006104
12	K149	0.006815	K205	0.008390
12	K150	0.012394	K206	0.013203
12	K151	0.006915	K207	0.008120
12	K152	0.006263	K208	0.007077
11	K145	0.007355	K201	0.008777
11	K146	0.012963	K202	0.013785
11	K147	0.007310	K203	0.008481
11	K148	0.007083	K204	0.007958
10	K141	0.007891	K197	0.009096
10	K142	0.013401	K198	0.014314
10	K143	0.007839	K199	0.008797
10	K144	0.007837	K200	0.008779
9	K137	0.008198	K193	0.009363
9	K138	0.013691	K194	0.014731
9	K139	0.008480	K195	0.009546
9	K140	0.008541	K196	0.009625
8	K133	0.008639	K189	0.009696
8	K134	0.013860	K190	0.015043
8	K135	0.009197	K191	0.010321
8	K136	0.009136	K192	0.010365
7	K129	0.009448	K185	0.010524
7	K130	0.013793	K186	0.015130
7	K131	0.009903	K187	0.011129
7	K132	0.009595	K188	0.010995
6	K125	0.010031	K181	0.011253
6	K126	0.013751	K182	0.015082
6	K127	0.010383	K183	0.011711
6	K128	0.010099	K184	0.011476
5	K121	0.010490	K177	0.011821
5	K122	0.013437	K178	0.014700
5	K123	0.010742	K179	0.012157
5	K124	0.010439	K180	0.011688
4	K117	0.010607	K173	0.012002
4	K118	0.012761	K174	0.013938
4	K119	0.010753	K175	0.012194

4	K120	0.010572	K176	0.011825
3	K113	0.010307	K169	0.011637
3	K114	0.011767	K170	0.012824
3	K115	0.010349	K171	0.011703
3	K116	0.010284	K172	0.011399

Nota. Fuente: Elaboración propia

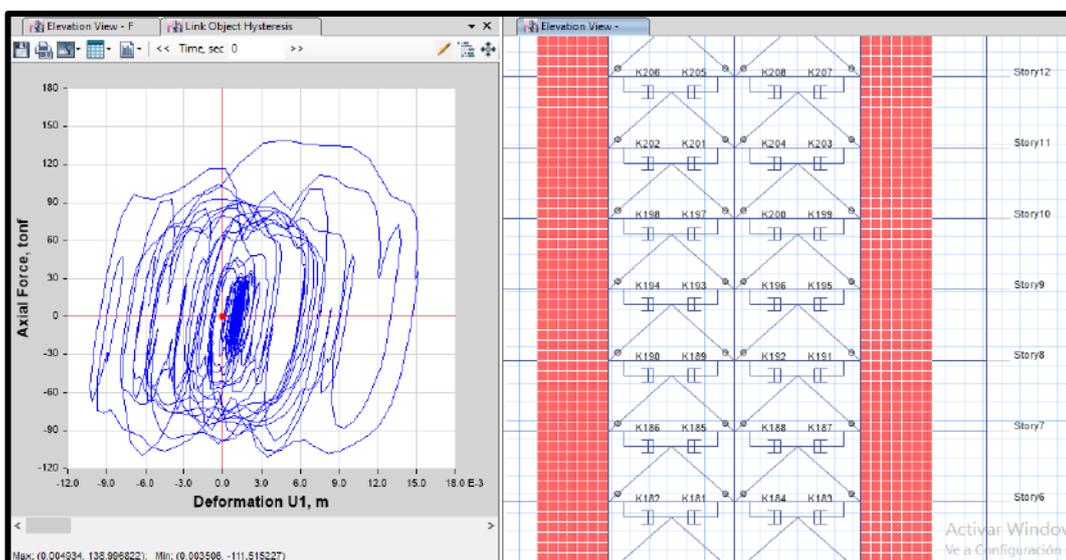


Figura 84. Comportamiento del bucle histeretico de disipadores K186

Nota. Fuente: Elaboración propia

La máxima deformación que se presentará en la cámara de la botella de los disipadores de fluidos viscosos será el disipador K186 en el nivel 7 con un valor de 0.01513m estando por debajo del límite permisible de 0.05m, con ello se comprueba el correcto funcionamiento de los disipadores de fluidos viscosos durante un evento sísmico severo.

4.1.5.5.7 Velocidades máximas

La velocidad máxima en los disipadores de energía ocurrirá en los disipadores que presenten la mayor deformación en su cámara de contenido viscoso. La máxima deformación que se presentará en la cámara de la botella de los disipadores de fluidos viscosos será el disipador K186 en el nivel 7 con un valor de 0.01513m.

- δ_{max} : 0.01513m
- Fuerza máxima: 139.00Tnf
- Coeficiente de amortiguamiento no lineal: 733.40Tnfxs/m

$$V_{max} = \sqrt[0.50]{\frac{F_{max}}{C_{uy}}}$$

$$V_{max} = \sqrt[0.50]{\frac{139.00Tnf}{733.40Tnfxs/m}}$$

$$V_{max} = 0.0359m/s$$

La velocidad máxima que ejercerá el dispositivo K186 en el piso 7 tendrá un valor de 0.0357m/s.

4.1.6 Diseño de elementos de aceros

4.1.6.1 Elección del disipador

Los disipadores de energía que se acoplaran a la edificación son de 4 tipos de fuerzas axiales de trabajo. Para la dirección de “x” se instalarán un total de 112 dispositivos de 330KIP y para la dirección “y” se instalarán un total de 112 dispositivos de los cuales resultaron ser de 4 tipos de fuerza axial, 6 dispositivo de 220KIP, 75 dispositivos de 330KIP, 24 dispositivo de 440KIP y 7 dispositivo de 675KIP. Para la fabricación de los 4 tipos de dispositivos la empresa americana Taylor Devices Inc. nos brinda un catálogo donde establece las características de cada disipador según sea su tipo de fuerza axial de trabajo, datos que se mostraran a continuación.

Tabla 101

Características de los disipadores de energía Taylor.

Force (KIP)	Force (KN)	Spherical Bearing Bore Dia.(mm)	Mid-stroke Length (mm)	Stroke (mm)	Clevis Thickness (mm)	Clevis Width (mm)	Clevis Depth (mm)	Bearing Thickness (mm)	Cylinder Dia (cm)	Weight (kg)
220 KIP	1000 KN	69.85	1048	± 100	71	184	150	61	210	254
330 KIP	1500 KN	76.20	1105	± 100	77	203	162	67	241	306
440 KIP	2000 KN	88.90	1346	± 125	91	235	191	78	292	503
675 KIP	3000 KN	101.60	1441	± 125	117	286	203	89	350	805

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

Tabla 102

Características de la placa base para los disipadores de energía Taylor.

Force (KIP)	Force (KN)	"A" (mm)	"B" (mm)	"C" (mm)	"D" (mm)	Plate Thickness (mm)
220 KIP	1000 KN	419+3	318+0.25	159+0.25	31.8+0.25	76+1.5
330 KIP	1500 KN	432+3	330+0.25	165+0.25	34.9+0.25	76+1.5
440 KIP	2000 KN	457+3	343+0.25	171.5+0.25	38.1+0.25	102+1.5
675 KIP	3000 KN	508+3	406+0.25	203+0.25	41.4+0.25	102+1.5

Nota. Fuente: (Taylor devices inc., 2020)

➤ Disipador en la dirección en el eje "x":

- Disipador de F=330KIP

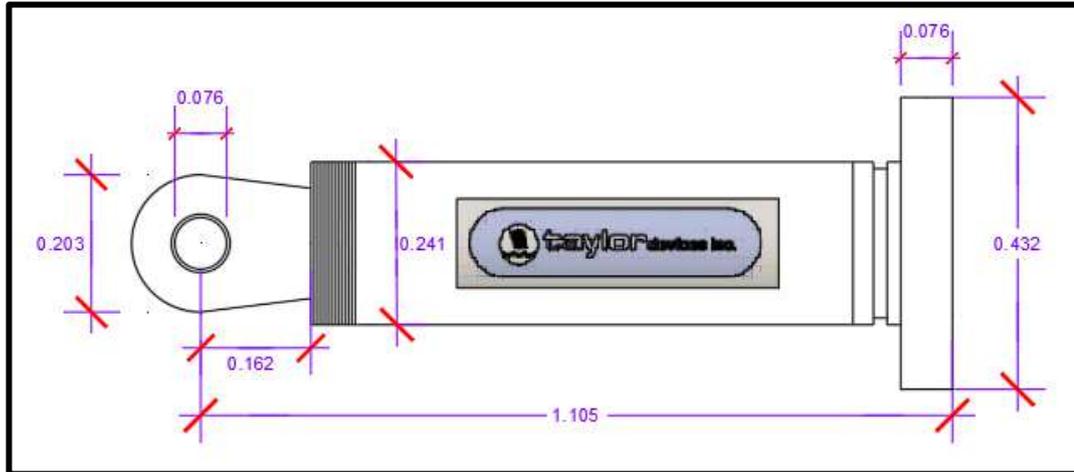


Figura 85. Medidas del disipador de F=330KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

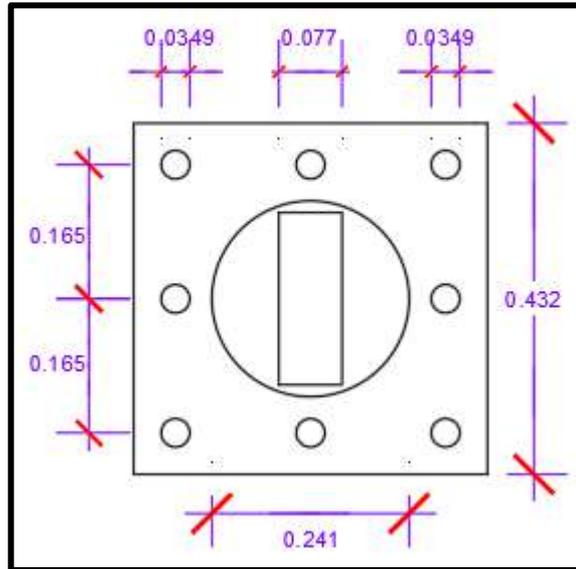


Figura 86. Medidas de la placa base del dissipador de F=330KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

➤ Dirección en el eje “y”:

- Dissipador de F=220KIP

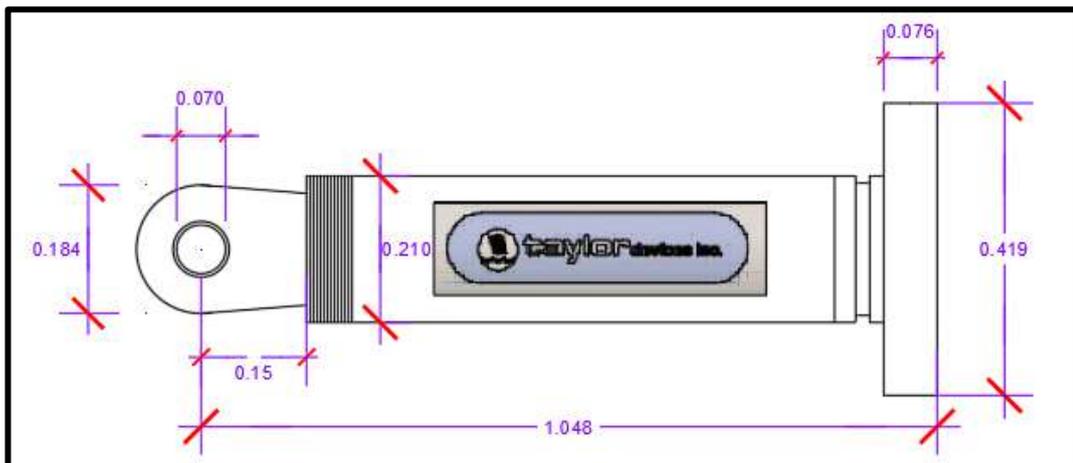


Figura 87. Medidas del dissipador de F=220KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

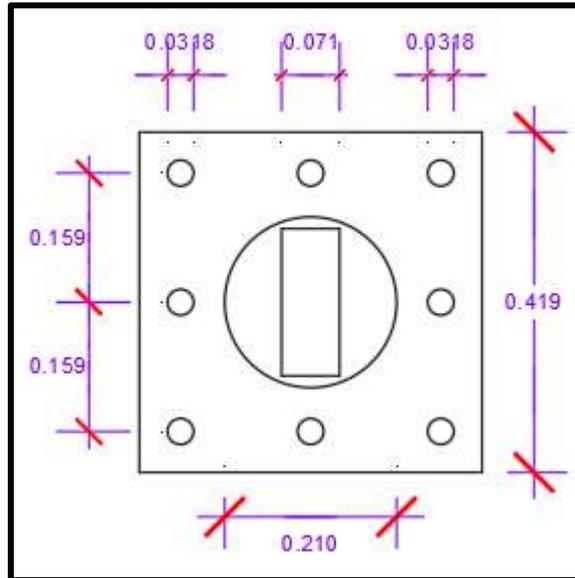


Figura 88. Medidas de la placa base del dissipador de F=220KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Dissipador de F=330KIP

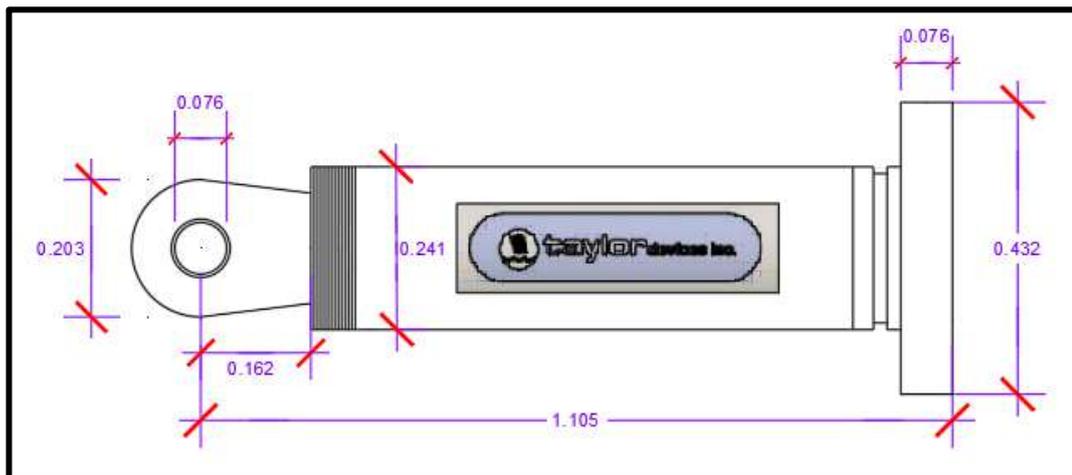


Figura 89. Medidas del dissipador de F=330KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

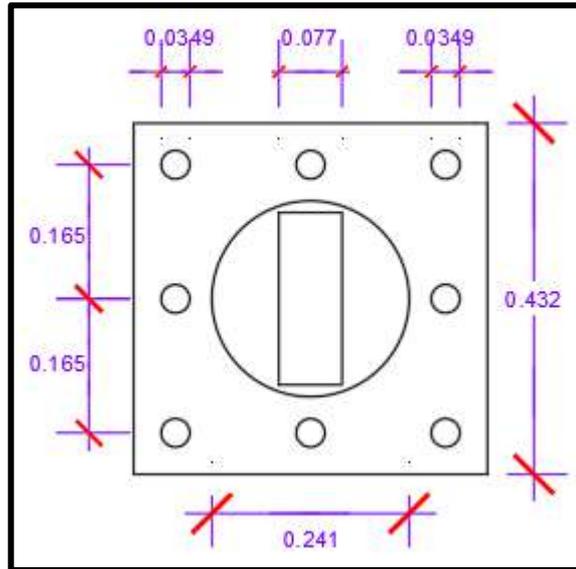


Figura 90. Medidas de la placa base del dissipador de F=330KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Dissipador de F=440KIP

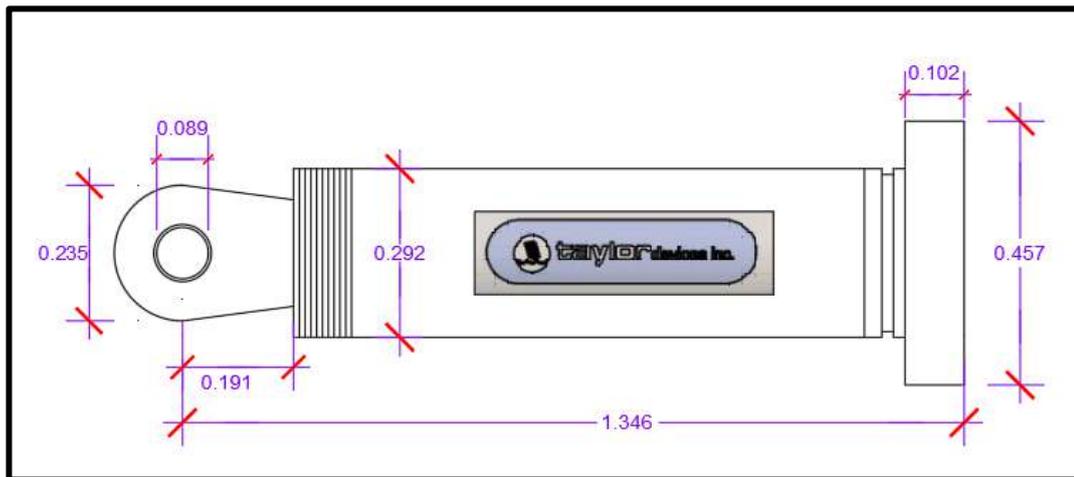


Figura 91. Medidas del dissipador de F=440KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

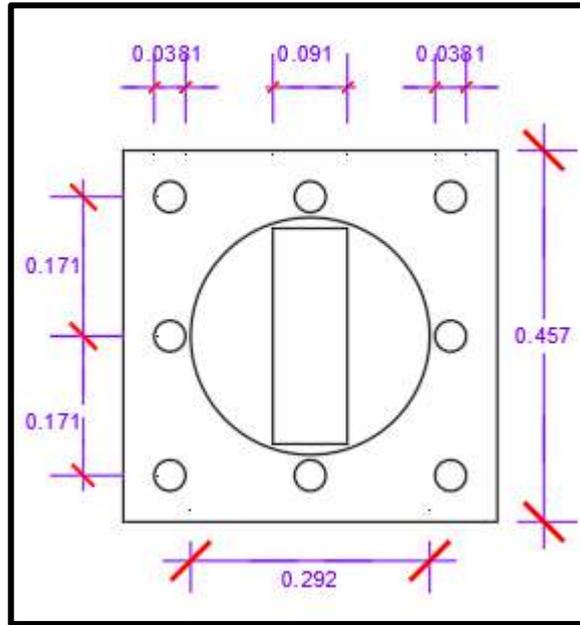


Figura 92. Medidas de la placa base del dissipador de F=440KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Dissipador de F=675KIP

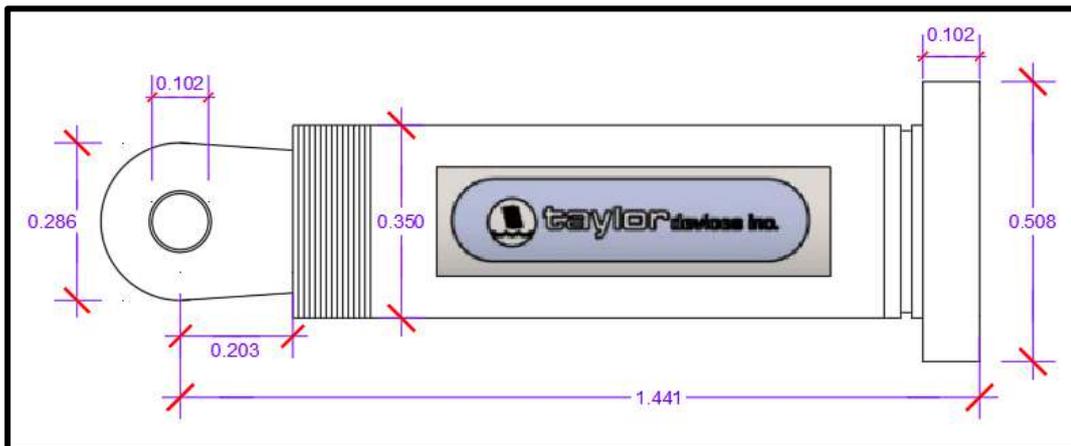


Figura 93. Medidas del dissipador de F=675KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

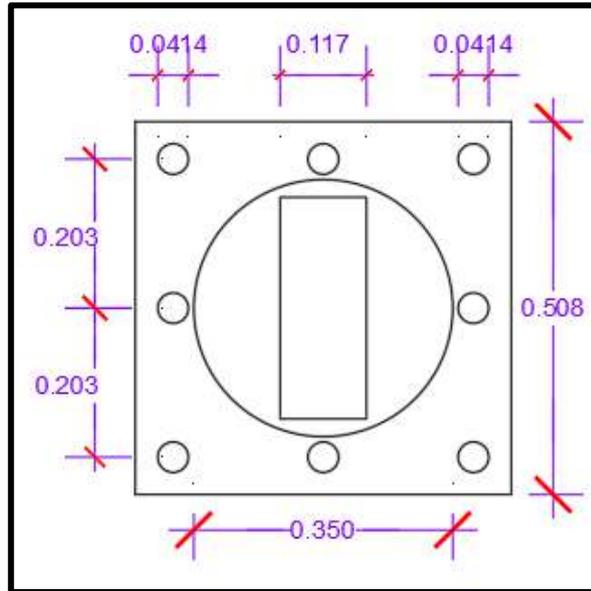


Figura 94. Medidas de la placa base del disipador de F=675KIP

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.6.1 Diseño del brazo metálico

El diseño de los brazos metálicos se realizará con el objetivo que los brazos metálicos logren resistir las fuerzas axiales (tracción y compresión) generadas en los dispositivos. El análisis se realizará con el sismo máximo esperado, es por ello que se le multiplicara al sismo de diseño severo por un factor de 1.50 logrando de esta manera obtener las fuerzas axiales máximas de los disipadores de energía. El perfil metálico que se utilizó para el brazo metálico es round HSS 12.75 x 0.50 establecida en el manual AISC Steel Construction manual 13th que presentara las siguientes características.



**Table 1-13
Round HSS
Dimensions and Properties**

HSS20.000-
HSS10.000

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	in. ²		in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³	
HSS20.000×0.500	0.465	104.00	28.5	43.0	1360	136	6.91	177	2720	272	
	×0.375 ^f	0.349	78.67	21.5	57.3	1040	104	6.95	135	2080	208
HSS18.000×0.500	0.465	93.54	25.6	38.7	985	109	6.20	143	1970	219	
	×0.375 ^f	0.349	70.66	19.4	51.6	754	83.8	6.24	109	1510	168
HSS16.000×0.625	0.581	103.00	28.1	27.5	838	105	5.46	138	1680	209	
	×0.500	0.465	82.85	22.7	34.4	685	85.7	5.49	112	1370	171
	×0.438	0.407	72.87	19.9	39.3	606	75.8	5.51	99.0	1210	152
	×0.375	0.349	62.64	17.2	45.8	526	65.7	5.53	85.5	1050	131
	×0.312 ^f	0.291	52.32	14.4	55.0	443	55.4	5.55	71.8	886	111
	×0.250 ^f	0.233	42.09	11.5	68.7	359	44.8	5.58	57.9	717	89.7
HSS14.000×0.625	0.581	89.36	24.5	24.1	552	78.9	4.75	105	1100	158	
	×0.500	0.465	72.16	19.8	30.1	453	64.8	4.79	85.2	907	130
	×0.375	0.349	54.62	15.0	40.1	349	49.8	4.83	65.1	698	100
	×0.312	0.291	45.65	12.5	48.1	295	42.1	4.85	54.7	589	84.2
	×0.250 ^f	0.233	36.75	10.1	60.1	239	34.1	4.87	44.2	478	68.2
HSS12.750×0.500	0.465	65.48	17.9	27.4	339	53.2	4.35	70.2	678	106	
	×0.375	0.349	49.61	13.6	36.5	262	41.0	4.39	53.7	523	82.1
	×0.250 ^f	0.233	33.41	9.16	54.7	180	28.2	4.43	36.5	359	56.3

Figura 95. Propiedades de los brazos metálicos HSS

Nota. Fuente: (American Institute of Steel Construction, 2005)

Tabla 103

Dimensiones del perfil metálico Round HSS 12.75 x 0.50.

Dimensiones Round HSS 12.75 x 0.625					
D ext.(in)	D int.(in)	Espesor (in)	Área (in ²)	Inercia (in ⁴)	Radio (in)
12.75	12.285	0.465	17.90	339	4.35

Nota. Fuente: (American Institute of Steel Construction, 2005)

➤ Brazos metálicos en disposición Chevron Brace mejorado eje “x”:

- Fuerzas axiales de los disipadores de energía:

Las fuerzas axiales de los disipadores en la dirección de análisis en “x” se extraerán del pórtico 1-1 en la parte frontal y 5-5 en la parte posterior de la edificación.

Tabla 104

Fuerzas de los disipadores en los pórticos 1 y 2 con el sismo máximo esperado.

NIVEL	DISIPADOR PÓRTICO 1-1 EJE X-X	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	DISIPADOR PÓRTICO 5- 5 EJE X-X	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)
16	K53	137.70	303.58	K109	158.86	350.22
16	K54	144.63	318.85	K110	162.05	357.25
16	K55	141.98	313.01	K111	160.33	353.47
16	K56	146.18	322.28	K112	159.79	352.28
15	K49	138.33	304.97	K105	146.17	322.25
15	K50	140.18	309.05	K106	154.60	340.83
15	K51	136.66	301.30	K107	148.92	328.32
15	K52	141.55	312.08	K108	152.36	335.89
14	K45	142.08	313.23	K101	142.98	315.21
14	K46	131.71	290.38	K102	143.03	315.34
14	K47	140.88	310.59	K103	145.47	320.71
14	K48	132.89	292.97	K104	141.09	311.04
13	K41	144.17	317.85	K97	147.07	324.24
13	K42	135.73	299.23	K98	142.60	314.38
13	K43	144.82	319.29	K99	149.40	329.36
13	K44	134.28	296.04	K100	142.73	314.67
12	K37	149.77	330.20	K93	153.63	338.70
12	K38	141.82	312.65	K94	149.87	330.40
12	K39	150.91	332.70	K95	156.16	344.26
12	K40	139.48	307.51	K96	149.80	330.25
11	K33	153.15	337.63	K89	157.27	346.73
11	K34	146.03	321.95	K90	153.27	337.90
11	K35	154.58	340.78	K91	159.90	352.51
11	K36	144.22	317.94	K92	153.00	337.30
10	K29	153.09	337.51	K85	157.59	347.43

10	K30	153.15	337.65	K86	160.91	354.74
10	K31	154.72	341.11	K87	160.34	353.50
10	K32	151.46	333.91	K88	160.31	353.42
9	K25	148.76	327.95	K81	155.23	342.22
9	K26	152.86	336.99	K82	162.68	358.64
9	K27	150.48	331.75	K83	158.01	348.36
9	K28	151.25	333.46	K84	161.91	356.96
8	K21	150.67	332.17	K77	157.79	347.86
8	K22	155.96	343.83	K78	164.78	363.28
8	K23	150.66	332.15	K79	157.49	347.21
8	K24	154.44	340.48	K80	163.75	361.00
7	K17	159.58	351.82	K73	165.77	365.47
7	K18	155.85	343.60	K74	163.43	360.29
7	K19	159.69	352.05	K75	165.97	365.91
7	K20	154.45	340.50	K76	162.28	357.76
6	K13	162.26	357.72	K69	170.11	375.03
6	K14	160.97	354.88	K70	164.38	362.40
6	K15	162.55	358.37	K71	170.65	376.23
6	K16	159.58	351.82	K72	163.38	360.19
5	K9	171.01	377.01	K65	179.09	394.82
5	K10	167.59	369.47	K66	174.20	384.05
5	K11	171.52	378.14	K67	179.96	396.74
5	K12	166.00	365.96	K68	172.88	381.14
4	K5	167.50	369.27	K61	177.59	391.52
4	K6	169.09	372.78	K62	177.59	391.51
4	K7	168.26	370.96	K63	178.74	394.06
4	K8	167.57	369.44	K64	176.38	388.85
3	K1	166.50	367.06	K57	175.86	387.70
3	K2	168.49	371.45	K58	178.75	394.07
3	K3	167.39	369.04	K59	177.11	390.46
3	K4	166.91	367.98	K60	177.35	390.99

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se realizará el diseño del brazo metálico para el disipador de fuerza de 330KIP que presento una fuerza axial máxima de 396.74KIP realizado el análisis con el sismo máximo esperado.

Datos del brazo metálico:

$$A=0.01154836\text{m}^2=17.9\text{In}$$

$$R=0.11049\text{m}=4.35\text{In}$$

$$E=20400000.00\text{Tn/m}^2=29000\text{KSI}$$

$$F'y=29528.92\text{Tn/m}^2=42\text{KSI}$$

$$L_x=5.30\text{m}$$

$$H=2.85\text{m}$$

$$L_{\text{brazox}}=3.892\text{m}$$

$$L_{\text{dispadorx}}=1.11\text{m}$$

$$\Theta=180.00^\circ$$

- Longitud efectiva del brazo metálico:

La longitud efectiva del brazo metálico se determinará mediante la diferencia de la longitud total del brazo menos la longitud del dispositivo.

$$L_{efx} = L_{\text{brazox}} - L_{\text{disipadorx}}$$

$$L_{efx} = 3.892\text{m} - 1.110\text{m}$$

$$L_{efx} = 2.79\text{m}$$

- Carga crítica de Euler:

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

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 29000 \text{ KSI}}{\left(\frac{3.892 \text{ m}}{0.11049 \text{ m}}\right)^2} = 230.72 \text{ KSI}$$

$$F_e \geq F_y \text{ Diseño Inelastico!!!}$$

- Fuerza critica a pandeo:

Para determinar la fuerza critica a pandeo primero se debe de conocer cuál de las dos condiciones cumple, entonces con ello se logrará saber la fórmula que se empleará.

$$\frac{kLef}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \vee \quad \frac{kLef}{r} \geq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

K=1.00 (permite el giro en los extremos de los disipadores)

$$\frac{1.00 \times 3.892 \text{ m}}{0.11049 \text{ m}} \leq 4.71 \sqrt{\frac{29000 \text{ KSI}}{42 \text{ KSI}}}$$

$$35.22 \leq 123.76$$

La fuerza critica a pandeo por flexión para un perfil HSS se determinará con la primera expresión.

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) F_y \quad \vee \quad F_{cr} = 0.877 F_e$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{42 \text{ KSI}}{230.72 \text{ KSI}}}\right) 42 \text{ KSI}$$

$$F_{cr} = 38.92 \text{ KSI}$$

- Resistencia a la compresión

Para determinar la resistencia a la compresión se aplicará el método LRFD.

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A$$

$$\phi P_n = 0.90 \times 38.92 \text{ KSI} \times 17.9 \text{ In}$$

$$\phi P_n = 626.98 \text{ KIP}$$

Se corrobora que la resistencia a la compresión es mayor a la fuerza axial máxima del disipador.

$$\phi P_n = 626.98 \text{ KSI} \geq 396.74 \text{ KSI OK!!!}$$

- Resistencia a la tracción

Para determinar la resistencia a la tracción se aplicará el método LRFD.

$$\phi T_n = \phi F_y A$$

$$\phi T_n = 0.90 \times 42 \text{ KSI} \times 17.9 \text{ In}$$

$$\phi T_n = 805.50 \text{ KIP}$$

Se corrobora que la resistencia a la compresión es mayor a la fuerza axial máxima del disipador.

$$\phi T_n = 805.50 \text{ KSI} \geq 396.74 \text{ KSI OK!!!}$$

➤ Dirección en el eje “y”:

Las fuerzas axiales de los disipadores en la dirección de análisis en “y” se extraerán del pórtico A-A en la parte frontal y F-F en la parte posterior de la edificación.

Tabla 105

Fuerzas de los disipadores en los pórticos A y F con el sismo máximo esperado.

NIVEL	DISIPADOR PÓRTICO A-A EJE Y-Y	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)	DISIPADOR PÓRTICO F-F EJE Y- Y	FUERZA (TON)	FUERZA (KIP)
Story16	K165	130.91	288.61	K221	142.99	315.23
Story16	K166	140.16	308.99	K222	167.84	370.03
Story16	K167	165.85	365.63	K223	189.82	418.48
Story16	K168	176.21	388.49	K224	205.03	452.01
Story15	K161	117.88	259.88	K217	126.58	279.06
Story15	K162	144.57	318.72	K218	168.45	371.38
Story15	K163	146.96	323.98	K219	172.94	381.27
Story15	K164	177.59	391.51	K220	204.43	450.69
Story14	K157	115.55	254.75	K213	128.05	282.31
Story14	K158	148.55	327.51	K214	169.61	373.93
Story14	K159	152.59	336.41	K215	178.42	393.34
Story14	K160	177.48	391.29	K216	202.21	445.80
Story13	K153	120.39	265.41	K209	128.95	284.30
Story13	K154	150.57	331.94	K210	168.62	371.74
Story13	K155	156.78	345.65	K211	178.75	394.09
Story13	K156	185.14	408.16	K212	202.55	446.56
Story12	K149	127.20	280.43	K205	132.31	291.70
Story12	K150	150.75	332.36	K206	167.80	369.94
Story12	K151	164.83	363.38	K207	177.68	391.71
Story12	K152	196.58	433.38	K208	209.88	462.71
Story11	K145	129.73	286.00	K201	135.36	298.42
Story11	K146	146.98	324.03	K202	162.22	357.64
Story11	K147	171.10	377.21	K203	183.95	405.55
Story11	K148	203.89	449.51	K204	216.91	478.21
Story10	K141	128.61	283.53	K197	135.46	298.64
Story10	K142	154.66	340.97	K198	157.43	347.07

Story10	K143	172.64	380.60	K199	185.79	409.61
Story10	K144	211.65	466.61	K200	224.07	494.00
Story9	K137	141.77	312.55	K193	145.70	321.21
Story9	K138	163.57	360.61	K194	168.71	371.94
Story9	K139	187.18	412.67	K195	196.84	433.96
Story9	K140	223.03	491.71	K196	233.61	515.02
Story8	K133	149.23	328.99	K189	154.05	339.63
Story8	K134	166.04	366.06	K190	172.60	380.52
Story8	K135	196.95	434.21	K191	207.88	458.30
Story8	K136	231.66	510.73	K192	242.73	535.13
Story7	K129	148.00	326.27	K185	153.69	338.82
Story7	K130	163.82	361.17	K186	169.78	374.29
Story7	K131	201.22	443.61	K187	212.17	467.76
Story7	K132	243.80	537.49	K188	253.36	558.58
Story6	K125	141.09	311.05	K181	150.58	331.97
Story6	K126	169.96	374.70	K182	175.02	385.86
Story6	K127	207.30	457.01	K183	223.90	493.63
Story6	K128	250.46	552.18	K184	261.23	575.92
Story5	K121	149.01	328.50	K177	157.55	347.35
Story5	K122	168.37	371.19	K178	174.50	384.70
Story5	K123	223.18	492.02	K179	235.94	520.17
Story5	K124	251.00	553.37	K180	262.79	579.35
Story4	K117	160.50	353.84	K173	166.75	367.61
Story4	K118	159.80	352.30	K174	166.10	366.20
Story4	K119	235.47	519.13	K175	246.49	543.41
Story4	K120	237.89	524.46	K176	252.49	556.66
Story3	K113	165.55	364.98	K169	171.07	377.15
Story3	K114	156.21	344.39	K170	164.01	361.58
Story3	K115	239.20	527.35	K171	249.38	549.78
Story3	K116	240.96	531.23	K172	254.80	561.74

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se realizará el diseño del brazo metálico para el disipador de fuerza de 675KIP que presento una fuerza axial máxima de 579.35KIP realizado el análisis con el sismo máximo esperado.

Datos del brazo metálico:

$$A=0.01154836\text{m}^2=17.9\text{In}$$

$$R=0.11049\text{m}=4.35\text{In}$$

$$E=20400000.00\text{Tn/m}^2=29000\text{KSI}$$

$$F_y=29528.92\text{Tn/m}^2=42\text{KSI}$$

$$L_y=6.20\text{m}$$

$$H=2.85\text{m}$$

$$L_{\text{brazox}}=4.211\text{m}$$

$$L_{\text{dispadorx}}=1.441\text{m}$$

$$\Theta=180.00^\circ$$

- Longitud efectiva del brazo metálico:

La longitud efectiva del brazo metálico se determinará mediante la diferencia de la longitud total del brazo menos la longitud del dispositivo.

$$L_{efy} = L_{\text{brazoy}} - L_{\text{disipadory}}$$

$$L_{efy} = 4.211\text{m} - 1.441\text{m}$$

$$L_{efx} = 2.77\text{m}$$

- Carga crítica de Euler:

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

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 29000 \text{ KSI}}{\left(\frac{4.211 \text{ m}}{0.11049 \text{ m}}\right)^2} = 197.05 \text{ KSI}$$

$$F_e \geq F_y \text{ Diseño Inelastico!!!}$$

- Fuerza crítica a pandeo:

Para determinar la fuerza crítica a pandeo primero se debe de conocer cuál de las dos condiciones cumple, entonces con ello se logrará saber la fórmula que se empleará.

$$\frac{kLef}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \vee \quad \frac{kLef}{r} \geq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

K=1.00 (permite el giro en los extremos de los disipadores)

$$\frac{1.00 \times 4.211 \text{ m}}{0.11049 \text{ m}} \leq 4.71 \sqrt{\frac{29000 \text{ KSI}}{42 \text{ KSI}}}$$

$$38.11 \leq 123.76$$

La fuerza crítica a pandeo por flexión para un perfil HSS se determinará con la primera expresión.

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) F_y \quad \vee \quad F_{cr} = 0.877 F_e$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{42 \text{ KSI}}{197.05 \text{ KSI}}}\right) 42 \text{ KSI}$$

$$F_{cr} = 38.42 \text{ KSI}$$

- Resistencia a la compresión

Para determinar la resistencia a la compresión se aplicará el método LRFD.

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A$$

$$\phi P_n = 0.90 \times 38.42 \text{ KSI} \times 17.9 \text{ In}$$

$$\phi P_n = 618.87 \text{ KIP}$$

Se corrobora que la resistencia a la compresión es mayor a la fuerza axial máxima del disipador.

$$\phi P_n = 618.87 \text{ KSI} \geq 579.35 \text{ KSI OK!!!}$$

- Resistencia a la tracción

Para determinar la resistencia a la tracción se aplicará el método LRFD.

$$\phi T_n = \phi F_y A$$

$$\phi T_n = 0.90 \times 42 \text{ KSI} \times 17.9 \text{ In}$$

$$\phi T_n = 805.50 \text{ KIP}$$

Se corrobora que la resistencia a la compresión es mayor a la fuerza axial máxima del disipador.

$$\phi T_n = 805.50 \text{ KSI} \geq 579.35 \text{ KSI OK!!!}$$

Se concluye que los brazos metálicos del disipador de energía resistirán al esfuerzo axial máxima (compresión y tracción) producido por el sismo máximo considerado.

4.1.6.2 Diseño de la viga de acero

La viga de acero se acoplará en los pórticos donde lleven los disipadores con el fin de proteger a la viga de concreto armado de esfuerzos cortantes y esfuerzos de punzonamiento que podrían ocurrir en el centro de la viga.

Para realizar el diseño de la viga metálica para las dos direcciones “x” e “y” conservadoramente se tomará pÓrtico más esforzado donde se dará la mayor diferencia de fuerza axial máxima. Para ello se extraerán las características de la viga metálica del manual AISC Steel Construction.

- Diferencia de fuerza axial máxima en el los disipadores

Tabla 106

Diferencial de fuerzas axiales en los pórticos 1 y 5 con el sismo máximo esperado.

NIVEL	DISIPADORES EN EL PÓRTICO 1-1 EJE X-X			DISIPADORES EN EL PÓRTICO 5-5 EJE X-X		
	DISIPADOR	FUERZA (TON)	Δ (TON)	DISIPADOR	FUERZA (TON)	Δ (TON)
Story16	K53	137.70	6.93	K109	158.86	3.19
	K54	144.63		K110	162.05	
Story16	K55	141.98	4.21	K111	160.33	0.54
	K56	146.18		K112	159.79	
Story15	K49	138.33	1.85	K105	146.17	8.42

	K50	140.18		K106	154.60	
Story15	K51	136.66	4.89	K107	148.92	3.43
	K52	141.55		K108	152.36	
Story14	K45	142.08	10.37	K101	142.98	0.06
	K46	131.71		K102	143.03	
Story14	K47	140.88	7.99	K103	145.47	4.39
	K48	132.89		K104	141.09	
Story13	K41	144.17	8.45	K97	147.07	4.47
	K42	135.73		K98	142.60	
Story13	K43	144.82	10.55	K99	149.40	6.66
	K44	134.28		K100	142.73	
Story12	K37	149.77	7.96	K93	153.63	3.77
	K38	141.82		K94	149.87	
Story12	K39	150.91	11.43	K95	156.16	6.36
	K40	139.48		K96	149.80	
Story11	K33	153.15	7.11	K89	157.27	4.01
	K34	146.03		K90	153.27	
Story11	K35	154.58	10.36	K91	159.90	6.90
	K36	144.22		K92	153.00	
Story10	K29	153.09	0.06	K85	157.59	3.32
	K30	153.15		K86	160.91	
Story10	K31	154.72	3.27	K87	160.34	0.03
	K32	151.46		K88	160.31	
Story9	K25	148.76	4.10	K81	155.23	7.45
	K26	152.86		K82	162.68	
Story9	K27	150.48	0.77	K83	158.01	3.90
	K28	151.25		K84	161.91	
Story8	K21	150.67	5.29	K77	157.79	6.99
	K22	155.96		K78	164.78	
Story8	K23	150.66	3.78	K79	157.49	6.26
	K24	154.44		K80	163.75	
Story7	K17	159.58	3.73	K73	165.77	2.35
	K18	155.85		K74	163.43	
Story7	K19	159.69	5.24	K75	165.97	3.70
	K20	154.45		K76	162.28	
Story6	K13	162.26	1.29	K69	170.11	5.73
	K14	160.97		K70	164.38	
Story6	K15	162.55	2.97	K71	170.65	7.27
	K16	159.58		K72	163.38	
Story5	K9	171.01	3.42	K65	179.09	4.89
	K10	167.59		K66	174.20	
Story5	K11	171.52	5.52	K67	179.96	7.08

	K12	166.00		K68	172.88	
Story4	K5	167.50	1.59	K61	177.59	0.00
	K6	169.09		K62	177.59	
Story4	K7	168.26	0.69	K63	178.74	2.36
	K8	167.57		K64	176.38	
Story3	K1	166.50	1.99	K57	175.86	2.89
	K2	168.49		K58	178.75	
Story3	K3	167.39	0.48	K59	177.11	0.24
	K4	166.91		K60	177.35	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 107

Diferencial de fuerzas axiales en los pórticos A y F con el sismo máximo esperado.

NIVEL	DISIPADORES EN EL PÓRTICO A-A EJE Y-Y			DISIPADORES EN EL PÓRTICO F-F EJE Y-Y		
	DISIPADOR	FUERZA (TON)	Δ (TON)	DISIPADOR	FUERZA (TON)	Δ (TON)
Story16	K165	130.91	9.25	K221	142.99	24.86
	K166	140.16		K222	167.84	
Story16	K167	165.85	10.37	K223	189.82	15.21
	K168	176.21		K224	205.03	
Story15	K161	117.88	26.69	K217	126.58	41.88
	K162	144.57		K218	168.45	
Story15	K163	146.96	30.63	K219	172.94	31.49
	K164	177.59		K220	204.43	
Story14	K157	115.55	33.00	K213	128.05	41.56
	K158	148.55		K214	169.61	
Story14	K159	152.59	24.89	K215	178.42	23.79
	K160	177.48		K216	202.21	
Story13	K153	120.39	30.18	K209	128.95	39.66
	K154	150.57		K210	168.62	
Story13	K155	156.78	28.36	K211	178.75	23.80
	K156	185.14		K212	202.55	
Story12	K149	127.20	23.55	K205	132.31	35.49
	K150	150.75		K206	167.80	
Story12	K151	164.83	31.75	K207	177.68	32.21
	K152	196.58		K208	209.88	
Story11	K145	129.73	17.25	K201	135.36	26.86
	K146	146.98		K202	162.22	

Story11	K147	171.10	32.79	K203	183.95	32.96
	K148	203.89		K204	216.91	
Story10	K141	128.61	26.05	K197	135.46	21.97
	K142	154.66		K198	157.43	
Story10	K143	172.64	39.01	K199	185.79	38.28
	K144	211.65		K200	224.07	
Story9	K137	141.77	21.80	K193	145.70	23.01
	K138	163.57		K194	168.71	
Story9	K139	187.18	35.85	K195	196.84	36.76
	K140	223.03		K196	233.61	
Story8	K133	149.23	16.82	K189	154.05	18.54
	K134	166.04		K190	172.60	
Story8	K135	196.95	34.71	K191	207.88	34.85
	K136	231.66		K192	242.73	
Story7	K129	148.00	15.83	K185	153.69	16.09
	K130	163.82		K186	169.78	
Story7	K131	201.22	42.58	K187	212.17	41.19
	K132	243.80		K188	253.36	
Story6	K125	141.09	28.87	K181	150.58	24.45
	K126	169.96		K182	175.02	
Story6	K127	207.30	43.17	K183	223.90	37.33
	K128	250.46		K184	261.23	
Story5	K121	149.01	19.36	K177	157.55	16.94
	K122	168.37		K178	174.50	
Story5	K123	223.18	27.82	K179	235.94	26.84
	K124	251.00		K180	262.79	
Story4	K117	160.50	0.70	K173	166.75	0.64
	K118	159.80		K174	166.10	
Story4	K119	235.47	2.42	K175	246.49	6.01
	K120	237.89		K176	252.49	
Story3	K113	165.55	9.34	K169	171.07	7.06
	K114	156.21		K170	164.01	
Story3	K115	239.20	1.76	K171	249.38	5.42
	K116	240.96		K172	254.80	

Nota. Fuente: Elaboración propia

La diferencial de la fuerza axial máxima se presentó en el pórtico del eje A-A de la dirección “y” en los dispositivos K127-K128 del piso 6 con un valor de 43.17Tnf.

- Fuerza resultante vertical máxima de corte en viga metálica

Se idealizará a la viga metálica en un diagrama con la carga puntual ocasionada por los disipadores y la carga de su peso propio.

$$V_u = 43.17 \text{ Tnf}$$

$$W_{\text{viga}} = 0.00816 \text{ Tn/m}$$

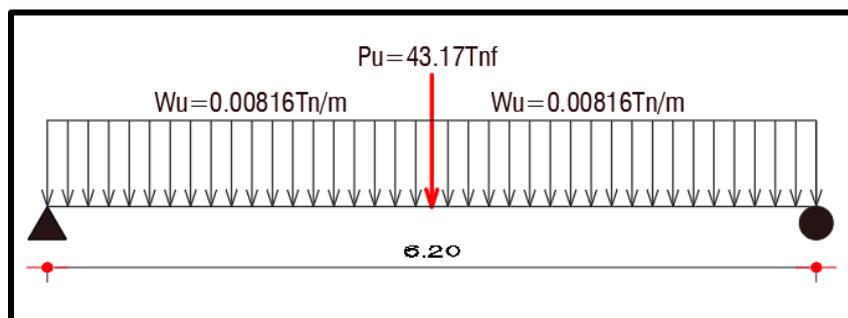


Figura 96. Diagrama de carga distribuida y puntual en la viga metálica

Nota. Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el diagrama de cargas distribuida y carga puntual de la viga metálica se procede a factorar la carga del peso propio de la viga metálica por el factor de 1.4 por tratarse de una carga muerta.

$$W_U = 1.4 \times 0.00816 \text{ Tnf/m} = 0.0114 \text{ Tnf/m}$$

- Cortante última de viga la metálica

Para determinar el cortante último de la viga metálica se aplicará el método de la superposición de esfuerzos.

$$V_u = \frac{P_u}{2} + \frac{W_u \times L}{2}$$

$$V_u = \frac{43.17Tnf}{2} + \frac{0.0114Tnf/m \times 6.20m}{2}$$

$$V_u = 21.62Tnf$$

➤ Momento último de la viga metálica

Para determinar el momento último de la viga metálica se aplicará el método de la superposición de fuerzas.

$$M_u = \frac{P_u \times L}{4} + \frac{W_u \times L^2}{8}$$

$$M_u = \frac{43.17Tnf \times 6.20m}{4} + \frac{0.0114Tnf/m \times 6.20^2m}{8}$$

$$M_u = 66.966Tnfxm$$

➤ Predimensionamiento de la viga metálica

Se asumirá una viga de sección compacta de $L_b < L_r$, debido a que la mayoría de las vigas tienden a fallar en la zona 1 plástica.

$$Z = \frac{M_u}{\phi F_y}$$

$$Z = \frac{66.966Tnfxm}{0.90 \times 35153.48Tn/m^2}$$

$$Z = 0.00212 m^3 = 129.16 in^3$$

Z_x		Table 3-2 (continued)										F_y = 50 ksi	
		W Shapes										Selection by Z_x	
Shape	Z_x	M_{px}/Ω_b	φ_bM_{px}	M_{rx}/Ω_b	φ_bM_{rx}	BF		L_p	L_r	I_x	V_{nx}/Ω_v	φ_vV_{nx}	
		kip-ft	kip-ft	kip-ft	kip-ft	kips	kips				kips	kips	
	in. ³	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ft	ft	in. ⁴	ASD	LRFD	
W24×84	224	559	840	342	515	16.2	24.3	6.89	20.3	2370	227	340	
W21×93	221	551	829	335	504	14.6	21.9	6.50	21.3	2070	251	376	
W12×136	214	534	803	325	488	4.01	6.03	11.2	63.3	1240	212	318	
W14×120	212	529	795	332	499	5.09	7.64	13.2	52.0	1380	171	256	
W18×97	211	526	791	328	494	9.45	14.2	9.36	30.3	1750	199	298	
W24×76	200	499	750	307	462	15.0	22.5	6.78	19.6	2100	210	316	
W16×100	198	494	743	306	459	7.90	11.9	8.87	32.7	1490	199	298	
W21×83	196	489	735	299	449	13.8	20.8	6.46	20.2	1830	221	331	
W14×109	192	479	720	302	454	5.02	7.54	13.2	48.4	1240	150	226	
W18×86	186	464	698	290	436	9.04	13.6	9.29	28.5	1070	177	265	
W12×120	186	464	698	285	428	3.95	5.93	11.1	56.5	1530	186	279	
W24×68	177	442	664	289	404	14.1	21.2	6.61	18.8	1830	197	295	
W16×89	175	437	656	271	407	7.74	11.6	8.80	30.2	1300	176	264	
W14×99 ^f	173	430	646	274	412	4.89	7.35	13.5	45.3	1110	137	206	
W21×73	172	429	645	264	396	12.9	19.4	6.39	19.2	1600	193	290	
W12×106	164	409	615	253	381	3.93	5.90	11.0	50.7	933	157	236	

Figura 97. Propiedades de la viga metálica de sección W21X73

Nota. Fuente: (American Institute of Steel Construction, 2005)

Según el predimensionamiento de la viga metálica requiere de una sección de $Z_x=129.16\text{in}^3$ pero conservadoramente por tema de seguridad se optara por una sección W21X73 con un $Z_x=172\text{in}^3$.

Tabla 108

Propiedades de la viga metálica de sección de W21X73.

W Shapes HSS 21.00 x 73.00						
Z _x (in ³)	ØM _{px} (kip-ft)	ØM _{rx} (kip-ft)	BF(kip)	L _p (ft)	L _r (ft)	ØV _{nx} (kips)
172	645.00	396.00	19.40	6.39	19.20	290.00
Z _x (m ³)	ØM _{px} (tn-m)	ØM _{rx} (tn-m)	BF(tn)	L _p (m)	L _r (m)	ØV _{nx} (tn)
0.00282	89.20	54.77	8.80	1.95	5.86	131.54

Nota. Fuente: (American Institute of Steel Construction, 2005)

La resistencia nominal de la sección va disminuyendo de acuerdo va aumentando la longitud de la viga metálica, con lo cual se podrá observar en la siguiente la tabla.

Tabla 109

Momentos resistentes de la viga metálica de sección de W21X73.

	Lp(6.39ft)	Lr(19.20ft)	Lb
ØMpx(kip-ft)	645.00		
ØMrx(kip-ft)		396.00	
ØMnx(kip-ft)			X

Nota. Fuente: Elaboración propia

Una viga metálica puede llegar presentar 3 zonas de comportamiento de pandeo. Asimismo, la viga metálica presenta una longitud $L_b=6.20m$ y $L_r=5.86$ lo que significa que la viga incursiona en la zona de comportamiento de pandeo elástico 3 debido a que $L_b>L_r$.

$$L_b \geq L_r$$

$$6.20m \geq 5.86m$$

Se comprueba que la viga metálica fallara elásticamente por pandeo por ubicarse dentro de la zona 3. La viga puede fallar por pandeo la parte de compresión lateralmente respecto al eje más débil de la viga metálica, lo cual ocurrirá cuando esta se encuentre cargada.

A continuación, se observa la gráfica de las posibles fallas por pandeo de las vigas metálicas.

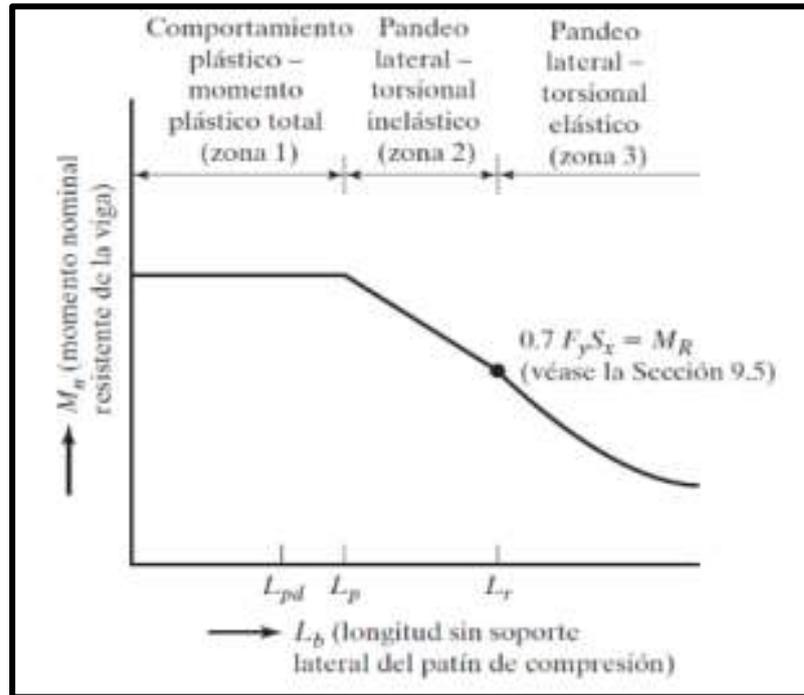


Figura 98. Diagrama de curvas resistente básica de la viga de acero

Nota. Fuente: (MacCormac & Csernak, 2013)

➤ Valor de C_b

El valor de C_b para miembro de simetría simple en curvatura sencilla y todos los miembros de simetría doble se determina de la siguiente ecuación.

$$C_b = \frac{12.5M_U}{2.50M_U + 3.0M_A + 4.0M_B + 3.0M_C}$$

Los momentos más fuertes se ubican a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ en una viga, es por ello que se calcula los puntos que representarían los momentos más grandes en M_A , M_B y M_C .

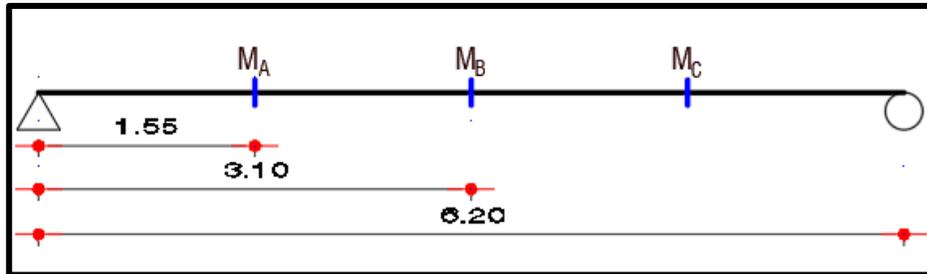


Figura 99. Localización de puntos para la determinación de momentos en la viga

Nota. Fuente: Elaboración propia

- Momento en el punto M_A y M_C :

$$M_A = M_C = \frac{P_U X_A}{2} + \frac{3W_U L^2}{32}$$

$$M_A = M_C = \frac{43.17 \text{Tonf} \times 1.55 \text{m}}{2} + \frac{3 \times 0.0114 \times 6.20^2}{32}$$

$$M_A = M_C = 33.497 \text{Tonf} \times \text{m}$$

- Momento en el punto M_B :

El momento en B viene ser el momento máximo M_U calculado anteriormente.

$$M_B = M_U$$

$$M_B = 66.966 \text{Tonf} \times \text{m}$$

- Valor de C_b :

$$C_b = \frac{12.5M_U}{2.50M_U + 3.0M_A + 4.0M_B + 3.0M_C}$$

$$C_b = \frac{12.5 \times 66.966 \text{ Tnfxm}}{(2.50 \times 66.96 + 3.0 \times 33.49 + 4.0 \times 66.96 + 3.0 \times 33.49) \text{ Tnfxm}}$$

$$C_b = 1.32 \leq 3.00 \text{ OK!!!}$$

- Momento resistente de la viga metálica

El cálculo del momento resistente de la viga metálica se determinará con la formula presentada a continuación.

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.70F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

Transformando la ecuación al método LRFD se tiene:

$$\phi M_n = C_b [\phi M_{px} - BF(L_b - L_p)] \leq \phi M_{px}$$

$$\phi M_n = 1.32 [89.20 \text{ Tnfxm} - 19.40 \times 0.454 (6.20 \text{ m} - 1.95 \text{ m})] \leq \phi M_{px}$$

$$\phi M_n = 67.89 \text{ Tnfxm} \leq 89.20 \text{ Tnfxm OK!!!}$$

- Momento resistente de la viga respecto al momento ultimo

$$\phi M_n \geq \phi M_u$$

$$67.888 \text{ Tnfxm} \geq 66.966 \text{ Tnfxm OK!!!}$$

- Cortante resistente de la viga respecto al cortante ultimo

$$\phi V_n \geq \phi V_u$$

$$131.54Tnf \geq 21.62Tnf \text{ OK!!!}$$

- Características de la viga metálica de sección W21X73

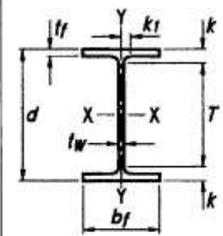


Table 1-1 (continued)
W Shapes
Dimensions

Shape	Area, A	Depth, d		Web			Flange			Distance			Work- able Gage		
				Thickness, t _w	t _w 2	Width, b _f	Thickness, t _f	k		k ₁	T				
								k _{des}	k _{det}			in.		in.	
in. ²	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.					
W21×93	27.3	21.6	21 ⁵ / ₈	0.580	⁹ / ₁₆	⁵ / ₁₆	8.42	8 ³ / ₈	0.930	¹⁵ / ₁₆	1.43	¹⁵ / ₈	¹⁵ / ₁₆	18 ³ / ₈	5 ¹ / ₂
×83 ^c	24.3	21.4	21 ³ / ₈	0.515	¹ / ₂	¹ / ₄	8.36	8 ³ / ₈	0.835	¹³ / ₁₆	1.34	1 ¹ / ₂	⁷ / ₈		
×73 ^c	21.5	21.2	21 ¹ / ₄	0.455	⁷ / ₁₆	¹ / ₄	8.30	8 ¹ / ₄	0.740	³ / ₄	1.24	1 ¹ / ₁₆	⁷ / ₈		
×68 ^c	20.0	21.1	21 ¹ / ₈	0.430	¹ / ₁₆	¹ / ₄	8.27	8 ¹ / ₄	0.685	¹¹ / ₁₆	1.19	1 ³ / ₈	⁷ / ₈		
×62 ^c	18.3	21.0	21	0.400	³ / ₈	³ / ₁₆	8.24	8 ¹ / ₄	0.615	⁵ / ₈	1.12	1 ⁵ / ₁₆	¹³ / ₁₆		
×55 ^c	16.2	20.8	20 ³ / ₄	0.375	³ / ₈	³ / ₁₆	8.22	8 ¹ / ₄	0.522	¹ / ₂	1.02	1 ³ / ₁₆	¹³ / ₁₆		
×48 ^{c,f}	14.1	20.6	20 ⁵ / ₈	0.350	³ / ₈	³ / ₁₆	8.14	8 ¹ / ₈	0.430	⁷ / ₁₆	0.930	1 ¹ / ₈	¹³ / ₁₆		

Figura 100. Medidas de la sección viga W21X73

Nota. Fuente: (American Institute of Steel Construction, 2005)

Tabla 110

Propiedades de la viga metálica de sección de W21X73.

Sección	Unida des	Profundi dad (d)	Espesor del Nervio (t _w)	Alas		Área (in ²)	Peso Nominal (Lb/ft)
				Ancho(b f)	Espesor (t _f)		
W21x73	in	21.20	0.455	8.3	0.74	21.5 in ²	62.00 lb/ft
	m	0.54	0.0116	0.211	0.0188	0.0139 m ²	0.008 Ton/m

Nota. Fuente: Elaboración propia

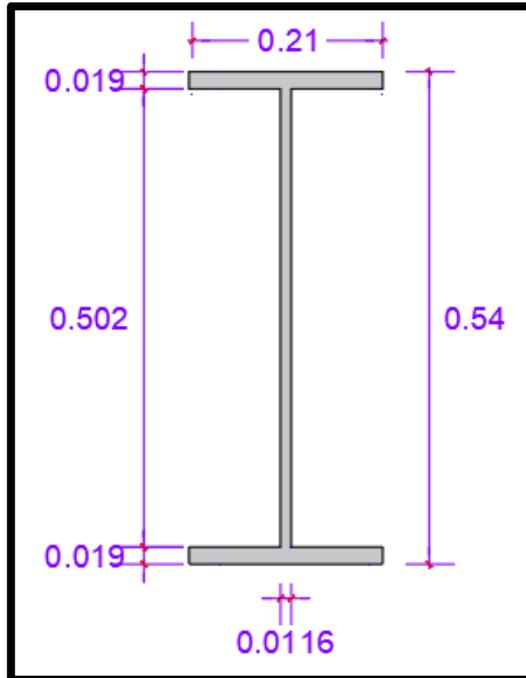


Figura 101. Medida final de la sección viga W21X73

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2 Contrastación de hipótesis

Hipótesis general: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso mejora significativamente el comportamiento estructural en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HA: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso mejora significativamente el comportamiento estructural en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HO: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso no mejora significativamente el comportamiento estructural en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Los resultados demuestran la efectividad del empleo de uso de disipadores de fluido viscoso en la edificación logrando un mejor comportamiento estructural frente al sismo severo, con lo cual se puede garantizar la seguridad de la edificación y la protección la vida humana de los ocupantes. Es por eso que se acepta la hipótesis alternativa y se anula la hipótesis nula.

Hipótesis objetiva 1: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce los desplazamientos máximos en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HA: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce los desplazamientos máximos en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HO: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso no reduce los desplazamientos máximos en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Tabla 111

Desplazamiento en el eje “x” e “y” sin disipadores.

DESPLAZAMIENTO SIN DISIPADORES			
Niveles	Altura (m)	Desplazamiento X-X (mm)	Desplazamiento Y-Y (mm)
20	3.50	15.37	10.24
19	3.50	16.34	8.38
18	3.50	17.40	8.51
17	3.50	18.56	9.91
16	3.50	19.72	10.20
15	3.50	20.82	11.34

14	3.50	21.83	12.60
13	3.50	22.72	14.16
12	3.50	23.48	18.08
11	3.50	24.12	21.55
10	3.50	24.58	24.46
9	3.50	24.85	26.78
8	3.50	24.84	28.50
7	3.50	24.48	29.52
6	3.50	23.63	29.76
5	3.50	22.12	29.07
4	3.50	19.50	27.11
3	3.50	16.39	23.78
2	3.50	12.14	18.64
1	4.00	6.69	10.69

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 112

Desplazamiento en el eje “x” e “y” con disipadores.

DESPLAZAMIENTO CON DISIPADORES			
Niveles	Altura (m)	Desplazamiento X-X (mm)	Desplazamiento Y-Y (mm)
20	3.50	5.96	4.53
19	3.50	6.03	5.17
18	3.50	5.95	5.67
17	3.50	6.15	5.85
16	3.50	6.36	5.46
15	3.50	6.04	5.42
14	3.50	6.54	5.76
13	3.50	7.19	6.27
12	3.50	7.19	6.84
11	3.50	7.67	6.57
10	3.50	7.90	6.01
9	3.50	8.15	6.64
8	3.50	8.74	7.45
7	3.50	8.42	8.30
6	3.50	8.77	9.15
5	3.50	8.93	9.47
4	3.50	8.39	9.86
3	3.50	7.54	10.07

2	3.50	6.50	9.51
1	4.00	4.18	6.20

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 113

Comparación de desplazamiento en el eje “x” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.

DESPLAZAMIENTO EN EL EJE X-X						
Piso	Altura (m)	Desplazamiento Sin Disipador	%	Desplazamiento Con Disipador	%	Reducción%
20	3.50	15.37	100%	5.96	39%	61%
19	3.50	16.34	100%	6.03	37%	63%
18	3.50	17.40	100%	5.95	34%	66%
17	3.50	18.56	100%	6.15	33%	67%
16	3.50	19.72	100%	6.36	32%	68%
15	3.50	20.82	100%	6.04	29%	71%
14	3.50	21.83	100%	6.54	30%	70%
13	3.50	22.72	100%	7.19	32%	68%
12	3.50	23.48	100%	7.19	31%	69%
11	3.50	24.12	100%	7.67	32%	68%
10	3.50	24.58	100%	7.90	32%	68%
9	3.50	24.85	100%	8.15	33%	67%
8	3.50	24.84	100%	8.74	35%	65%
7	3.50	24.48	100%	8.42	34%	66%
6	3.50	23.63	100%	8.77	37%	63%
5	3.50	22.12	100%	8.93	40%	60%
4	3.50	19.50	100%	8.39	43%	57%
3	3.50	16.39	100%	7.54	46%	54%
2	3.50	12.14	100%	6.50	53%	47%
1	4.00	6.69	100%	4.18	62%	38%

Nota. Fuente: Elaboración propia

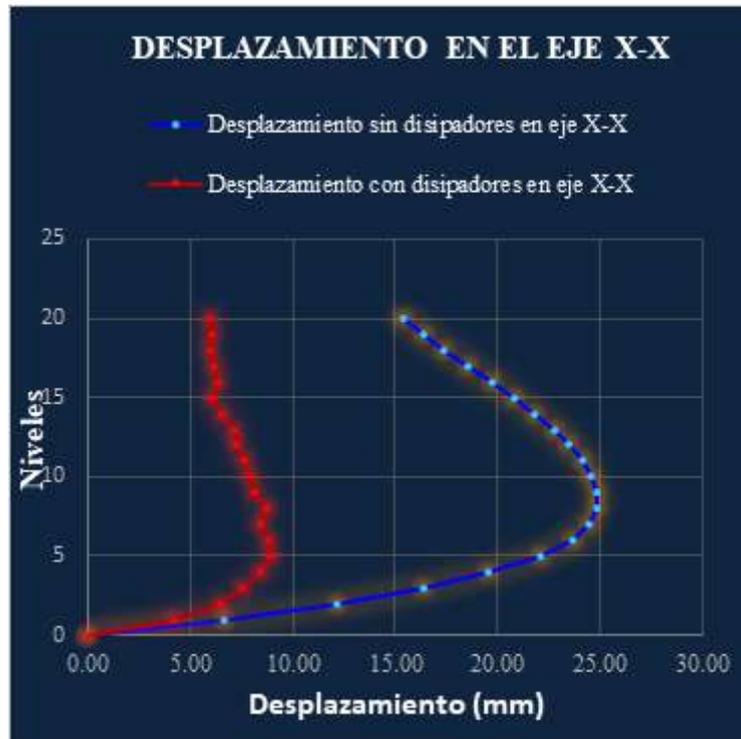


Figura 102. Representación gráfica de desplazamiento en el eje x-x

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 103. Desplazamiento del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje x-x

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 114

Comparación de desplazamiento en el eje “y” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.

DESPLAZAMIENTO EN EJE Y-Y						
Piso	Altura (m)	Desplazamiento Sin Disipador	%	Desplazamiento Con Disipador	%	Reducción%
20	3.50	10.24	100%	4.53	44%	56%
19	3.50	8.38	100%	5.17	62%	38%
18	3.50	8.51	100%	5.67	67%	33%
17	3.50	9.91	100%	5.85	59%	41%
16	3.50	10.20	100%	5.46	53%	47%
15	3.50	11.34	100%	5.42	48%	52%
14	3.50	12.60	100%	5.76	46%	54%
13	3.50	14.16	100%	6.27	44%	56%
12	3.50	18.08	100%	6.84	38%	62%
11	3.50	21.55	100%	6.57	30%	70%
10	3.50	24.46	100%	6.01	25%	75%
9	3.50	26.78	100%	6.64	25%	75%
8	3.50	28.50	100%	7.45	26%	74%
7	3.50	29.52	100%	8.30	28%	72%
6	3.50	29.76	100%	9.15	31%	69%
5	3.50	29.07	100%	9.47	33%	67%
4	3.50	27.11	100%	9.86	36%	64%
3	3.50	23.78	100%	10.07	42%	58%
2	3.50	18.64	100%	9.51	51%	49%
1	4.00	10.69	100%	6.20	58%	42%

Nota. Fuente: Elaboración propia

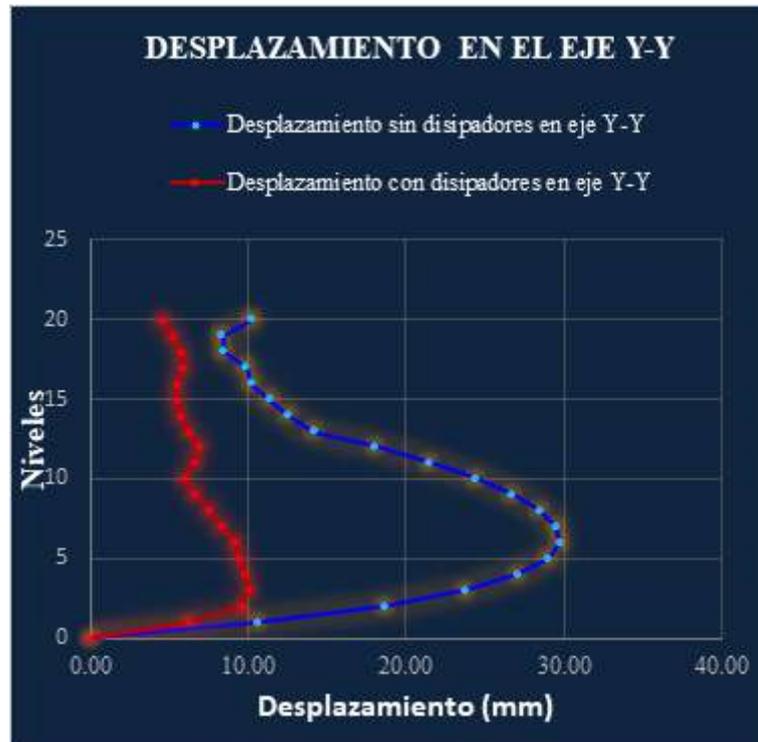


Figura 104. Representación gráfica de desplazamiento en el eje y-y

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 105. Desplazamiento del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje y-y

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la tabla en 113-114 y la figura 101-103 logro que al aplicar los disipadores de fluido viscoso a la edificación los desplazamientos sean menores respecto al desplazamiento del sistema estructural de muros estructurales, logrando así un mejor comportamiento estructural frente al sismo severo. Es por eso que se acepta la hipótesis alternativa y se anula la hipótesis nula.

Hipótesis objetiva 2: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las derivas máximas en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HA: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las derivas máximas del edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HO: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso no reduce las derivas máximas del edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Tabla 115

Derivas de entrepiso en el eje “x” e “y” para el edificio sin disipadores.

DERIVAS MAXIMAS SIN DISIPADORES						
Pisos	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	0.0154	0.0044	(OKEY)	0.0102	0.0019	(OKEY)
19	0.0163	0.0047	(OKEY)	0.0026	0.0017	(OKEY)
18	0.0174	0.0050	(OKEY)	0.0030	0.0019	(OKEY)
17	0.0186	0.0053	(OKEY)	0.0033	0.0021	(OKEY)
16	0.0197	0.0056	(OKEY)	0.0045	0.0022	(OKEY)
15	0.0208	0.0059	(OKEY)	0.0063	0.0025	(OKEY)
14	0.0218	0.0062	(OKEY)	0.0101	0.0029	(OKEY)
13	0.0227	0.0065	(OKEY)	0.0142	0.0040	(OKEY)
12	0.0235	0.0067	(OKEY)	0.0181	0.0052	(OKEY)

11	0.0241	0.0069	(OKEY)	0.0216	0.0062	(OKEY)
10	0.0246	0.0070	(NO PASA)	0.0245	0.0070	(OKEY)
9	0.0248	0.0071	(NO PASA)	0.0268	0.0077	(NO PASA)
8	0.0248	0.0071	(NO PASA)	0.0285	0.0081	(NO PASA)
7	0.0245	0.0070	(OKEY)	0.0295	0.0084	(NO PASA)
6	0.0236	0.0068	(OKEY)	0.0298	0.0085	(NO PASA)
5	0.0221	0.0063	(OKEY)	0.0291	0.0083	(NO PASA)
4	0.0195	0.0056	(OKEY)	0.0271	0.0077	(NO PASA)
3	0.0164	0.0047	(OKEY)	0.0238	0.0068	(OKEY)
2	0.0121	0.0035	(OKEY)	0.0186	0.0053	(OKEY)
1	0.0067	0.0017	(OKEY)	0.0107	0.0027	(OKEY)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 116

Derivas en el eje “x” e “y” para el edificio con disipadores.

DERIVAS MAXIMAS CON DISIPADORES						
Pisos	Despl. Relativo X (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007	Despl. Relativo Y (m)	Derivas Inelásticas	Control Derivas E.030 ≤ 0.007
20	0.005956	0.0017	(OKEY)	0.004527	0.0013	(OKEY)
19	0.006030	0.0017	(OKEY)	0.005170	0.0015	(OKEY)
18	0.005947	0.0017	(OKEY)	0.005674	0.0016	(OKEY)
17	0.006147	0.0018	(OKEY)	0.005854	0.0017	(OKEY)
16	0.006361	0.0018	(OKEY)	0.005456	0.0016	(OKEY)
15	0.006036	0.0017	(OKEY)	0.005421	0.0015	(OKEY)
14	0.006537	0.0019	(OKEY)	0.005758	0.0016	(OKEY)
13	0.007186	0.0021	(OKEY)	0.006265	0.0018	(OKEY)
12	0.007187	0.0021	(OKEY)	0.006841	0.0020	(OKEY)
11	0.007667	0.0022	(OKEY)	0.006572	0.0019	(OKEY)
10	0.007902	0.0023	(OKEY)	0.006014	0.0017	(OKEY)
9	0.008146	0.0023	(OKEY)	0.006640	0.0019	(OKEY)
8	0.008737	0.0025	(OKEY)	0.007445	0.0021	(OKEY)
7	0.008417	0.0024	(OKEY)	0.008295	0.0024	(OKEY)
6	0.008770	0.0025	(OKEY)	0.009151	0.0026	(OKEY)
5	0.008934	0.0026	(OKEY)	0.009470	0.0027	(OKEY)
4	0.008388	0.0024	(OKEY)	0.009862	0.0028	(OKEY)

3	0.007539	0.0022	(OKEY)	0.010066	0.0029	(OKEY)
2	0.006495	0.0019	(OKEY)	0.009509	0.0027	(OKEY)
1	0.004178	0.0010	(OKEY)	0.006198	0.0015	(OKEY)

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 117

Comparación de derivas de entrepiso en el eje “x” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.

DERIVAS MAXIMAS EN EL EJE X-X						
Piso	Altura (m)	Derivas máximas Sin Disipador	%	Derivas máximas Con Disipador	%	Reducción%
20	3.50	0.0044	100%	0.0017	39%	61%
19	3.50	0.0047	100%	0.0017	37%	63%
18	3.50	0.0050	100%	0.0017	34%	66%
17	3.50	0.0053	100%	0.0018	33%	67%
16	3.50	0.0056	100%	0.0018	32%	68%
15	3.50	0.0059	100%	0.0017	29%	71%
14	3.50	0.0062	100%	0.0019	30%	70%
13	3.50	0.0065	100%	0.0021	32%	68%
12	3.50	0.0067	100%	0.0021	31%	69%
11	3.50	0.0069	100%	0.0022	32%	68%
10	3.50	0.0070	100%	0.0023	32%	68%
9	3.50	0.0071	100%	0.0023	33%	67%
8	3.50	0.0071	100%	0.0025	35%	65%
7	3.50	0.0070	100%	0.0024	34%	66%
6	3.50	0.0068	100%	0.0025	37%	63%
5	3.50	0.0063	100%	0.0026	40%	60%
4	3.50	0.0056	100%	0.0024	43%	57%
3	3.50	0.0047	100%	0.0022	46%	54%
2	3.50	0.0035	100%	0.0019	53%	47%
1	4.00	0.0017	100%	0.0010	62%	38%

Nota. Fuente: Elaboración propia

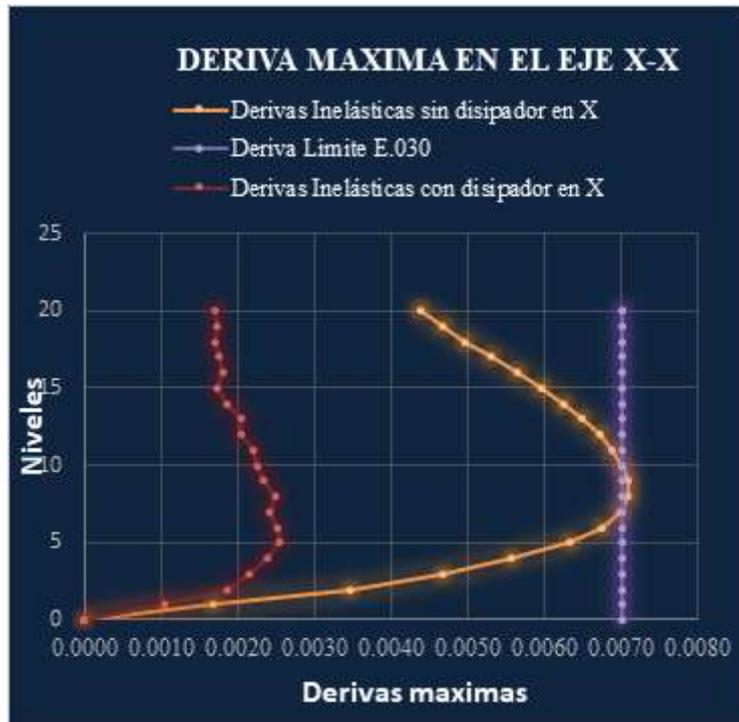


Figura 106. Representación gráfica de derivas máximas en el eje x-x

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 107. Derivas máximas del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje x-x

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 118

Comparación de derivas de entrepiso en el eje “y” entre el sistema estructural de muros estructurales y disipadores viscosos.

DERIVAS MAXIMAS EN EL EJE Y-Y						
Piso	Altura (m)	Derivas máximas Sin Disipador	%	Derivas máximas Con Disipador	%	Reducción%
20	3.50	0.0019	100%	0.0013	67%	33%
19	3.50	0.0017	100%	0.0015	86%	14%
18	3.50	0.0019	100%	0.0016	84%	16%
17	3.50	0.0021	100%	0.0017	80%	20%
16	3.50	0.0022	100%	0.0016	71%	29%
15	3.50	0.0025	100%	0.0015	62%	38%
14	3.50	0.0029	100%	0.0016	57%	43%
13	3.50	0.0040	100%	0.0018	44%	56%
12	3.50	0.0052	100%	0.0020	38%	62%
11	3.50	0.0062	100%	0.0019	30%	70%
10	3.50	0.0070	100%	0.0017	25%	75%
9	3.50	0.0077	100%	0.0019	25%	75%
8	3.50	0.0081	100%	0.0021	26%	74%
7	3.50	0.0084	100%	0.0024	28%	72%
6	3.50	0.0085	100%	0.0026	31%	69%
5	3.50	0.0083	100%	0.0027	33%	67%
4	3.50	0.0077	100%	0.0028	36%	64%
3	3.50	0.0068	100%	0.0029	42%	58%
2	3.50	0.0053	100%	0.0027	51%	49%
1	4.00	0.0027	100%	0.0015	58%	42%

Nota. Fuente: Elaboración propia

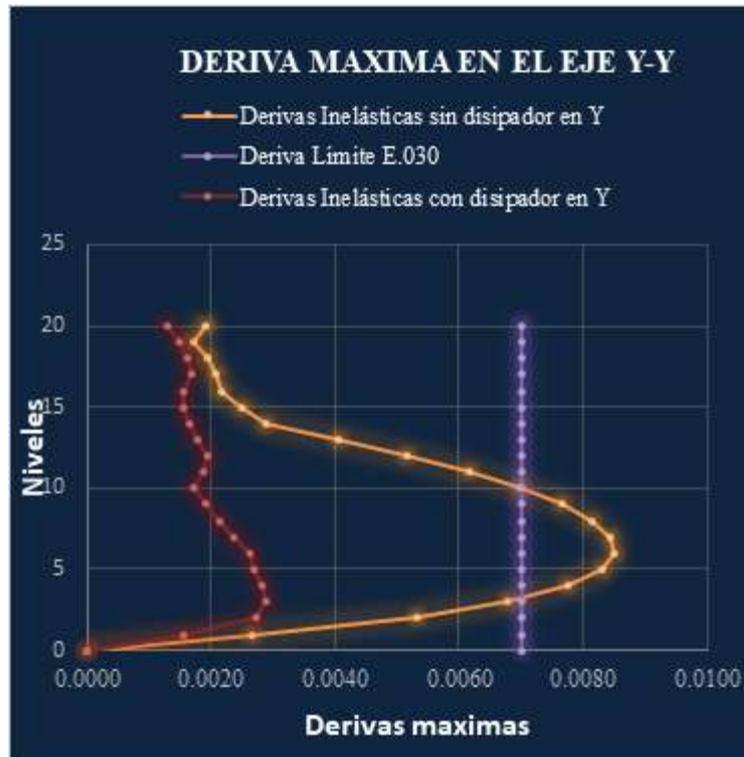


Figura 108. Representación gráfica de derivas máximas en el eje x-x

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 109. Derivas máximas del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores en el eje x-x

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la tabla en 117-118 y la figura 105-107 logro que al aplicar los disipadores de fluido viscoso a la edificación las derivas de entrepisos sean menores respecto a las derivas de entrepisos del sistema estructural de muros estructurales, logrando cumplir las derivas máximas permisible para concreto armado menores a 0.007 establecidas en la norma E030 y la relación daño-deriva con derivas permisible menores a 0.005 para una nivel de desempeño operacional con daños leves en la estructura para un sismo severo. Es por eso que se acepta la hipótesis alternativa y se anula la hipótesis nula.

Hipótesis objetiva 3: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso aumenta el amortiguamiento del edificio de 20 pisos en el distrito de Santa María.

HA: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso aumenta el amortiguamiento en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HO: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso no aumenta el amortiguamiento del edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Tabla 119

Comparación de amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje x-x.

AMORTIGUAMIENTO EN EDIFICIO EN EL EJE X-X		
Tipo de amortiguamiento	Amortiguamiento inherente de la estructura de C°A°	Amortiguamiento viscoso de los disipadores
%	5%	23.97 %

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 110. Amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje x-x

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 120

Comparación de amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje y-y.

AMORTIGUAMIENTO EN EDIFICIO EN EL EJE Y-Y		
Tipo de amortiguamiento	Amortiguamiento inherente de la estructura de C°A°	Amortiguamiento viscoso de los disipadores
%	5%	37.12 %

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 111. Amortiguamiento inherente del edificio vs viscoso de los disipadores en el eje y-y

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la tabla en 119-120 y la figura 108-109 se observó que al emplear los disipadores de fluido viscoso en la edificación el amortiguamiento de la edificación aumenta respecto al amortiguamiento inherente propio del edificio de concreto armado de 5%, logrando así una mejora en la respuesta sísmica frente al sismo severo. Es por eso que se acepta la hipótesis alternativa y se anula la hipótesis nula.

Hipótesis objetiva 4: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las fuerzas internas en los elementos estructurales del edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HA: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso reduce las fuerzas internas en los elementos estructurales del edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

HO: El empleo de los disipadores sísmicos fluido viscoso no reduce las fuerzas internas en los elementos estructurales del edificio de 20 niveles en el distrito de Santa María.

Tabla 121

Comparación del momento flector en la columna C-1 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.

MOMENTO EN COLUMNA C-1			
Piso	Sin Disipador (Tn.m)	Con Disipador (Tn.m)	Reducción%
1	104.65	72.14	31%

Nota. Fuente: Elaboración propia

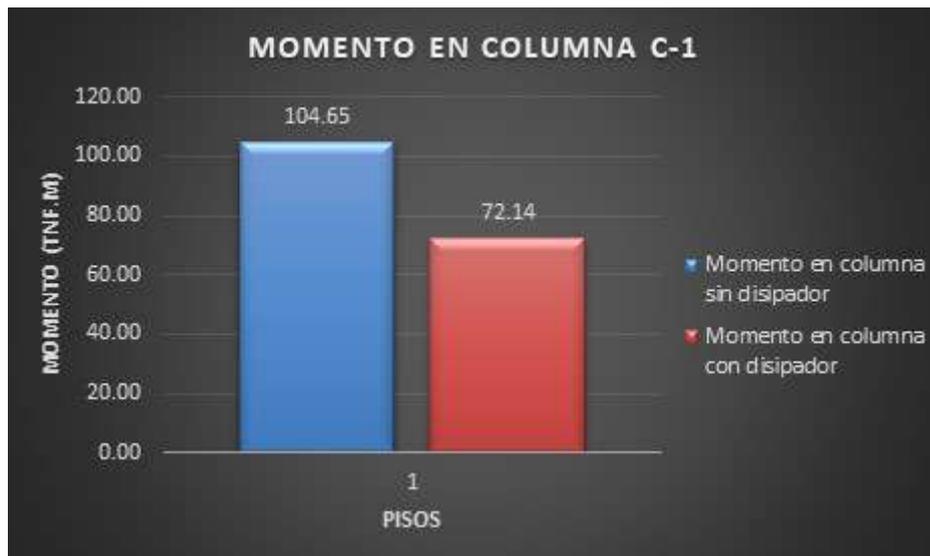


Figura 112. Momento flector en la columna C-1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 122

Comparación de la fuerza cortante en la columna C-1 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.

CORTANTE EN COLUMNA C-1			
Piso	Sin Disipador (Tnf)	Con Disipador (Tnf)	Reducción%
1	38.36	27.43	28%

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 113. Fuerza cortante en la columna C-1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 123

Comparación del momento flector en la viga VP-01 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.

MOMENTO EN VIGA VP-1			
Piso	Sin Disipador (Tn.m)	Con Disipador (Tn.m)	Reducción%
1	64.06	39.46	38%

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 114. Momento flector en la viga VP-01 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 124

Comparación de la fuerza cortante en la viga VP-01 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.

CORTANTE EN VIGA VP-1			
Piso	Sin Disipador (Tnf)	Con Disipador (Tnf)	Reducción%
1	30.77	19.59	36%

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 115. Fuerza cortante en la viga VP-01 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 125

Comparación del momento flector en los muros estructurales PL-X1 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.

MOMENTO EN PLACA PL-X1			
Piso	Sin Disipador (Tn.m)	Con Disipador (Tn.m)	Reducción%
1	25006.27	12645.47	49%

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 116. Momento flector en los muros estructurales PL-X1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 126

Comparación de la fuerza cortante en los muros estructurales PX-1 del edificio sin disipador vs edificio con disipador.

CORTANTE EN PLACA PL-X1			
Piso	Sin Disipador (Tn.m)	Con Disipador (Tn.m)	Reducción%
1	2079.75	1512.92	27%

Nota. Fuente: Elaboración propia



Figura 117. Fuerza cortante en los muros estructurales PL-X1 del edificio sin disipadores vs edificio con disipadores

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la tabla en 121-122-123-124-125-126 y la figura 110-111-112-113-114-115 se observó que al aplicar los disipadores de fluido viscoso a la edificación las fuerzas internas son menores respecto a las fuerzas internas del sistema estructural de muros estructurales, logrando así un mejor comportamiento estructural frente al sismo severo. Es por eso que se acepta la hipótesis alternativa y se anula la hipótesis nula.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

Antecedentes internacionales:

Discusión 1:

Para nuestro presente estudio los desplazamientos máximos en el último nivel del edificio con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso se redujeron para el eje “x” en un 61%, mientras para eje “y” en un 56%. Asimismo, las derivas máximas en su último nivel para el edificio de la edificación con el empleo de los disipadores de fluido viscosos se redujeron en la dirección “x” un valor de 61% y en la dirección “y” un valor de 67%.

Según Rosero (2020), Universidad Central del Ecuador, Ecuador, en su investigación denominado “Incidencia de la inclusión de dispositivos disipadores de energía en las respuestas estructurales de edificios de hormigón armado de 10 y 15 pisos en la ciudad de Quito”. Donde logra demostrar que el mejor comportamiento se observa con la inclusión de los disipadores viscoelásticos obteniendo resultados en el modelo de 20 pisos donde los desplazamientos se redujeron en sentido “x” un 49% y en el sentido “y” un 20 %. Así mismo se obtuvo las derivas máximas en el modelo de 20 pisos para la dirección “x” donde se redujeron un valor del 50% y para la dirección “y” se redujeron un valor de 24 %.

Observado una vez los resultados se concluye que los desplazamiento y derivas obtenidos de la presente tesis son menores a los resultados de la tesis de mi antecedente empleando los disipadores de fluido viscoso respecto a los disipadores viscoelásticos con lo cual se puede decir que su capacidad de resistir frente al sismo severo fue eficiente logrando reducir sus desplazamientos y las derivas máximas.

Discusión 2:

Para nuestro presente estudio los desplazamientos máximos en el último piso del edificio con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso se redujeron en el eje “x” en un 61%, mientras para el eje “y” en un 56%.

Según Velásquez (2019), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, en su investigación denominado “Reforzamiento de edificio de 4 niveles, construido de concreto armado con sistema estructural tipo marcos, por medio de disipadores de energía, ubicado en el Centro Histórico del Municipio de Quetzaltenango, Departamento de Quetzaltenango. Finalmente se logra demostrar que la deriva máxima de entrepiso para el edificio es 7.43 cm, mientras para el edificio con los dispositivos sísmicos se obtiene una deriva máxima de 4.99 cm, por lo tanto, el desplazamiento se reduce en un 32.83% respecto al edificio convencional.

Por lo tanto, una vez analizados los resultados se concluye que los desplazamiento y derivas obtenidos de la presente investigación fueron menores al de mi antecedente empleando los disipadores de fluido viscoso, es por ello que el empleo de disipadores de energía mejora el comportamiento estructural logrando

reducir las derivas máximas y los desplazamientos demostrando su gran efectividad de estos dispositivos en estructuras esenciales donde el daño tiene que ser leve y la estructura debe de quedar totalmente operacional después de un evento sísmico denominado como severo.

Discusión 3:

Para nuestro presente estudio el balance energético de la edificación con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso la energía disipada en el eje “x” es de 78.11% de la energía sísmica de entrada, mientras para el eje “y” es de 78.25% de la energía sísmica de entrada.

Según López & Quiroz (2020), Universidad de Guayaquil, Ecuador, en su investigación denominado “Diseño de una estructura aporticada de ocupación esencial con amortiguadores de fluido viscoso en disposición chevron”. Finalmente se logra demostrar que el empleo de los dispositivos de fluido viscoso son los responsables de absorber la energía sísmica. Concluyendo que los disipadores de fluidos viscosos poseen una gran efectividad de absorber un 80% de la energía de entrada del sismo, es por ello que solo el 20% es tomada por la estructura, logrando así estructuras más seguras y menos vulnerables durante un movimiento sísmico.

Por lo tanto, una vez observado los resultados se puede concluir afirmando que la energía disipada por los dispositivos de fluidos viscosos de la presente investigación fue menor al de mi antecedente, es por ello que se demuestra su uso eficiente de los disipadores de fluidos viscosos en las edificaciones en zonas de alta sismicidad logrando absorber hasta un 80% de la energía de entrada.

Discusión 4:

Para nuestro presente estudio el desplazamiento máximo en el último piso de la edificación con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso se redujo en el eje “x” en un 61%, mientras para el eje “y” en un 56%. Asimismo, las derivas máximas en el último nivel del edificio con el empleo de los disipadores de fluido viscosos se redujeron en la dirección “x” un valor de 61% y en la dirección “y” un valor de 67%.

Según Asunción (2016), Universidad de Guayaquil, Ecuador, en su tesis de investigación denominado “Análisis comparativo de un pórtico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en sap2000”. Finalmente se logra demostrar que la deriva y el desplazamiento de ambos pórticos sometidos a dos registros sísmicos son del 1%. Concluyendo así que los pórticos convencionales cumplen con las derivas y los desplazamiento establecido por la norma ecuatoriana NEC-15, donde especifica que no debe ser superior al 2%.

Observado una vez los resultados se concluye que los desplazamiento y derivas obtenidos de la presente investigación y la de mi antecedente cumplen las derivas máximas de 0.007 que impone la norma técnica peruana E030 (Diseño sismorresistente) y las derivas de entrepisos de 0.02 que impone por la norma ecuatoriana NEC-15.

Discusión 5:

Para nuestro presente estudio los esfuerzos internos máximos presentados en los elementos estructurales del edificio con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso redujeron las cortantes basales en un 28% en las columnas

respecto al sistema de muro estructurales. Asimismo, la cortante basal en las placas del edificio con disipadores se redujeron en un 27% respecto a la edificación de sistema estructural de muros estructurales.

Según Cuntó (2014), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, en su investigación denominado “Uso de disipadores viscosos en edificios de hormigón armado en la ciudad de Guayaquil para el mejoramiento del desempeño sísmico”. Demuestra que la energía sísmica de entrada, para el edificio con el acoplamiento de los dispositivos, aumentó en un 36.75% respecto al pórtico convencional sin disipadores. Logrando obtenerse una cortante en la base máxima en el edificio convencional sin disipadores de 898.6tonf y una cortante en la base máxima en el edificio con el acoplamiento de los disipadores fue de 584.5tonf empleado en registros sísmico de SCT.

Por lo tanto, debido al acoplamiento de los sistemas de protección pasivo de disipadores de fluidos viscosos a la edificación logran absorber la energía sísmica de entrada, es por ello que el 20% de la energía sísmica que ingresa a la estructura es tomada y absorbida por los elementos de las estructuras de concreto armado reduciendo de esta manera las fuerzas internas en los elementos de las estructuras. Por lo tanto, se concluye que la presente investigación y la de mi antecedente cumplen con el objetivo propuesto.

Antecedentes nacionales:

Discusión 6:

Para nuestro presente estudio las derivas máximas en el último nivel en la edificación con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso se redujeron para el eje “x” en un 61%, mientras para el eje “y” en un 67%. Así mismo el balance energético de la edificación con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso la energía sísmica de entrada disipada para el eje “x” es de 78.11%, mientras la energía disipada para el eje “y” es 78.25%. Finalmente, su curva histerética de los disipadores de fluido viscoso presentaron una geometría elíptica regular paralela a la dirección de las abscisas.

Según Valdez (2019), Universidad Católica de Santa María, Perú, en su investigación denominado “Análisis y diseño estructural de un edificio utilizando disipadores de energía de fluido viscoso”. Finalmente demuestra que con el acoplamiento de los dispositivos a la estructura logra reducir las derivas máximas para el eje “x” en un 0.0036, mientras para el eje “y” se redujo en un 0.0031, asimismo la deriva objetivo establecidos en la metodología Hazus es de 0.0042, es por ello que se eligió una deriva de 0.0036 menor al límite permisible con lo cual se logró cumplir. Así mismo el comportamiento de la curva histerético en los dispositivos son de forma elíptica y regular sugerido por el FEMA 274. También se obtiene que la energía sísmica de entrada disipada por los dispositivos en la estructura fue de 70.39%; es por ello que la energía sísmica restante será tomada por los elementos estructurales propuestos en un inicio.

Observado los resultados de la presente investigación se concluye que las derivas, balance energético y curvas histeréticas fueron mejores que la de mi antecedente. Con lo cual al emplear los sistemas de protección sísmica pasiva se logra derivas por debajo del límite permisible menores a 0.007 establecidas por la norma técnica peruana E.030 (Diseño sismorresistente), asimismo los dispositivos de energía logran disipar más del 70% de la energía sísmica y una curva histerética de forma elíptica y regular logrando de esta manera una mejor respuesta sísmica del edificio ante un sismo severo.

Discusión 7:

Para nuestro presente estudio el desplazamiento máximo en el último piso del edificio con el empleo de los disipadores de fluidos viscoso se redujo para el eje “x” en un 61%, mientras para el eje “y” se redujo en un 56%. Asimismo, las derivas máximas del último piso del edificio con el empleo de los disipadores de fluido viscosos se redujeron para el eje “x” en un 61%, mientras para el eje “y” se redujo en un 67%. Finalmente, las fuerzas internas máximas en los elementos estructurales del edificio con el acoplamiento de los dispositivos en la estructura se redujeron en los momentos flectores en un 31% en las columnas respecto al sistema de muro estructurales y los momentos flectores en las placas del edificio con disipadores se redujeron en un 49% respecto a la edificación de sistema estructural de muros estructurales.

Según Rojas (2019), Universidad César Vallejo, Perú, en su investigación denominado “Comportamiento estructural de un edificio de 5 pisos por cambio de uso con aplicación de disipadores viscosos, Los Olivos, 2019”. Finalmente logra

demostrar que el desplazamiento máximo en el edificio con el acoplamiento de los dispositivos se redujeron para el eje “x” en un 55.80%, mientras para eje “y” se redujo en un 58.78%. Así mismo las derivas máximas para el eje “x” se logró reducir en un 6.44%, mientras para el eje “y” se redujo en un 53.69% para el último nivel. Asimismo, se obtuvo que los momentos de volteo en la base, se redujeron en un 9.16% respecto al edificio convencional.

Observado los resultados de la presente investigación se puede concluir afirmando que los desplazamientos, las derivas y las fuerzas internas fueron mejores que la de mi antecedente. Con lo cual se puede concluir que los sistemas de protección sísmica pasivos mejoran la respuesta estructural de la edificación ante la demanda sísmica.

Discusión 8:

Para nuestro presente estudio los esfuerzos internos máximos en los elementos estructurales del edificio con el empleo de los disipadores de fluidos viscosos se redujeron los momentos flectores en un 36% y la fuerza cortante en un 36% en las vigas, los momentos flectores en las columnas del edificio con disipadores se redujeron en un 31% y la fuerza cortante en un 28%, los momentos flectores en los muros estructurales del edificio con disipadores se redujeron en un 49% y la fuerza cortante en un 27%, respecto a la edificación de sistema estructural de muros estructurales. Asimismo, las derivas máximas de entrepiso en el último nivel del edificio con el empleo de los disipadores de fluido viscosos se redujeron en la dirección “x” un valor de 61% y en la dirección “y” un valor de 67%. Finalmente, el amortiguamiento inherente propio del edificio es del 5%, con

lo cual se vio incrementado por el amortiguamiento viscoso producto del acoplamiento de los disipadores de fluido viscosos al edificio obteniendo para el eje “x” un 23.97%, mientras para el eje “y” un 37.12%.

Según Moscoso (2019), Universidad Continental, Perú, en su investigación denominado “Diseño estructural de un edificio de concreto armado de 7 niveles con disipadores de energía del tipo fluido viscoso en la ciudad de Huancayo”. Determina los esfuerzos internos en la estructura con el acoplamiento de los dispositivos logra reducir en las vigas los momentos en un 48.93% y sus cortantes en un 32.38%, en las columnas su momento se redujo en un 49.16% y sus cortantes en un 46.68% y en muros estructurales sus momentos se redujo en un 53.15% y sus cortantes en un 36.37% con el empleo de los disipadores de fluido viscoso. Así mismo cabe mencionar que se reducen las derivas como mínimo en un 50.90% y se reducen como máximo en 81.86% con el empleo de los dispositivos sísmicos. También logro demostrar que el amortiguamiento se incrementó para el eje “x” en un 5%, mientras para el eje “y” se incrementó en un 10%.

Observado los resultados de la presente investigación se logra resumir que los esfuerzos internos, las derivas y el amortiguamiento fueron mejores que la de mi antecedente. Con lo cual se puede concluir que los dispositivos de energía de fluido viscoso logran aumentar amortiguamiento mas no aumentan la rigidez de la estructura, también reducen las derivas de entrepisos y finalmente reducen las fuerzas internas en los elementos estructurales de la estructura.

Discusión 9:

Para nuestro presente estudio el desplazamiento máximo en el último piso en la edificación con el acoplamiento de los dispositivos de fluidos viscoso se redujo en el eje “x” en un 61%, mientras para el eje “y” se redujo en un 56%. Asimismo, las derivas máximas de entrepiso en el último nivel del edificio con el empleo de los disipadores de fluido viscosos se redujeron en la dirección “x” un valor de 61% y en la dirección “y” un valor de 67%.

Según Montalvo (2019), Universidad César Vallejo, Perú, en su investigación denominado “Comportamiento sísmico de una edificación de 10 niveles con sistema dual y disipador de fluido viscoso, Lima 2019”. Finalmente logra demostrar que su desplazamiento máximo para el edificio convencional de sistema dual se redujo para el eje “x” en un 0.2247m para el piso 10, pero para el edificio con el acoplamiento de disipadores se redujo el desplazamiento en 0.1621m en el último nivel, por lo tanto, el desplazamiento se reduce en un 28% respecto al edificio convencional. Asimismo, los esfuerzos cortantes se redujeron para el edificio convencional de sistema dual para el primer nivel en un 677049,85 kgf, pero para el edificio con el acoplamiento de disipadores se redujo en un 644211,88 kgf, logrando reducir en un 5% el esfuerzo cortante respecto a la edificación convencional. También se logra reducir las derivas máximas del edificio convencional de sistema dual para el nivel 5 en un 0,0098. pero para el edificio con el acoplamiento de disipadores para el nivel 5 se redujo en un 0,0066, logrando reducir un valor de un 32% respecto al sistema convencional.

Observado los resultados de la presente investigación se resume que los desplazamientos y las derivas fueron mejores que la de mi antecedente. Con lo cual se puede concluir que el empleo de los disipadores logra mejorar el comportamiento estructural del edificio con porcentajes óptimos y efectivos para las fuerzas cortantes, los desplazamientos máximos y las derivas de entrepiso que resultan ser menores a los límites permisibles de la norma técnica peruana E-030 (Diseño sismorresistente) demostrando su gran importancia del uso de los disipadores de fluido viscoso en las edificaciones.

Discusión 10:

Para nuestro presente estudio las derivas máximas en el último nivel en la edificación con el empleo de los dispositivos de fluidos viscoso se redujeron para el eje “x” en un 61%, mientras para el eje “y” en un 67%.

Según Lescano (2020), Universidad Peruana los Andes, Perú, en su investigación denominado “Diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo”. Finalmente logra demostrar que las edificaciones reforzadas con disipadores de fluido viscoso mejoran el desempeño sísmico del edificio con lo cual influye en la reducción de derivas máximas, con lo cual se redujeron las derivas máximas para el eje “x” en un 72.42% y para el eje “y” se redujo en un 59.43%.

Por lo tanto, observado los resultados de la presente investigación se resume que las derivas fueron mejores que la de mi antecedente. Con lo cual se puede concluir que estructuras reforzadas con los dispositivos de energía de fluido

viscoso desempeñan una función importante en el comportamiento estructural del edificio.

Discusión 11:

Para nuestro presente estudio el balance energético de la edificación con el acoplamiento de dispositivos de fluidos viscosos la energía disipada para el eje “x” es de 78.11% de la energía sísmica de entrada, mientras para eje “y” la energía disipada es 78.25% de la energía sísmica de entrada.

Según Alva & Castro (2017), Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, en su investigación denominado “Análisis y diseño estructural en edificaciones implementando disipadores de energía viscosos Taylor. Los disipadores acoplados a la estructura lograron disipar la energía sísmica de entrada en un 41.31%.

Por lo tanto, observado los resultados de la presente investigación se resume que los disipadores de fluido viscosos lograron disipar más energía sísmica de entrada que la de mi antecedente. Con lo cual se puede demostrar la gran importancia de emplear los dispositivos de fluido viscoso para mejorar el comportamiento estructural del edificio logrando así salvaguardar las vidas humanas y la economía invertido en la edificación.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Conclusión 1:

Se concluye que el uso de los sistemas de protección sísmica pasivo de los disipadores de fluido viscosos para edificios de usos esenciales e importantes son de carácter muy importante porque logran disipar la energía sísmica de entrada. Asimismo, el uso de los disipadores de fluidos viscoso son una inversión de costos y beneficio donde el colapso de estas edificaciones esenciales podría generar pérdidas de vidas humanas y pérdida económica, por lo tanto, con el acoplamiento de los disipadores de fluido viscoso a las edificaciones se logra proteger la vida humana de los ocupantes y la economía invertido en la edificación. De esta manera se logrará que la estructura tenga un mejor comportamiento sismorresistente frente al sismo denominado como severo.

Conclusión 2:

Se cuantifico los desplazamientos máximos que presentara la edificación de 20 niveles con el uso de los disipadores sísmicos logrando resultados favorables en sus desplazamientos, donde para la dirección “x” se determinó para el edificio sin disipadores es de 15.37mm mientras para el edificio con disipadores es 5.96mm logrando una reducción de 61% para el último nivel y para la dirección “y” se determinó para el edificio sin disipadores es 10.24mm mientras para el edificio con disipadores es 4.53mm logrando una reducción de 56% para el

último nivel. Con esto se puede demostrar la importancia de los dispositivos para lograr tener una mejor respuesta sísmica del edificio frente al sismo severo.

Conclusión 3:

Se determinó las derivas máximas que presentara el edificio con el empleo de disipadores fluidos viscosos, logrando resultados positivos y óptimos, para el eje “x” se determinó que para el edificio sin disipadores es 0.0044 y para el edificio con disipadores es 0.0017 logrando una reducción de 61%, mientras para el eje “y” se determinó para el edificio sin disipadores es 0.0019 y para el edificio con disipadores es 0.0013 logrando una reducción de 33% en el último nivel, con lo cual se concluye la gran eficiencia del empleo de estos dispositivos en las edificaciones que ayudan a cumplir con la exigencia del control de derivas para un estado de daño leve y un nivel de desempeño sísmico operacional establecidas en la norma internacional de la Metodología Hazus y el Comité Visión 2000.

Conclusión 4:

Como se sabe el amortiguamiento inherente propio de la edificación es de 5%, pero luego del acoplamiento de los disipadores a la edificación adquiere un nuevo amortiguamiento denominado viscoso producto del trabajo de los dispositivos frente a las respuestas de las fuerzas sísmicas, donde se logró un amortiguamiento viscoso para el eje “x” de 23.97% y para el eje “y” de 37.12%. Concluyendo que los dispositivos de disipadores de fluidos viscosos poseen una gran efectividad de absorber hasta un 80% de la energía sísmica de entrada del sismo y que solo el 20% es tomada por la estructura, logrando así estructuras más seguras y menos vulnerables durante un movimiento sísmico.

Conclusión 5:

Los esfuerzos internos máximos en los elementos estructurales del edificio con la implementación de los disipadores de fluidos viscoso se reducen respecto al edificio del sistema convencional de muros estructurales, es por ello que los resultados de los esfuerzos internos para la dirección “x” sin el uso de los disipadores para las vigas los momentos flectores es 64.06Tnfxm mientras los resultados con los disipadores es 39.46Tnfxm logrando con ellos una reducción de 36%, para la fuerza cortante en las vigas sin el uso de los disipadores es 30.77 Tnfxm mientras los resultados con los disipadores es 19.59Tnfxm logrando una reducción de 36% en las vigas, los momentos flectores en las columnas del edificio sin disipadores es de 104.65Tnfxm mientras los resultados con disipadores es 72.14Tnfxm logrando una reducción de 31% y la fuerza cortante en columnas sin disipador es 38.16Tnfxm y con disipador es 27.43Tnfxm logrando reducir en un 28%, los momentos flectores en las muros del edificio sin disipadores es 25006.27Tnfxm y con disipador es 12645.47Tnfxm logrando una reducción de 49% y la fuerza cortante sin disipadores es 2079.75Tnfxm y con disipador es 1512.92Tnfxm logrando una reducción de 27%. Con lo cual visto el resultado se concluye que el acoplamiento de los sistemas de protección pasivo de disipadores de fluidos viscosos a la edificación logra absorber la energía sísmica de entrada hasta un 80%, dejando ingresar solo un 20% a la estructura que será absorbida por la estructura de concreto armado logrando reducir los esfuerzos internos en los elementos de concreto armado.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar un análisis dinámico tiempo-historia para determinar el comportamiento estructural sismorresistente frente al sismo severo, se debe de emplear 3 registros sísmicos como mínimo que sean compatible con el tipo de suelo en el lugar donde se cimentara el edificio, estos registros sísmicos se pueden obtener en la página del Instituto Geofísico del Perú y REDACIS (Red Acelerografica del CISMID) debido a que estos estos acelerogramas son más confiables y precisos.

Se recomienda para los edificios de uso esencial e importante que se ubican en zonas altamente sísmicas implementar los disipadores de fluidos viscosos debido a que logran disipar hasta un 80% de la energía sísmica de entrada, no obstante, cuenta con beneficios a futuro logrando reducir daños en la edificación, proteger la vida humana de los ocupantes y salvaguardar la economía invertida en la edificación.

Se recomienda ubicar los dispositivos en zonas de altas velocidades y en los pórticos donde ocurran las derivas máximas, de preferencia alejarlos del centro masa. Asimismo, el ASCE 7-10 en su capítulo 18 recomienda colocar dos dispositivos como mínimo para cada dirección a reforzar y buscar la simetría para así evitar los efectos de torsión en el edificio.

Se recomienda para el diseño de las estructuras nuevas y para el reforzamiento de las estructuras que el amortiguamiento viscoso de los disipadores se encuentre en el intervalo de 20% a 40%. Si sale menor al 20% se

recomienda no emplear los dispositivos porque bastaría con rigidizar un poco la estructura de tal manera que cumpla con las derivas máximas de entrepiso. Ahora si el amortiguamiento es mayor al 40% se recomienda no emplear los dispositivos debido que se necesitaran de muchos dispositivos lo cual sería desventajoso para nosotros porque nos saldría muy caro y las estructura durante un evento sísmico se convertiría en una estructura holgazana trabajando solo los dispositivos mas no la estructura.

Se recomienda para el comportamiento de la curva de histéresis de los disipadores de fluido viscoso fuese inadecuado, aumentar la sección de brazo metálico y/o cambiar el tipo de arreglo o disposición de los disipadores logrando que presenten un gráfico de curvas elípticas paralela al eje de las abscisas.

Se recomienda ser bien meticulosos a la hora de usar las herramientas computacionales debido que si ingresas un mal dato por ende obtendremos resultados deficientes.

Se recomienda para la instalación de los sistemas de protección pasivo de los disipadores de fluidos viscoso se debe considerar un proceso de control y supervisión riguroso llevado a cabo por un profesional especialista a cargo de un ingeniero civil.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

7.1 Referencias bibliográficas

Camara Chilena de la Construcción. (2011). *Protección sísmica de estructuras*.

Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

Chavez, J. (2017). *Diseño sismorresistente de edificios con disipadores de fluido viscoso* (Vol. 1). Lima, Perú: Grupo universitario s.a.c.

Federal Emergency Management Agency FEMA. (s.f.). *Multi-hazard Loss Estimation Methodology*. Washintong, EE.UU.

FEMA 274. (1997). *Nehrp commentary on the guidelines for the seismic rehabilitation of buildings*. Washington, EE.UU.

Genatios, C., & Lafuente, M. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Caracas, Venezuela: Banco de desarrollo de América Latina.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6). Mexico D.F., Mexico: Mexicana.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Reglamento nacional de edificaciones-E030*. Lima: El Peruano.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Reglamento nacional de edificaciones-E.031*. Lima. El Peruano.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2016). *Reglamento de Nacional de Edificaciones*. Lima. Lima: El Peruano.

- Oviedo, R. (2016). *Diseño sismorresistente de edificaciones con disipadores de energía*. Lima, Perú: Oviedo ingeniería EIRL.
- SEAOC. (1995). *Performance based seismic engineering of building*. California, EE.UU.
- Tavera, H. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. Lima, Perú: El peruano. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20140926131431.pdf>
- Taylor devices inc. (2020). *Amortiguadores de fluido viscoso y dispositivo de bloqueo horquilla*.
- Taylor devices inc. (2020). *Amortiguadores sísmicos para aplicaciones de construcción*.
- Villareal, G., & Díaz, M. (2016). *Edificaciones con disipadores viscosos*. Lima, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.

7.2 Referencias documentales

- Alva, J., & Castro, K. (2017). Analisis y diseño estructural en edificaciones implementando disipadores de energía viscoso Taylor. (*Tesis de grado*). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4196>
- Azuncion, L. (2016). Analisis comparativo de un portico convencional con y sin disipadores de fluido viscoso modelado en sap2000. (*Tesis de grado*). Universidad Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19892>
- Boza, Z., & Galán, D. (2013). Diseño de un edificio aporticado con disipadores en arreglo chevron. *Tesis de grado*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4518>
- Campos, J. (2018). Análisis del comportamiento estructural de una edificación con muros de ductilidad limitada, en el Distrito de Pillco Marca - Huánuco. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huanuco, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/3989>
- Cuntó, I. (2014). Uso de disipadores viscosos en edificios de hormigón armado en la ciudad de Guayaquil para el mejoramiento del desempeño sísmico. (*Tesis de grado*). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1333>
- Huerta, L. (2017). Análisis comparativo del comportamiento estructural del CPU-UNASAM con disipadores de energía de fluido viscoso. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2107>

- Lescano, Y. (2020). Diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo. (*Tesis de grado*). Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú. Obtenido de <http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1700>
- López, A., & Quiroz, T. (2020). Diseño de una estructura aporticada de ocupación esencial con amortiguadores de fluido viscoso en disposición chevron. (*Tesis de grado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49616>
- Luis, A. (2017). Comportamiento estructural de una edificación de albañilería confinada existente y proyectada, en el distrito de Ate - Lima - 2017. (*Tesis de grado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21757>
- Montalvo, M. (2019). Comportamiento sísmico de una edificación de 10 niveles con sistema dual y disipador de fluido viscoso, Lima 2019. (*Tesis de grado*). Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50176>
- Moscoso, D. (2019). Diseño estructural de un edificio de concreto armado de 7 niveles con disipadores de energía del tipo fluido viscoso en la ciudad de Huancayo. (*Tesis de grado*). Universidad Continental, Huancayo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8453>
- Rojas, R. (2019). Comportamiento estructural de un edificio de 5 pisos por cambio de uso con aplicación de disipadores viscosos, Los Olivos, 2019. (*Tesis de grado*). Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41722>
- Rosero, J. (2020). Incidencia de la inclusión de dispositivos disipadores de energía en las respuestas estructurales de edificios de hormigón armado de 10 y 15 pisos en la ciudad de Quito. (*Tesis de grado*). Universidad Central del

Ecuador, Quito, Ecuador. Obtenido de
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22190>

Taylor devices inc. (2020). *Amortiguadores de fluido viscoso y dispositivo de bloqueo horquilla.*

Taylor devices inc. (2020). *Amortiguadores sísmicos para aplicaciones de construcción.*

Valdez, C. (2019). Analisis y diseño estructural de un edificio utilizando disipadores de energia de fluido viscoso. *(Tesis de grado)*. Universidad Catolica de Santa María, Arequipa, Perú. Obtenido de
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_75b1380b39b3e3ff6a5f8989cb41a311

Velásquez, L. (2019). Reforzamiento de edificio de 4 niveles, construido de concreto armado con sistema estructural tipo marcos, por medio de disipadores de energía, ubicado en el Centro Histórico del municipio de Quetzaltenango, Dpartamento de Quetzaltenango. *(Tesis de maestria)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Quetzaltenango, Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15044/>

7.3 Referencias electrónicas

- Aguiar, R. (04 de 2016). *ResearchGate*. Obtenido de [imagen]:
https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Diagonales-de-acero-con-disipador-SL-que-tiene-rigidez-i-i-i-ii-i_fig3_299537744
- Bbc news. (21 de 09 de 2017). *Los 10 terremotos más potentes y mortíferos de la historia en América Latina*. Obtenido de
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41343606>
- Chen, M. (08 de 09 de 2021). *Países en donde más tiembla en américa latina*. Obtenido de <https://foodandtravel.mx/paises-donde-mas-tiembla-america-latina/>
- Espinosa , O. (2008). Los desastres naturales y la sociedad . *Revista médica electrónica*, 30(4), 2. Obtenido de
<http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/529/html>
- Google maps. (2021). Obtenido de
<https://www.google.com/maps/place/Santa+Mar%C3%ADa/@-11.1034897,-77.6175132,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9106dfeb03bd2cb9:0xb48495cca1afc082!8m2!3d-11.0940627!4d-77.5853353>
- Iglesias, D. (2013). *Propiedades físicas-mecánicas de los materiales*.
- Lugares turístico Región Lima. (01 de 05 de 2012). *Mapa, distritos y pueblos Provincia de Huaura*. Obtenido de [imagen]: <https://turismo-huacho.blogspot.com/2012/05/mapa-de-la-provincia-de-huaura.html>
- Opinion regional. (20 de 04 de 2016). *Terremoto de octubre de 1966*. Obtenido de [imagen]:
<https://www.facebook.com/126404724140700/posts/958425564271941/>

Santa Cruz, S. (5 de 10 de 2015). *Puntoedu*. Obtenido de <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticia/las-construcciones-peruanas-frente-a-los-sismos/>



INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE CUENCA
 FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TÍTULO: INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: PROYECTO DE DISEÑO DE UN CENTRO DE ATENCIÓN A LA CIUDAD

ASIGNATURA: DISEÑO DE EDIFICIOS

SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE

GRUPO: GRUPO 1001

FECHA: 15/09/2021

ENCARGADO: LUIS

EXPERTO: ARQUITECTURA

TÍTULO: INGENIERÍA DE ARQUITECTURA

FECHA: 15/09/2021

ENCARGADO: LUIS

EXPERTO: ARQUITECTURA

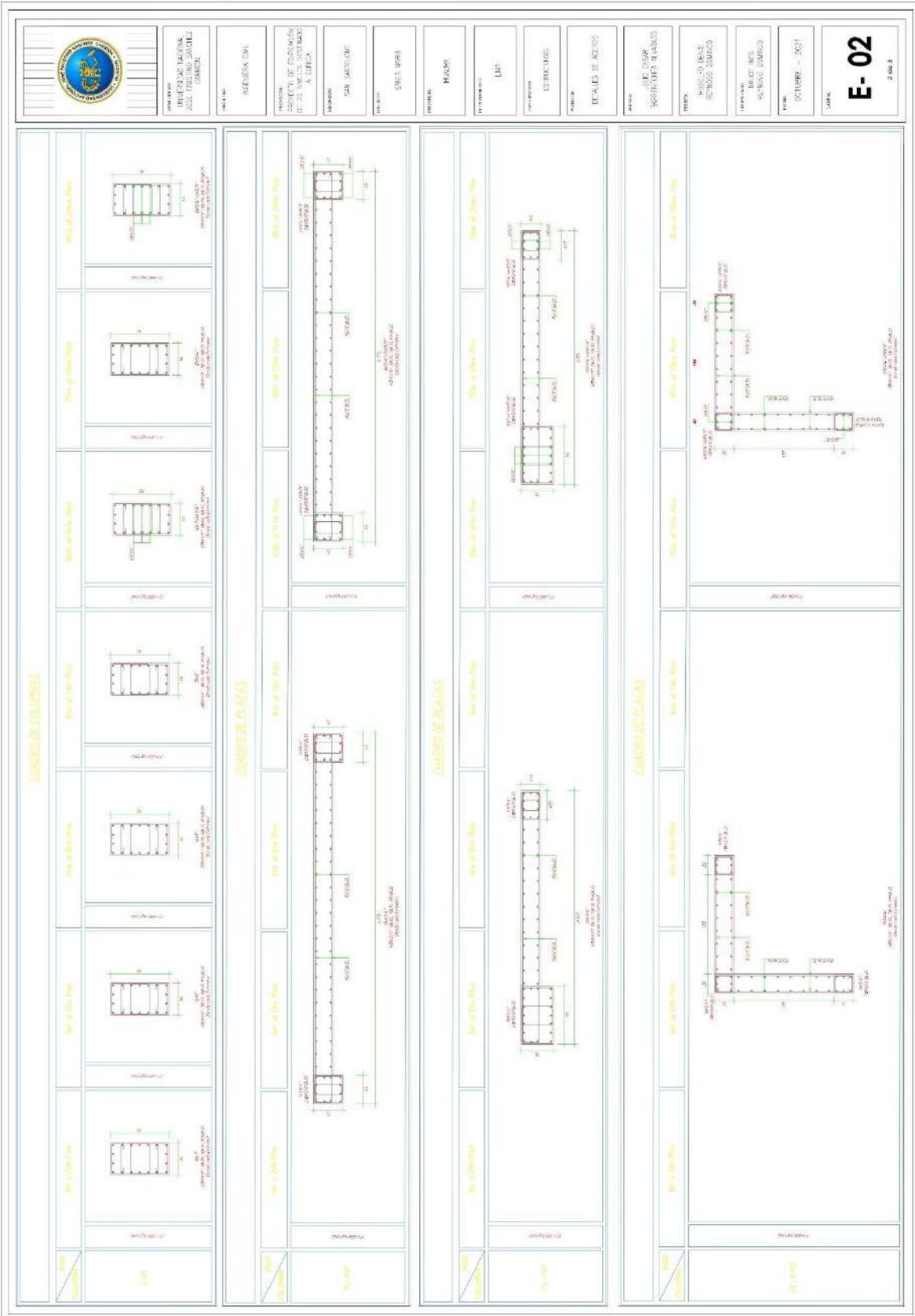
FECHA: 15/09/2021

ENCARGADO: LUIS

EXPERTO: ARQUITECTURA

CANTIDAD DE VENTANAS Y PUERTAS			
TIPO	CANTIDAD	ÁREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
VENTANA	100	100.00	100.00
PUERTA	20	20.00	20.00
TOTAL	120	120.00	120.00

CANTIDAD DE VENTANAS Y PUERTAS			
TIPO	CANTIDAD	ÁREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
VENTANA	100	100.00	100.00
PUERTA	20	20.00	20.00
TOTAL	120	120.00	120.00



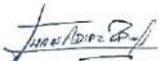
Anexo 4: Informe de estudio de suelo

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ
		Aprobado : RAMIREZ

“MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA”



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS – DICIEMBRE 2021



 JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

Calle Cesar Vallejo #150 - HUALMAY - LIMA - PERU
 CEL: 980 861 069 - 982 537 795
INGELCI PERU SAC

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ	
		Aprobado : RAMIREZ	

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

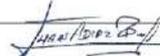
RODOLFO DENIS REYNOSO DOMINGO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

"MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA"

De conformidad con la Norma Técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" la siguiente información deberá transcribirse literalmente en los planos de cimentación. Esta información no es limitativa, deberá cumplir con todo lo especificado en el presente Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) y con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	
Profesional Responsable (PR): Jhans A. Diaz Ramirez	Ing. Civil CIP: 213432
Tipo de Cimentación: Rectangular	
Estrato de apoyo de la cimentación: Grava mal graduada (GP)	
Profundidad de la Napa Freática: No encontrado	Fecha: 05 de diciembre del 2021
Parámetros de Diseño de la Cimentación	
Profundidad de Cimentación: 1.50 m.	
Presión Admisible: 4.36 kg/cm ²	
Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3.00	
Asentamiento Diferencial Máximo Aceptable: 0.74 cm	
Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la Norma E.030)	
Zona Sísmica: 4	
Tipo de perfil del suelo: S1 – Suelos rígidos	
Factor del suelo (S): 1.00	
Periodo TP (s): 0.40	
Periodo TL (s): 2.50	
Agresividad del Suelo a la Cimentación: Moderada	
Problemas Especiales de cimentación	
Licuación: No presenta Nivel Freático dentro del área de estudio.	
Colapso: No Presenta	
Expansión: No presenta	
Indicaciones Adicionales: Cemento Portland Tipo II	



 JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

Calle Cesar Vallejo #150 - HUALMAY - LIMA - PERU
 CEL: 980 861 069 - 982 537 795
INGELCI PERU SAC

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ	
		Aprobado : RAMIREZ	

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El propietario RODOLFO DENIS REYNOSO DOMINGO, requirió contratar los servicios de una empresa para ejecutar actividades de Servicio de elaboración del Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación, para el proyecto de intervención en la infraestructura: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA", contiene toda la documentación y detalles respecto a la metodología aplicada en los trabajos de campo, laboratorio y gabinete del sector, y cuyo estudio principal es de obtener las características geotécnicas, teniendo como principales actividades la excavación de calicatas, muestreo, análisis de laboratorio y el desarrollo del presente informe; los cuales han sido desarrollados y concluidos de acuerdo al programa preestablecido.

1.2 OBJETIVOS

El presente Estudio de Mecánica de Suelos, tiene por finalidad determinar las propiedades físico-mecánicas del terreno sobre el cual se emplazará la infraestructura que se proyecta, identificando el tipo de suelo y sus características de resistencia y deformación, mediante la realización de ensayos de laboratorio. Con la finalidad de cumplir con el programa de trabajo, se realizaron las siguientes actividades:

- Inspección y evaluación visual del área de estudio.
- Geología general
- Exploración de campo. Ejecución de calicatas necesarias.
- Ensayos de laboratorio.
- Determinación de los parámetros físico-mecánicos.
- Análisis de la cimentación.



**JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432**

1.3 NORMATIVIDAD

Las normas que enmarcan el desarrollo del presente estudio son:

- Norma Técnica E-030-2018 Diseño Sismo Resistente.
- Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones

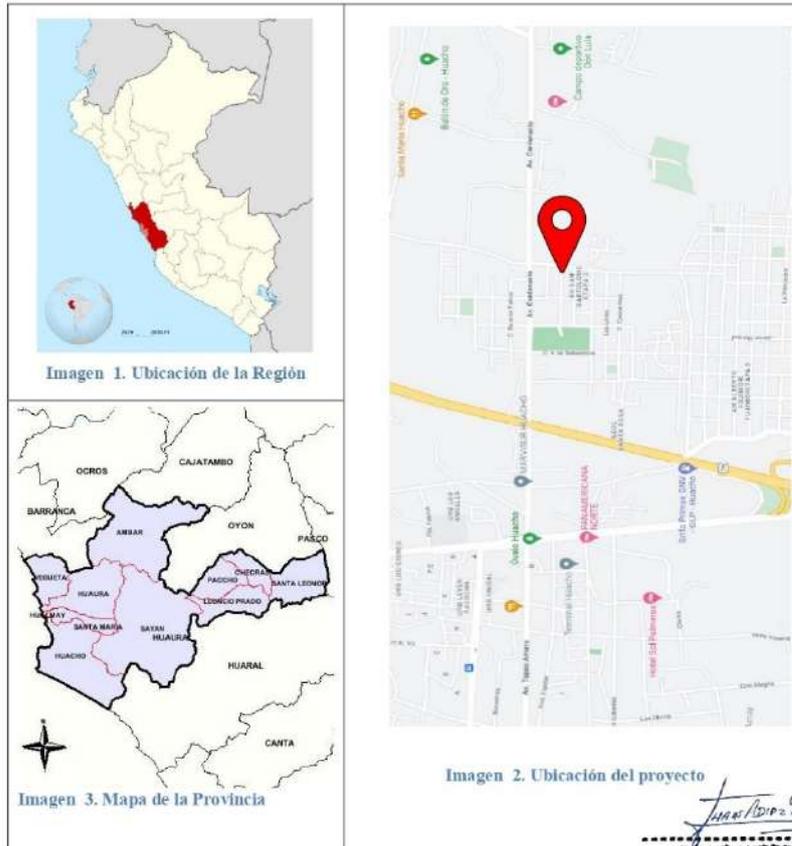
El desarrollo del estudio de Mecánica de Suelos, tiene como referencia las normas para Proyectos de Infraestructura; así como las referencias, materia de la orden de servicio.

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ
		Aprobado

1.4 UBICACIÓN

El proyecto, el cual consiste en la elaboración del estudio de suelos, está ubicado y localizado en:

- ✓ **Lugar:** San Bartolomé II-Etapa Mz: C Lt:13
- ✓ **Sector:** Santa María
- ✓ **Distrito:** Santa María
- ✓ **Provincia:** Huaura
- ✓ **Departamento:** Lima





JHANS ANDERSON DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

Calle Cesar Vallejo #150 - HUALMAY - LIMA - PERU
 CEL: 980 861 069 - 982 537 795
INGELCI PERU SAC

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado	: Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ
		Aprobado	RAMIREZ

1.5 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES

El estudio contempla la elaboración de ensayos de laboratorio para analizar el comportamiento del terreno de fundación en la:

- Edificación de 20 niveles

El proyecto comprende el estudio para la nueva infraestructura, el informe técnico corresponde al estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para el proyecto mencionado.

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1 DISPONIBILIDAD DEL TERRENO

El Proyecto: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA", corresponde a vías cercanas al centro, de mediano tránsito, que pertenecen al distrito de Santa María.

2.2 TOPOGRAFIA Y RELIEVE

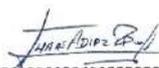
El terreno se emplaza sobre un llano, es de forma irregular y presenta una topografía con un desnivel de 0.15 m. aproximadamente.

3. ASPECTOS HIDROLÓGICOS

3.1 GENERALIDADES

El estudio Hidrológico se sustenta en la disponibilidad del recurso hídrico que existe en el río Huaura aguas hacia arriba del estudio del Proyecto. Debido a que se ha identificado la erosión o posibles inundaciones de tierras agrícolas provocadas por el desborde del río en mención en épocas de altas precipitaciones es por ello que se requiere conocer el comportamiento de los caudales de diseño para un periodo de retorno de 50 años.

El Río Huaura es un río de la costa peruana que desemboca en el océano.



**JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432**

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ	
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ	

4. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD

4.1 GEOLOGIA GENERAL DE LA REGIÓN

La zona de estudio se encuentra en una zona geológicamente perteneciente a la era Cenozoico, en donde la unidad estratigráfica Volcánico Casma (Ki-c), esta formación es una serie marina volcánico-sedimentaria bien estratificada, de amplia distribución en la franja costera de este sector del país. Litológicamente su composición volcánicos Andesita fracturada y alterada intercalada con limolita con notable presencia de óxido de fierro y contenido de sales.

Así mismo la litografía de la zona se presenta como acumulaciones de arena media con aparente estratificación y poco estables, cubiertos por depósitos inestables de Arenas, se observa una lenta migración de materiales.

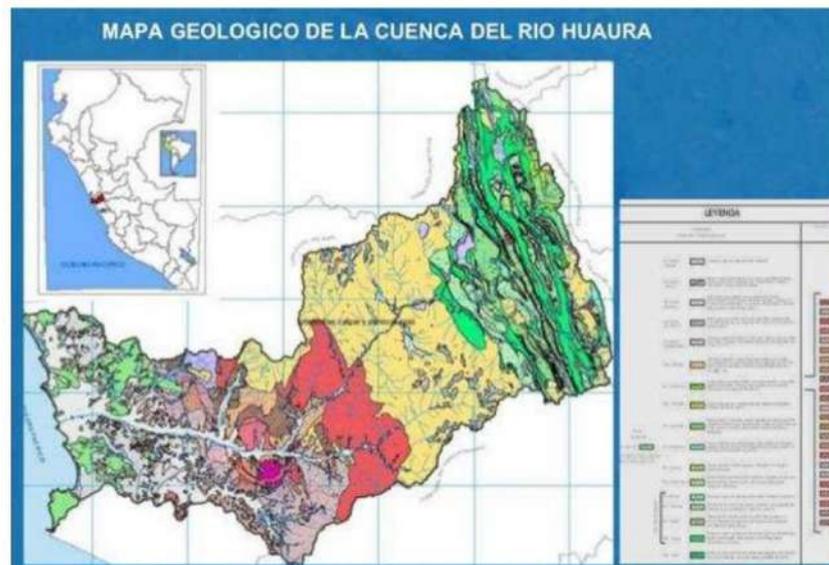
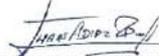


Imagen 4. Mapa Geológico.



**JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432**

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ	
		Aprobado : RAMIREZ	

4.2 GEOLOGIA LOCAL

En el área del estudio, donde se construirá el proyecto está sobre una terraza de origen fluvio-aluvial, este material consiste de estratos de grava - arena limosas con presencia de poca plasticidad, con lentes arenosos, la clasificación y el redondeamiento de los granos varían bastante de un lugar a otro, guardan relación con la distancia y tiempo de acarreo de los elementos, también se observan areniscas.

4.3 GEOMORFOLOGIA

Así mismo la geomorfología de la zona de estudio está comprendida en la unidad de llano aluvial -Pampa costera se ubica en una altitud estimada entre 0 y 100 msnm con una topografía llana de playa, limitada por cerros aislados. En la zona baja de la cuenca se puede diferenciar una llano aluvial, en donde se destacan terrazas y cono de deyección y las estribaciones del frente andino. Para la pampa costera, están comprendidas pendientes menores a 1° a 10°, plana en toda su extensión, con afloramientos locales.

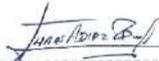
4.4 GEODINAMICA EXTERNA

En época de invierno, por las fuertes precipitaciones el río se vuelve torrencioso, ocasionando problemas de erosión fluvial e inundaciones en sus márgenes, sobre todo en las cuencas media y baja, comprometiendo la seguridad de las obras viales, viviendas y terrenos de cultivo aledaños. Asimismo, la cuenca baja del río, constituye la unidad hidrológica más importante con un reservorio acuífero constituido por depósitos cuaternarios de origen aluvial. Los riesgos geológicos catalogados como fenómenos de geodinámica externa que ocurren en la cuenca son: erosión fluvial, desprendimiento de rocas, derrumbes, huaycos y erosión de laderas que en varias zonas comprometen la seguridad física de las obras viales, de irrigación, de centros poblados y terrenos de cultivo. Se determina que un sismo de la magnitud como el sucedido en 31 de mayo de 1970 que afectó el Departamento de Ancash (epicentro dentro de la fuente sismogénica F-2), tiene una probabilidad de 27% que ocurra en un intervalo de 10 años; 57% en 20 años; 94% en 50 años y 99% en un intervalo de 100 años; entendiéndose esto como el riesgo de que cada intervalo de tiempo se presente un sismo de esa característica dentro de esta fuente.

4.5 SISMICIDAD

La Región Lima, Provincia de Huaura, en la que se encuentra el área de estudio, de acuerdo a la zonificación sísmica de la Norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por la Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA, la ciudad de estudio se encuentra ubicada en la Zona 4, donde el factor de zona "Z" = 0.45, este factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Calle Cesar Vallejo #150 - HUALMAY - LIMA - PERU
 CEL: 980 861 069 - 982 537 795
INGELCI PERU SAC



JHANS ANDERSON DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ	
		Aprobado : RAMIREZ	

4.6 PARAMETROS SISMICOS DEL SUELO

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos. Según el mapa de zonificación sísmica, y de acuerdo a las Normas Sismo - Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, al sector de estudio le corresponde una sísmicidad alta de intensidad media mayor de IX o VIII en la Escala Mercalli modificado.

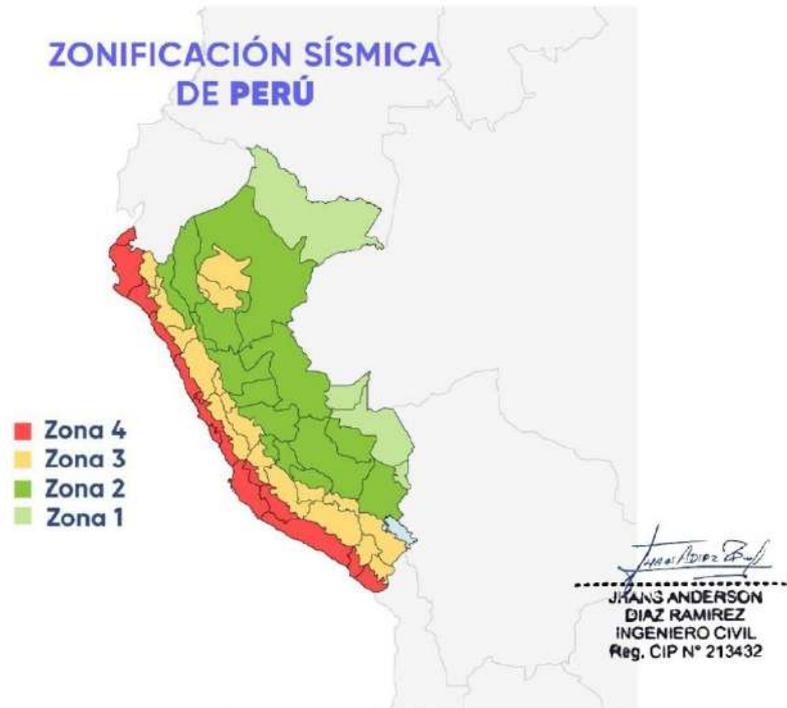


Imagen 5. Mapa de Zonas Sísmicas E-030-2018.

De acuerdo con la revisión de la información disponible, los parámetros sísmicos del suelo para la elaboración del espectro inelástico de Pseudo Aceleración, queda definido de acuerdo a la Normas de Diseño Sismo resistente E-030 del 2018 vigente, según la siguiente relación:

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

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ

Dónde:
 Sa= PSEUDO ACELERACIÓN
 Z= FACTOR DE ZONA
 U= FACTOR DE USO
 S= FACTOR DE AMPLIFICACION DEL SUELO
 C= FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA
 R =COEFICIENTE DE REDUCCION
 g = ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD 9.81m/s²

Para el estudio de la zona se tiene los factores según se detalla a continuación:

Tabla 1. Cuadro de Parámetros Sísmicos del Suelo.

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	R ₀	6	6
U	1.50	I _a	1.00	1.00
S	1.00	I _p	1.00	1.00
T _P	0.40	R	6	6
T _L	2.50	g	9.81 m/s ²	

Fuente: Elaboración propia

4.7 CALCULO DE LOS EMPUJES (ACTIVO Y PASIVO) DEL SUELO

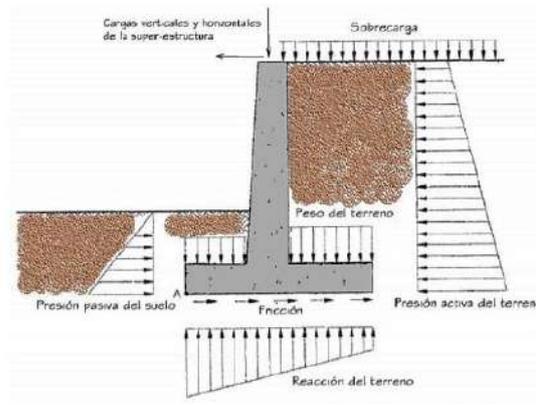
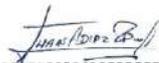


Imagen 6. Empujes en suelo.


JHANS ANDERSON DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

Considerando los datos del cuadro de Resumen de Ensayos de Laboratorio. Se tiene un tipo de suelo representativo: Grava mal graduada (GP) Las fórmulas utilizadas se encuentran detallada en la memoria de cálculo (anexo 9.3).

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ

Tabla 2. Cuadro de Empujes laterales del suelo.

Resumen:

Tipo de Empuje	H asumida	Coeficientes		Empujes		Incremento
		k estatico	k dinamico	Estatico	Dinamico	
Activo	5.00 m	0.364	1.103	83.25 Tn/m	215.00 Tn/m	144.15 Tn/m
Pasivo	1.20 m	3.228	11.220	42.51 Tn/m	126.03 Tn/m	89.77 Tn/m

Fuente: Elaboración propia.

5. ESTUDIOS REALIZADOS

El programa de exploración de campo contempló la ejecución de 2 excavaciones a cielo abierto (calicata), donde pueda obtenerse mayores datos geotécnicos, descripción visual-manual y muestreo alterado.

5.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó la visita a Campo correspondiente previa coordinación con el profesional designado y en presencia del Ingeniero Responsable del Estudio de Mecánica de Suelos. La visita constó del reconocimiento de campo para proponer la ubicación de las calicatas de exploración del suelo, a partir de ello, proponer la mejor alternativa de profundidad y el análisis de la capacidad portante del suelo. El equipo de excavación inició los trabajos.

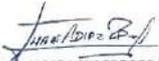
5.2 PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION

Antes del comienzo de los trabajos, se precisó conocer como mínimo los siguientes aspectos:

- ♣ El responsable del Trabajo debe liderar y coordinar las medidas de prevención de accidentes durante la excavación.
- ♣ Características del terreno en relación a los trabajos que se van a desarrollar, tales como: talud natural, nivel freático, posibilidad de filtraciones, estratificaciones, alteraciones anteriores del terreno, etc.
- ♣ Identificar proximidad de edificaciones y características de sus cimentaciones, así como posibles sobrecargas en las proximidades de las paredes de la excavación.

MATERIALES E INSTRUMENTOS

- Zapatos de seguridad
- Guantes de cuero
- Protección visual
- Protección auditiva



JHANS ANDERSON
DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ	
		Aprobado : RAMIREZ	

- Protección respiratoria
- Casco de seguridad con barbiqueo
- Arnés y línea de vida
- Lentes de seguridad
- Chaleco reflectivo (cuando se realicen trabajos en zonas de tránsito de vehículos)
- Escalera (de ser necesario)
- Equipos de apuntalamiento

Durante la excavación se asignó personal calificado, debiéndose previsto de estar por lo menos a 2 metros de distancia, teniendo en cuenta la zona de peligro radio de acción máximo del punto de estudio, En todo el estudio, la excavación fue inspeccionada y verificado por el Ingeniero Responsable.

5.3 EXPLORACION A CIELO ABIERTO

Dada la evaluación de la Zona de Estudio, esta cuenta con un terreno de tramo; el programa de exploración de campo, contempló la ejecución de 1 **Calicata** en el lugar que pudiera ejecutarse el ensayo. La profundidad de la exploración se llegó a 3.00 m.

La identificación de estratigrafía y la Descripción Visual-Manual de suelos se han realizado según la norma ASTM D-2488; que se muestran en los registros de excavaciones.

Asimismo, se han extraído muestras representativas de cada estrato de suelo encontrado, para realizar ensayos de clasificación de identificación, se han obtenido muestras alteradas/inalteradas para los ensayos correspondientes.

Tabla 3. Cuadro de Profundidad alcanzada.

Calicata	Profundidad (m.) A cielo abierto	Muestras extraídas	Profundidad del Nivel freático (m)
C 1	3.00	01	N/A

Fuente: Elaboración propia.


**JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras alteradas (Disturbadas), obtenidas de las calicatas, se realizaron los respectivos ensayos de clasificación de suelos, dichos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos INGELCI PERU SAC. siguiendo las Normas (ASTM).

Las Normas Técnicas para estos ensayos son las siguientes:

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ

ENSAYOS	NORMA TÉCNICA
Pozos o Calicatas y Trincheras	ASTM D-420
Técnicas de Muestreo	ASTM D-420
Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos.	ASTM D-422
Límites de Astterberg (Líquido y Plástico)	ASTM D-4318
Clasificación SUCS.	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO.	AASHTO M-145
Contenido de Humedad.	ASTM D-2216
Ensayo de sales solubles	NTP 339.152
Ensayo de sulfatos	NTP 339.178
Ensayo Triaxial UU	ASTM D-2850-15

5.5 RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Estos ensayos, han permitido caracterizar los distintos tipos de suelos, así como definir los parámetros para el cálculo de su capacidad portante (edificaciones) y asentamientos esperados en el área de estudio.

Tabla 4. Cuadro de Resumen de Ensayos.

N.º	MUEST. N.º	PROF. (m)	GRANULOMETRIA (%)			LIMITES (%)			CLASIFICACION		TRIAXIAL UU	
			Grava	Arena	Finos	L. L.	L. P.	I. P.	SUCS	AASHTO	C	φ
C-01	M-1	3.00	77.5	17.7	4.8	-----	-----	-----	GP	A-1-a(0)	0.04	31.8

Fuente: Elaboración propia.

5.6 DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA

La evaluación de las características geotécnicas de los depósitos de suelos se ha realizado con los registros de excavación de la calicata, y resultados de los ensayos de Laboratorio.

- **CALICATA C-01**

Prof. (m) 3.00

0.00 – 0.90 m. Arena mal graduada, color marrón, humedad moderada no plástico con baja humedad, (consistencia compacta), (consistencia medianamente de suelto a denso) con poco % material granular sub angular.

0.90 – 3.00 m. Grava mal graduada. Su clasificación SUCS = GP

Nivel freático con respecto a la superficie: no se encontró.



JHANS ANDERSON
DIAZ RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 213432

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ

5.7 CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS

Los cloruros y sulfatos presentes en las capas del perfil de suelo, pueden afectar al concreto a utilizarse en la estructura del Proyecto. Los elementos químicos a evaluar son los sulfatos por su acción química sobre el concreto del cimiento y las sales solubles totales por causar pérdida de resistencia por lixiviación.

Se realizaron pruebas para determinar la concentración de elementos químicos agresivos en el suelo de fundación, en el Laboratorio, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados del Análisis Físico - químico.

Calicata	Clasificación SUCS	Profundidad (m.)	S.S.T. (ppm)	CL- (ppm)	SO-4 (ppm)
C-1	GP	0.00 - 2.00	1418	120	414

Fuente: Elaboración propia.

El contenido de sulfatos en las calicatas, está en el rango de moderado, por lo que se recomienda usar **Cemento Tipo II**, para los elementos de concreto y/o concreto armado que se va utilizar en las áreas de influencia de estas calicatas.

En obra además deberá verificarse que los elementos agresivos que pudieran estar presentes en los materiales de préstamos a utilizarse para conformar la subrasante mejorada, base y agregados, estén dentro de los límites tolerables.

Tabla 6. Elementos Químicos Nocivos para la cimentación.

PRESENCIA EN EL SUELO DE	p.p.m.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACION
SULFATOS (*)	0 - 1,000	Leve	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
	1,000 - 2,000	Moderado	
	2,000 - 20,000	Severo	
	> 20,000	Muy severo	
CLORUROS (**)	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras y elementos metálicos
SALES SOLUBLES TOTALES (**)	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia por lixiviación

(*) Comité 318-83 ACI
(**) Experiencia Existente



JHANS ANDERSON DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ

Tabla 7. Tipo de cemento requerido para el concreto expuesto al ataque de los sulfatos.

Grado de Ataque de Sulfatos	SULFATOS (SO ₄) en muestra de suelo (%)	SULFATOS (SO ₄) en agua (p.p.m.)	Tipo Cemento	Relación agua/cemento máxima (concreto normal)
Despreciable	0 a 0.10	0 a 150	I	
Moderado	0.10 a 0.20	150 a 1,500	II	0.50
Agresivo	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45
Muy agresivo	> de 2.00	> 10,000	V + Pozolánico	0.45

P.C.A. Asociación Cemento Pórtland

6. ANALISIS DE CIMENTACIÓN

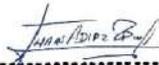
6.1 ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACION

De la evaluación geotécnica de la estratificación de suelos se recomienda cimentar a una profundidad mayor de 1.50 m., por debajo del nivel del terreno natural.

Se debe verificar la uniformidad de los suelos antes de realizar los vaciados de cimientos, en caso contrario se puede lograr también con una falsa zapata de 0.40 m., de espesor o previa compactación del material.

Los cálculos de capacidad admisible, se han realizado para suelo uniforme, identificada como **Grava mal graduada**. NO se considera el mismo para los tramos con bolsones de material suelto.

- Tipo de estructura:
 - Edificación de 20 niveles
- Tipo de cimiento: cimentación rectangular
- Ancho mínimo (B): 1.20 m.
- Largo mínimo de zapata (L): 1.00 m.
- Profundidad mínima (Df): 1.50 m



JHANS ANDERSON DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

6.2 PARAMETROS DE DISEÑO PARA LA CIMENTACIÓN

La obtención de parámetros del suelo se ha realizado a partir de los valores obtenidos en ensayos de Laboratorio. Los valores de los parámetros usados, las condiciones de cimentación, así como los cálculos de capacidad admisible y asentamiento elásticos inmediatos se muestran en la Memoria de cálculo.

6.2.1 CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

Para este caso los suelos predominante en esta investigación geotécnica son los suelos **gravosos**, por lo tanto, el diseño se basa en la capacidad admisible por corte

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ

(Capacidad Portante), los que se han calculado como se indican en la respectiva hoja de cálculo.

El esfuerzo admisible se calcula dividiendo la capacidad de carga última por un factor de seguridad, cuyo valor es 3,0. Para el análisis de la capacidad admisible se empleó el método de Terzaghi modificado por Vesisc, para cimientos corridos, zapata Rectangular.

Para nuestro caso se ha obtenido una Capacidad Admisible de la Calicata, tal como se aprecia en la tabla, para las condiciones de cimentación, indicadas anteriormente tales como (carga, dimensiones y profundidad de desplante).

Tabla 8. Resumen de Capacidad Portante.

Resumen de Capacidad Portante						
Características de la Cimentación				C-01		
Tipo de cimentación	Profundidad (Df)	Largo (L)	Ancho (B)	qult (tn/m ²)	Qadm (tn/m ²)	Qadm (kg-f/cm ²)
Corrida	1.00m	2.00m	0.50m	82.61	27.54	2.75
	1.20m	2.00m	0.50m	97.35	32.45	3.25
	1.40m	2.00m	0.50m	112.09	37.36	3.74
Rectangular	1.30m	1.00m	1.20m	116.09	38.70	3.87
	1.50m	1.00m	1.20m	130.89	43.63	4.36
Cuadrada	1.30m	1.60m	1.60m	121.76	40.59	4.06
	1.50m	1.60m	1.60m	136.61	45.54	4.55

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 CALCULO DE ASENTAMIENTOS

Asimismo, se realiza la predicción de asentamientos, y se calcula de acuerdo a la teoría elástica aplicada por LAMBE y WHITMAN (1969), para los tipos de cimentación analizadas y el esfuerzo neto que transmite un asentamiento uniforme que se puede evaluar por la fórmula que se muestra a continuación (asentamiento máximo considerado = 2.54 cm.)

$$S_i = \frac{q_s \cdot B \cdot (1-u^2) \cdot I_f}{E_s}$$

Donde:

- S_i = Asentamiento (cm)
- q_s = Esfuerzo neto transmitido (ton/m²)
- B = Ancho de cimentación (cm)
- E_s = Módulo de elasticidad (ton/m²)
- u = Relación de Poisson
- I_f = Factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles, 1977) cm/cm


 JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ
		Aprobado

Como muy bien se conoce que el asentamiento que una estructura puede tolerar, asentamiento admisible, el cual depende de muchos factores tale como tipo de cimentación, forma, situación y finalidad de la estructura, así como la forma, velocidad, causa y origen del asentamiento. En el diseño de una cimentación tiene mayor importancia el asentamiento diferencial que el total, sin embargo, siendo mucho más difícil estimar el primero, estimaremos el asentamiento diferencial máximo como el 75% del valor del asentamiento total.

El asentamiento diferencial admisible se determina a partir de la distorsión angular admisible. Según Bjerrum (1963), una distorsión angular de $\delta/l = 1/500$ es admisible como limite de seguridad para cimentaciones de estructuras rígidas alta y esbeltas y que no permiten grietas.

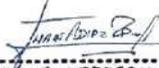
Procediendo a realizar los cálculos de los asentamientos inmediatos son:

Tabla 9. Resumen de Asentamientos

Resumen de resultados obtenidos :

Tipo de cimentación	Profundidad (D)	Largo (L)	Ancho (B)	L/B	Qadm (tn/m2)	Asentamientos Inmediatos Totales			
						s (cm) rígida	s (cm) Flexible centro	s (cm) Flexible esquina	s (cm) Flexible medio
Rectangular	1.30m	1.00m	1.20m	0.83	38.70	0.66	0.92	0.46	0.78
	1.40m	1.00m	1.20m	0.83	41.16	0.70	0.97	0.49	0.83
	1.50m	1.00m	1.20m	0.83	43.63	0.74	1.03	0.52	0.88
	1.60m	1.00m	1.20m	0.83	46.09	0.78	1.09	0.54	0.92
	1.70m	1.00m	1.20m	0.83	48.56	0.83	1.15	0.57	0.97

Fuente: Elaboración propia.



JHANS ANDERSON DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ
		Aprobado

7. CASOS ESPECIALES

7.1 SUELOS COLAPSABLES

En aplicación de la metodología establecida en la N.T. E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), la relación entre los Suelos Colapsables y No Colapsables y los parámetros de Límite Líquido y Densidad Natural Seca se muestra en la gráfica siguiente:

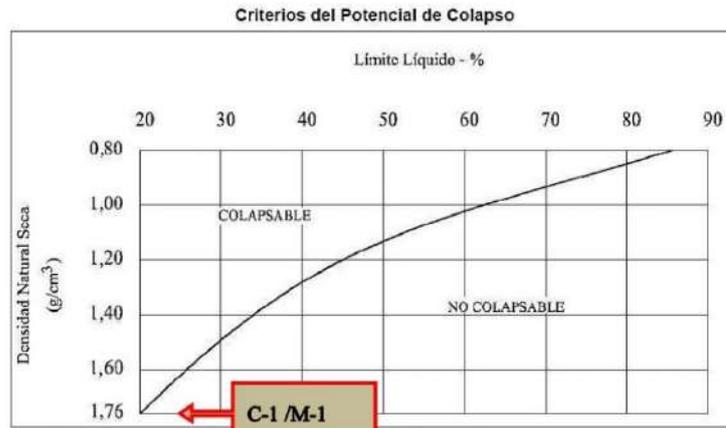
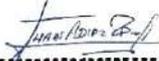


Imagen 7. Análisis de Colapsabilidad.

Del ensayo de Límite Líquido (ASTM D 2435), efectuado a la Muestra de la Calicata C-1/M-1 (0.00 – 3.00m), de (SUCS=SM), se tiene:

- Peso unitario seco del suelo $\gamma_d = 1.865 \text{ Tn/m}^3 = 1.86 \text{ gr/cm}^3$
- Límite Líquido del suelo $LL = 0.00 \%$.

La Muestra representativa M-1 (0.00 – 3.00m) de la Calicata C-1, se encuentra ubicada **fuera** del área perteneciente a los **Suelos Colapsables**, sin embargo, es recomendable que el subsuelo ubicado al nivel del Fondo de la Cimentación sea sometido a una compactación hasta lograr el 95% de la Máxima Densidad Seca del Ensayo Proctor Modificado antes de que se efectúe los trabajos de la construcción de la cimentación de la edificación proyectada.



**JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432**

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ	
		Aprobado : RAMIREZ	

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

El presente Informe corresponde a un Estudio de Mecánica de Suelos con fines de cimentaciones (EMS), solicitado por: RODOLFO DENIS REYNOSO DOMINGO, para el Proyecto: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA".

Los objetivos del estudio son:

- Obtener las dimensiones de las cimentaciones en conformidad con las características físicas y mecánicas de los suelos.
- Calcular los asentamientos de las cimentaciones.

Los ensayos siguen los procedimientos del ASTM, del SUCS y el ASSHTO, realizándose en el laboratorio de mecánica de suelos – asfalto – concreto y ensayo de materiales de construcción.

En el área de estudio no se halló nivel de napa freática lo que se debe de tener en cuenta al momento del diseño del proyecto.

En el área en estudio se realizaron 1 calicata.

El suelo en su mayoría está formado por dos estratos, el suelo de mayor consolidación se encuentra por debajo de los 1.50 metro de profundidad.

Se deberá realizar el tipo de cimentación conocido como cimiento rectangular.

Considerando el estrato de suelo encontrado, es la mejor opción que se contempla en el estudio, así podrá evitar asentamientos mayores a lo que la norma peruana indica.

Se deberá cimentar en todos los casos sobre un suelo firme estable mejorando los suelos sensibles, siendo la profundidad mínima de cimentación 1.50m por debajo del terreno natural.

En la excavación realizada, se ha encontrado el tipo de suelo representativo:

SUELO TIPO: GRAVA MAL GRADUADA (GP)

De acuerdo a la estructura proyectada, la configuración del terreno y los ensayos realizados se ha evaluado el siguiente nivel de cimentación:

Calle Cesar Vallejo #150 - HUALMAY - LIMA - PERU
 CEL: 980 861 069 - 982 537 795
INGELCI PERU SAC


**JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432**

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo : Ing. JHANS A. DIAZ
		Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ

Resumen de Capacidad Portante						
Características de la Cimentación				C-01		
Tipo de cimentación	Profundidad (Df)	Largo (L)	Ancho (B)	qult (tn/m2)	Qadm (tn/m2)	Qadm (kg-f/cm2)
Corrida	1.00m	2.00m	0.50m	82.61	27.54	2.75
	1.20m	2.00m	0.50m	97.35	32.45	3.25
	1.40m	2.00m	0.50m	112.09	37.36	3.74
Rectangular	1.30m	1.00m	1.20m	116.09	38.70	3.87
	1.50m	1.00m	1.20m	130.89	43.63	4.36
Cuadrada	1.30m	1.60m	1.60m	121.76	40.59	4.06
	1.50m	1.60m	1.60m	136.61	45.54	4.55

Los asentamientos diferenciales calculados se encuentran dentro de los márgenes de tolerancia admisible.

El asentamiento inmediato será:

Resumen de resultados obtenidos:

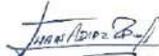
Tipo de cimentación	Profundidad (Df)	Largo (L)	Ancho (B)	L/B	Qadm (tn/m2)	Asentamientos Inmediatos Totales			
						s (cm) rígida	s (cm) Flexible centro	s (cm) Flexible esquina	s (cm) Flexible medio
Rectangular	1.30m	1.00m	1.20m	0.83	38.70	0.66	0.92	0.46	0.78
	1.40m	1.00m	1.20m	0.83	41.16	0.70	0.97	0.49	0.83
	1.50m	1.00m	1.20m	0.83	43.63	0.74	1.03	0.52	0.88
	1.60m	1.00m	1.20m	0.83	46.09	0.78	1.09	0.54	0.92
	1.70m	1.00m	1.20m	0.83	48.56	0.83	1.15	0.57	0.97

Como parámetros para el Diseño Sismo – Resistente, se consideran los siguientes valores del factor de zona (Z), período predominante de vibración del suelo (Ts) y el factor suelo (S):

Cuadro de Parámetros Sísmicos del Suelo.

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	R _o	6	6
U	1.50	I _a	1.00	1.00
S	1.00	I _p	1.00	1.00
T _p	0.40	R	6	6
T _L	2.50	g	9.81 m/s ²	

Fuente: Elaboración propia


 JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACION DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA"	Fecha: 2021	
	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION	Elaborado : Mack C. Chávez Castillo Aprobado : Ing. JHANS A. DIAZ RAMIREZ	

8.2 RECOMENDACIONES

Se deberá prever que al momento de diseñar el proyecto se debe tener la uniformidad de la distribución de las cargas sobre el terreno a construir para no tener deformaciones laterales y deformaciones diferenciales.

El contenido de sulfatos en las calicatas, está en el rango de moderado, por lo que se recomienda usar **Cemento Tipo II**, para los elementos de concreto y/o concreto armado que se va utilizar en las áreas de influencia de estas calicatas.

En obra además deberá verificarse que los elementos agresivos que pudieran estar presentes en los materiales de préstamos a utilizarse para conformar la subrasante mejorada, base y agregados, estén dentro de los límites tolerables.

Por ningún motivo se recomienda, cimentar sobre material de relleno (restos de construcción y/o domésticos), salvo se haga un tratamiento de mejoramiento de terreno sobre estos rellenos y solo para estructuras donde la carga transmitida al suelo sea algo mínimo (sin riesgo de los usuarios).

Compactación:

La compactación del suelo se define como el procedimiento que mecánicamente incrementa la densidad de un suelo.

Se compactará con rodillos de 2 toneladas, o menores para espacios reducidos, humedad determinada por el Proctor modificado.

Las capas de compactación deben ser de 20 cm de espesor mínimo.

Hacer los ensayos de densidad In-Situ al 98% de compactación mínima.

Se seguirá con el procedimiento de relleno hasta llegar a la cota de cimentación.

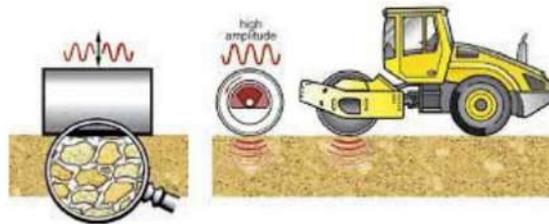
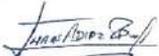
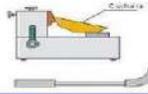


Imagen 8. Compactación.



 JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 213432



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
INGELCI PERU S.A.C.
 INGENIERIA ELECTROMECHANICA Y CIVIL
 R.U.C. - 20600224302



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SUELOS/REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA (ASTM - 2488)

SOLICITANTE : RODOLFO DENIS REYNOSO DOMINGO
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EMPLEANDO DISIPADORES SISMICOS DE FLUIDO VISCOSO, EN UNA EDIFICACIÓN DE 20 NIVELES EN EL DISTRITO DE SANTA MARIA
 DISTRITO : SANTA MARIA
 UBICACIÓN : San Bartolomé II-Etapa Mz: C Lt:13 - SANTA MARIA - HUAURA - LIMA
 CALICATA : C-1
 PROFUNDIDAD : 3.00 m.
 PTO. MUESTREO : ---
 MUESTRA : M - 1

TÉCNICO ESPEC. : MACK C. CHAVEZ CASTILLO
 ING° RESP. : JHANS A. DIAZ RAMIREZ
 FECHA : 5 DE DICIEMBRE DEL 2021
 N° ENSAYO : 2444 - 2021-LAB/MS-INGELCI

Prof. (m)	Estrato		Símbolo Grafico	Descripción Visual del Suelo	Clasificación		Granulometría				Constantes Físicas			W. Natural	
	Capa	Espesor (m)			AASH TO	Unif.	>3"	3" - N°4	N°4 - #200	< #200	LL	LP	IP		
0.10				Arenas mal graduada, color marrón, humedad moderada no plástica con baja humedad, (consistencia compacta), (consistencia medianamente de suelto a denso) con poco % material granular sub angular.											
0.20															
0.30															
0.40															
0.50															
0.60															
0.70															
0.80															
0.90															
1.00															
1.10															
1.20															
1.30															
1.40															
1.50															
1.60		3.00													
1.70															
1.80															
1.90															
2.00															
2.10															
2.20															
2.30															
2.40															
2.50															
2.60															
2.70															
2.80															
2.90															
3.00															
						A-1-a (0)	GP	89.9	77.5	17.7	4.8	0.0	0.0	0.0	2.5

PANEL FOTOGRAFICO



Mack C. Chavez Castillo
 Mack C. Chavez Castillo
 ESPECIALISTA

Jhans Anderson Diaz Ramirez

JHANS ANDERSON
 DIAZ RAMIREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 213432

Anexo 5: Calicata para estudio de suelo







