



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL MEGA
LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD
HUMANA Y PROPUESTA DE MEJORA CON SISTEMAS DE
PROTECCIÓN SÍSMICA DE DISIPADORES DE ENERGÍA
SÍSMICA**

TESIS

PRESENTADA POR:

JHON JESUS QUISPE BEJAR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

*Para mis padres queridos **Abraham** y **Catalina** con profunda emoción y satisfacción por comprenderme y guiarme con sus sabios ejemplos; por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida; y por enseñarme a ser perseverante.*

Para mis apreciados hermanos con honda satisfacción y alegría; quienes constituyen un aliento permanente en mi vida.

Jhon Jesús



AGRADECIMIENTOS

A Dios, Todopoderoso por guiar mi camino.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Alma máter de la cultura puneña por ser parte imborrable de mi formación profesional.

Al personal directivo, docente y no docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por haberme impartido sus conocimientos y experiencias durante mi estadía en las aulas universitarias.

Al Ing. Raúl Fernando Echegaray Chambi y al Ing. Nicolás Luza Flores con intensa gratitud, quienes de modo desinteresado hicieron un correcto asesoramiento a la presente tesis de investigación.

Al Ing. Jaime Medina Leiva, quien impulsó esta investigación estando siempre listo para brindar toda su ayuda.

Al Ing. Samuel Laura Huanca y al Ing. Henry Antonio Aguilar Chuquimia, lo propio, por sus sabias recomendaciones y apoyo intelectual durante la elaboración del trabajo de investigación.

Jhon Jesús Quispe Bejar



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	27
ABSTRACT.....	28

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	29
1.2 HIPÓTESIS	31
1.2.1 Hipótesis General.....	31
1.2.2 Hipótesis Específicas	31
1.3 JUSTIFICACIÓN	32
1.4 OBJETIVOS	35
1.4.1 Objetivo general.....	35
1.4.2 Objetivos específicos	35
1.5 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	35

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	37
2.2 SISMICIDAD	41
2.2.1 Peligro Sísmico	41
2.2.2 Sismo	41
2.2.3 Estaciones Acelerométricas	42
2.2.4 Acelerogramas	42
2.3 ENFOQUES DE DISEÑO SISMORRESISTENTE.....	43
2.3.1 Enfoque Sismorresistente Tradicional o Convencional.....	43
2.3.2 Enfoque Basado en Desempeño	45



2.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	48
2.4.1 Sistemas Modernos de Protección Sísmica	48
2.4.2 Sistemas Pasivos de Disipadores de Energía Sísmica	49
2.4.3 Tipos de Disipadores de Energía Sísmica.....	49
2.5 DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOSOS	53
2.5.1 Principios Fundamentales de la Disipación de Energía.....	54
2.5.2 Componentes de un Disipador Fluido – Viscoso (DFV).....	55
2.5.3 Comportamiento de los Disipadores Fluido-Viscosos.....	57
2.5.1 Configuraciones de los Dispositivos.....	58
2.5.2 Interpretación Dinámica de Disipadores Fluido-Viscosos	60
2.5.3 Modelo Matemático del Sistema de Amortiguamiento	62
2.5.4 Ecuación General de un sistema de DFV	66
2.5.5 Efecto del Amortiguamiento Añadido a la Estructura.....	67
2.5.6 Amortiguamiento Viscoso Lineal y no Lineal.....	73
2.5.7 Exponente de Velocidad “ α ”	74
2.5.8 Rigidez del dispositivo “K” (Rigidez del brazo metálico)	75
2.5.9 Comportamiento Fuerza - Desplazamiento	76
2.5.10 Balance Energético	77
2.5.11 Criterios de ubicación	78
2.5.12 Fabricantes	78
2.6 NORMAS DE DISEÑO	79
2.6.1 Requerimiento de Diseño Convencional -RNE E.030 (2020).....	79
2.6.2 Requerimiento de Diseño Norma Norte Americana ASCE 7-16	85
2.7 DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIONES	87
2.7.1 Objetivos del Desempeño Sismorresistente.....	88
2.7.2 Niveles de Amenaza Sísmica.....	88
2.7.3 Niveles de Desempeño.....	88
2.7.4 Importancia de la Edificación	90
2.7.5 Objetivos Múltiples de Desempeño	90
2.7.6 Deriva y Daño Estructural	91
2.8 ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA (ADLTH - ADNLTH)	92
2.8.1 Análisis Dinámico no Lineal Tiempo-Historia rápido (FNA).....	93



2.8.2	Registros Sísmicos - Análisis Tiempo-Historia.....	94
2.9	DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	98
2.9.1	Combinación de Carga para Diseño:	99
2.9.2	Diseño por Flexo Compresión	99
2.9.3	Diseño de columnas del Sistema de Amortiguamiento	99
2.10	PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO - DFV	100

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	MATERIALES	102
3.1.1	Materiales en el Proceso de la Investigación.	102
3.1.2	Materiales en Evaluación	104
3.1.3	Instrumentos Normativos.....	106
3.1.4	Instrumentos de recolección de datos	107
3.2	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN:	108
3.2.1	Enfoque de la Investigación.....	108
3.2.2	Tipo de Investigación.....	108
3.2.3	Diseño de Investigación.....	109
3.3	OBJETO DE ESTUDIO	111
3.3.1	Descripción del Proyecto	111
3.3.2	Ubicación	111
3.3.3	Vías de Acceso.....	112
3.3.4	Sectorización.....	112
3.3.5	Categorización Mega laboratorio como establecimiento de salud	113
3.3.6	Situación Actual del Mega laboratorio Clínico Universitario	114
3.3.7	Estudio de suelo (EMS)	116
3.4	MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	121
3.4.1	Unidades de Estudio	121
3.4.2	Dimensiones de los elementos estructurales.....	128
3.4.3	Asignación de Cargas	129
3.5	TRATAMIENTO DE REGISTROS SÍSMICOS.....	130
3.5.1	Registros Sísmicos	130
3.5.2	Registros Sísmicos Escalados a la Zona de Estudio (Z=0.35g).....	130



3.5.3	Registros Sísmicos escalados al Espectro Objetivo($R=1$)	132
3.6	MODELO DE ESTRUCTURA CONVENCIONAL SIN DFV	136
3.6.1	Sector A	136
3.6.2	Sector B.....	142
3.6.3	Sector C.....	146
3.6.4	Sector D	150
3.6.5	Sector E.....	154
3.6.6	Sector E-F	158
3.7	MODELO DE ESTRUCTURA CON DFV	163
3.7.1	Generalidades.....	163
3.7.1	Sector A	169
3.7.2	Sector B.....	174
3.7.3	Sector C.....	179
3.7.4	Sector D	182
3.7.5	Sector E.....	186
3.7.6	Sector E-F	190

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL SIN DFV	194
4.1.1	Sector A	194
4.1.2	Sector B.....	196
4.1.3	Sector C.....	197
4.1.4	Sector D	199
4.1.5	Sector E.....	200
4.1.6	Sector E -F	202
4.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURA CON DFV.....	204
4.2.1	Sector A	204
4.2.2	Sector B.....	212
4.2.3	Sector C.....	219
4.2.4	Sector D	224
4.2.5	Sector E.....	230
4.2.6	Sector E -F	236



4.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS SIN DFV Y CON DFV	243
4.3.1 Desplazamientos Máximos Relativos y Absolutos.....	243
4.3.2 Energía Sísmica Disipada por DFV	252
4.3.3 Evaluación de Fuerza Axial Máxima en los Disipadores	254
4.3.4 Dispositivos de Amortiguamiento DFV	256
4.4 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE COLUMNA.....	258
4.4.1 Reducción del Espectro	258
4.4.2 Factor de Amplificación de Carga Axial	259
4.4.3 Carga Axial de diseño de la norma E.030	260
4.4.1 Amplificación de Carga Axial de Columna.....	261
4.4.2 Verificación de Resistencia de Columna con DFV	261
4.4.3 Resumen Comparativo de Resistencia de Columna con DFV	263
4.5 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS	264
V. CONCLUSIONES.....	266
VI. RECOMENDACIONES.....	269
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	304
ANEXOS.....	309

ÁREA : Estructuras

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Análisis y Diseño Estructural.

FECHA DE SUSTENTACION: 08 DE FEBRERO DEL 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mecanismo de Propagación de la Energía Sísmica.....	41
Figura 2 Enfoque Estructural Clásico.....	44
Figura 3 Distribución de la Energía Sísmica en un Edificio sin y con DFV	47
Figura 4 Sistemas de Protección Sísmica	48
Figura 5 Clasificación de los Disipadores de Energía.....	49
Figura 6 Comportamiento Idealizado de los Disipadores de Fluencia	50
Figura 7 Disipador Tipo ADAS y Ubicación de Disipadores	51
Figura 8 Disipador Tipo TADAS y Respuesta Histerética.....	51
Figura 9 Dispositivo de Amortiguación por Fricción.....	52
Figura 10 Disipador viscoelástico sólido.....	52
Figura 11 Disipador Pasivo del Tipo Fluido Viscoso.....	53
Figura 12 Disipadores fluido viscoso Taylor y Respuesta histerética.....	54
Figura 13 Reducción en las Demandas de Resistencia.....	54
Figura 14 Componentes de los Disipadores Viscosos.....	55
Figura 15 Corte de un Disipador Viscoso.....	56
Figura 16 Funcionamiento de los Disipadores Viscosos.....	57
Figura 17 Disposición Diagonal	59
Figura 18 ConFiguración Chevron Brace.....	60
Figura 19 Disposición Scissor Jack	60
Figura 20 Modelo dinámico del sistema de DFV de un sólo grado de libertad	61
Figura 21 Modelo de sólido Voigt-Kelvin.....	62
Figura 22 Modelo de sólido Maxwell.....	63
Figura 23 Comparación de valores experimentales y teóricos	64
Figura 24 Lazos Histeréticos de Disipadores de Fluido Viscoso	66



Figura 25 Desplazamiento Vs Fuerza del Amortiguador	69
Figura 26 Disposición Diagonal Asumida.....	70
Figura 27 Angulo De Inclinación y Desplazamiento Relativo	71
Figura 28 Relación Velocidad vs. Fuerza del Disipador	75
Figura 29 Relación fuerza - desplazamiento del amortiguador	76
Figura 30 Reducción del Espectro de Pseudo aceleraciones	86
Figura 31 Amortiguamiento Efectivo & Factor de Reducción de Espectro	87
Figura 32 Curva de Capacidad Sectorizada Propuesta por el SEAOC.....	89
Figura 33 matriz de desempeño Propuesta por el SEAOC	90
Figura 34 Estaciones Acelerométricas -CISMID	95
Figura 35 Insertando el Factor de Escalado.....	96
Figura 36 Corrección de Línea Base y Filtro.....	96
Figura 37 Importación de Espectro Elástico R=1	97
Figura 38 Señal Importado - Señal Escalado a Espectro Elástico R=1	97
Figura 39 Comparación de Espectros	98
Figura 40 Flujograma de la metodología de análisis y diseño con DFV	110
Figura 41 Vías de Acceso al Mega Laboratorio	112
Figura 42 Sectores del Mega Laboratorio	112
Figura 43 Vista Principal del Mega Laboratorio Clínico Universitario	114
Figura 44 Vista principal del Mega Laboratorio (sector A, B y C).....	114
Figura 45 Vista lateral del Mega Laboratorio (sector C y D).....	115
Figura 46 Vista del Mega Laboratorio (sector D, E, H y E-F)	115
Figura 47 Plano Ubicación de Calicatas	116
Figura 48 Perfil estratigráfico de Calicata N° 1 - EMS	118
Figura 49 Planta típica de distribución - sector A	122



Figura 50 Elevación principal - sector A.....	122
Figura 51 Planta típica de distribución - sector B.....	123
Figura 52 Elevación principal - sector B	123
Figura 53 Planta típica de distribución - sector C.....	124
Figura 54 Elevación principal - sector C	124
Figura 55 Planta típica de distribución - sector D	125
Figura 56 Elevación principal - sector D.....	125
Figura 57 Planta típica de distribución - sector E.....	126
Figura 58 Elevación principal - sector E	126
Figura 59 Planta típica de distribución - sector E-F	127
Figura 60 Elevación principal - sector E-F.....	127
Figura 61 Acelerograma de Movimiento del Terreno (Lima E-W y N-S).....	131
Figura 62 Acelerograma de Movimiento del Terreno (Moquegua E-W y N-S)	131
Figura 63 Acelerograma de Movimiento del Terreno (Ica E-W y N-S).....	131
Figura 64 Espectro Objetivo o Elástico (similar en todos los sectores)	132
Figura 65 Espectro de Pseudo Aceleración (Lima E-W).....	133
Figura 66 Espectro de Pseudo Aceleración (Lima E-W y N-S)-sector A	133
Figura 67 Espectro de Pseudo Aceleración (Moquegua E-W y N-S)-sector A	134
Figura 68 Espectro de Pseudo Aceleración (Ica E-W y N-S)-sector A.....	134
Figura 69 Escalado de Acelerogramas - sector A.....	135
Figura 70 Planta - sector A	136
Figura 71 Dibujo de modelo - sector A	139
Figura 72 Asignación de Coeficiente de Cortante- sector A	140
Figura 72 Espectro E-030 - sector A	141
Figura 74 Definición de Acelerogramas (sector A).....	141



Figura 75 Asignación de Caso de carga de Acelerograma (sector A).....	142
Figura 76 Planta - sector B	143
Figura 77 Dibujo de modelo - sector B	144
Figura 77 Espectro E-030 - sector B.....	145
Figura 79 Escalado de Acelerogramas - sector B	146
Figura 80 Planta - sector C	147
Figura 81 Dibujo de modelo - sector C	148
Figura 82 Espectro E-030 - sector C.....	149
Figura 83 Escalado de Acelerogramas - sector C	150
Figura 84 Planta - sector D	151
Figura 85 Dibujo de modelo - sector D	152
Figura 86 Espectro E-030 - Sector D.....	153
Figura 86 Escalado de Acelerogramas - Sector D	154
Figura 87 Planta - sector E.....	155
Figura 88 Dibujo de modelo - sector E.....	156
Figura 90 Espectro E-030 - sector E.....	157
Figura 91 Escalado de Acelerogramas - sector E	158
Figura 92 Planta - sector E-F	159
Figura 93 Dibujo de modelo - sector E-F	160
Figura 94 Espectro E-030 - sector E-F	161
Figura 95 Escalado de Acelerogramas - sector E-F.....	162
Figura 96 Matriz de Desempeño – SEAOC (1999).....	163
Figura 97 Función Pulso (sector A).....	164
Figura 98 Definición casos modales- vectores Ritz (sector A)	166
Figura 99 Definimos de Función Rampa (sector A).....	167



Figura 100 Definición del Caso de Carga Gravedad - sector A	167
Figura 101 Caso de Carga Pulsar - Sector A	168
Figura 102 Caso de Carga TH no Lineal FNA - sector A	168
Figura 103 Ubicación de los Disipadores - sector A	172
Figura 104 Disposición de los Disipadores en la Dirección Y- sector A	173
Figura 105 Disposición de los Disipadores (3D)- sector A.....	173
Figura 106 Ubicación de los Disipadores - sector B	177
Figura 107 Disposición de los Disipadores en la Dirección X- sector B	178
Figura 108 Disposición de los Disipadores en la Dirección Y- sector B	178
Figura 109 Ubicación de los Disipadores - sector C	181
Figura 110 Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector C	181
Figura 111 Ubicación de los Disipadores - sector D	184
Figura 112 Disposición de los Disipadores en la Dirección X-X- sector D.....	185
Figura 113 Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector D.....	185
Figura 114 Disposición de los Disipadores (3D)- sector D.....	185
Figura 115 Ubicación de los Disipadores - sector E.....	188
Figura 116 Disposición de los Disipadores en la Dirección X-X- sector E	189
Figura 117 Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector E	189
Figura 118 Ubicación de los Disipadores - sector E-F.....	192
Figura 119 Disposición de los Disipadores en la Dirección X-X- sector E-F.....	193
Figura 120 Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector E-F.....	193
Figura 121 Decremento logarítmico de Función Pulso (Y) - Sector A.....	205
Figura 121 Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector A	206
Figura 123 Curvas de Histéresis DFV no Lineales con $\alpha = 0.50$ (Y) - Sector A	208
Figura 124 Fuerza Axial de disipadores DFV (Y) - sector A.....	209



Figura 124 Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector B.....	213
Figura 125 Curvas de Histéresis DFV no Lineales (X) - Sector B.....	215
Figura 126 Curvas de Histéresis DFV no Lineales (Y) - Sector B.....	215
Figura 128 Fuerza Axial de disipadores DFV (X) - sector B	217
Figura 129 Curvas de Balance Energético de cada Registro – Sector C.....	221
Figura 130 Curvas de Histéresis DFV no Lineales (Y) - Sector C.....	222
Figura 131 Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector D	226
Figura 132 Curvas de Histéresis DFV no Lineales - Sector D	228
Figura 133 Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector E.....	232
Figura 134 Curvas de Histéresis DFV no Lineales - Sector E	234
Figura 135 Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector E-F	238
Figura 136 Curvas de Histéresis DFV no Lineales - Sector E-F.....	240
Figura 137 Comparación de Derivas (%) "X"	244
Figura 138 Comparación de Derivas (%) "Y"	245
Figura 139 % de Reducción de Derivas "X".	246
Figura 140 % de Reducción de Derivas "Y"	247
Figura 141 Derivas Máximas absolutas (%) -sector B	248
Figura 142 Desplazamientos Máximas absolutas (cm) -Sector B	250
Figura 143 Aceleraciones Máximas absolutas (m/seg ²) -Sector B.....	252
Figura 144 % de Energía Disipada por DFV – Sismo Moquegua 2001-sector B.	253
Figura 145 % de Energía Disipada por DFV (Todos los sectores).....	254
Figura 146 Fuerza de Diseño de Disipadores DFV "X".....	255
Figura 147: Fuerza de Diseño de Disipadores DFV "Y".....	256
Figura 148 Determinación de Factor de Reducción de Espectro-sector A.....	258
Figura 149 Comparación entre Espectro de la Norma y Reducido ASCE	259



Figura 150 Refuerzo de Columna - Cuantía de 1% - (Sector A).....	260
Figura 151 Diagrama de Interacción C60X60 cm “X” - (Sector A)	262
Figura 152 Diagrama de Interacción C60X60 cm “Y” - (Sector A)	262
Figura 153 Diagrama de Interacción C60X60cm - (Sector A).....	263
Figura 154 Nivel de Desempeño sin y con DFV - (Sector B).....	265
Figura 155 Vista principal del Mega Laboratorio (sector A, B y C).....	272
Figura 156 Sectores del Mega Laboratorio	273
Figura 157 Sectores del Mega Laboratorio	281
Figura 158 Sectores del Mega Laboratorio	282
Figura 159 Sectores del Mega Laboratorio	283
Figura 160 Sectores del Mega Laboratorio	284
Figura 161 Sectores del Mega Laboratorio	285
Figura 162 Sectores del Mega Laboratorio	286
Figura 163: Matriz de Desempeño – SEAOC (1999)	289
Figura 164: Componentes de los Disipadores Viscosos.....	292
Figura 165: Componentes de los Disipadores Viscosos DFV.....	295
Figura 166: Componentes de los Disipadores Viscosos DFV.....	297
Figura 167: Cotización de los precios de los DFV-1.....	302
Figura 168: Cotización de los precios de los DFV-2.....	303



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetro λ es Dependiente del Valor del Exponente de Velocidad “ α ”	74
Tabla 2 Factor Zona	79
Tabla 3 Clasificación de tipo de suelo	80
Tabla 4 Factor suelo (S)	80
Tabla 5 Periodos (T_p) y (T_1)	80
Tabla 6 Categoría de Edificaciones y Factor uso	80
Tabla 7 Sistemas estructurales de C°A°	81
Tabla 8 Sistemas estructurales de C°A°	81
Tabla 9 Irregularidades en Altura I_a	81
Tabla 10 Irregularidades en Planta I_p	82
Tabla 11 Estimación de Peso	82
Tabla 12 Límite para la distorsión del Entrepiso	84
Tabla 13 Niveles de Amenaza Sísmica	88
Tabla 14 Niveles de Desempeño	89
Tabla 15 Sistemas Estructurales HAZUS 99	91
Tabla 16 Distorsiones Máximas Permisibles - HAZUS 99	92
Tabla 17 Factor escala a aceleración máxima de terreno	95
Tabla 18 Factores ϕ de Reducción de Resistencia	98
Tabla 19 Ubicación	111
Tabla 20 Sectorización	113
Tabla 21 Excavación de calicatas	117
Tabla 22 Clasificación de Suelos - SUCS	117
Tabla 23 Área y número de pisos de los sectores	121
Tabla 24 Unidades De Estudio	121



Tabla 25 Predimensionamiento de losa aligerada.....	128
Tabla 26 Predimensionamiento de vigas principales.....	128
Tabla 27 Predimensionamiento de vigas secundarias.....	129
Tabla 28 Cargas muertas y vivas	129
Tabla 29 Carga de muros y ventanas	129
Tabla 30 Registros de Aceleración sísmica usados	130
Tabla 31 Combinación de registros sísmicos.....	135
Tabla 32 Elementos Estructurales -sector A.....	136
Tabla 33 Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector A.....	137
Tabla 34 Clasificación de Sistema Estructural	138
Tabla 35 Parámetros E-030- sector A.....	139
Tabla 36 Peso de la Edificación - sector A.....	140
Tabla 37 Elementos Estructurales -sector B	142
Tabla 38 Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector B.....	143
Tabla 39 Parámetros E-030- Sector B	144
Tabla 40 Peso de la Edificación - Sector B.....	145
Tabla 41 Elementos Estructurales -Sector C	146
Tabla 42 Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector C.....	147
Tabla 43 Parámetros E-030- Sector C	148
Tabla 44 Peso de la Edificación - Sector C.....	149
Tabla 45 Elementos Estructurales -sector D	150
Tabla 46 Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector D.....	151
Tabla 47 Parámetros E-030- Sector D	152
Tabla 48 Peso de la Edificación - Sector D	153
Tabla 49 Elementos Estructurales -sector E	154



Tabla 50 Factores de Análisis Estático y Dinámico- Sector E	155
Tabla 51 Parámetros E-030- Sector E.....	156
Tabla 52 Peso de la Edificación - Sector E.....	157
Tabla 53 Elementos Estructurales -Sector E-F	158
Tabla 54 Factores de Análisis Estático y Dinámico- Sector E-F.....	159
Tabla 55 Parámetros E-030- Sector E-F	160
Tabla 56 Peso de la Edificación - Sector E-F	161
Tabla 57 Objetivos de Desempeño	164
Tabla 58 Sistemas Estructurales HAZUS 99- sector A	169
Tabla 59 Distorsiones Máximas Permisibles HAZUS 99- sector A.....	169
Tabla 60 Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje Y-Y - sector A.....	170
Tabla 61 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - sector A.....	171
Tabla 62 Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Eje Y-Y- sector A.....	172
Tabla 63 Sistemas Estructurales HAZUS 99- sector B	174
Tabla 64 Distorsiones Máximas Permisibles HAZUS 99- sector B	174
Tabla 65 Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Sector B	175
Tabla 66 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje X-X - sector B	176
Tabla 67 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - Sector B.....	176
Tabla 68 Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Sector B.....	177
Tabla 69 Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje Y-Y - sector C	179
Tabla 70 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - sector C	180
Tabla 71 Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Eje Y-Y- Sector C	180
Tabla 72 Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje X-X - Sector D	182
Tabla 73 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje X-X - sector D.....	183
Tabla 74 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - sector D.....	183



Tabla 75 Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - sector D	184
Tabla 76 Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje X-X - sector E	186
Tabla 77 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje X-X - sector E	187
Tabla 78 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - sector E	187
Tabla 79 Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Sector E	188
Tabla 80 Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje X-X - Sector E-F	190
Tabla 81 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje X-X - Sector E-F	191
Tabla 82 Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - Sector E-F	191
Tabla 83 Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Sector E-F.....	192
Tabla 84 Modal de Modelo Convencional-sector A.....	194
Tabla 85 Deriva por Respuesta Espectral-sector A.	195
Tabla 86 Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector A	195
Tabla 87 Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector A	195
Tabla 88 Modal de Modelo Convencional-sector B	196
Tabla 89 Deriva por Respuesta Espectral-Sector B.....	196
Tabla 90 Deriva en base Fija T-H Lineal (X) - Sector B.....	197
Tabla 91 Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) - Sector B.....	197
Tabla 92 Modal de Modelo Convencional-sector C	198
Tabla 93 Deriva por Respuesta Espectral -Sector C.....	198
Tabla 94 Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector C	198
Tabla 95 Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector C	199
Tabla 96 Modal de Modelo Convencional-sector D.....	199
Tabla 97 Deriva por Respuesta Espectral -Sector D.....	200
Tabla 98 Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector D	200
Tabla 99 Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector D	200



Tabla 100 Modal de Modelo Convencional-sector E	201
Tabla 101 Deriva por Respuesta Espectral- Sector E	201
Tabla 102 Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector E.....	201
Tabla 103 Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector E.....	202
Tabla 104 Modal de Modelo Convencional- Sector E-F.....	202
Tabla 105 Deriva por Respuesta Espectral- Sector E-F.....	203
Tabla 106 Deriva en base Fija T-H Lineal (X) - Sector E-F	203
Tabla 107 Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -Sector E-F	203
Tabla 108 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector A	204
Tabla 109 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) -Sector A	204
Tabla 110 Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector A	205
Tabla 111 Balance de Energía - Sector A.....	206
Tabla 112 Desplazamiento de Disipadores- Sector A	207
Tabla 113 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector A.....	209
Tabla 114 Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector A.....	210
Tabla 115 Validación de Resistencia de Brazo Metálico (Y)-Sector A	210
Tabla 116 Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - sector A	211
Tabla 117 Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector A	211
Tabla 118 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector B	212
Tabla 119 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) -Sector B	212
Tabla 120 Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector B	212
Tabla 121 Balance de Energía - Sector B	213
Tabla 122 Desplazamiento de Disipadores -sector B	214
Tabla 123 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector B	216
Tabla 124 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector B	216



Tabla 125 Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector B	217
Tabla 126 Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector B	218
Tabla 127 Velocidad máxima en los disipadores DFV - sector B	218
Tabla 128 Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector B.....	218
Tabla 129 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector C	219
Tabla 130 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector C	219
Tabla 131 Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector C	220
Tabla 132 Balance de Energía - Sector C	220
Tabla 133 Desplazamiento de Disipadores (Y) -sector C.....	222
Tabla 134 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector C	223
Tabla 135 Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector C	223
Tabla 136 Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector C	223
Tabla 137 Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - sector C	224
Tabla 138 Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector C.....	224
Tabla 139 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector D	225
Tabla 140 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) -Sector D	225
Tabla 141 Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector D	225
Tabla 142 Balance de Energía - Sector D	226
Tabla 143 Desplazamiento de Disipadores -sector D	227
Tabla 144 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- Sector D	228
Tabla 145 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector D	229
Tabla 146 Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector D.....	229
Tabla 147 Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector D	229
Tabla 148 Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - Sector D	230
Tabla 149 Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector D	230



Tabla 150 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector E.....	231
Tabla 151 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) -Sector E.....	231
Tabla 152 Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector E.....	231
Tabla 153 Balance de Energía - Sector E	232
Tabla 154 Desplazamiento de Disipadores -sector E	233
Tabla 155 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- Sector E.....	234
Tabla 156 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector E	235
Tabla 157 Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector E	235
Tabla 158 Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector E	235
Tabla 159 Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - Sector E.....	236
Tabla 160 Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector E.....	236
Tabla 161 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector E-F.....	237
Tabla 162 Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) - Sector E-F	237
Tabla 163 Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector E-F.....	237
Tabla 164 Balance de Energía - Sector E-F.....	238
Tabla 165 Desplazamiento de Disipadores -sector E-F.....	239
Tabla 166 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector E-F.....	240
Tabla 167 Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector E-F.....	240
Tabla 168 Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector E-F.....	241
Tabla 169 Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector E-F.....	241
Tabla 170 Velocidad máxima en los disipadores DFV - sector E-F.....	242
Tabla 171 Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector E-F	242
Tabla 172 Comparación de Derivas Máximas (%)	243
Tabla 173 Factor de Reducción de Deriva.....	245
Tabla 174 Comparación de Derivas Máximas (%)	247



Tabla 175 Derivas inelásticas máximas absolutas (%)-ADLTH-sector B	249
Tabla 176 Desplazamientos Máximas (cm) -Sector B	249
Tabla 177 Aceleración (m/seg ²) - Sector B.....	251
Tabla 178 Comparativo de Energía Sísmica Disipado por DFV	252
Tabla 179 Fuerza Axial Máxima en los Disipadores.....	255
Tabla 180 Objetivos de Desempeño	256
Tabla 181 Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “X”.	257
Tabla 182 Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “Y”.	257
Tabla 183 Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas –Sector A	260
Tabla 184 Área de Acero de Refuerzo - (Sector A).....	261
Tabla 185 Fuerza de Diseño Amplificado –Sector A	261
Tabla 186 Resumen de Factor de Amplificación “A” (todos los sectores)	263
Tabla 187: Ubicación.....	273
Tabla 188: Sectorización	274
Tabla 189: Presupuesto total del Proyecto.....	275
Tabla 190: Unidades De Estudio	276
Tabla 191: Área y número de pisos de los sectores.....	276
Tabla 192: Parámetros Geotécnicos	277
Tabla 193: Cargas Muertas y Vivas.....	278
Tabla 194: carga de muros y ventanas.....	278
Tabla 195: Categoría de la Edificación del proyecto.....	279
Tabla 196: Parámetros sísmicos.....	280
Tabla 197: Sistema Estructural	280
Tabla 198: Predimensionamiento de Losa Aligerada.....	287
Tabla 199: Predimensionamiento de Vigas Principales	287



Tabla 200: Predimensionamiento de Vigas Secundarias.....	287
Tabla 201: Registros de Aceleración Sísmica Usados	288
Tabla 202: Objetivos de Desempeño	289
Tabla 203: Sistemas Estructurales HAZUS 99.....	290
Tabla 204: Distorsiones Máximas Permisibles - HAZUS 99.....	290
Tabla 205: Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “X”	296
Tabla 206: Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “Y”	296
Tabla 207: Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “X”	298
Tabla 208: Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “Y”	298
Tabla 209: Metrado de DFV y brazo metálico	299
Tabla 210: Presupuesto de Implementación de DFV	300
Tabla 211: Presupuesto de Implementación de DFV	301



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

A = Amplitud del desplazamiento de la azotea

ANR = Asamblea Nacional de Rectores

B = Factor de reducción de espectro de diseño

C = Coeficiente de amplificación sísmica

E_a = energía disipada por sistema de amortiguadores

FCD = Fuerza cortante dinámica.

SE = Fuerza cortante estática

E-W = dirección este-oeste

N-S = dirección norte-sur

T_P = Coeficiente de sitio de periodos cortos (1 s).

T_L = Coeficiente de sitio de periodos Largos (1.6 s).

h = altura total de edificación (mts).

T = periodo de vibración fundamental de la estructura.

T_P = Coeficiente de sitio de periodos cortos (1 s).

T_L = Coeficiente de sitio de periodos Largos (1.6 s).

e = Excentricidad accidental

K = Rigidez del brazo metálico.

k = Exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración.

R = Coeficiente de reducción sísmica

S = Factor de suelo

U = Factor de uso

Z = Factor de zona.

α = Coeficiente de velocidad (de linealidad o no linealidad).

β_{eff} = amortiguamiento efectivo del sistema de amortiguamiento más la estructura.



β_{inh} = Coeficiente amortiguamiento inherente de la estructura.

β_{vis} = Coeficiente amortiguamiento viscoso del sistema de amortiguamiento

ξ_{eff} = Coeficiente amortiguamiento efectivo de la estructura.

ω = Frecuencia angular de la estructura.

C° A°: Concreto Armado

ATC: APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL

DFV: Disipador Fluido Viscoso

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones

ASCE: Sociedad Americana de Ingenieros Civiles

FEMA: Federal Emergency Agency Management Agency

SEAOC: Asociación de Ingenieros Estructurales de California

ADME: Análisis Dinámico Lineal Modal Espectral.

ADNL: Análisis Dinámico no Lineal.

ADLTH: Análisis Dinámico Lineal Tiempo Historia.

ADNLTH: Análisis Dinámico no Lineal Tiempo Historia.

FNA: Fast Nonlinear Analysis (analysis no lineal rapido)

T-H: Tiempo - historia

IGV: Índice General a las Ventas

SNIP: Sistema Nacional de Inversión Publica

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

MINSA: Ministerio de Salud

OAC: Oficina de Arquitectura y Construcción

OEI: Oficina de Ejecución de Inversiones

CSI: Computers & Structures Inc. (Informática y Estructuras Inc.)

AISC: Instituto Americano de Construcción de Acero



RESUMEN

El estudio se ha desarrollado considerando la información del “Proyecto de Creación del Servicio de Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana en Altura para la formación profesional e investigación en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno”; para tal efecto se tuvo como objetivo general evaluar el desempeño estructural del Mega laboratorio clínico universitario de salud humana de la UNAP con una propuesta de sistemas de protección sísmica con DFV. En cuanto a la metodología de la investigación el estudio es de enfoque cuantitativo con diseño descriptivo transversal; el objeto de estudio fue la estructura de los sectores A, B, C, D, E y E-F del Mega laboratorio clínico universitario de salud humana; los materiales en evaluación fueron: concreto, acero, Disipador Fluido Viscoso (DFV) y se usó los programas Software: SeismoSignal v.4.3.0, SeismoMatch v.1.3.0 y Programa ETABS 2016 v.16.2.0. Se realizó la evaluación de derivas, desplazamientos, amortiguamiento efectivo y aceleraciones comparando el modelo estructural sin y con DFV. El estudio inició con un análisis ADME, establecido en el RNE, luego el análisis ADLTH con lo cual se planteó y se propuso los objetivos de desempeño para posteriormente realizar el análisis ADNLT FNA con DFV. Se tiene como resultados: en los sectores A, B, C, D, E y E-F aplicando DFV se redujo la deriva máxima de piso en un 37.19%, 45.41%, 34.21%, 41.55%, 51.37% y 37.13% respectivamente; siguiendo la metodología del Comité VISION 2000 –SEAOC y utilizando los dispositivos DFV se obtuvo la deriva máxima es de 4.62% y 4.60% en el sector C y D en el eje “X” y “Y” respectivamente; bajo todas las sollicitaciones tiempo historia. Como conclusión, se presenta la propuesta de mejora con sistemas DFV no lineal ($\alpha=0.5$) para los todos los sectores, se empleó 88 DFV con un coeficiente de amortiguamiento: C=80 al 280 Ton-s/m y con capacidad de fuerza axial de: 50 a 150 ton.

Palabras Clave: Aceleración, desempeño, sismo, desplazamiento y amortiguamiento.



ABSTRACT

The study has been developed considering the information from the "Project for the Creation of the University Clinical Mega Laboratory of Human Health in Height Service for professional training and research at the National University of the Altiplano-Puno"; For this purpose, the general objective was to evaluate the structural performance of the UNAP Human Health University Clinical Mega Laboratory with a proposal for seismic protection systems with DFV. Regarding the research methodology, the study has a quantitative approach with a cross-sectional descriptive design; the object of study was the structure of sectors A, B, C, D, E and E-F of the Mega university clinical laboratory of human health; the materials under evaluation were: concrete, steel, Viscous Fluid Dissipator (DFV) and the Software programs were used: SeismoSignal v.4.3.0, SeismoMatch v.1.3.0 and ETABS 2016 v.16.2.0 Program. The evaluation of derivations, displacements, effective damping and accelerations was carried out comparing the structural model without and with DFV. The study began with an ADME analysis, established in the RNE, then the ADLTH analysis, with which the performance objectives were proposed and thought to subsequently carry out the ADNLTH FNA analysis with DFV. The results are: in sectors A, B, C, D, E and E-F applying DFV, the maximum floor drift was reduced by 37.19%, 45.41%, 34.21%, 41.55%, 51.37% and 37.13% respectively; Following the methodology of the VISION 2000 –SEAOC Committee and using the DFV devices, the maximum derivative was obtained of 4.62‰ and 4.60‰ in sector C and D on the “X” and “Y” axis, respectively; under all-time history requests. In conclusion, the improvement proposal is presented with non-linear DFV systems ($\alpha=0.5$) for all sectors, 88 DFV was used with a damping coefficient: C=80 to 280 Ton-s/m and with axial force capacity from: 50 to 150 tons.

Keywords: Acceleration, performance, earthquake, displacement and damping.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el avance de la ingeniería sismorresistente plantea el diseño e implementación de estructuras de edificación con nuevas tecnologías e innovadoras (sistemas de protección sísmica) para controlar los desplazamientos de los elementos estructurales de las edificaciones, debido en algunos casos de la amenaza y presencia de los movimientos sísmicos.

La implementación de nuevas tecnologías en edificaciones a fin de aminorar los movimientos sísmicos se debe dar en el marco de cumplir con la filosofía sismorresistente mencionada en la norma E-030; es decir, el ingeniero estructural debe buscar métodos que puedan ayudar a cumplir los criterios de diseño para mejorar el nivel de desempeño estructural de las edificaciones.

El desempeño estructural de las edificaciones se cuantifica por la respuesta de la estructura debido a un movimiento sísmico, esta respuesta se relaciona con el daño que sufre la estructura y el impacto que tienen estos daños en las actividades posteriores al fenómeno natural (sismo) en el que los sistemas de protección sísmica, como los sistemas de disipadores sísmicos constituyen los recursos y las estrategias adecuadas en estructuras construidas; y según la experiencia de edificaciones en Japón, Estados Unidos y otros.

El Perú es un país de diversas culturas, pero todos expuestos a los fenómenos de la naturaleza, como los movimientos sísmicos. Los movimientos sísmicos vienen a ser fenómenos naturales que convive con la sociedad. El territorio geográfico del Perú se ubica en el Cinturón de fuego del pacífico; y es una de las regiones de más alta reacción ante los movimientos sísmicos que existe en la Tierra por su peligrosidad sísmica en el suelo.



El territorio de la región de Puno (Perú) no es ajeno a los movimientos sísmicos, puesto que estos sin bien es cierto a la actualidad no ocurren con frecuencia y a gran escala; sin embargo, dado a que es parte del Cinturón de fuego del pacífico está propenso a experimentar estos fenómenos naturales. A propósito, las estructuras de las edificaciones (edificios, habitaciones y similares) se debe realizar de acuerdo a las normas técnicas de edificaciones implementado con sistemas de protección sísmica.

La experiencia ha demostrado que el uso de los sistemas de protección sísmica, como los sistemas de disipadores sísmicos mejora el nivel de desempeño estructural sísmico de los edificios, disminuyendo el riesgo de pérdida de vidas humanas y de materiales importantes o de valor histórico. Los sistemas de disipadores sísmicos permiten un ahorro importante en gastos de reparación y costos indirectos producidos por la interrupción del servicio de la edificación y daños en los elementos no estructurales.

Actualmente, considerando las estructuras de la mayoría de las edificaciones del ámbito de la región de Puno; y previo análisis estructural se tiene conocimiento que estas edificaciones fueron construidas con la norma E.030 2003, en la cual no se especificaba que las edificaciones esenciales cuenten con algún tipo de sistemas de protección sísmica.

El propósito de este estudio es evaluar el desempeño estructural del Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud humana con una propuesta de sistemas de protección sísmica con disipadores de energía sísmica en el contexto de la Universidad nacional del Altiplano de la ciudad de Puno (Perú).

El estudio al margen de tener el objetivo de evaluar la referida infraestructura o edificación universitaria; además, pretende implementar un sistema de protección sísmica con disipadores de energía sísmica con el fin de prevenir situaciones sísmicas; asimismo, contribuir a la formación profesional de investigación y de las prácticas pre profesionales de los estudiantes del área de medicina de las escuelas profesionales de la referida



universidad; quienes puedan realizar sus actividades académicas en ambientes provistos con sistemas de protección sísmica con disipadores de energía sísmica y de alta tecnología.

La Universidad Nacional del Altiplano es una de las instituciones pioneras a nivel regional en la formación de profesionales, motivo por el cual debe poseer una infraestructura de servicio de salud segura y moderna que responda a los avances de la ciencia y la tecnología sobre todo en materia de edificaciones; de modo que cumpla su misión y visión para los que fue creado.

Los estudiantes, docentes y personal administrativo de la universidad en mención constituyen los beneficiarios directos e indirectos con la ejecución de este estudio. Porque se propone mejorar con sistemas de protección sísmica con disipadores sísmicos de tipo fluido viscoso a la infraestructura física (edificación) en el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud humana a fin de garantizar no solo un daño leve en sus componentes estructurales, sino también un nivel de desempeño estructural operacional.

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis General

El uso de un sistema de protección sísmica con disipadores de energía permitirá que el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud humana de la Universidad Nacional del Altiplano adquiera un nivel de desempeño estructural operacional y con un nivel de daño moderado.

1.2.2 Hipótesis Específicas

- Los desplazamientos que experimentan las estructuras sin disipadores de energía sísmica en los sectores A, B, C, D, E y E-F; del Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud humana se conservarán dentro de los límites permisibles requeridos por la norma de diseño sismorresistente E – 030 vigente.



- El uso de un sistema de protección sísmica de disipadores de energía permitirá reducir los desplazamientos a efectos de cumplir con el desplazamiento objetivo propuesto para un daño moderado en los sectores A, B, C, D, E y E-F del Mega Laboratorio Clínico universitario de Salud humana.
- La Propuesta de mejora con sistemas de protección sísmica de disipadores de energía permitirá un desempeño operacional con un nivel de daño leve en los elementos estructurales y un daño moderado en los elementos no estructurales en los sectores A, B, C, D, E y E-F del Mega laboratorio Clínico universitario de Salud humana.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se desarrolló entre otros motivos, porque se tuvo la necesidad de evitar primordialmente la interrupción del funcionamiento de los servicios básicos que cuenta el proyecto Mega laboratorio Clínico universitario de Salud humana de la Universidad Nacional del Altiplano tales como: instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, de gas, equipos mecánicos, aparatos médicos y mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo para los ambientes como hospitalización, UCI y salas de operación en plena intervención quirúrgica, etc.

En las edificaciones esenciales como el caso de un hospital, la preocupación no solamente se centra en una falla de los elementos estructurales o el colapso de la estructura durante los sismos de gran intensidad que se presentan durante su vida útil; sino a la vez en las fallas de los elementos no estructurales y su equipamiento médico.

El expediente técnico del Mega laboratorio Clínico universitario de Salud humana de la Universidad Nacional del Altiplano se realizó en el año 2013, la concepción de este proyecto, la de un hospital universitario se dio con el objetivo primordial de que los estudiantes del área de medicina de las distintas escuelas profesionales puedan realizar



sus prácticas pre profesionales en un ambiente provisto de alta tecnología avanzada para la formación profesional e investigación.

El anhelo de la comunidad universitaria de la UNA Puno en un inicio fue la de un hospital bajo la denominación de “Hospital Universitario”, pero no fue posible su construcción en primer momento debido a que surgieron algunos inconvenientes e impedimentos como la no viabilidad del proyecto por parte del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) el SNIP que no lo permitía; ya que las universidades tienen fines académicos mas no de brindar servicios de atención médica y que los proyectos solo tenían un monto tope de 10 millones para su ejecución. Es así que en recurren a la Asamblea Nacional de Rectores (ANR) para que mediante el informe técnico N° 027-2013/OPI-ANR, se dé la Declaratoria de Viabilidad del proyecto en la fecha 16/07/2013 con el código SNIP 259520 con el nombre del proyecto de: “Mega laboratorio clínico universitario” pero que en el fondo solo se ha camuflado el nombre así como lo menciona el Arq. Iván Ramos Cruz (integrante del equipo técnico encargado de la realización del estudio de pre factibilidad y estudio definitivo del proyecto de la OAC, actual trabajador del mismo); “si hubiéramos sacado con el nombre de hospital universitario nunca se hubiera sacado este proyecto porque el MEF no nos permitía”. Se realizó el proyecto con la convicción de que en el fondo es un hospital y que más adelante así se hará realidad, razón por la cual su diseño arquitectónico y estructural tienen todas las instalaciones, ambientes y requerimientos y/o especificaciones de un hospital. el presupuesto es con Recursos Ordinarios de la UNAP.

El mega laboratorio está clasificado como Hospital II-1, Establecimientos del sector salud del segundo nivel de atención, de categoría II-1 (Establecimiento de salud de Atención General), “establecimientos de salud del Segundo Nivel de Atención con capacidad resolutive para satisfacer las necesidades de salud de la población, a través de



atención ambulatoria, de emergencia y de hospitalización”; según lo normado por el Ministerio de Salud. N.T.S. N° 021-MINSA/DGSP-V.03-2011 (p.36); CATEGORÍAS DE ESTABLECIMIENTOS DEL SECTOR SALUD.

El análisis estructural fue realizado con la norma E.030- 2003, en la cual no se especificaba que las edificaciones esenciales cuenten con algún tipo de sistemas de protección sísmica y también están las limitaciones del código de diseño sismorresistente (E.030) para definir de manera clara el posible desempeño de las edificaciones en diferentes escenarios sísmicos.

El propósito del estudio es proponer sistemas de protección sísmica de disipadores de energía sísmica para lograr un nivel de desempeño operacional y en efecto un nivel de daño leve en los elementos estructurales y un daño moderado en los elementos no estructurales para garantizar el funcionamiento inmediato del hospital universitario después de los eventos sísmicos.

El desempeño sísmico de las edificaciones se establece sobre tres conceptos: la severidad del sismo, el nivel de desempeño esperado y la importancia que tenga la edificación, relacionándolos mediante la matriz de desempeño. Es así que, desarrollando estos conceptos de la ingeniería sísmica basada en desempeño surgen las propuestas presentadas por la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), el ATC-40 publicado en 1996, el programa HAZUS 99, FEMA 273 y 274, entre otros.

Las propuestas señaladas difieren en detalles; sin embargo, se basan en los mismos conceptos para el desarrollo del trabajo de investigación. Se empleó la propuesta del SEAOC a través del Comité VISION 2000, siendo la versión más reciente su 7ma edición publicado en el año 1999.



1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el desempeño estructural del Mega laboratorio clínico universitario de salud humana de la Universidad Nacional del Altiplano con una propuesta de sistemas de protección sísmica con disipadores de energía sísmica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los desplazamientos de la estructura de los sectores A, B, C, D, E y E-F del Mega laboratorio clínico universitario de salud humana sin disipadores de energía, con la norma E.030 vigente.
- Analizar los desplazamientos versus amortiguamiento de la estructura de los sectores A, B, C, D, E y E-F del Mega laboratorio clínico universitario de salud humana con disipadores de energía sísmica.
- Comparar los resultados de los sectores A, B, C, D, E y E-F del Mega laboratorio clínico universitario de salud humana sin y con disipadores de energía sísmica.
- Propuesta de diseño final de sistemas de disipadores de energía en los sectores A, B, C, D, E, y E-F del mega laboratorio clínico universitario de salud humana para la cual se logra un desempeño operacional con un nivel de daño moderado.

1.5 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

El desarrollo de la tesis se hizo en base a la información técnica de los sectores A, B, C, D, E, y E-F.

Para alcanzar el objetivo principal se dividió en las siguientes partes:

La primera parte consistió en el análisis de los diferentes sectores que componen el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana; esto quiere decir, sin incluir los disipadores de energía, las normas aplicadas serán NTP E.020 Y E.030 para



estructuras de C°A° mediante respuesta espectral y análisis dinámico tiempo historia; y apoyado por el programa computacional ETABS v.16.2.

La segunda parte se realizó, considerando el análisis dinámico no lineal tiempo historia – FNA (análisis no lineal rápida), puesto que se consideró solo la no linealidad de los DFV en el análisis mas no a los elementos estructurales de los sectores que componen el Mega Laboratorio Clínico Universitario con DFV.

Se aplicó en cada modelo por separado según cada sector, respecto del desarrollo de la presente tesis.

Se empleó la propuesta del SEAOC a través del Comité VISION 2000 para establecer los objetivos de desempeño, también la norma ASCE SEI 7-16 para el análisis y diseño de los DFV y el manual HAZUS para las propuestas de las distorsione máximas permisibles para un daño moderado. Para completar esta parte del objetivo se utilizó el software ETABS v.16.2.

La tercera parte consistió en la comparación de los resultados del análisis se los sectores del Mega laboratorio Clínico Universitario de la estructura sin y con disipadores, la comparación se realizará mediante la evaluación de derivas, desplazamiento respecto al terreno, amortiguamiento efectivo y así también se compara la energía disipada por el sistema de amortiguamiento de cada sector, respectivamente.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Entre las investigaciones relacionadas a la presente investigación concernientes a la protección sísmica con sistemas de disipación de energía sísmica se menciona:

Ancasi (2019) en una investigación de tipo aplicado refiere que, en un edificio ubicado en la ciudad de Lima, cuyo uso es esencial. El edificio tiene cuatro niveles; el sistema estructural está conformado por pórticos de concreto armado y una losa maciza de 20cm de espesor. dicho edificio cumple por resistencia, pero no por desplazamientos, según los límites establecidos en el RNE (E.030 2018). Con la finalidad de comparar el desempeño estructural y los costos de construcción, como solución propuso dos alternativas, una solución no convencional que consistió en incorporarle disipadores de energía y una solución convencional que consistió en incrementar el tamaño de las columnas y vigas hasta lograr que los desempeños esperados de ambos edificios sean similares. El método de diseño consistió en realizar un análisis dinámico no lineal tiempo historia, basado en la filosofía de diseño por desempeño propuesto por (SEAOC) a través del Comité Visión2000, siguiendo los lineamientos planteados por la (ASCE) y por la (FEMA). Como resultado ambos edificios llegaron a un desempeño operacional y resguardo de vida para el sismo de 475 y 970 años de período de retorno, respectivamente. La distorsión máxima de entrepiso se ha reducido de 1.14% a 0.64% (37% en promedio). Se verificó que la diferencia de costos de construcción es de \$1.29/m². Como conclusión el edificio no convencional es el más económico. Pero ambas soluciones cumplen con el desempeño esperado. Para el SED el 75% de energía sísmica que ingresó al sistema se disipó por los disipadores de energía.



Chacón & Ramírez (2014) manifiestan que, motivados por las lecciones aprendidas de los sismos y en consecuencia en muchos casos los costos de reparación de las estructuras y elementos no estructurales, como es el caso de la tabiquería, son muy elevados; además, precisan que el procedimiento a realizarse para la reparación implica que la estructura se encontrará inoperativa parcial o totalmente. Entonces, proponen nuevos sistemas de protección sísmica. Para que estos no solo protejan a la estructura del colapso ante una sollicitación extrema, sino que también permiten lograr un buen comportamiento durante la acción de sismos leves o moderados. Con la finalidad de comparar el comportamiento de los disipadores lineales y no lineales de fluido viscoso en la respuesta estructural de un edificio comercial de 4 pisos su trabajo está basado en el estudio realizado por Shing y Whitaker, quienes consideraron las recomendaciones de desempeño existentes en el FEMA-HAZUS. La metodología que emplearon está basada en los reportes del FEMA 273 y 274. Como resultados redujeron los desplazamientos de la estructura hasta en 52.67% haciendo uso de disipadores lineales y 59.73% haciendo uso de disipadores no lineales; también se pudo reducir las derivas de entrepiso en 70.23% haciendo uso de disipadores Lineales y 73% haciendo uso de disipadores no lineales. Como conclusión se obtuvo una deriva máxima de 4 /000 usando disipadores no lineales, con lo cual se cumplió la deriva objetivo y así se aseguró un desempeño óptimo de la estructura. Se escogieron 16 disipadores de fluido viscoso con un coeficiente de amortiguamiento $C=100$ Ton-Seg/mm y una fuerza axial de 25 Ton con un exponente no lineal $\alpha=0.5$.

Boza & Galán (2013) en un estudio tuvo el objetivo de diseñar el sistema de disipación de energía estudiaron un edificio de concreto armado aperticado y regular de 7 pisos, sabiendo que, durante los terremotos severos, las estructuras pueden sufrir daños debido a las incursiones inelásticas que experimentan. El edificio presentó una deriva de



aproximadamente 1% bajo las solicitaciones sísmicas establecidas por las Normas Peruanas. Es por eso que establecen sus objetivos de desempeño para lograr que el edificio se comporte con daño moderado ante un sismo de 500 años de periodo de retorno. Para el sistema de pórticos empleado, la deriva asociada a este nivel de daño es cercana a 0.55%. El diseño del sistema de disipación se orienta a lograr que la deriva se mantuviera por debajo de este valor. Se estudiaron alternativas de arreglo Chevron para amortiguadores lineales y no lineales. La mejor alternativa consistió en 56 disipadores no lineales, dispuestos en todos los pisos. Como resultado se logró un amortiguamiento equivalente de 24 % y se logró reducir la deriva a 0.56%. Las fuerzas desarrolladas en los disipadores fueron del orden de las 50ton. Como conclusión se tiene que el sistema diseñado permitirá reducir la deriva en un 40%, y que el daño se mantendría, en teoría, por debajo del umbral de moderado frente a sismos.

Guevara & Torres (2012) en su investigación seleccionaron una estructura aporticada de 7 niveles con 730 m² de área techada por nivel, cuya deriva (10 %) superaba el límite permitido por la norma NTE E-030 (7 %). Para cumplir satisfactoriamente con este límite se incluyó un sistema de amortiguamiento de fluido-viscoso. Como objetivo de diseño se fijó la reducción del daño a nivel moderado frente a un sismo raro (500 años de retorno). La estrategia se orienta a mantener la deriva por debajo de 5.8 %, valor propuesto por el HAZUS. Con el sistema de amortiguamiento fluido-viscoso se logró incrementar el amortiguamiento al 23% y reducir la deriva a 5.8 %. Siguió la metodología de diseño para estructuras con sistemas de amortiguamiento enfocada en el desempeño y fundamentada en las disposiciones del ASCE (American Society of Civil Engineers), el FEMA (Federal Emergency Management Agency) y el ACI (American Concrete Institute). Como parte del trabajo se diseñan las columnas adyacentes a los dispositivos y el brazo metálico. Los resultados del estudio indican que para un sismo



raro la deriva máxima (9 %) se reduciría a 5.8 %. Valor con el cual el daño será de nivel moderado. Al analizar las fuerzas en los amortiguadores, se observó que las fuerzas axiales en los amortiguadores lineales son mayores que las no lineales; la energía disipada por el sistema de amortiguamiento alcanza valores alrededor del 80% bajo todas las sollicitaciones tiempo historia. Como conclusión de la evaluación económica indican que el costo del sistema de amortiguamiento de fluido-viscoso en esta estructura y para este nivel de desempeño, está alrededor de los 30 \$/m² y la incidencia en el costo total del proyecto bordea el 7%.

Fuentes (2015) realizó una serie de análisis comparativos en un edificio ideal aporticado de 5 pisos de concreto armado con disipadores de fluido viscoso incorporados en ambas direcciones. Estudió tres configuraciones de arreglos de disipadores: en diagonal, doble diagonal y chevron. Asimismo, se examinaron las respuestas de la estructura empleando disipadores lineales con exponente $\alpha = 1$ y disipadores no lineales con exponente $\alpha = 0.25$. La edificación sin disipadores no cumple la deriva permisible de la norma peruana sismorresistente NTE E.030. Para alcanzar sus objetivos revisa, los procedimientos de análisis dinámico para estructuras con disipadores, tanto análisis de respuesta espectral como de historia de la respuesta en el tiempo, empleando el método FNA (Fast Nonlinear Analysis), (Ibrahimbegovic y Wilson, 1989) que puede ser empleado para el análisis de sistemas estructurales con disipadores lineales y no lineales. Este método consiste en considerar los términos acoplados de la matriz de amortiguamiento, como pseudofuerzas que actúan sobre la estructura. Como resultado del estudio se obtuvieron las mayores reducciones en todos los parámetros: desplazamientos máximos de la azotea (promedio de 31% en la dirección X y 38% en la dirección Y), derivas máximas de azotea (promedio de 40% en X y 42% en Y).

2.2 SISMICIDAD

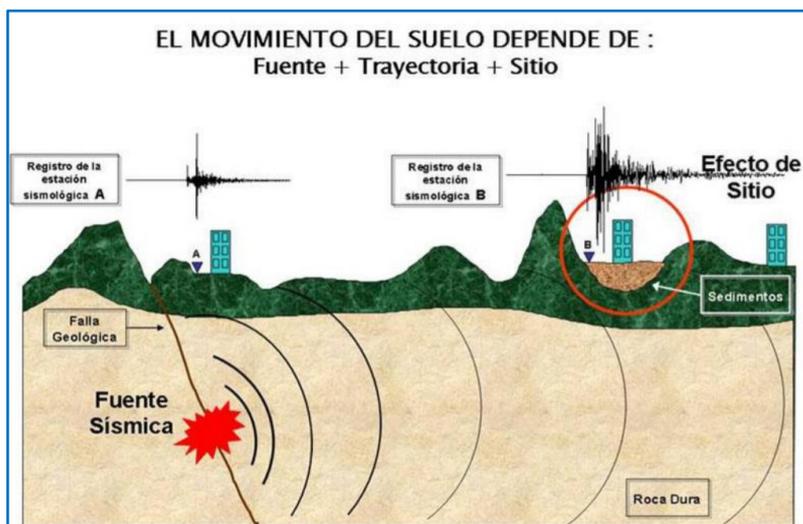
En el siguiente apartado citaremos conceptos de sismicidad y peligro sísmico.

2.2.1 Peligro Sísmico

Se entiende por peligrosidad sísmica de una zona, cualquier descripción de los efectos provocados por terremotos en el suelo de dicha zona, y que, para evaluar la peligrosidad, es necesario analizar los fenómenos que ocurren desde la emisión de las ondas sísmicas en el foco hasta que dichas ondas alcanzan la zona en estudio (Bozzo & Barbat, 1999, p.11).

Figura 1

Mecanismo de Propagación de la Energía Sísmica



Nota. Reproducida de Marín (2012).

En la Figura 1, se observa el mecanismo de propagación de la energía de un sismo desde el foco o hipocentro hasta el emplazamiento de una estructura, cuando se produce un terremoto con distintas características.

2.2.2 Sismo

Es definido como “todo estremecimiento de la tierra con mayor o menor violencia. Si es muy fuerte se denomina terremoto, si es pequeño temblor” (Delgado, 2011, p.09). Las causas y efectos de los sismos, terremotos y temblores que ocurren en la tierra que



producen vibraciones en la corteza terrestre son generados por distintos fenómenos, tal como indican Bazán & Meli (2012) a continuación:

Como la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta por explosiones. Sin embargo, los sismos más severos y los más importantes desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico, que se deben a desplazamientos bruscos de las grandes placas en que esta subdividida en dicha corteza. Las presiones que se genera en la corteza por los flujos de magma desde el interior de la tierra llegan vencer la fricción que mantiene en contacto los bordes de las placas y producen caídas de esfuerzos y liberación de enormes cantidades de energía almacenada en la roca. La energía se libera principalmente en forma de ondas vibratorias que se propagan a grandes distancias a través de la roca de la corteza. Esta vibración pone en peligro las edificaciones. Se identifica un punto, generalmente subterráneo que se denomina foco o hipocentro inicio del movimiento, y a su proyección sobre la superficie de la tierra; epicentro (p.15).

2.2.3 Estaciones Acelerométricas

Una estación acelerométrica es un espacio seguro con un área adecuada, que contiene un sensor triaxial de aceleraciones, un sistema de registro, almacenamiento y transmisión de la señal, desde el punto de registro al centro de procesamiento. La estación debe poseer las condiciones apropiadas para el correcto para el correcto registro de las vibraciones sísmicas, control de tiempo y energía eléctrica estable y segura (RNE E-030, 2020, p.33).

2.2.4 Acelerogramas

Acevedo (2012) define los acelerogramas como registros de la aceleración del terreno debida a un movimiento fuerte producido por un sismo. El registro de la aceleración se lleva a cabo mediante acelerógrafos, equipos que deben ser

instalados en lugares donde se espera que ocurra un movimiento fuerte. Existen tres factores que influyen en los acelerogramas: Nota sísmica, trayectoria y efectos locales. La Nota sísmica se refiere a la liberación de energía; los parámetros de Nota sísmica que definen la naturaleza del movimiento fuerte son la magnitud, el mecanismo de ruptura, la directivita y la profundidad focal. La trayectoria se refiere a la ruta específica que recorre la energía liberada en la Nota sísmica; las principales variables que caracterizan la trayectoria son la distancia de la Nota al sitio y la estructura de la corteza (p.59).

2.3 ENFOQUES DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

En esta sección trataremos el enfoque tradicional y el basado en desempeño.

2.3.1 Enfoque Sismorresistente Tradicional o Convencional

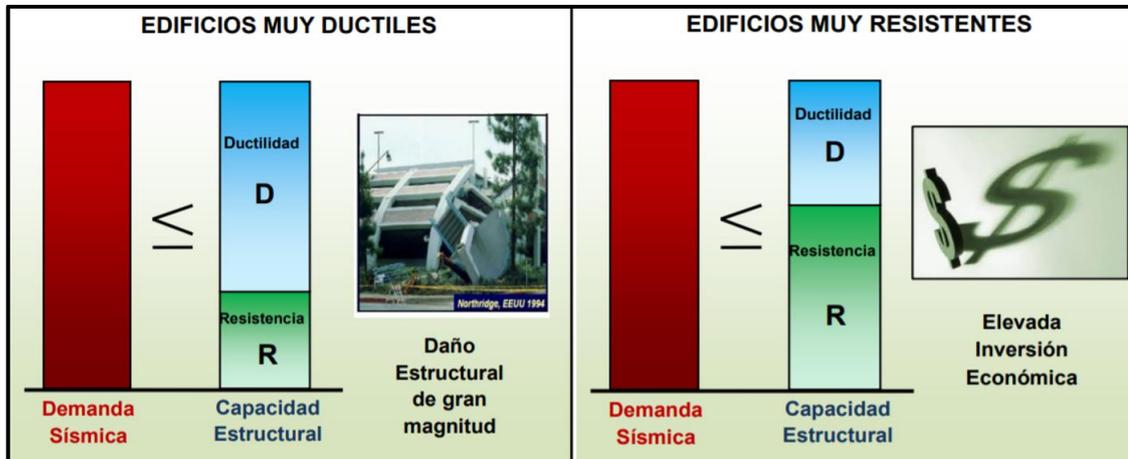
Las diferentes investigaciones definen que el desempeño de un edificio bajo el enfoque tradicional de diseño Sismorresistente se basa en una combinación de propiedades como: ductilidad, resistencia y rigidez, como se muestra en la Figura 2, tal como lo define Guevara & Torres (2012), “el desempeño de un edificio, según el enfoque tradicional, está basado en la capacidad que tiene la propia estructura de disipar la energía introducida por el sismo a través de una combinación de propiedades conocidas como ductilidad, resistencia y rigidez” (p.2) .

Las técnicas convencionales para controlar la respuesta de las estructuras consisten en la combinación de resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, tomando como condición su ductilidad. Estas técnicas convencionales requieren de una elevada inversión económica, además de, eventualmente, no satisfacer las demandas arquitectónicas. Así mismo, presentan el inconveniente de que la estructura, por su mismo trabajo inelástico, sufre daños permanentes, la mayoría de ellos irreparables cuya funcionalidad es

vital luego de ocurrido un sismo, tales como hospitales, estaciones de bomberos, entre otros (Boza & Galán, 2013, p.3).

Figura 2

Enfoque Estructural Clásico



Nota. Reproducida de Boza & Galán (2013).

La norma peruana de diseño sismorresistente RNE E-030 (2020) nos da a conocer que la filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- Evitar pérdida de vidas humanas.
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- Minimizar los daños a la propiedad.

La norma, RNE E-030 (2020) señala que “se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:” (p.4).

- La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.



- c. Para las edificaciones esenciales, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

2.3.2 Enfoque Basado en Desempeño

Ancasi (2019) define el desempeño:

“El desempeño se cuantifica por la respuesta de la estructura debido a un movimiento sísmico, dicha respuesta se relaciona con el daño que sufre la estructura y el impacto que tienen estos daños en las actividades posteriores al evento. Este concepto no es solo aplicable a edificios, sino que puede ser extendido a todo tipo de estructuras e incluso a sus componentes no estructurales y contenidos” (p.30).

Las experiencias de sismos ocurridos recientes han mostrado las limitaciones de nuestro código de diseño sismorresistente (E.030) para definir de manera clara el posible desempeño de las edificaciones en diferentes escenarios sísmicos.

En la norma E.030, la metodología de diseño sismorresistente solo considera un nivel de movimiento del terreno (sismo severo) para el cual las edificaciones no deberían de colapsar, obviando la posibilidad de que puedan ocurrir daños y pérdidas importantes asociadas a sismos de naturaleza más frecuente (Ancasi, 2019; Chacón & Ramírez, 2014).

La Ingeniería Sismorresistente ha ido mejorando gracias a la experiencia adquirida de los sismos recientes, a lo largo de los años, se han hecho esfuerzos por desarrollar la ingeniería sísmica basada en desempeño como lo indican algunas investigaciones. muchos de ellos pueden diferir en notaciones y terminologías, pero no en los conceptos. Todos presentan varios niveles y objetivos de desempeño. Las propuestas más conocidas son las presentadas por La Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) a través del Comité Visión 2000, el ATC 40 publicado en 1996, FEMA 273 Y 274, entre



otros. Como mencionan Boza & Galán (2013), “Lo que en un primer momento pretendía que las estructuras bien diseñadas no colapsen ante la presencia de un sismo severo tuvo que modificarse con el transcurrir de los años al presenciar grandes daños estructurales y cuantiosas pérdidas ante sismos con aceleraciones inclusive menores a las esperadas” (p.17).

Los códigos de diseño sismorresistente son en buena parte, el resultado de las experiencias aprendidas del comportamiento estructural de edificaciones ante terremotos pasados. Los antiguos códigos sismorresistentes estaban enfocados a un diseño por resistencia de la estructura, es decir se evitaba que estas colapsen ante un sismo severo. Sin embargo, a pesar de que la estructura cumplía con el objetivo de diseño, es decir no llegaba al colapso, se presentaban grandes daños inclusive ante sismos con aceleraciones menores que la máxima esperada. Dichos eventos demostraron que en muchos casos no se lograba un buen desempeño estructural con un diseño por resistencia; por ello, los códigos modernos no solamente exigen un diseño basado en la fuerza de resistencia, sino también en el desempeño que se desea lograr (Chacón & Ramírez, 2014, p.16).

El comité Visión 2000, intentó mejorar los códigos actuales de manera significativa. Este comité se centró en definir qué es un sismo frecuente, raro o muy raro; y en describir detalladamente el desempeño que las estructuras deben alcanzar para cada tipo de evento sísmico. Por eso la propuesta está en 3 conceptos primordiales. Boza & Galán (2013) refieren que “según esta propuesta, el desempeño sísmico de las edificaciones se establece sobre tres conceptos: la severidad del sismo, el nivel de desempeño esperado y la importancia que tenga la edificación, relacionándolos mediante la matriz de desempeño” (p.17).

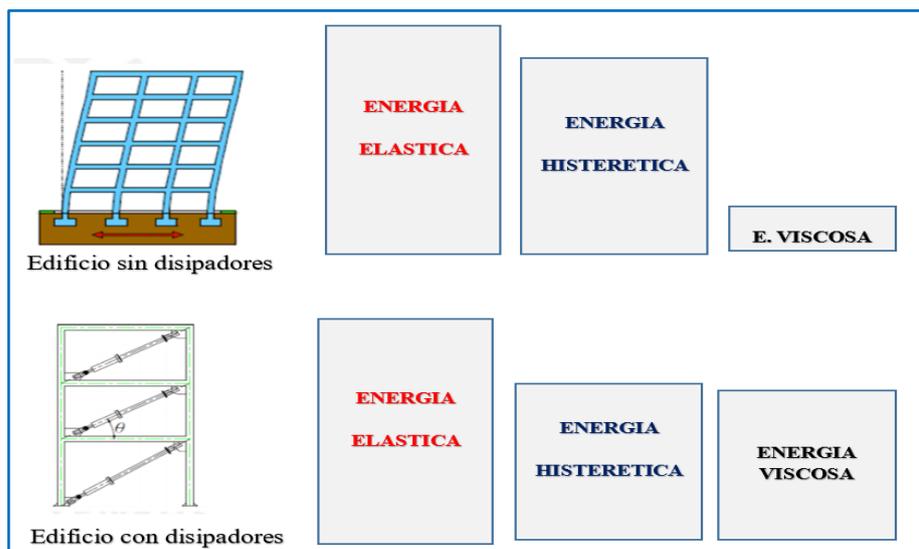
2.3.2.1 Enfoque sismorresistente con sistemas de protección por amortiguamiento

Guevara & Torres (2012) menciona que:

Los sistemas de protección sísmica por amortiguamiento tienen como finalidad reducir los desplazamientos relativos de entrepiso, y por tanto aminorar el daño estructural. Esto se logra mediante un incremento de la participación del amortiguamiento viscoso en la disipación de energía sísmica. Cuando un edificio no posee dispositivos de amortiguamiento, la energía total ingresada a través del movimiento sísmico es disipada en su gran mayoría mediante energía de deformación elástica e inelástica (también llamada histerética); mientras que la participación de la energía de amortiguamiento viscoso es casi nula (p.2).

Figura 3

Distribución de la Energía Sísmica en un Edificio sin y con DFV



Nota. adaptada de Guevara y Torres (2012).

En la Figura 3 se observa que la adición de los amortiguadores en defecto genera una reducción de la disipación inelástica o histerética (E_D), porque la energía de entrada (E_i) se mantiene constante durante el evento sísmico. El edificio ya no tiene que absorber la totalidad de energía sísmica por sí mismo, sino que una porción de esta energía es absorbida por el sistema de amortiguamiento (E_A), que sin ellos incursionaría la estructura a un más en el rango inelástico.

2.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA

En esta sección se tratan los temas y conceptos de sistemas de protección.

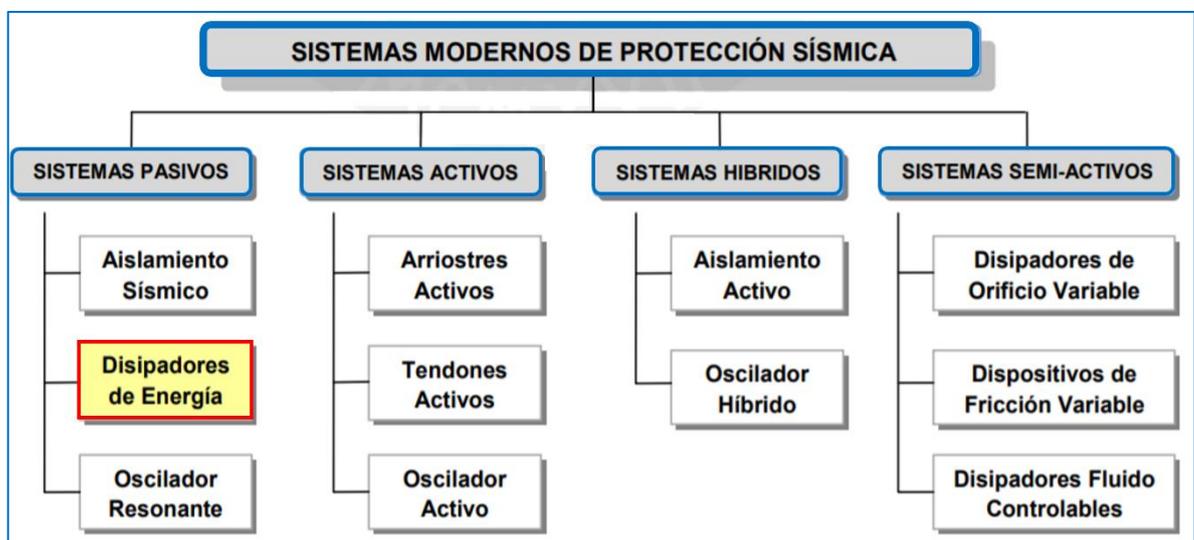
2.4.1 Sistemas Modernos de Protección Sísmica

En la actualidad existen distintos sistemas de protección sísmica que son usados en todo el mundo como se muestra en la Figura 4, los cuales poseen varias ventajas sobre los sistemas convencionales. Podemos encontrar desde simples dispositivos de control pasivo hasta complejos sistemas completamente activos; los más conocidos incluyen los sistemas de aislamiento sísmico y los sistemas de disipación de energía que tienen por objetivo, como indican Villarreal & La Rosa (2016), “el control de los desplazamientos de la estructura siguiendo una o varias de las siguientes alternativas”:

a) Por medio de dispositivos que anexados a la estructura absorban o disipen la energía de entrada del sismo.

Figura 4

Sistemas de Protección Sísmica



Nota. Adaptada de Villarreal & La Rosa (2016).

b) Por medio de mecanismos que, al iniciar la excitación sísmica, ejerzan fuerzas buscando neutralizar la acción de esta.

c) Por medio de dispositivos que modifiquen las propiedades y la respuesta dinámica de la estructura, buscando reducir la energía de entrada y evitando la resonancia.

d) De acuerdo a las alternativas expuestas, los sistemas de control estructural pueden clasificarse en 4 grandes grupos: los sistemas pasivos, semiactivos, híbridos y activos.

En la presente investigación se ha desarrollado temas referidos a los sistemas pasivos de protección sísmica, como los sistemas pasivos de DFV.

2.4.2 Sistemas Pasivos de Disipadores de Energía Sísmica

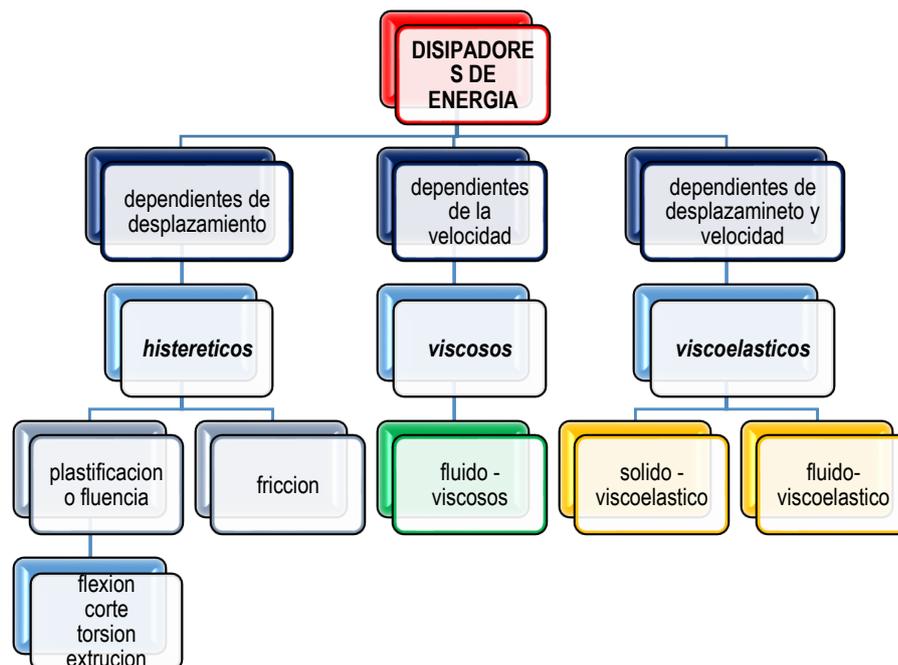
Villarreal & La Rosa (2016) establecen que los sistemas pasivos de disipación de energía se clasifican según su dependencia en 3 grupos; “aquellos disipadores que dependen únicamente de su desplazamiento relativo de sus extremos, aquellos también dependientes únicamente de la velocidad y los que dependen tanto de la velocidad como de su desplazamiento relativo” (p.9).

2.4.3 Tipos de Disipadores de Energía Sísmica

Según las especificaciones del ASCE-7 (2016) los sistemas pasivos de disipación de energía pueden clasificarse como: “dependientes del desplazamiento y de la velocidad” (p.694).

Figura 5

Clasificación de los Disipadores de Energía



Nota. Adaptada de Villarreal & La Rosa (2016).

En la Figura 5, se muestra que en el grupo de los disipadores dependientes del desplazamiento se encuentran principalmente los disipadores metálicos y friccionales. En el grupo de los disipadores dependientes de la velocidad se encuentran primariamente los disipadores viscosos y viscoelásticos.

2.4.3.1 Disipadores Histeréticos

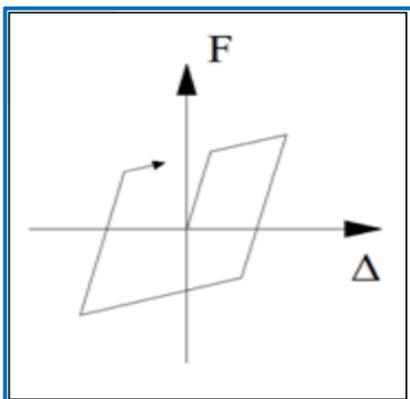
Los disipadores histeréticos son aquellos cuyo funcionamiento está basado en los desplazamientos relativos de entrepiso. Estos producen un incremento en la rigidez de la estructura y son disipadores dependientes del desplazamiento.

I. Disipadores por fluencia de metales

Morales & Contreras (2012) mencionan que “los dispositivos por fluencia disipan energía introduciendo comportamiento inelástico en el metal mediante ciclos de deformación inelástica por flexión, corte, torsión o extrusión”, tal como se puede visualizar en la Figura 6 (p.10).

Figura 6

Comportamiento Idealizado de los Disipadores de Fluencia



Nota. Morales & Contreras (2012).

Entre los más representativos tenemos los disipadores ADAS y TADAS, ambos son dispositivos combinados por un conjunto de placas de acero paralelas entre si produciendo plastificación como manifiestan Villarreal & Oviedo (2008) “donde un desplazamiento relativo produce plastificación en forma uniforme y estable, optimizando el proceso de disipación de energía” (p.34).

a) Disipadores tipo ADAS

Es un dispositivo formado por un conjunto de chapas en paralelo, de espesor constante y sección variable en forma de X, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Disipador Tipo ADAS y Ubicación de Disipadores



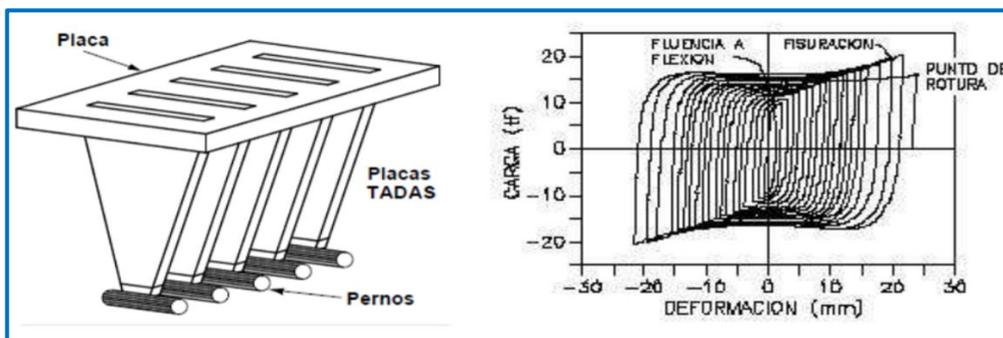
Nota. Guevara & Torres (2012).

b) Disipadores tipo TADAS

Está formado por un conjunto de placas trapecoidales de acero paralelas y de espesor constante. Con un desplazamiento relativo entre extremos de la placa perpendicular a su plano, se consigue la plastificación por flexión por curvatura simple. La respuesta es similar a las obtenidas con el ADAS, tal como se muestra en la Figura 8 (Villarreal & Oviedo, 2008, p.34).

Figura 8

Disipador Tipo TADAS y Respuesta Histerética



Nota. Guevara & Torres (2012).

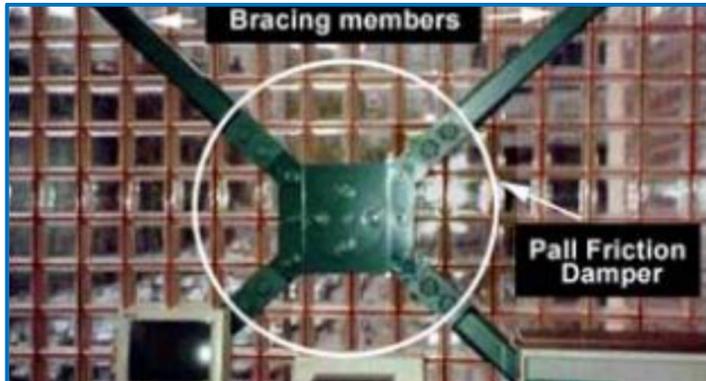
II. Disipadores por Fricción

“Estos disipadores disipan energía mediante fuerzas de fricción que se presenta por el desplazamiento relativo entre dos superficies de contacto bajo presión y durante el

deslizamiento que ocurre entre ambos, como se muestra en la Figura 9” (Pardo, 2007, p.27).

Figura 9

Dispositivo de Amortiguación por Fricción



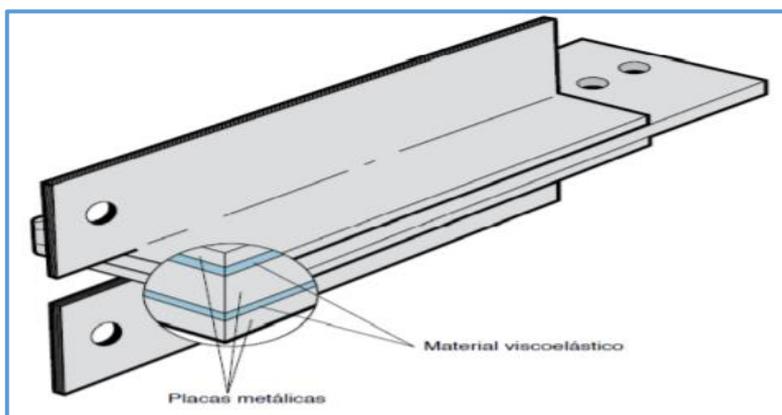
Nota. Guevara & Torres (2012).

2.4.3.2 *Disipadores viscoelásticos Sólidos*

Usualmente los disipadores viscoelásticos sólidos consisten en una almohadilla sólida elastomérica unida con placas de acero. Las placas de acero están instaladas en la estructura con una disposición en diagonal o Chevron. Mientras un extremo del disipador se desplaza con respecto al otro, el material viscoelástico se cizalla, lo que resulta en el incremento de la temperatura y disipación de energía hacia el medio ambiente, como se muestra en la Figura 10 (Chacón & Ramírez, 2014).

Figura 10

Disipador viscoelástico sólido



Nota. Villarreal & Oviedo (2008).

2.5 DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOSOS

“Los disipadores de energía son dispositivos diseñados para absorber la mayor cantidad posible de energía sísmica, evitando así que esta sea disipada mediante deformaciones inelásticas en los elementos estructurales, tal como se muestra en la Figura 11” (Pardo, 2007, p.35).

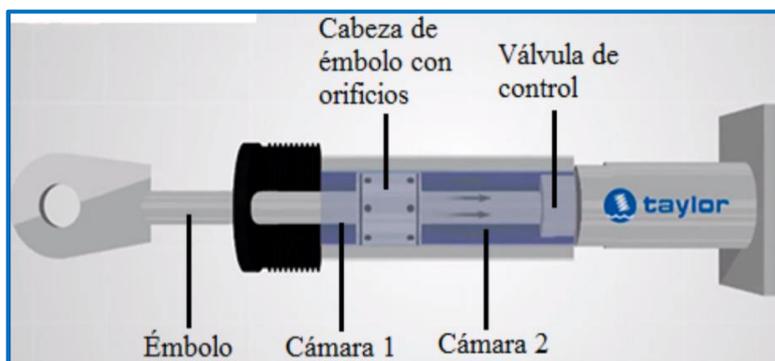
Estos dispositivos inician la disipación de energía con la velocidad relativa de entrepiso. No generan ningún efecto en la rigidez de la estructura por lo cual el periodo de la misma se mantiene intacto, se tiene varias definiciones Chacón & Ramírez (2014):

Este tipo de disipadores consiste en un cilindro hueco que contiene un fluido, típicamente basado en silicona. A medida que el pistón avanza, el fluido es forzado a fluir a través de orificios ya sea alrededor o a través de la cabeza del pistón. La diferencia de presiones a lo largo del pistón produce importantes fuerzas que se oponen al movimiento. El fluido que fluye a altas velocidades genera fuerzas de fricción entre sus partículas y la cabeza del pistón. Las fuerzas de fricción dan lugar a disipación de energía en forma de calor. (p.12)

En la Figura 12, un DFV lineal de la empresa Taylor y su conexión a la estructura.

Figura 11

Disipador Pasivo del Tipo Fluido Viscoso



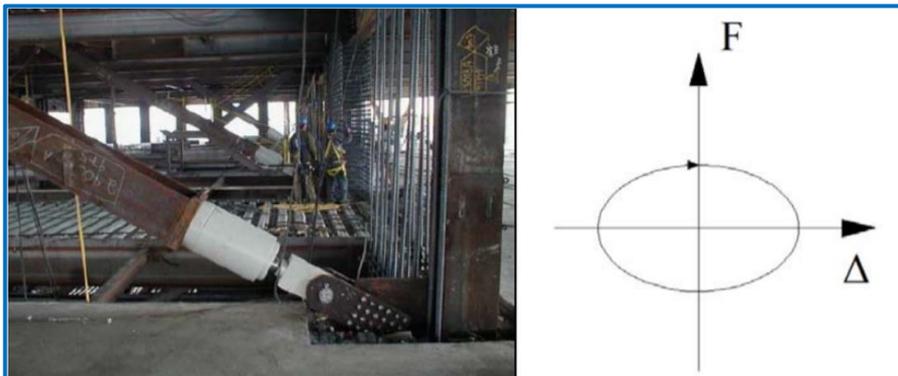
Nota. Ancasi (2019).

Los disipadores de fluido viscoso tienen la propiedad de reducir simultáneamente los esfuerzos y las deflexiones de la estructura. Esto es debido a que los

disipadores de fluido varían su fuerza solamente con la velocidad, la cual provee una respuesta que es inherentemente fuera de fase con los esfuerzos debido a la flexibilidad de la estructura. (Villarreal & Oviedo, 2008).

Figura 12

Disipadores fluido viscoso Taylor y Respuesta histerética



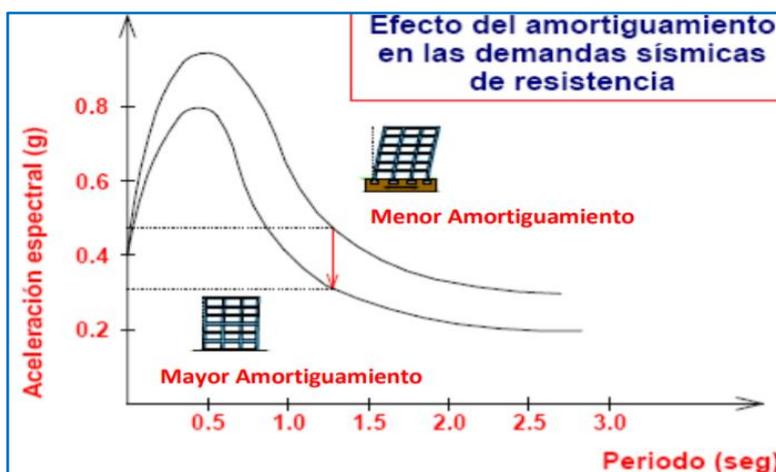
Nota. Taylor Devices Inc. (2013).

2.5.1 Principios Fundamentales de la Disipación de Energía

El aumento de amortiguamiento a la estructura no cambia su periodo como lo indica, “La incorporación de disipadores de energía en una estructura hace que la respuesta sísmica mejore, lo cual se debe a que estos dispositivos cambian las características dinámicas de la estructura mediante el aumento del amortiguamiento o de la rigidez” (Villarreal & Oviedo, 2008, p.29).

Figura 13

Reducción en las Demandas de Resistencia



Nota. Reducción en las demandas de resistencia debido al incremento de amortiguamiento. Guevara & Torres (2012).

Según Enciso (2019), “los amortiguadores pueden incrementar este valor hasta un 20% y 40%, aumento que reduce la pseudoaceleraciones y por consiguiente la fuerza sísmica”. Guevara & Torres (2012) a propósito refieren que “el incremento del amortiguamiento genera una reducción del espectro de pseudoaceleraciones y, por tanto, una disminución de la resistencia demandada, como se ilustra en la Figura 13” (p.2)

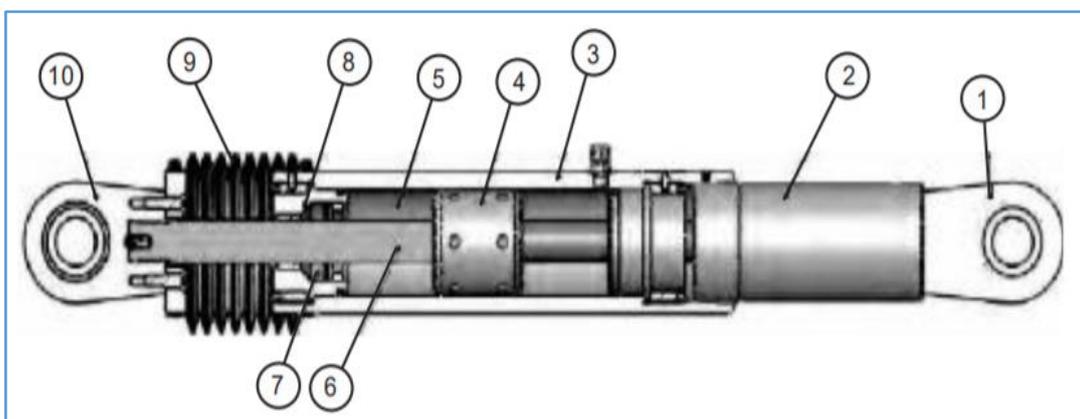
2.5.2 Componentes de un Disipador Fluido – Viscoso (DFV)

Un DFV consiste de un cilindro metálico lleno de un líquido viscoso, como aceite o silicona, y una cabeza de pistón con orificios que separa al cilindro en dos cámaras. Una de las cámaras posee un acumulador que compensa el cambio de volumen del fluido debido al posicionamiento del pistón durante el movimiento como se muestra en la Figura 14 (Constantinou y Symans, 1992).

En esta investigación se emplearon disipadores viscosos Taylor, por ser el principal fabricante a nivel mundial y el que puede encontrarse en el mercado nacional. Hubo pocas las empresas capaces de hacer la transición de su tecnología para el mercado comercial. “Taylor Devices Inc., con sede en Nueva York, es un fabricante de productos de disipación de energía para uso militar y de defensa, iniciando en 1987 sus salidas comerciales para sus productos de defensa” (Villarreal & Oviedo, 2008, p.9).

Figura 14

Componentes de los Disipadores Viscosos



Nota. Villarreal & Oviedo (2008).

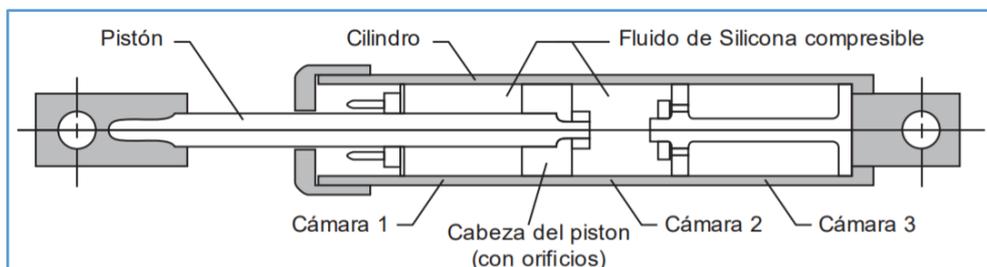
Donde:

1. Horquilla final con tratamiento térmico de aleaciones de acero con protección contra la corrosión.
2. Acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión.
3. Cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
4. Cabeza del pistón de acero sólido o de bronce.
5. Fluido viscoso, silicona incompresible.
6. Vástago de acero inoxidable.
7. Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas.
8. Tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
9. Fuelle, nylon reforzado de neopreno.
10. Cojinete esférico forjado con aleación de calidad aeronáutica.

El disipador fluido viscoso (Figura 15) consiste en esencia de dos elementos: un cilindro de alta resistencia y de un pistón (ambos de acero inoxidable). El cilindro contiene en su interior un fluido perteneciente a la familia de las siliconas (es resistente al fuego, estable a los cambios de temperatura y a los largos períodos de tiempo).

Figura 15

Corte de un Disipador Viscoso



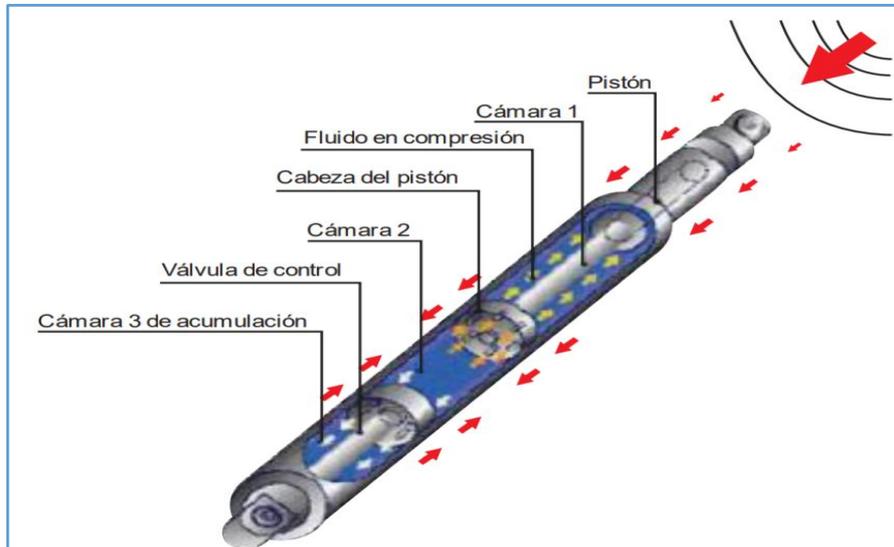
Nota. Villarreal & Oviedo (2008).

Ante una excitación sísmica, se produce el deslizamiento del pistón dentro del cilindro, este movimiento ocasiona el paso del fluido de una cámara a otra (Fig. 16), a su

vez genera una presión diferencial, la misma que origina la fuerza de amortiguamiento genera una presión diferencial, la misma que origina la fuerza de amortiguamiento.

Figura 16

Funcionamiento de los Disipadores Viscosos



Nota. Villarreal & Oviedo (2008).

Debido al desplazamiento interno del pistón se genera la conversión de energía cinética en calor, lo que produce la expansión y contracción térmica del fluido, debido a esto el cilindro contiene una tercera cámara, denominada de acumulación, que permite que se puedan compensar las variaciones de fluido (volumen).

2.5.3 Comportamiento de los Disipadores Fluido-Viscosos

En los materiales elásticos, el esfuerzo es función sólo de la deformación unitaria. En un material viscoelástico, el esfuerzo es una función de la deformación unitaria y de la velocidad con que se aplica la deformación. Existen muchos materiales que presentan fenómenos de flujo dependiente del tiempo, es decir, que se deforman gradualmente bajo esfuerzo, entre ellos se puede mencionar a los pavimentos de asfalto, los combustibles sólidos de los motores de cohetes, polímeros plásticos, el concreto y los elementos de máquinas sometidos a temperaturas elevadas (Fuentes, 2015).

2.5.3.1 Presiones de funcionamiento

La presión de funcionamiento de un amortiguador influye en su envoltura física y en las propiedades materiales de sus partes internas. Estos, a su vez, influyen en el costo del dispositivo. Los amortiguadores sísmicos disponibles actualmente parecen ser más rentables cuando están diseñados para operar a una presión máxima de **5,000 - 8,000 psi**. En comparación, los diseños de amortiguadores de viento deben ser capaces de disipar energía de manera continua durante tormentas que duran varias horas. En la mayoría de los casos, esto significa que un amortiguador de viento no puede operar por encima de 2000 psi, o puede ocurrir un sobrecalentamiento del fluido de amortiguación y los sellos dinámicos (Taylor, 1999).

2.5.3.2 Materiales de construcción de DFV

Los materiales de fábrica tal como indica Taylor (1999), “son los amortiguadores de fluido son esencialmente mecanismos llenos de fluido que deben ser capaces de un servicio a largo plazo sin mantenimiento. Además de requerir materiales que sean inherentemente resistentes a la corrosión”.

Vástago de émbolo: Acero inoxidable 15-5PH, barra forjada, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 160 ksi

Cilindro: Tubería AISI 4340, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 120 ksi

Cabeza de pistón: Cojinete de bronce, material en barra, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 50 ksi

Retenedor de sello: Barra Forjada AISI 4340, Esfuerzo de rendimiento mínimo 120 ksi

2.5.1 Configuraciones de los Dispositivos

En la actualidad existen diversas maneras de colocar los disipadores en las estructuras. Cada una de ellas puede lograr una eficiencia diferente. La eficiencia (f) se

mide en función de la fuerza en el dispositivo en relación a la velocidad (o desplazamiento) de entrepiso. Las disposiciones más comunes y usados son las de Chevron, Diagonales, doble diagonal y Scissor Jack:

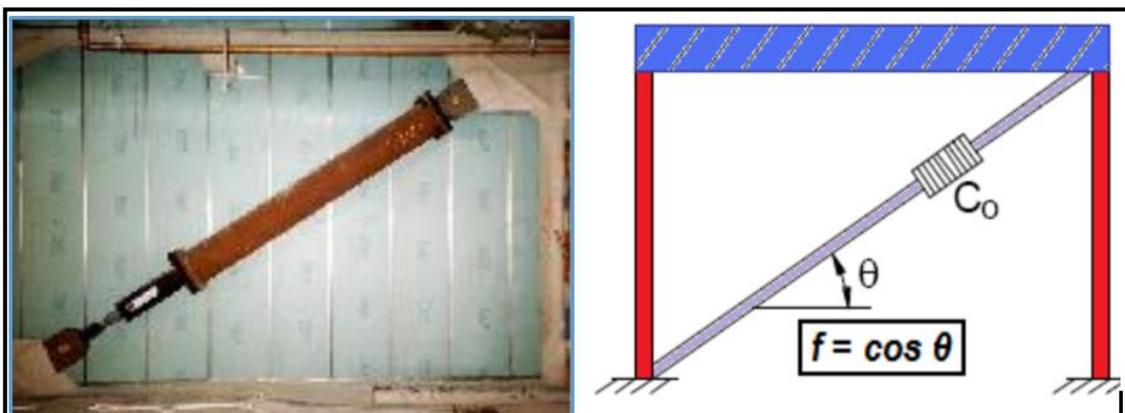
2.5.1.1 Configuración Diagonal

En esta disposición se orienta el disipador de forma diagonal dentro del pórtico en que se encontrará y resulta ser la más económica, pues solo requiere tubos metálicos para su instalación. Por otro lado, este arreglo tiene la menor eficiencia ya que solamente la componente horizontal desarrollada por el amortiguador participa en la disipación de energía (Chacón & Ramírez, 2014, p.13).

La eficiencia depende del ángulo de inclinación del brazo metálico que va a sostener al disipador, mediante la expresión $f = \cos(\theta)$, como se visualiza en la Figura 17.

Figura 17

Disposición Diagonal



Nota. Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation.

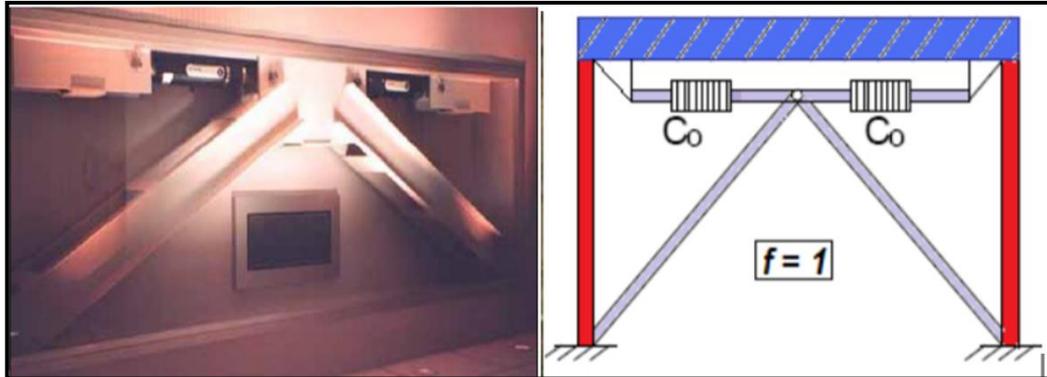
2.5.1.2 Configuración Chevron Brace

La configuración Chevron se distingue por colocar el dispositivo de disipación de energía de forma horizontal, es decir paralelo al entrepiso. A través de esta se puede lograr una eficiencia de 100%, es decir que se emplea toda la capacidad del disipador para restringir los desplazamientos de entrepiso (Chacón & Ramírez, 2014, p.13).

Para lograrlo es necesario que los arriostres que lo sostienen tengan una alta resistencia lateral, tal como se visualiza en la Figura 18.

Figura 18

ConFiguración Chevron Brace



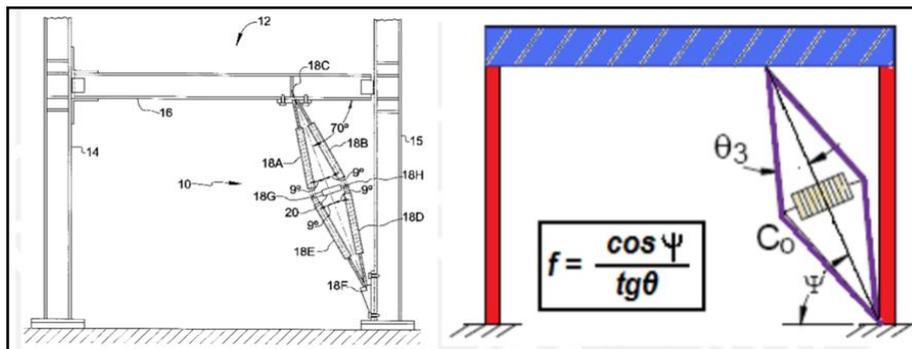
Nota. Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation.

2.5.1.3 Configuración Scissor Jack

Chacón & Ramírez (2014) indican “este tipo de disposición tiene una eficiencia mayor al 100%; esto se debe a que su configuración incrementa el desplazamiento del pistón para una deriva de entrepiso dada” tal como se visualiza en la Figura 19. (p.14).

Figura 19

Disposición Scissor Jack



Nota. Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation.

2.5.2 Interpretación Dinámica de Disipadores Fluido-Viscosos

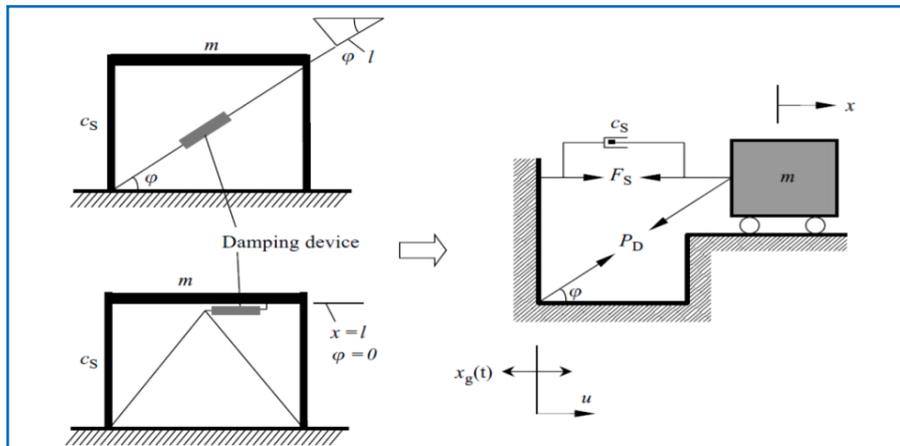
En esta sección se menciona los modelos matemáticos con sistemas de amortiguamiento.

2.5.2.1 Ecuación Dinámica de la Estructura

Para este modelo de un grado de libertad se consideran las disposiciones Chevron y diagonal, tal como se ilustra en la Figura 20.

Figura 20

Modelo dinámico del sistema de DFV de un sólo grado de libertad



Nota. Modelo dinámico sistema de amortiguamiento de un sólo grado de libertad. Cheng et al.(2008).

La rigidez axial del sistema viene gobernada por la rigidez del elemento que contiene el disipador, llamado brazo metálico. La rigidez de este brazo es mucho mayor que la del dispositivo de amortiguamiento. Por esa razón, los brazos pueden ser asumidos como elementos infinitamente rígidos. Esta suposición y las condiciones de equilibrio nos permiten definir la ecuación dinámica de la estructura con un sistema de amortiguación de un solo grado de libertad como se muestra a continuación (Cheng et al., Smart Structures, 2008).

$$m\ddot{x} + c_s\dot{x} + D + DQ = -m\ddot{x}_g \quad \text{o}$$

$$m\ddot{x} + c_s\dot{x} + P\cos\varphi + DQ = -m\ddot{x}_g \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

m: Masa de la estructura, concentrada a nivel del techo.

Cs: Coeficiente de amortiguamiento.

Q: Expresión general que considera el comportamiento no lineal de la Fuerza estructural

P: fuerza definida a lo largo del movimiento del sistema de disipación.

D: Componente horizontal de la fuerza.

φ: Angulo que depende de la configuración del sistema de disipación y sus refuerzos.

x(t): Desplazamiento de entrepiso

$\ddot{x} - \ddot{x}_g$: Aceleración estructural y aceleración del suelo

Esta ecuación representa de manera general el comportamiento de una estructura con dispositivos de amortiguamiento sometida a una fuerza sísmica. Finalmente cabe destacar que la expresión que representa la fuerza en el dispositivo de amortiguamiento (P) es única para cada tipo de disipador; debido a que cada uno presenta propiedades y características distintas.

2.5.3 Modelo Matemático del Sistema de Amortiguamiento

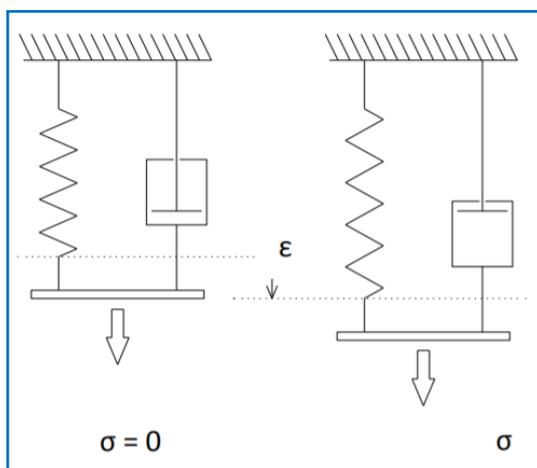
Se presentarán primero algunos modelos de materiales linealmente viscoelásticos para un estado uniaxial de esfuerzo. A continuación, se presentarán los modelos macroscópicos empleados para representar el comportamiento de los disipadores de fluido viscoso.

2.5.3.1 Modelo de sólido Voigt-Kelvin

Se obtiene colocando un resorte hookeano y un amortiguador newtoniano en paralelo (Figura 21). Al aplicar un esfuerzo σ , la deformación unitaria del resorte ε_d y la deformación unitaria del amortiguador ε_s es la misma. El esfuerzo total es la suma de los esfuerzos de ambos componentes.

Figura 21

Modelo de sólido Voigt-Kelvin



Nota. Cheng et al. (2008).

$$\varepsilon_d = \varepsilon_s = \varepsilon \quad (\text{Ec. 2.2a})$$

$$\sigma = \sigma_d + \sigma_s = E\varepsilon + \eta\dot{\varepsilon} \quad (\text{Ec. 2.2b})$$

Donde:

E : es el módulo de elasticidad

η : es el coeficiente de viscosidad

σ : esfuerzo uniaxial

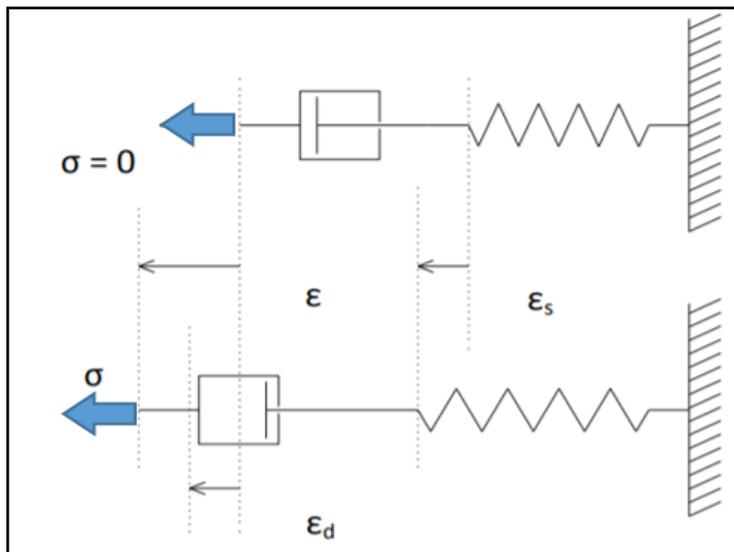
ε_d y ε_s : deformación unitaria del resorte y amortiguador respectivamente.

2.5.3.2 Modelo de sólido Maxwell

Resulta de una combinación en serie de un resorte y un amortiguador (Fig. 22). El esfuerzo a través del amortiguador σ_d es el mismo que a través del resorte σ_s , sin embargo, ambos elementos contribuyen a la deformación unitaria total.

Figura 22

Modelo de sólido Maxwell



Nota. Cheng et al. (2008)..

$$\sigma_d = \sigma_s = \sigma \quad (\text{Ec. 2.3a})$$

$$\varepsilon = \varepsilon_s + \varepsilon_d \quad (\text{Ec. 2.3b})$$

2.5.3.3 Modelo de Maxwell a nivel macroscópico

En base a datos experimentales Constantinou y Symans (1992) refieren que “se ha encontrado en un gran rango de frecuencias los disipadores tienen un comportamiento de fluido viscoelástico. Se puede emplear el modelo de Maxwell para representar el comportamiento de los disipadores a nivel macroscópico:

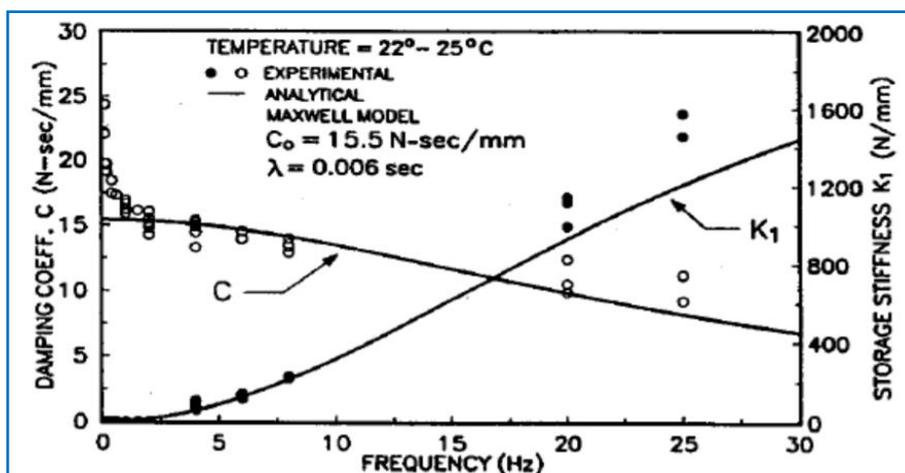
$$P(t) + \lambda \dot{P}(t) = C_0 \dot{u}(t) \quad (\text{Ec. 2.4})$$

En donde P es la fuerza resultante del disipador, λ es el intervalo de relajación, C_0 es la constante de amortiguamiento para frecuencia cero y \dot{u} es la velocidad de la cabeza del pistón respecto del cilindro”.

Este modelo fue calibrado en los experimentos realizados a temperatura ambiente por Constantinou y Symans en disipadores de dimensiones específicas. Los parámetros obtenidos de la calibración fueron $r = 1$, $q = 1$, $\lambda = 0.006$ s y $C_0 = 15.45$ N-s/mm. Por lo tanto, el modelo calibrado puede representarse con la Ecuación 2.5. En la Figura 23 se muestra una comparación de las propiedades derivadas analíticamente y las obtenidas del experimento (coeficiente de amortiguamiento y rigidez almacenada). Los datos analíticos concordaron muy bien con los datos experimentales, excepto para frecuencias mayores a 20 Hz, en donde el modelo subestima la rigidez almacenada. Puesto que el disipador tiene un intervalo de relajación de solo 0.006 s, esto indica que, para tasas de cambio bajas de la fuerza del disipador, el término $\lambda \dot{P}(t)$ de la Ecuación 2.4 puede despreciarse (Fuentes, 2015).

Figura 23

Comparación de valores experimentales y teóricos



Nota. Comparación de valores experimentales y teóricos del coeficiente de amortiguamiento y rigidez almacenada. Constantinou y Symans (1992).

“Siempre en cuando se dé el caso entonces, lo anterior sucede para frecuencias menores a la frecuencia límite de 4 Hz, es decir para los modos fundamentales de las estructuras civiles típicas. Por consiguiente, el modelo del disipador para frecuencias de movimiento inferiores a la frecuencia límite puede expresarse como:” (Fuentes, 2015).

De la ecuación 2.4 se tiene: $P(t) + \lambda P(t) = C_o \dot{u}(t)$ donde: $\lambda P(t) \cong 0$

$$\therefore P(t) = C_o \dot{u}(t) \quad (\text{Ec. 2.5})$$

También los experimentos demostraron que los disipadores tienen un comportamiento estable en un rango amplio de temperaturas. Teniendo en cuenta el efecto del diseño de los orificios de control de fluidos, la fuerza desarrollada en un disipador de fluido viscoso se puede escribir en forma general: (Fuentes, 2015)

$$F_d = C |\dot{u}|^\alpha \text{sgn}(\dot{u}) \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

C: se denomina constante de amortiguamiento y

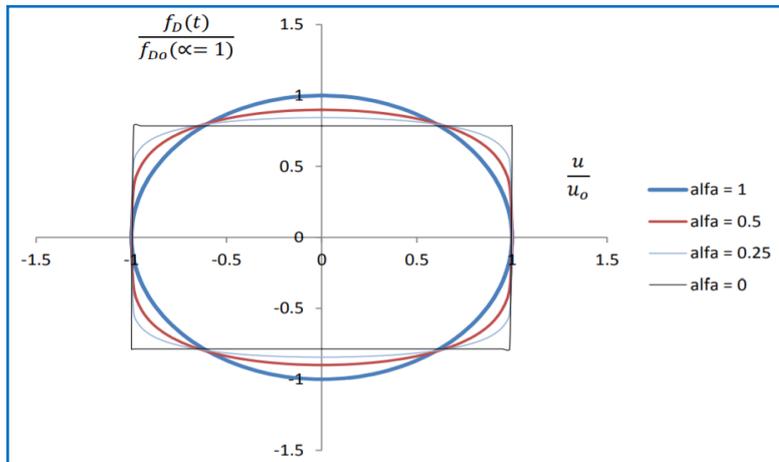
\dot{u} : es la velocidad relativa entre los dos extremos del disipador.

Los disipadores con exponente $\alpha = 1$, denominados disipadores lineales, fueron los primeros en ser desarrollados históricamente y con ellos se obtuvieron elevadas fuerzas de amortiguamiento. Posteriormente aparecieron los disipadores no lineales con exponente $\alpha < 1$ con los cuales se obtuvieron mejores soluciones en problemas de vibración e impacto.

Para mostrar el efecto del exponente α en la respuesta de un disipador de fluido viscoso se presenta en la Fig. 24 una gráfica de la fuerza normalizada $\frac{f_D(t)}{f_{D_o}(\alpha=1)}$ versus el desplazamiento normalizado $\frac{u}{u_o}$ para disipadores con varios valores de α , los cuales disipan la misma cantidad de energía en un ciclo de movimiento armónico $u = u_o \text{sen } \omega t$, donde $f_D(t)$ es la fuerza del disipador en función del tiempo y $f_{D_o}(\alpha=1)$ la fuerza máx. del disipador con $\alpha = 1$. (Lin & Chopra, 2002)

Figura 24

Lazos Histeréticos de Disipadores de Fluido Viscoso



Nota. Lazos histeréticos de disipadores de fluido viscoso con movimiento armónico para varios valores de α . Lin & Chopra (2002).

La Figura 24 muestra que, para disipar una misma cantidad de energía, los disipadores no lineales desarrollan fuerzas máximas de menor magnitud que la fuerza máxima unitaria correspondiente a un disipador lineal (0.899 para $\alpha = 0.5$, 0.844 para $\alpha = 0.25$ y 0.785 para $\alpha = 0$, este último caso corresponde a un disipador de fricción). Dado que los disipadores no lineales con exponente $\alpha < 1$ tienen la virtud de limitar la fuerza máx. obtenidas en estos dispositivos a la vez que pueden proveer la misma capacidad de DFV que los disipadores lineales (Fuentes, 2015).

2.5.4 Ecuación General de un sistema de DFV

La fuerza que actúa en un disipador de fluido viscoso está representada por:

$$F_d = C|\dot{u}|^\alpha \text{sgn}(\dot{u}) \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde C es el coeficiente de amortiguamiento determinado experimentalmente con unidades de fuerza por velocidad, \dot{u} es la velocidad, $\text{sgn}(\cdot)$ es la función signo y α es el exponente de amortiguamiento con valores en un intervalo de 0.25 a 2.0 para aplicaciones sísmicas (Soong & Constantinou, 1994, p.27) y (FEMA 273, p.313).

El exponente α representa la no linealidad de un disipador de fluido viscoso, si $\alpha=1$ el disipador será viscoso lineal y para los intervalos de $0 \leq \alpha < 1$ será no lineal. La

ecuación simplificada de estos dispositivos según (Villarreal & La Rosa, 2016) “La fuerza generada en cada disipador viscoso se caracteriza por la siguiente ecuación:” (p.12).

$$F = CV^\alpha \quad (\text{Ec. 2.37})$$

Dónde:

F - fuerza en el disipador

C - constante de amortiguamiento

V - velocidad relativa en el amortiguador

α - coeficiente de linealidad y no linealidad

2.5.5 Efecto del Amortiguamiento Añadido a la Estructura

2.5.5.1 Trabajo Realizado por amortiguadores Lineales en la estructura

Mediante las ecuaciones planteadas por Newmark y Jenn-Shin, Hwang y haciendo uso del principio de trabajo virtual, se demuestra y justifica la ecuación empleada para la elección del coeficiente de amortiguamiento de los disipadores de energía.

Considerando un sistema de un solo grado de libertad equipado con un amortiguador viscoso lineal bajo un historial de tiempo de desplazamiento sinusoidal impuesto como:

$$u(t) = u_0 \text{sen}(\omega t + \delta)$$

Donde u es el desplazamiento del sistema y el amortiguador, u_0 es la amplitud.

La fuerza que se genera debido al desplazamiento aplicado como un pulso en un sistema equivalente de un grado de libertad será:

$$p(t) = p_0 \text{sen}(\omega t + \delta)$$

Y la energía desarrollada por amortiguamiento es:

$$W_d = \oint F_d \, du$$

Donde:

$$F_d = C\dot{u}$$

$$\dot{u} = \frac{du}{dt}$$

$$\dot{u} dt = du$$

Expresado en términos de la velocidad:

$$W_d = \int C \dot{u}^2 dt \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Y la velocidad en función del tiempo está expresada como:

$$\dot{u}(t) = \omega u_0 \cos(\omega t) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Reemplazando (2.12) en (2.11), se tiene el trabajo para un ciclo de respuesta:

$$W_d = \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} C [\omega u_0 \cos(\omega t)]^2 dt = C u_0^2 \omega^2 \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \cos^2(\omega t) dt$$

Resolviendo la integral:

$$W_d = \left[\pi r^2 C u_0^2 \omega^2 \left(\frac{t}{2} + \frac{\text{sen}(2\omega t)}{4\omega} \right) \right]_0^{\frac{2\pi}{\omega}}$$

Evaluando la integral se tendrá:

$$W_d = C u_0^2 \omega^2 \left[\frac{\frac{2\pi}{\omega}}{2} + \frac{\text{sen}(2\omega \frac{2\pi}{\omega})}{4\omega} \right]$$

$$W_d = C u_0^2 \omega^2 \left[\frac{4\pi + \text{sen}(4\pi)}{4\omega} \right]$$

Entonces, con $\text{sen}(4\pi) = 0$

$$W_d = \pi C u_0^2 \omega \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Mediante la siguiente expresión se expresa C en función del amortiguamiento crítico

$$\xi_d = \frac{C}{C_{cr}} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde el amortiguamiento crítico (C_{cr}) se expresa en función de la masa y la rigidez

$$C_{cr} = 2\sqrt{KM} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Reemplazando (2.10) y (2.11) en (2.9)

$$W_d = \pi \xi_d C_{cr} u^2 \omega$$

$$W_d = \pi \xi_d 2\sqrt{KM} u^2 \omega$$

$$2\sqrt{KM} = 2 \sqrt{KM \frac{K}{K}} = 2 \frac{K}{\omega_n}$$

Reemplazándolo se tiene:

$$W_d = \pi \xi_d 2Ku_0^2 \frac{\omega}{\omega_n} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

Donde: ω_n es la frecuencia de vibración natural de la estructura

Sea; W_s la energía debido al esfuerzo elástico de la estructura

$$W_s = Ku^2 \quad (\text{Ec. 2.13})$$

Energía de Amortiguamiento " W_d " (2.13) en (2.12), se tiene:

$$W_d = \pi \xi_d 2W_s \frac{\omega}{\omega_n} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Despejando ξ_d :

$$\xi_d = \frac{\omega_n}{2\pi\omega} \frac{W_d}{W_s}$$

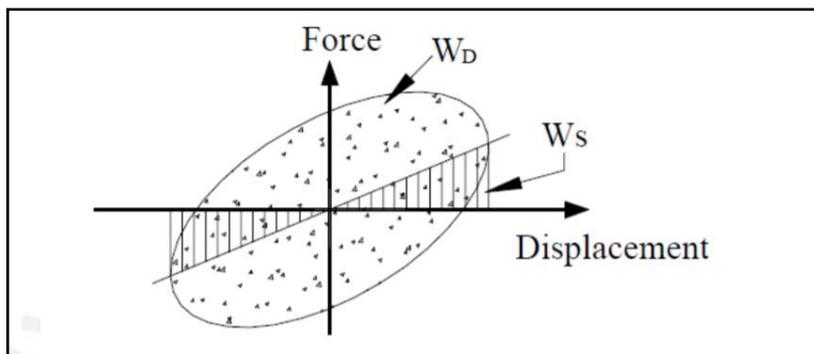
Debido a que la relación entre las frecuencias, para casos prácticos es igual a uno, se expresa el amortiguamiento como:

$$\xi_d = \frac{W_d}{2\pi W_s} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

La relación entre la energía de amortiguamiento y la energía de esfuerzo elástico bajo una sollicitación sísmica en la estructura se muestra en la Figura 25:

Figura 25

Desplazamiento Vs Fuerza del Amortiguador

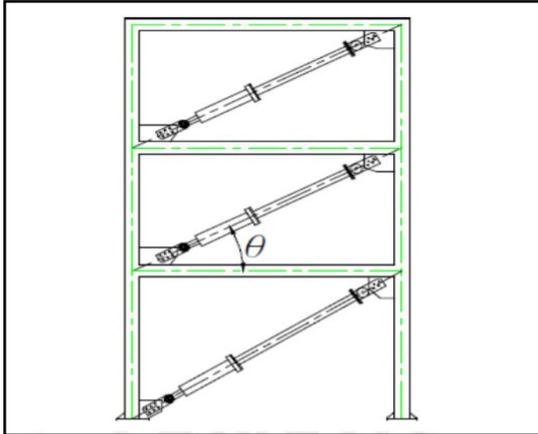


Nota. Seismic Design of Structures with Viscous Dampers

El amortiguamiento efectivo en una estructura está definido como la suma del amortiguamiento añadido y el inherente, que para estructuras de concreto armado se asume igual al 5%. Se asume una disposición del amortiguador en diagonal, como se muestra en la Figura 26:

Figura 26

Disposición Diagonal Asumida



Nota. Seismic Design of Structures with Viscous Dampers

$$\xi_{eff} = \xi_o + \xi_d \quad (\text{Ec. 2.16})$$

Donde:

ξ_o = es la relación de amortiguación inherente del sistema MDOF sin amortiguador

ξ_d = es la relación de amortiguación viscosa atribuida a amortiguadores añadidos

El FEMA 273 (1997), expresa el amortiguamiento añadido por amortiguadores de la siguiente manera que es similar a la expresión encontrada en (Ec. 2.15).

$$\xi_d = \frac{\sum W_j}{2\pi W_k} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Donde:

$\sum W_j$: es la suma de la energía disipada por el j-ésimo amortiguador del sistema en un ciclo.

W_k : es la energía de deformación elástica del marco. ($W_k = \sum F_i \Delta_i$)

F_i : es la fuerza cortante en el piso i

Δ_i : es la deriva del i-ésimo piso.

Según la ecuación (2.13)

$$W_d = \pi C u_0^2 \omega$$

Ahora, la energía disipada por el amortiguador viscoso se puede expresar como:

$$\sum_j W_j = \sum_j \pi C_j u_j^2 \omega_0 = \frac{2\pi^2}{T} \sum_j C_j u_j^2 \quad (\text{Ec. 2.18})$$

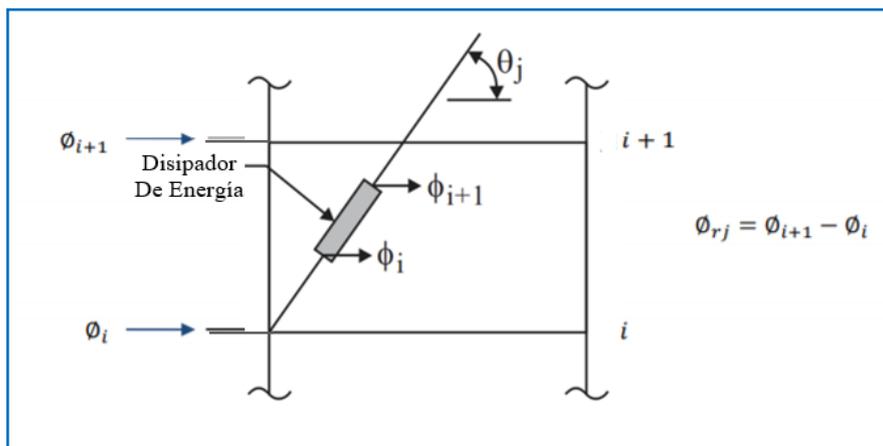
Donde u_j es el desplazamiento axial relativo del amortiguador j entre los dos extremos (Villarreal & La Rosa, 2016) menciona:

La evidencia experimental ha demostrado que, si se aumenta la relación de amortiguamiento de una estructura, se suprimirán las respuestas de modo más alto de la estructura. Como consecuencia, solo el primer modo de un sistema MDOF generalmente se considera en el procedimiento simplificado de aplicaciones prácticas (modo fundamental más importante). Usando el método de energía de deformación modal, la energía disipada por el amortiguador y la energía de deformación elástica proporcionada por el marco primario se pueden reescribir como; Las ecuaciones que se resuelven adelante se basan asumiendo un ángulo de inclinación del dispositivo igual a θ_j y ϕ_{jr} es el desplazamiento relativo de cada entrepiso. (p.13)

En la Figura 27 se aprecia un amortiguador con un ángulo de inclinación θ_j y un ϕ_{jr} (desplazamiento relativo), ubicados en un pórtico de un piso cualquiera.

Figura 27

Angulo De Inclinación y Desplazamiento Relativo



Nota. Angulo de inclinación y desplazamiento relativo del DFV. Villarreal & La Rosa (2016)

$$u_j = \cos\theta_j * \phi_{rj} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

Reemplazando (2.19) en la ecuación (2.18):

$$\sum_j W_j = \frac{2\pi^2}{T} \sum_j C_j (\cos\theta_j * \phi_{rj})^2 = \frac{2\pi^2}{T} \sum_j C_j \cos^2\theta_j \phi_{rj}^2 \quad (\text{Ec. 2.20})$$

La energía desarrollada por el esfuerzo elástico se representa como:

$$W_k = \sum F_i \Delta_i$$

Matricialmente es posible expresar

$$W_k = \phi_i^T |K| \phi_i = \phi_i^T \omega^2 |m| \phi_i$$

$$W_k = \sum_i \omega^2 m_i \phi_i^2$$

$$W_k = \frac{4\pi^2}{T^2} \sum_i m_i \phi_i^2 \quad (\text{Ec. 2.21})$$

Donde:

$|K|$: matriz de rigidez

$|m|$: matriz de masa concentrada del primer modo del sistema

ϕ_{rj} : es el desplazamiento horizontal relativo del amortiguador j

ϕ_i : es el primer desplazamiento de modo en el piso i;

m_i : es la masa del piso i; y

θ_j : es el ángulo inclinado del amortiguador j.

Remplazando la ecuación (2.17), (2.20) y (2.21) en la ecuación (2.16). la relación de amortiguación efectiva de una estructura con DFV lineales dada por:

$$\xi_{eff} = \xi_o + \xi_d = \xi_o + \frac{\sum W_d}{2\pi W_s} = \xi_o + \frac{\frac{2\pi^2}{T} \sum_j C_j \cos^2\theta_j \phi_{rj}^2}{2\pi \frac{4\pi^2}{T^2} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Amortiguamiento efectivo equivalente - Disipador lineal:

Connotación JENN-SHIN, Hwang:

$$\xi_{eff} = \xi_o + \frac{T \sum_j C_j \cos^2\theta_j \phi_{rj}^2}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

Connotación FEMA 273:

$$\beta_{eff} = \beta_o + \frac{T \sum_j C_j \cos^2\theta_j \phi_{rj}^2}{4\pi \sum_i \frac{w_i}{g} \phi_i^2} \quad (\text{Ec. 2.23})$$

2.5.5.2 Trabajo realizado por amortiguadores no lineales en la estructura

Al igual que para los amortiguadores lineales, se considera una historia de desplazamientos impuestos al sistema de un solo grado de libertad, con un amortiguador viscoso no lineal bajo movimientos sinusoidales, la velocidad del sistema está dada por:

$$\dot{u}(t) = \omega u_0 \sin(\omega t) \quad (\text{Ec. 2.24})$$

reconociendo $F_d = C\dot{u}^\alpha$ y sustituyendo las ecuaciones (2.6) y (2.24) en la ecuación (2.25), se puede adquirir la energía disipada por el amortiguador no lineal en un ciclo de movimiento sinusoidal

$$F_d = C|\dot{u}|^\alpha \text{sgn}(\dot{u}) \quad (\text{Ec. 2.6})$$

$$W_d = \oint F_d du \quad (\text{Ec. 2.25})$$

Amortiguamiento efectivo equivalente – Disipador No lineal

Connotación JENN-SHIN, Hwang:

$$\xi_{eff} = \xi_o + \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (\text{Ec. 2.35})$$

Connotación FEMA 273:

$$\beta_{eff} = \beta_o + \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (\text{Ec. 2.36})$$

2.5.6 Amortiguamiento Viscoso Lineal y no Lineal

Un valor inicial estimado del coeficiente de amortiguamiento “C” para dispositivos no lineales puede obtenerse con la ecuación: (2.23) y (2.36):

2.5.6.1 Amortiguamiento Viscoso Lineal

$$\beta_{visc.} = \frac{T \sum_j C_j \cos^2 \theta_j \phi_{rj}^2}{4\pi \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (\text{Ec. 2.38})$$

2.5.6.2 Amortiguamiento Viscoso No Lineal

$$\beta_{visc.} = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (\text{Ec. 2.39})$$

$$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{\gamma^{2(1+\alpha/2)}}{\gamma(2+\alpha)} \quad (\text{Ec. 2.40})$$

Donde:

$\beta_{visc} (\beta_o)$: Amortiguamiento Viscoso Objetivo.

T : Período de la estructura.

ϕ_i : Modo de vibración del periodo fundamental.

ϕ_{rj} : Desplazamiento Relativo del modo de vibración fundamental.

θ_j : Ángulo de inclinación del disipador.

m_i : Masa de entrepiso.

λ : parámetro gamma (Tabla 1).

γ : Función gamma.

A : Modo de vibración del periodo fundamental.

ω : Frecuencia angular fundamental de la estructura ($\omega = 2\pi f$).

α : Exponente de velocidad.

Tabla 1

Parámetro λ es Dependiente del Valor del Exponente de Velocidad “ α ”

Exponente “ α ”	Parámetro “ λ ”
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0

Nota. FEMA 274

2.5.7 Exponente de Velocidad “ α ”

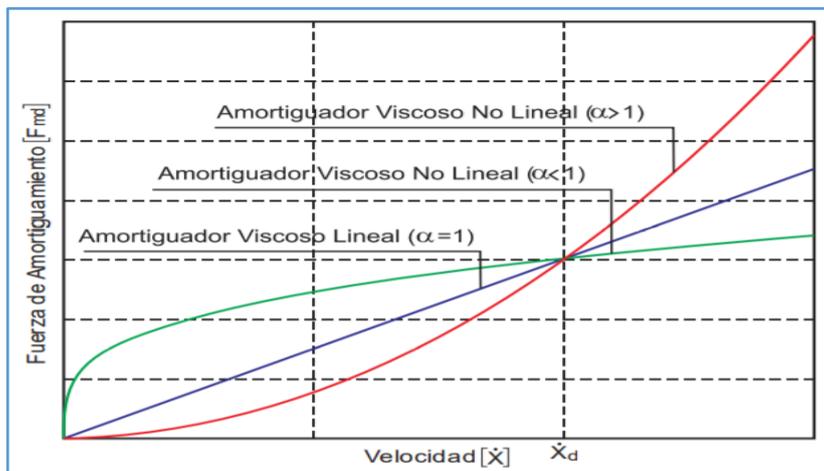
El exponente de velocidad “ α ” describe el comportamiento histerético de los disipadores; en otras palabras, propone la disposición de los lazos histeréticos. Este exponente define la reacción del dispositivo ante impactos de velocidad. Para el caso edificaciones se recomienda el uso de $\alpha < 1$, típico de un disipador no lineal.

“Fuerza máxima en la estructura” \Rightarrow “Fuerza mínima en el disipador”.

Según Villarreal & La Rosa (2016), “Para amortiguadores lineales el valor de “ α ” es igual a 1. En estos dispositivos la fuerza es proporcional a la velocidad relativa, esto provoca un comportamiento fuera de fase. Los amortiguadores con α mayor a 1 no son comúnmente utilizados en edificaciones porque se necesitan grandes velocidades para incrementar significativamente la fuerza en el amortiguador” (p.14).

Figura 28

Relación Velocidad vs. Fuerza del Disipador



Nota.. Villarreal & La Rosa (2016).

En la Figura 28, se puede apreciar la eficiencia del disipador viscoso no lineal ($\alpha < 1$), ya que para pequeñas velocidades relativas, puede desarrollar una mayor fuerza de amortiguamiento en comparación a los otros tipos de Disipadores ($\alpha = 1$ y $\alpha > 1$).

2.5.8 Rigidez del dispositivo “K” (Rigidez del brazo metálico)

la rigidez del dispositivo es la rigidez del brazo metálico que lo conecta a la estructura principal o pórticos. Esto debido a que la rigidez axial del dispositivo es mucho menor a la del brazo, con el objeto de que primero falle el disipador antes que el brazo metálico; cuyo valor se determina con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{EA}{L} \quad (\text{Ec. 2.41})$$

Donde:

- : Coeficiente de Elasticidad del Acero.
- : Área de la sección del brazo metálico.
- : Longitud del brazo metálico.

Es muy común utilizar perfiles HSS o tipo PIPE por razones de estética y por su facilidad de instalación. En el proceso de diseño del brazo metálico se deben validar:

$$\phi T_n = \phi F_y A_g < T_u \quad (\text{tensión}) \quad (\text{Ec. 2.42})$$

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g < P_u \quad (\text{compresión}) \quad (\text{Ec. 2.43})$$

Donde:

T_n : Tensión nominal.

ϕ : Factor de reducción (0.9).

A_g : Área bruta de la sección del brazo metálico.

T_u : Tensión última obtenida a partir de las fuerzas en el dissipador.

P_n : Compresión nominal.

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

2.5.9 Comportamiento Fuerza - Desplazamiento

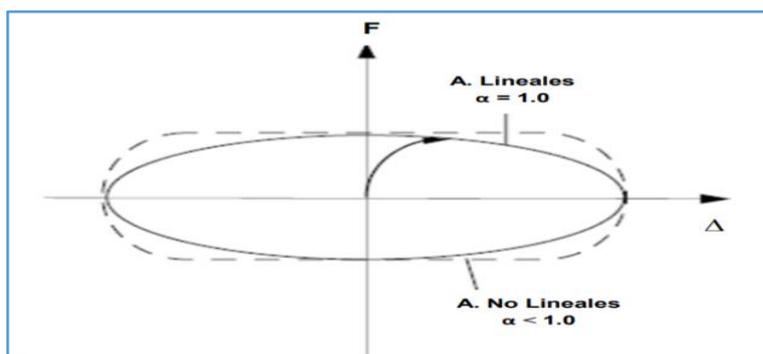
Villarreal & La Rosa (2016) indica que:

“Los dissipadores viscosos dependen de la velocidad para disipar energía, tal es así que la fuerza que se genera en estos dispositivos proporcional a su velocidad. Teniendo en consideración esto, se puede ver que cuando el pórtico llegue a su desplazamiento máximo, la fuerza de amortiguamiento en el dispositivo viscoso será igual a cero, pues en este instante la velocidad es igual a cero” (p.16).

Asimismo, la fuerza máxima de amortiguamiento ocurre cuando la velocidad es máxima y esto se da cuando el pórtico entra en equilibrio, es decir, cuando el desplazamiento en las columnas es igual a cero. Como se muestra en la Figura 29.

Figura 29

Relación fuerza - desplazamiento del amortiguador



Nota. Cheng et al., 2008.

2.5.10 Balance Energético

Villarreal & La Rosa (2016) “define la ecuación 2.1 muestra la relación de la conservación de la energía en un sistema estructural expuesto a una excitación sísmica”

$$E_I = E_K + E_S + E_D + E_A = \text{constante}$$

Dónde:

E_I - Energía absoluta de entrada del movimiento sísmico.

E_K - Energía cinética.

E_S - Energía de deformación elástica recuperable.

E_D - Energía irrecuperable disipada a través de la inelasticidad

E_A - Energía de amortiguamiento.

Para que el sistema estructural sea capaz de soportar las sollicitaciones sísmicas, la capacidad de respuesta de esta debe ser mayor que la demanda sísmica. En pocas palabras la energía de entrada (EL) debe ser absorbida o disipada por la suma de la energía cinética (EK), elástica (ES), de amortiguamiento (EA) e inelástica (ED). Asumiendo que la energía de entrada es constante, será evidente que el desempeño estructural puede ser optimizado de dos formas:

- A través del método convencional, es decir, aumentando la rigidez y la ductilidad en el sistema, incrementando así la energía por deformación inelástica (ED).
- Incrementando el amortiguamiento interno (EA) mediante la incorporación de dispositivos suplementarios colocados en lugares estratégicos.

La primera alternativa representa al diseño clásico, en donde se trabaja en función de la resistencia y la ductilidad de la estructura para que este soporte las diferentes sollicitaciones sísmicas producidas por un movimiento telúrico. El ingeniero a cargo del diseño se apoya en el amortiguamiento inherente de la estructura, la misma que oscila entre 1% y 5% (edificaciones de concreto armado).



La segunda alternativa consiste en anexar a la estructura dispositivos suplementarios, estos tienen el propósito de maximizar el amortiguamiento del sistema, reduciendo la demanda de disipación de energía a través de la inelasticidad (ED) en los diferentes elementos estructurales, tales como columnas y placas, evitando así posibles fallas o daños en los mismos. (p.6).

2.5.11 Criterios de ubicación

Los criterios de ubicación son muy importantes al momento de realizar los cálculos estructurales, una de las limitantes viene a ser la arquitectura y su distribución, por ello que muchas veces las alternativas de ubicación de los dispositivos son limitados. Pero definitivamente el criterio parte por buscar las zonas de máxima velocidad; y esto se da cuando ubicamos los dispositivos en las zonas más alejadas posible del centro de rigidez de las estructuras, como lo indica:

La ubicación, disposición y número de amortiguadores en el edificio influyen significativamente en la efectividad del sistema de amortiguamiento. En el caso de amortiguadores fluido viscosos, se sugiere ubicarlos inicialmente en las zonas de velocidades máximas y en los entrepisos que experimentan mayor desplazamiento relativo. La ubicación óptima de los amortiguadores se logra mediante un proceso iterativo. También es importante señalar que el uso del edificio y la arquitectura del mismo son factores que influyen significativamente en la ubicación de los amortiguadores (Guevara & Torres, 2012, p.17).

2.5.12 Fabricantes

Guevara & Torres (2012) indican que el principal fabricante de estos dispositivos es Taylor Devices Inc., de origen estadounidense y líder mundial desde 1954 en la producción de elementos de absorción de shocks por medio de la compresión y control de fluidos que permiten la disipación de energía. La empresa desarrolló y

patentó conceptos tales como el control del fluido a través de orificios, la compresión dinámica de fluidos, los amortiguadores auto ajustables y el **resorte líquido** desarrollando productos para el sector comercial, militar e industrial.

En el Perú, la marca Taylor es representada por la empresa CDV, empresa comercializadora de productos especializados para la construcción y la industria. El precio unitario por dispositivo es de rango variable, a US\$ 8000.00, dependiendo de la fuerza de diseño del dispositivo y las propiedades impuestas por el proyectista. Asimismo, debe considerarse el costo de los elementos metálicos involucrados en la conexión.

2.6 NORMAS DE DISEÑO

En este subcapítulo se detalla las norma nacional e internacional para el análisis y diseño sismorresistente con sistemas de amortiguamiento con DFV.

2.6.1 Requerimiento de Diseño Convencional -RNE E.030 (2020)

En este apartado mencionaremos la norma actual de análisis diseño sismorresistente de Perú NTP E.030 (2020), se indica los artículos pertinentes y necesarios para este estudio, las cuales se presentan en tablas.

2.6.1.1 Factores de Peligro Sísmico

- a) **Zonificación:** El territorio nacional está dividida en cuatro zonas sísmicas. Y se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50.

Tabla 2

Factor Zona

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota. RNE E-030 (2020).

- b) **Perfiles de Suelo:** Se clasificados de acuerdo a (\bar{V}_s) , (\bar{N}_{60}) y (\bar{S}_u) .

Tabla 3

Clasificación de tipo de suelo

Perfil	\bar{V}_S	\bar{N}_{60}^a	\bar{S}_u^b
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	<15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Nota. ^a(\bar{N}_{60}): promedio ponderado del ensayo estándar de penetración, ^b(\bar{S}_u): promedio de resistencia al corte en condición no drenada. RNE E-030 (2020).

c) **Parámetros de Sitio:** Comprende la amplificación del suelo (S). Y (T_P) y (T_L)

Tabla 4

Factor suelo (S)

Suelo Zona	S0	S1	S2	S3
Z1	0.80	1.00	1.05	1.10
Z2	0.80	1.00	1.15	1.20
Z3	0.80	1.00	1.20	1.40
Z4	0.80	1.00	1.00	2.00

Nota.. RNE E-030 (2020)

Tabla 5

Periodos (T_p) y (T_l)

	Perfil del suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
$T_p(S)$	0.30	0.4	0.6	1
$T_L(S)$	3	2.5	2	1.6

Nota.. RNE E-030 (2020)

d) **Factor de Amplificación Sísmica:** se define por las siguientes expresiones:

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

2.6.1.2 Categoría, Sistema Estructural Irregularidades de las Edificaciones

Tabla 6

Categoría de Edificaciones y Factor uso

Categoría	Factor U
A “Edificaciones Esenciales”	AI
	AII
B “Edificaciones Importantes”	(Ver nota 1) ^a
C “Edificaciones Comunes”	1.5
D “Edificaciones Temporales”	1.3
	1.0
	(Ver nota 2) ^b

Nota.. RNE E-030 (2020).

^a Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

^b En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

a) **Sistemas estructurales**, Son los elementos que conforman el sistema estructural:

Tabla 7

Sistemas estructurales de C°A°

Sistema Estructural	Fuerza Cortante
Pórticos	$V_C > 80\%(V)$
Muros Estructurales	$V_M > 70\%(V)$
Dual	$20\%(V) < V_M < 70\%(V)$

Nota.. RNE E-030 (2020)

b) **Coefficientes Básicos de reducción de Fuerzas Sísmicas R_o**:

Tabla 8

Sistemas estructurales de C°A°

Sistema Estructural	Coefficiente de reducción R _o
Pórticos	8
Muros Estructurales	6
Dual	7

Nota.. RNE E-030 (2020)

c) **Irregularidades en planta y en altura:**

Tabla 9

Irregularidades en Altura Ia

Irregularidad	Factor
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0.75
Irregularidad de Resistencia – Piso Débil	
Irregularidad Extrema de Rigidez	0.50
Irregularidad Extrema de Resistencia	
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.60

Nota. RNE E-030 (2020).

Tabla 10*Irregularidades en Planta I_p*

Irregularidad	Factor
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	0.60
Esquinas Entrantes	0.90
Discontinuidad del Diafragma	0.85
Sistemas no Paralelos	0.90

Nota. RNE E-030 (2020).

d) **Coefficiente de Reducción (R):** Se determinará mediante la siguiente expresión:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

2.6.1.3 Análisis Estructural

a) **Estimación de Peso (P):** Se calcula mediante la siguiente manera:

Tabla 11*Estimación de Peso*

Categoría	Peso
A	D+0.5L
B	
C	D+0.25L
Categoría en General en azoteas y techos	D+0.25L

Nota.. RNE E-030 (2020)

b) **Fuerza Cortante en la base:** Se determinará de la siguiente manera:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad \text{Se deberá cumplir: } \frac{C}{R} \geq 0.125$$

c) **Periodo fundamental de vibración:** para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

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

Dónde: $C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

2.6.1.4 Análisis Dinámicos Modal Espectral

a) **Modos de Vibración:** En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total,



pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

- b) **Aceleración Espectral:** Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

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

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

- c) **Fuerza Cortante Mínima:** Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares. Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

2.6.1.5 Análisis Dinámicos Tiempo – Historia

El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados de los análisis estático o fuerzas estáticas equivalentes y análisis dinámico modal espectral.

- a) **Registros de aceleración:** Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales, elegidas y escaladas de eventos individuales.

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

escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre $0,2 T$ y $1,5 T$ (siendo T el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, siendo $R = 1$.

- b) Tratamiento de Resultados:** En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evalúan a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso son evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores de distorsión de entrepiso.

2.6.1.6 Requisitos de Rigidez, Resistencia y Ductilidad

- a) **Determinación de desplazamiento lateral:** Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por $0,75 R$ los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por $0.85R$ los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.
- b) **Desplazamientos laterales relativos admisibles:**

Tabla 12

Límite para la distorsión del Entrepiso

Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
C°A° con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota.. RNE E-030 (2020)

2.6.2 Requerimiento de Diseño Norma Norte Americana ASCE 7-16

Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-16, 2016)

En esta sección se tratará la norma para el análisis estructural por desempeño y el diseño de los DFV, con las normas internacionales.

2.6.2.1 Procedimientos de Análisis

Existen cuatro procedimientos propuestos por el ASCE 7-16 para el análisis de estructuras con sistema de disipación de energía, estos son:

- Análisis de Respuesta Espectral.
- Análisis de Fuerza Lateral-Equivalente.
- Análisis No-lineal Estático o Análisis Pushover.
- Análisis de Respuesta No-lineal Tiempo-Historia.

La elección de un tipo determinado de análisis responde a las siguientes consideraciones:

- Categoría de diseño sísmico a partir de la ubicación de la estructura.
- Sistema Sismorresistente seleccionado.
- Sistema de Disipación de Energía seleccionado.
- Configuración estructural.

Los procedimientos recomendados para estructuras con sistemas de Amortiguamiento son en general métodos No-lineales. Los procedimientos de Respuesta Espectral y Fuerza Lateral Equivalente pueden usarse siempre y cuando el edificio sea modelado linealmente y bajo ciertas restricciones del ASCE 7-16.

2.6.2.2 Reducción de la Respuesta, Coeficiente “B”

Según el ASCE 7-10 “la respuesta de la estructura ante una solicitud sísmica puede ser reducida debido al incremento del amortiguamiento proporcionado por los disipadores. Esta reducción de la fuerza cortante basal se expresa mediante:”

$$V_{min} = \frac{V}{B_{v+I}}$$

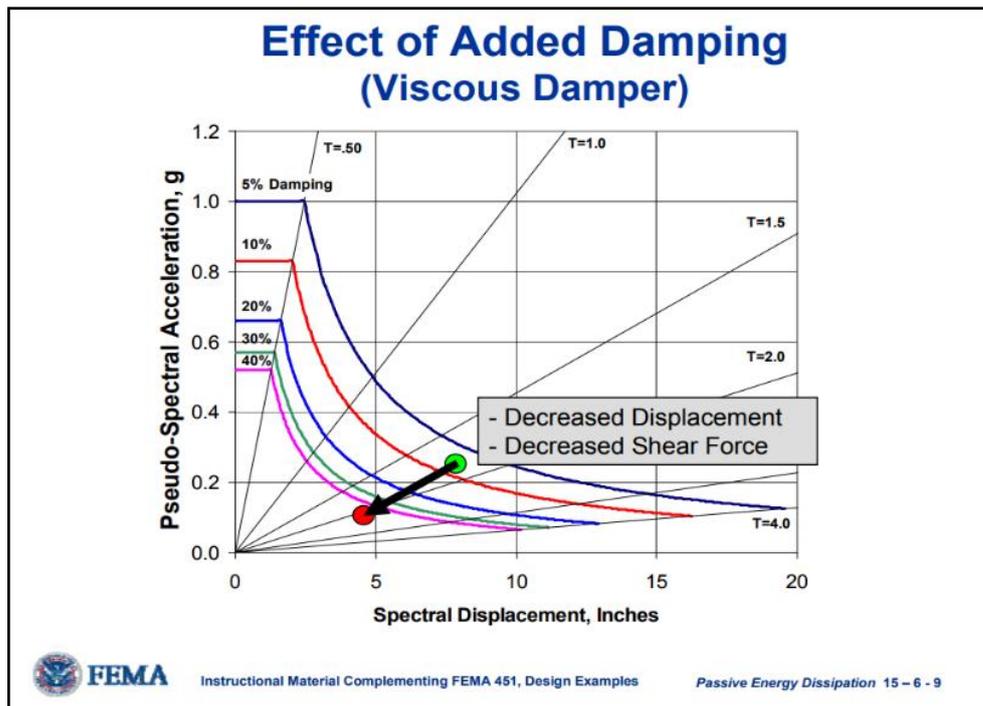
Donde V es la fuerza cortante basal obtenida sin la aplicación de disipadores y B es el factor de reducción de respuesta en función del amortiguamiento equivalente cuyo valor mínimo es:

$$V_{min} = 0.75V$$

Donde es posible la reducción hasta un 25% de la fuerza cortante sísmica, mas no es posible; esto limitada por la norma ASCE 7-16. Si se elige el análisis espectral, el factor B puede interpretarse como una reducción del espectro de pseudoaceleraciones, de desplazamientos y de fuerza cortante. La Figura 30, ilustra este hecho:

Figura 30

Reducción del Espectro de Pseudo aceleraciones



Nota. reducción espectro de pseudoaceleraciones, desplazamientos y fuerza cortante. FEMA 368 y 369.

2.6.2.3 Amortiguamiento Efectivo & Factor “B”

El amortiguamiento efectivo es una suma del amortiguamiento histerético y amortiguamiento viscoso, A cada valor de “ β ” corresponde un factor “ B ”, es decir, para cada porcentaje de amortiguamiento, habrá un factor por el que reducir su respuesta. Como se aprecia en la Figura 31.

Figura 31*Amortiguamiento Efectivo & Factor de Reducción de Espectro*

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

Nota. ASCE 7-16 (2016)

2.7 DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIONES

El desempeño sísmico de las edificaciones se establece sobre tres conceptos: la severidad del sismo, el nivel de desempeño esperado y la importancia que tenga la edificación, relacionándolos mediante la matriz de desempeño. Es así que, desarrollando estos conceptos de la ingeniería sísmica basada en desempeño, surgen las propuestas presentadas por la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), el ATC-40, el programa HAZUS 99, FEMA 273 y 274, ASCE 41-13 entre otros. Las propuestas señaladas difieren en detalles, pero se basan en los mismos conceptos.

La siguiente tesis se ha desarrollado basado en la filosofía de diseño por desempeño propuesto por la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) a través del Comité Visión2000. Publicado en su libro Recommended Lateral Force Requirements and commentary (recomendaciones, comentarios y requisitos de fuerza lateral). Este comité se centró en definir el concepto de: **desempeño de las edificaciones**. También la (FEMA), publicado en su libro HAZUS 99. En este libro se centró en definir la **relación daño-deriva**, para ello clasifica las distintas distorsiones máximas

permisibles (derivadas) que se debe lograr para un determinado daño esperado, según su altura, número de niveles y tipo de estructura.

2.7.1 Objetivos del Desempeño Sismorresistente

“Los objetivos del desempeño Sismorresistente se definen por la combinación entre los niveles de desempeño deseados y los niveles de amenaza sísmica esperada de acuerdo a la importancia de la edificación” (SEAOC, 1999).

El cual nos demuestra que la seguridad ante el colapso a consecuencia de grandes sismos no implica precisamente un comportamiento adecuado de la estructura ante sismos de menor intensidad. Es por ello que se ve necesario incluir un escenario con múltiples niveles de desempeño con el objeto de tener alternativas aceptables de evaluación. Según esta propuesta, el desempeño sísmico de las edificaciones se establece sobre tres conceptos: como lo indica “la severidad del sismo, el nivel de desempeño esperado y la importancia que tenga la edificación, relacionándolos mediante la matriz de desempeño” (Boza & Galán, 2013, p.17).

2.7.2 Niveles de Amenaza Sísmica

El comité del SEAOC contempló cuatro tipos de terremotos, los cuales fueron clasificados según la probabilidad de ocurrencia y su periodo de retorno.

Tabla 13

Niveles de Amenaza Sísmica

Sismo de Diseño	Probabilidad de Excedencia de Intensidad	Periodo de Retorno
Sismos Frecuentes	50% en 30 años	43 años
Sismos Ocasionales	50% en 30 años	72 años
Sismos Raros	10% en 50 años	475 años
Sismos muy Raros	10% en 100 años	970 años

Nota. SEAOC (1999).

2.7.3 Niveles de Desempeño

El comité Visión 2000 presenta cinco niveles de desempeño, como se indica en la Tabla 14; en base a tres aspectos fundamentales:

- Daño sufrido por el sistema estructural y por las componentes no estructurales.
- Amenaza de la seguridad de los ocupantes a raíz de los daños.
- Funcionalidad de la edificación luego del sismo.

Tabla 14

Niveles de Desempeño

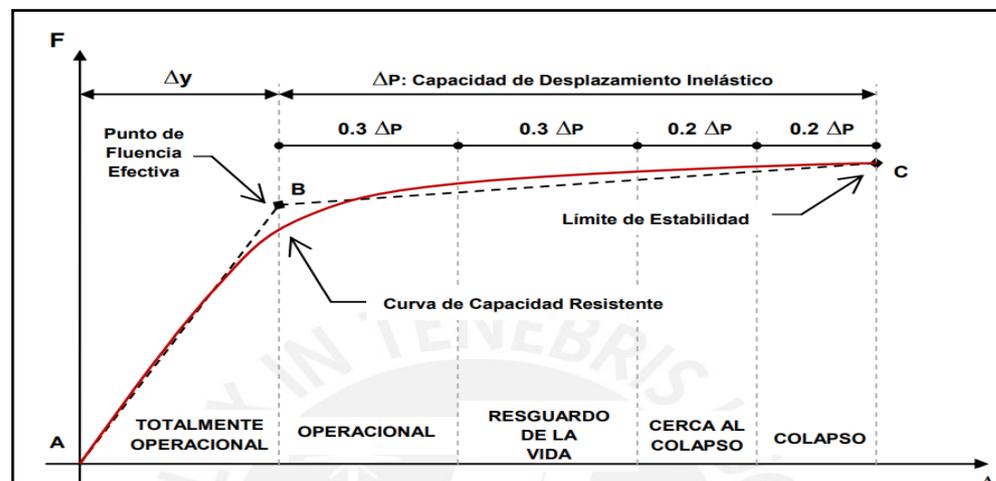
Estado de Desempeño	Descripción de los daños	Estado de daño	Límite de desplazamiento del sistema
Totalmente Operacional	Daño nulo. Todas las instalaciones y servicios operan normalmente luego del sismo	Despreciable	Δy
Operacional	Daños ligeros en elementos estructurales y en componentes no estructurales. Las instalaciones y servicios están operativos o podrían estar parcialmente interrumpidos, pero de fácil recuperación	Leve	$\Delta y + 0.30 \Delta p$
Resguardo de la Vida	Daño estructural y no estructural moderado. La estructura aún 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. SEAOC (1999)

Una manera para calificar el nivel de desempeño se realiza mediante la sectorización de la curva de capacidad propuesta por el comité visión 2000 (Figura 32).

Figura 32

Curva de Capacidad Sectorizada Propuesta por el SEAOC



Nota. SEAOC (1999)

En primer lugar, debe simplificarse la curva de capacidad, empleando un modelo bilineal, con el objetivo de determinar el punto de fluencia efectiva (Δy). A partir de este punto, queda definido el inicio del comportamiento inelástico, el cual se divide en cuatro sectores dependiendo del porcentaje de desplazamiento inelástico disponible (ΔP).

2.7.4 Importancia de la Edificación

De acuerdo al grado de importancia de la edificación, durante y después de un sismo, la propuesta del Comité VISION 2000 clasifica a las edificaciones en 3 grandes grupos:

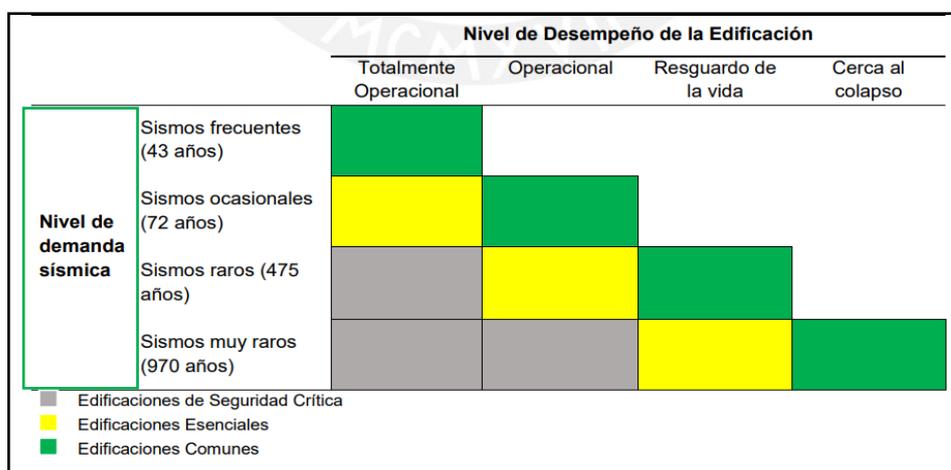
- **Edificaciones Esenciales.** - Aquellas cuya función no debería interrumpirse luego de ocurrido el sismo. En este grupo tenemos: hospitales, bomberos, policía, etc.
- **Edificaciones de Seguridad Crítica.** - Aquellas que contienen materiales peligrosos dañinos para la población. Aquí se encuentran: plantas industriales y centrales nucleares.
- **Edificaciones Comunes.** - En este grupo se encuentran todas las edificaciones que no hayan sido incluidas anteriormente: edificios de viviendas, oficinas, etc.

2.7.5 Objetivos Múltiples de Desempeño

Estos objetivos se relacionan entre sí mediante una matriz.

Figura 33

matriz de desempeño Propuesta por el SEAOC



Nota. Adaptado de SEAOC (1999)

la denominada matriz de desempeño, la cual establece los requerimientos mínimos sobre el desempeño sísmico antes los diferentes niveles de amenaza, como se aprecia en la Figura 33.

2.7.6 Deriva y Daño Estructural

A continuación, definiremos la relación; Daño – Deriva (Propuesta del HAZUS)

2.7.6.1 Código de designación de estructura

La experiencia sísmica acumulada durante los últimos años ha demostrado que mientras mayores son los desplazamientos inelásticos en una estructura, mayor es el daño y la probabilidad de colapso. El manual del HAZUS presenta, lista 16 sistemas estructurales y los subdivide de acuerdo a la altura de la edificación. Para cada tipo de edificio establecido hay un nivel de daño estructural asociado: Leve, moderado, extenso, completo, similar a lo establecido por el SEAOC.

Tabla 15

Sistemas Estructurales HAZUS 99

Descripción	Altura de la Edificación				Designación
	Rango		Típicos		
	Nombre	#pisos	#pisos	Altura(m)	
Sistemas Aportados	Baja altura	1-3	2	6	C1L
	Mediana altura	4-7	5	15	C1M
	Gran altura	8 a mas	12	37	C1H
Sistemas con muros de corte	Baja altura	1-3	2	6	C2L
	Mediana altura	4-7	5	15	C2M
	Gran altura	8 a mas	12	37	C2H
Sistemas aportados muros de albañilería	Baja altura	1-3	2	6	C3L
	Mediana altura	4-7	5	15	C3M
	Gran altura	8 a mas	12	37	C3H

Nota.. HAZUS 99 (2003).

Existen 4 códigos que el manual del HAZUS usa: el pre-código, nivel bajo, moderado y el de alto nivel. El código que se usa en el Perú es el “Moderate Code” o código de nivel moderado, puesto que más se asemeja a las exigencias de la Norma Peruana actual.

En la Tabla 15, se visualiza según sea el tipo de estructura ejemplo: para una estructura de concreto armado de le asigna en el código la inicial “C”, seguidamente según

clasifique el sistema estructural se le asigna el número “1,2 o 3”, (numero 1= aporticado, 2= muro de corte y 3= muros de albañilería) y por último se le asigna las letras “L, M o H” (numero L= baja altura, M= mediana altura y H= gran altura). Es así que se designa el código para cada tipo de estructura, sistema estructural y su respectiva altura o número de pisos; con este código se ingresa como de entrada en la Tabla 16:

2.7.6.2 Relación Daño – Deriva (Propuesta del HAZUS)

A continuación, con el código designado según sea la estructura y los códigos de diseño: el pre-código, nivel bajo, moderado y el de alto nivel, usamos el código moderado.

Tabla 16

Distorsiones Máximas Permisibles - HAZUS 99

Nivel de diseño sísmico	Designación	Deriva de entrepiso para un límite de daño estructural en edificios de C°A°			
		Daño leve	Daño moderado	Daño severo	Daño completo o colapso
Alto	C1L	0.0050	0.0100	0.0300	0.0800
	C1M	0.0033	0.0067	0.0200	0.0533
	C1H	0.0025	0.0050	0.0150	0.0400
	C2L	0.0040	0.0100	0.0300	0.0800
	C2M	0.0027	0.0067	0.0200	0.0533
	C2H	0.0020	0.0050	0.0150	0.0400
Moderado	C1L	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
	C1M	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
	C1H	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
	C2L	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
	C2M	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
	C2H	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300
Bajo	C1L	0.0050	0.0080	0.0200	0.0500
	C1M	0.0033	0.0053	0.0133	0.0333
	C1H	0.0025	0.0040	0.0100	0.0250
	C2L	0.0040	0.0076	0.0197	0.0500
	C2M	0.0027	0.0051	0.0132	0.0333
	C2H	0.0020	0.0038	0.0099	0.0250

Nota. HAZUS 99 (2003), P.213-216

2.8 ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA (ADLTH - ADNLTH)

El análisis dinámico tiempo-historia (lineal o no lineal), por su parte, nos permite calcular la respuesta en el tiempo de una estructura a lo largo de la duración de un sismo; es decir, es posible obtener la historia de desplazamientos, fuerzas y momentos de cada

uno de los elementos estructurales en cada segundo que pasa el sismo, los picos que se producen y en qué tiempo. Así también considera las propiedades no lineales de todos los elementos que componen el sistema sismorresistente como lo mencionan “El procedimiento de análisis dinámico no lineal se puede usar para el diseño de todas las estructuras con sistemas pasivos de disipación de energía” (ASCE 7-16, 2016).

Este análisis es un método sofisticado que incorpora de manera directa las propiedades no lineales de todos los elementos que componen el sistema sismorresistente, permitiendo calcular la demanda inelástica de sus componentes en cualquier instante de tiempo para un registro sísmico en particular, mediante **métodos iterativos de integración numérica** que actualizan las propiedades de rigidez y amortiguamiento de los elementos en función de la amplitud de deformación, frecuencia de excitación y duración de la carga sísmica (Anccasi, 2019, p.38).

2.8.1 Análisis Dinámico no Lineal Tiempo-Historia rápido (FNA)

Según, CSI (2016) el análisis no lineal rápido (FNA) es un método de análisis modal útil para la evaluación estática o dinámica de sistemas estructurales lineales o no lineales. Debido a su formulación computacionalmente eficiente, FNA es muy adecuado para el análisis de la historia del tiempo y a menudo se recomienda sobre las aplicaciones de integración directa. Durante la aplicación dinámica-no lineal de FNA, los modelos analíticos deben:

- Ser principalmente elástico lineal.
- Tener un número limitado de miembros no lineales predefinidos (amortiguadores representados por elementos link en ETABS).

el análisis es de manera rápido, debido a que, a la estructura, solo se le analiza linealmente y a los DFV si se realiza el análisis no lineal (como elementos link).

2.8.2 Registros Sísmicos - Análisis Tiempo-Historia

La Norma Peruana Sismorresistente E 0.30 (2020) indica que siempre que se desarrolle un análisis estructural tiempo-historia, deberá contarse con 3 pares registros de aceleraciones horizontales como mínimo, sean reales o artificiales, normalizados a la aceleración máxima esperada en el sitio. Se señala también que si se trata de una edificación importante se requerirá que los elementos estructurales sean modelados con propiedades inelásticas. El ASCE 7-16, en su capítulo 18: “Requerimientos de diseño sísmico para estructuras con Sistemas de Amortiguamiento”, señala que el análisis tiempo historia deberá ejecutarse con un mínimo de 3 pares de registros sísmicos.

2.8.2.1 Tratamiento de registros sísmicos

A. Registros sin tratar

Son los 3 pares de señales sísmicos descargados de la página del CISMID. En interfaz de resultados de eventos se presentan los registros indicando fecha, hora, magnitud, profundidad, coordenadas del epicentro e información sobre la estación acelerográfica: código, coordenadas, aceleración máxima y distancia al hipocentro.

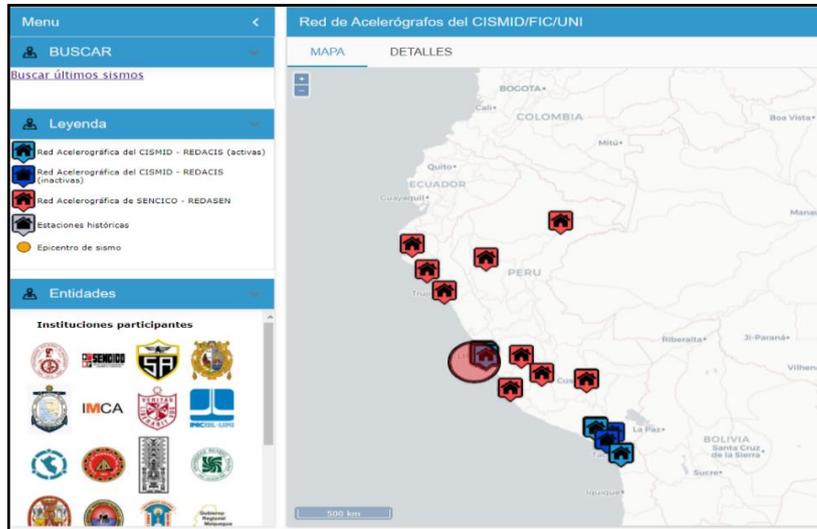
En la Figura 34 de la red de acelerógrafos del CISMID/FIC/UNI, se puede visualizar todos los registros de los sismos ocurridos en las últimas décadas en Perú, y se cuenta con todos los datos del sismo como de la ubicación de acelerógrafo, del cual se descarga en archivo comprimido.

Los acelerogramas seleccionados deben ser representativos de los movimientos esperados del terreno, para lo cual la norma indica que “deben provenir de registros tomados en eventos con magnitudes, distancias hipocentrales o a la falla causante, y mecanismos de ruptura similares a los de los movimientos sísmicos de diseño prescritos para el lugar, pero que cumplan la mayor gama de frecuencias y amplificaciones posibles” (Acevedo, 2012, p.3). El archivo puede abrirse en el bloc de notas y contiene información

de las aceleraciones presentadas en las tres componentes E-W, N-S y V en toda la duración del evento.

Figura 34

Estaciones Acelerométricas -CISMID



Nota. <http://ceмос.cismid-uni.org>

B. Registro tratado por línea base y escalado a aceleración máxima de terreno

Los 3 pares de señales sísmicos sin tratar, después de guardarlo el archivo en el bloc de notas y contiene información de las aceleraciones presentadas en las 2 componentes E-W, N-S. se procede a realizar el escalado a la aceleración máxima del terreno de la zona donde se realiza el proyecto. La Tabla 17 muestra el sismo de Lima.

Tabla 17

Factor escala a aceleración máxima de terreno

SISMO -LIMA 1974			
Componente	Aceleracion Maxima (PGA)	Aceleracion Sismica de Zona	Factor de Escalado
E-W	-194.21	343.35 kg/cm ²	1.7680
N-S	180.09	343.35 kg/cm ²	1.9065

Donde:

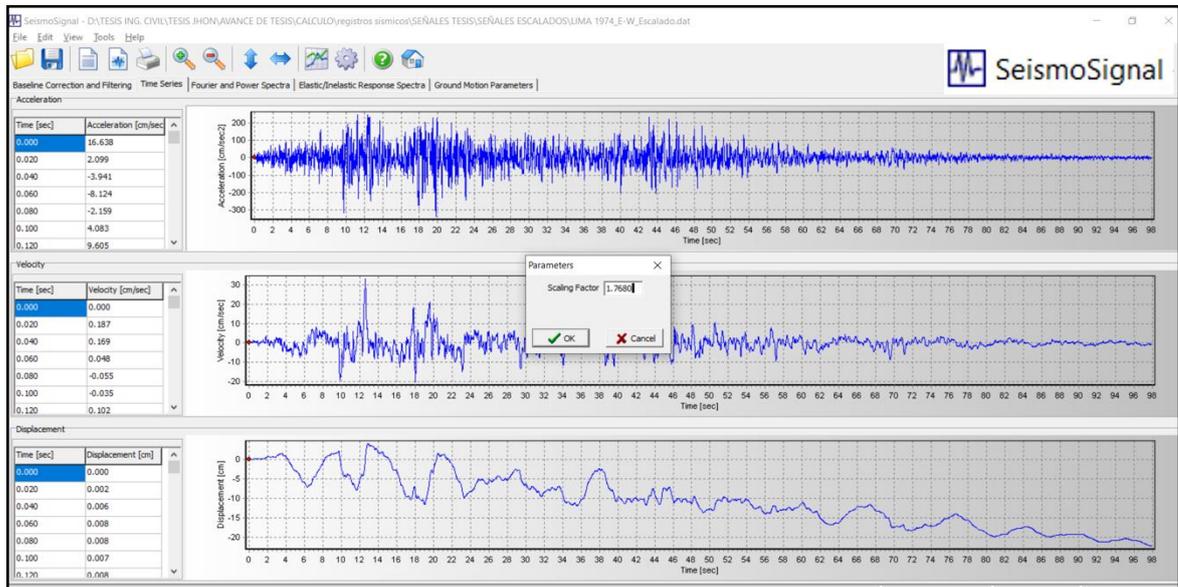
- ❖ Aceleración de Gravedad: $g=981 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Aceleración máxima horizontal del suelo: $Z= 0.35g = 343.35 \text{ kg/cm}^2$

Luego se prosigue con su escalado usando en este caso del programa

SeismoSignal donde se realiza el escalado a la aceleración máxima de terreno, la corrección por línea base, como se aprecia en la Figura 35 y Figura 36, respectivamente.

Figura 35

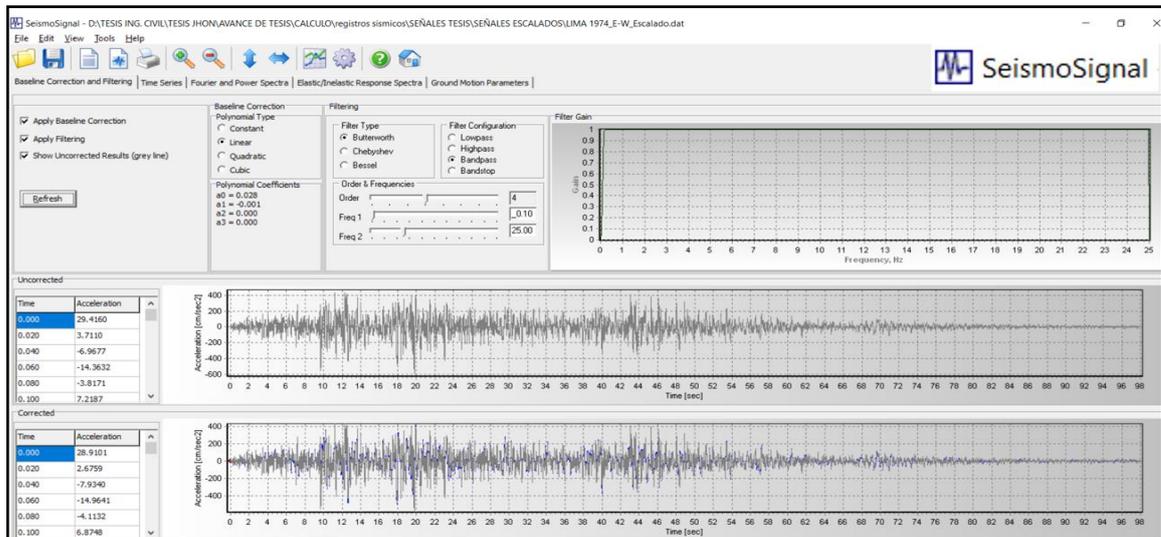
Insertando el Factor de Escalado



Nota. Reproducida de Software SeismoSignal.

Figura 36

Corrección de Línea Base y Filtro



Nota. Reproducida de Software SeismoSignal.

C. Registro escalado a espectro totalmente elástico, $R=1$ (espectro objetivo)

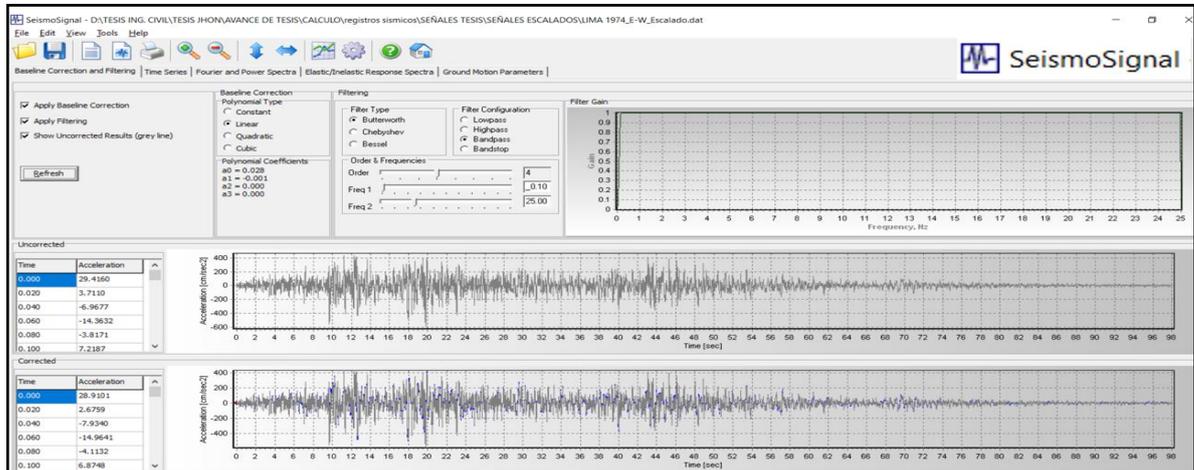
Una vez realizado el tratamiento de la señal sísmica por SeismoSignal, dichas señales se proceden a su escalado al espectro objetivo o espectro totalmente elástico ($R=1$), para lo cual se hace uso del programan Seísmo Match, como se muestra en la Fig.

37. Para lo cual primeramente se importa el espectro elástico ($R=1$) al Seísmo Match.

Como indica el ítem 2.6.1. 5.a.

Figura 37

Importación de Espectro Elástico $R=1$

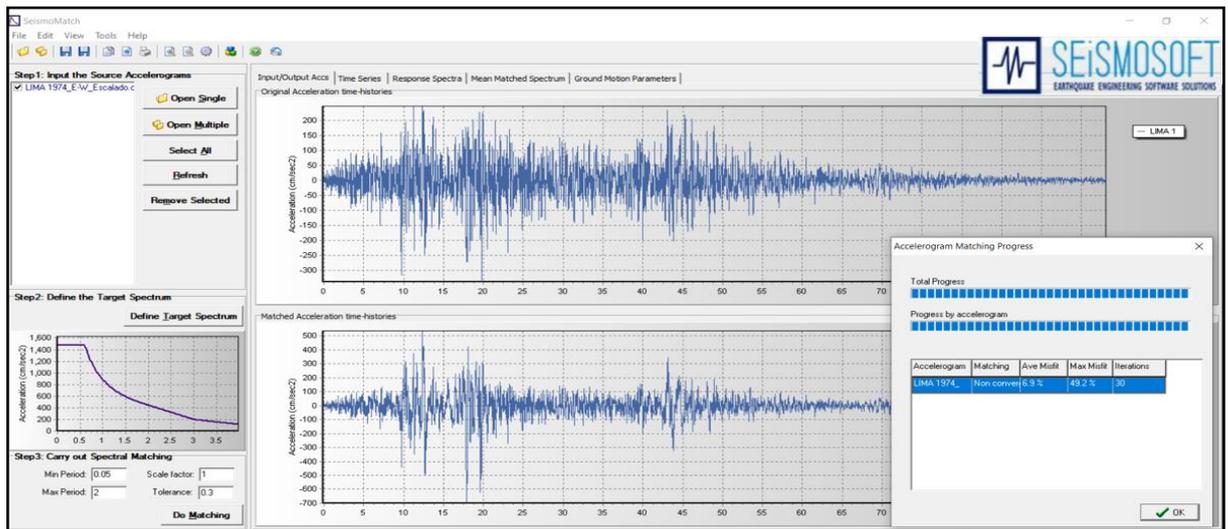


Nota. Reproducida de Software SeismoMatch.

Seguidamente se importa las señales tratadas previamente por Seismosignal, los cuales serán escalados al espectro elástico, como se aprecia en la Figura 38.

Figura 38

Señal Importado - Señal Escalado a Espectro Elástico $R=1$

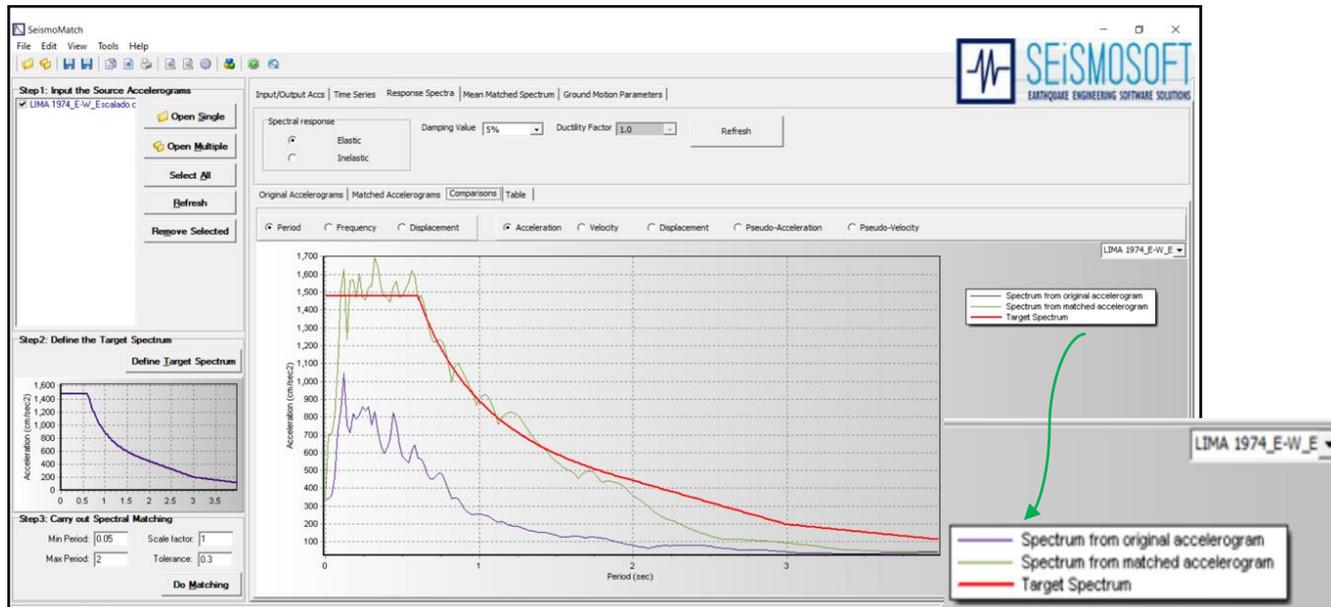


Nota. Reproducida de Software SeismoMatch.

Se puede visualizar en la Fig. 39, que la señal ha sido escalada a un espectro elástico ($R=1$), para la cual los espectros resultantes de las señales serán espectros compatibles como se aprecia en la siguiente Figura:

Figura 39

Comparación de Espectros



Nota. Reproducida de Software SeismoMatch.

La línea roja es el espectro base (espectro R=1) a la cual se pretende escalar, la línea azul es la señal importado sin escalar y la línea verde es la señal escalado.

2.9 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el diseño correspondiente se tendrá como materia de referencia a la norma peruana E-060 (2009), los factores de reducción de resistencia se ven en la Tabla 18.

Tabla 18

Factores ϕ de Reducción de Resistencia

Descripción	Factor ϕ
Carga axial de tracción con o sin flexión	0.90
Carga Axial de compresión con o sin flexión	0.75
Cortante y torsión	0.85
Aplastamiento en el concreto	0.70

Nota. E-060 (2009).

Las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño (ϕR_n) por lo menos iguales a las resistencias requeridas (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones

que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\phi Rn \geq Ru$$

2.9.1 Combinación de Carga para Diseño:

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$
$$U = 1.25(CM + CV) \pm CS$$
$$U = 0.9CM \pm CS$$

2.9.2 Diseño por Flexo Compresión

Generalmente el diseño de flexo compresión se da en las columnas, muros de corte. Para elementos no pre esforzado en los cuales:

$$\phi Pn \leq 0.1f'cAg$$

La resistencia de diseño ϕPn de elementos en compresión no debe exceder:

En la norma E-060 (2009), nos indica una cuantía de refuerzo longitudinal no será menor que 1% ni mayor que 6%, en columnas. Cuando la cuantía exceda de 4% los planos deberán incluir detalles constructivos de la armadura en la unión viga-columna.

$$\phi P_{n\max} = 0.85\phi P_{on} = 0.85\phi(0.85f'c(Ag - A_{st}) + f_y A_{st})$$

Los elementos sometidos a carga axial de compresión deben diseñarse para el momento máximo que puede acompañar a la carga axial. La fuerza axial amplificada P_u , a una excentricidad dada, no debe exceder de la resistencia de diseño especificada en $0.80Pn$.

2.9.3 Diseño de columnas del Sistema de Amortiguamiento

2.9.3.1 Coeficiente de Amplificación “A”

Para el diseño de las columnas de concreto armado que son parte del sistema de amortiguamiento, se anotan las fuerzas axiales obtenidas del análisis del edificio sin amortiguadores y con el espectro reducido. A continuación, estas fuerzas se amplifican con un coeficiente “A” que expresa la razón de las fuerzas axiales en

las columnas cuando se disponen de amortiguadores con respecto a las que no los presentan bajo el análisis tiempo historia. (Guevara & Torres. 2012, pag.37)

$$A = \frac{N \text{ con disipadores}}{N \text{ sin disipadores}}$$

Este coeficiente es propio de cada columna. Sin embargo, si los valores de “A” son semejantes, se puede asumir un promedio que afecte a todas las columnas que forman parte del sistema de amortiguamiento.

2.10 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO - DFV

1.- Análisis dinámico modal espectral

El análisis espectral nos permite verificación los valores permisibles de la NTE E.030 de Diseño Sismorresistente.

2.- Análisis dinámico tiempo - historia

El análisis tiempo-historia, por su parte, nos permite calcular la deriva objetiva y estos valores posteriormente nos permitirán plantear los objetivos de desempeño.

3.- Elección de objetivos Desempeño

Para optar estos objetivos es preciso tomar en consideración algunos factores como la importancia de su funcionamiento inmediatamente pasado el sismo, consideraciones económicas como el costo de interrupción de las actividades, así como costos de reparación, y el salvaguardo de equipamiento médico de operación.

3.1 Nivel de desempeño

El nivel de desempeño se detalla en la Tabla 14, según el del comité VISION 2000 del SEAOC y la matriz de desempeño en la Figura 33.

3.2 Nivel de daño esperado

El comité VISION 2000 hace una descripción detallada, La Tabla 14 presenta un resumen de la relación entre nivel de diseño sísmico y estado de daño.

4.- Sismo de diseño

Los sismos de diseño son expresados por el comité VISION 2000 en términos de un intervalo de recurrencia medio o de una probabilidad de excedencia. La Tabla 13.

5.- Definición de los Objetivos de Diseño

5.1 Deriva objetivo

Con el nivel de daño aceptado para el sismo de diseño, se determina la Deriva Objetivo (D_{obj}), tal como se establece en la Tabla 15.

5.2 Amortiguamiento objetivo

A continuación, se determina el cociente entre D_{max} (del análisis T-H) y D_{obj} . Este cociente representa el factor de reducción para llegar a la deriva objetivo.

$$B = \frac{\text{Deriva Máxima}}{\text{Deriva Objetivo}}$$

Finalmente, con el factor de reducción (B), se determina el amortiguamiento efectivo que se debe alcanzar. planteada por el Programa Nacional para la Reducción de Peligro Sísmico (NERHP). En la expresión se determina el amortig. efectivo (β_{eff}).

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln 5}{2.31 - 0.41 \ln \beta_{eff}}$$

6.- Generación de alternativas

Se propone una distribución de dispositivos y se hace una estimación de las características de los disipadores. “ α ” en primer lugar, “C” y finalmente la rigidez “K”

7.- Evaluación de la respuesta de cada alternativa

verificamos las derivas menores a la deriva objetiva y el amortiguamiento viscoso.

8.- Elección de la mejor alternativa

La elección de la mejor alternativa será elementalmente la que presente la menor cantidad de DFV y que estas sean de fuerzas menores, donde todos los DFV trabajen de manera eficiente. evaluando la alternativa más económica posible, por su costo elevado; el tiempo y costo de instalación, el flujograma que se sigue se aprecia en el Fig. 40.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

En este subcapítulo se mencionan los materiales e instrumentos de estudio:

3.1.1 Materiales en el Proceso de la Investigación.

En los materiales considerados en el proceso de investigación se consideró como requisitos fundamentales la obtención de los resultados que a continuación se indica:

3.1.1.1 *Software SeismoSignal v.4.3.0*

SeismoSignal es un software de la Compañía Seismosoft (Proveedor líder de soluciones de software de ingeniería sísmica). Seismosoft se fundó en 2002 con el objetivo de proporcionar a la comunidad de ingenieros sísmicos acceso a herramientas analíticas potentes y de vanguardia, y ahora es reconocida como una empresa líder en este campo. El software SeismoSignal constituye una forma fácil y eficiente para el procesamiento de señales de datos de movimiento fuerte, es un programa gratuito que constituye una herramienta simple, muy eficiente, para el procesado de datos de movimiento del suelo. Entre otras características permite la derivación de espectros de respuesta elásticos e inelásticos, la estimación de espectros de Fourier y de potencia, el filtrado de frecuencias no deseadas en la señal sísmica, de registro de alta y baja frecuencia y la estimación de otros parámetros sismológicos importantes como la Intensidad Arias, la velocidad absoluta acumulativa, etc. Es capaz de derivar una serie de parámetros de movimiento fuerte que a menudo requieren los ingenieros sismólogos e ingenieros de terremotos. Puede aplicar la corrección de línea de base y el filtrado antes de la integración temporal de la señal. mientras que se encuentran disponibles tres tipos de filtros digitales diferentes, todos ellos capaces de realizar filtrado causal o casual, paso alto, paso bajo, paso banda y supresión de banda. Obtiene la velocidad y los tiempos de



desplazamiento-historias). Software en el cual se realizó el tratado de acelerogramas por línea base y escalado a aceleración máxima de terreno para la región de Puno ($z=0.35g$, zona donde se realiza el proyecto). Licencia registrado por Seismosoft a nombre de tPORt, software con última actualización; 24 de mayo de 2018, privacy@seismosoft.com (correo para solicitar actualización), Seismosoft srl. con domicilio social Piazza Castello 19, Pavía, Italia, 27100. SeismoSignal v. 4.3.0. Build: 101. Licencia para uso académico.

3.1.1.2 Software SeismoMatch v.1.3.0

SeismoMatch es también un software de la Compañía Seismosoft. Es una aplicación capaz de ajustar acelerogramas de terremotos para que coincidan con un espectro de respuesta objetivo específico. utilizando el algoritmo de ondas propuesto por Abrahamson [1992] y Hancock et al. [2006] o el algoritmo propuesto por Al Atik y Abrahamson [2010]. Después de cargar algunos acelerogramas y definir el espectro de respuesta objetivo, los usuarios solo necesitan definir el algoritmo de coincidencia espectral, ajustar el rango del período de coincidencia espectral, establecer la tolerancia requerida y se ejecuta la coincidencia espectral. Creación del espectro de respuesta objetivo siguiendo las reglas de una selección de más de 25 códigos de construcción nacionales, incluidas las reglas del Euro código 8, ASCE 41-13 y varias regulaciones en todo el mundo. Emparejamiento espectral simultáneo de varios acelerogramas, y luego creación de un espectro emparejado medio cuyo desajuste máximo respeta una tolerancia predefinida. Software en el cual se realizó el escalado de los 3 pares de registros de acelerogramas al espectro totalmente elástico, $R=1$ (espectro objetivo), Una vez realizado el tratamiento de la señal sísmica por SeismoSignal. Sobre la licencia al igual que SeismoSignal. SeismoMatch v.1.3.0, Build: 101. Licencia para uso académico.



3.1.1.3 Programa ETABS 2016 v.16.2.0

ETABS es un software de la compañía CSI Computers & Structures Inc. Innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Resultado de 40 años de investigación y desarrollo continuo. Ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal. Utiliza el método de los elementos finitos FEM, se basa en transformar un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, esta transformación se denomina discretización del modelo. ETABS proporciona un conjunto inigualable de herramientas para ingenieros de estructuras que modelan y dimensionan edificios – tanto edificios industriales de un piso, como también torres de varios pisos. Software en el cual se realizó el Modelamiento y diseño lineal de las estructuras de C° A°, así mismo el análisis dinámico no lineal tiempo historia con DFV (FNA), obteniéndose resultados de suma importancia, como derivas de piso, pesos sísmicos, diseño de los elementos estructurales, análisis y diseño de DFV, nivel de desempeño, etc. Licencia con uso gratuito para uso académico, producto de software CSI. La licencia se puede activar, desactivar y renovar utilizando esta herramienta. StandaloneKey. ETABS 2016 v.16.2.0.

3.1.2 Materiales en Evaluación

Los materiales considerados en el proceso de la investigación, como requisitos fundamentales para la obtención de los resultados, se muestran a continuación:

3.1.2.1 Concreto

De la norma RNE E-060 (2009). la especificación del concreto, para el modelamiento tomaremos un concreto que tiene un peso aproximado de 2400 kg/m³.

El módulo de elasticidad se considera como:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \text{ MPa} = 15000\sqrt{f'_c} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$
$$E_c = 15000\sqrt{210} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 217370.6512 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El módulo de corte es igual a:

$$G = \frac{Ec}{2.3} \rightarrow G = \frac{218819.7889}{2.3} = 94508.97878 \frac{kg}{cm^2}$$

De acuerdo con la anterior ecuación determinamos el módulo de Poisson (ν), según lo que establece la norma NTP E-060 (2009):

$$G = \frac{Ec}{2(1 + \nu)}$$
$$\nu = \frac{Ec}{2G} - 1 = \frac{217370.6512}{2(94508.97878)} - 1 = 0.15 \rightarrow \therefore \nu = 0.15$$

3.1.2.2 Acero

De la norma RNE E-060 (2009) así como lo especifica la norma, utilizaremos acero Grado 60 con $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

- Módulo de elasticidad de 2000000 kg/cm².
- Límite de fluencia $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

(RNE E-020, (2020) para la propiedad del peso específico del acero:

Peso específico de 7850 kg/m³.

La resistencia del concreto ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), se usaran en todas los elementos estructurales tales como las vigas de cimentación, las zapatas, placas ,columnas y losas (memoria de cálculo y especificación Técnica -Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC)

3.1.2.3 Disipador Fluido Viscoso (DFV)

En esta investigación, se emplearon DFV de la empresa Taylor Devices Inc., por ser el principal fabricante a nivel mundial y proveedor del mercado nacional (Taylor, 1999).

- Presión máxima de funcionamiento de 5,000 - 8,000 psi.
- Vástago de émbolo: Acero inoxidable 15-5PH, barra forjada
- Cilindro: Tubería AISI 4340, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 120 ksi
- Cabeza de pistón: Cojinete de bronce, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 50 ksi
- Retenedor de sello: Barra forjada AISI 4340, Esfuerzo mínimo de 120 ksi.



3.1.3 Instrumentos Normativos

- **NTP E.020 (2006)**; Permitirá precisar las cargas para el diseño sismorresistente.
- **NTP E.030 (2020)**; Permitirá realizar el análisis estático, dinámico lineal modal espectral y análisis tiempo historia.
- **NTP E.031 (2019)**; Permitirá evaluar el espectro reducido de diseño.
- **NTP E.060 (2009)**; Permitirá el diseño de los elementos estructurales en concreto armado los materiales en esta investigación.
- **ASCE SEI 7-16 (2016)**; Norma norteamericana de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, que permitirá realizar el análisis y diseño con DFV, requisitos mínimos, conceptos y definiciones, cortante mínimo, amortiguamiento máximo, reducción de espectro para su diseño; en su Cap.18 (Requisitos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de amortiguamiento). Así mismo nos permitirá clasificar el tipo de análisis a emplear con sistemas DFV (ADNLTH-FNA).
- **FEMA-HAZUS 99 (2003)**; Norma norteamericana de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencia, que permitirá a través de la norma HAZUS (Metodología de estimación de pérdidas para peligros múltiples de modelos de terremotos), la definición de daño-deriva para un determinado desempeño y altura de la edificación, y también explica los factores que influyen.
- **SEAOC-COMITÉ VISION 2000 (1999)**; Norma norteamericana de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California, que encargo a su comité “visión 2000” crear la norma “Recomendaciones, comentarios y requisitos de fuerza lateral”, norma que contempla el enfoque de diseño por desempeño. Esta norma nos permitirá establecer nuestros objetivos de desempeño y definir los objetivos de diseño para lograr el desempeño optado.



3.1.4 Instrumentos de recolección de datos

- **CISMID – REDACIS;** Centro Peruano Japonés de investigaciones Sísmicas y mitigación de desastres, los 3 pares de señales sísmicos serán descargados de la página del CISMID. En el interfaz de resultados de eventos se presentan; los registros indicando fecha, hora, magnitud, profundidad, coordenadas del epicentro e información sobre la estación acelerográfica: código, coordenadas, aceleración máxima y distancia al hipocentro.
- **Catalogo-Taylor Devices Inc.;** son los catálogos de los distintos disipadores fluido viscosos (DFV), que esta empresa ofrece y que se encuentra en el mercado, y la empresa CDV Ingeniería Antisísmica viene a ser su sede de ventas en Perú, al cual se cotizo el costo de los DFV que se propone en esta investigación.
- **Autocad (2018);** es un software de diseño asistido por computadora (CAD) en el cual se apoyan tanto arquitectos como ingenieros para crear dibujos precisos en 2D y 3D. Software que se utilizó para determinar las dimensiones y áreas de los elementos estructurales para luego posteriormente realizar el metrado de cargas y el modelamiento en el software Etabs. Licencia con uso académico.
- **Archicad (2020);** Archicad es un software de la empresa GRAPHISOFT. Que diseña, visualiza, documenta y entrega proyectos de todos los tamaños con el poderoso conjunto de herramientas. Nos permite realizar el modelamiento y diseño arquitectónico de grandes edificios en 3D. Muy usado por los Arquitectos. Software que nos permite determinar las alturas de entepiso y la longitud de los elementos estructurales en las 3 dimensiones, para luego posteriormente realizar el metrado de cargas. la licencia de este Software www.graphisoft.com otorga la licencia uso académico.

3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN:

Para el desarrollo de la siguiente tesis se ha desarrollado siguiendo los lineamientos planteados por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE 7-16) y por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA), la norma HAZUS 99. El método de diseño consiste en realizar un análisis dinámico no lineal tiempo historia (ADNLTH-FNA), para lo cual se empleó el software ETABS v.16.2, basado en la filosofía de diseño por desempeño propuesto por la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) a través del Comité Visión2000.

3.2.1 Enfoque de la Investigación

Según Hernández, *et al.* (2014), la investigación tiene un enfoque cuantitativo, según la naturaleza de la información y el tipo de datos a emplear; porque se recogieron y evaluaron valores numéricos, y los resultados de los desplazamientos y las aceleraciones se obtuvieron a partir de las vibraciones de base, utilizando software computacional ETABS v.16.2, que contiene modelos numéricos, en los sectores en estudio del “Mega Laboratorio Clínico Universitario”,

3.2.2 Tipo de Investigación

La presente investigación desarrollada es de tipo descriptivo, porque no busca modificar los resultados o datos obtenidos. Puesto que el enunciado de la investigación con su única variable analítica se enfoca en evaluar el desempeño estructural; es decir, describir y especificar las características de los modelos evaluados; y en efecto desarrollar una propuesta de mejora con sistemas de protección sísmica de disipadores de energía sísmica. Se visualizará esto desde el punto de vista de desplazamiento vs. Desempeño. El método es explicativo, donde se pretende demostrar una relación de causalidad de las variables independientes y dependientes sin manipulación, en donde las aceleraciones y los desplazamientos determinados en la estructura nos permitirán evaluar el desempeño.



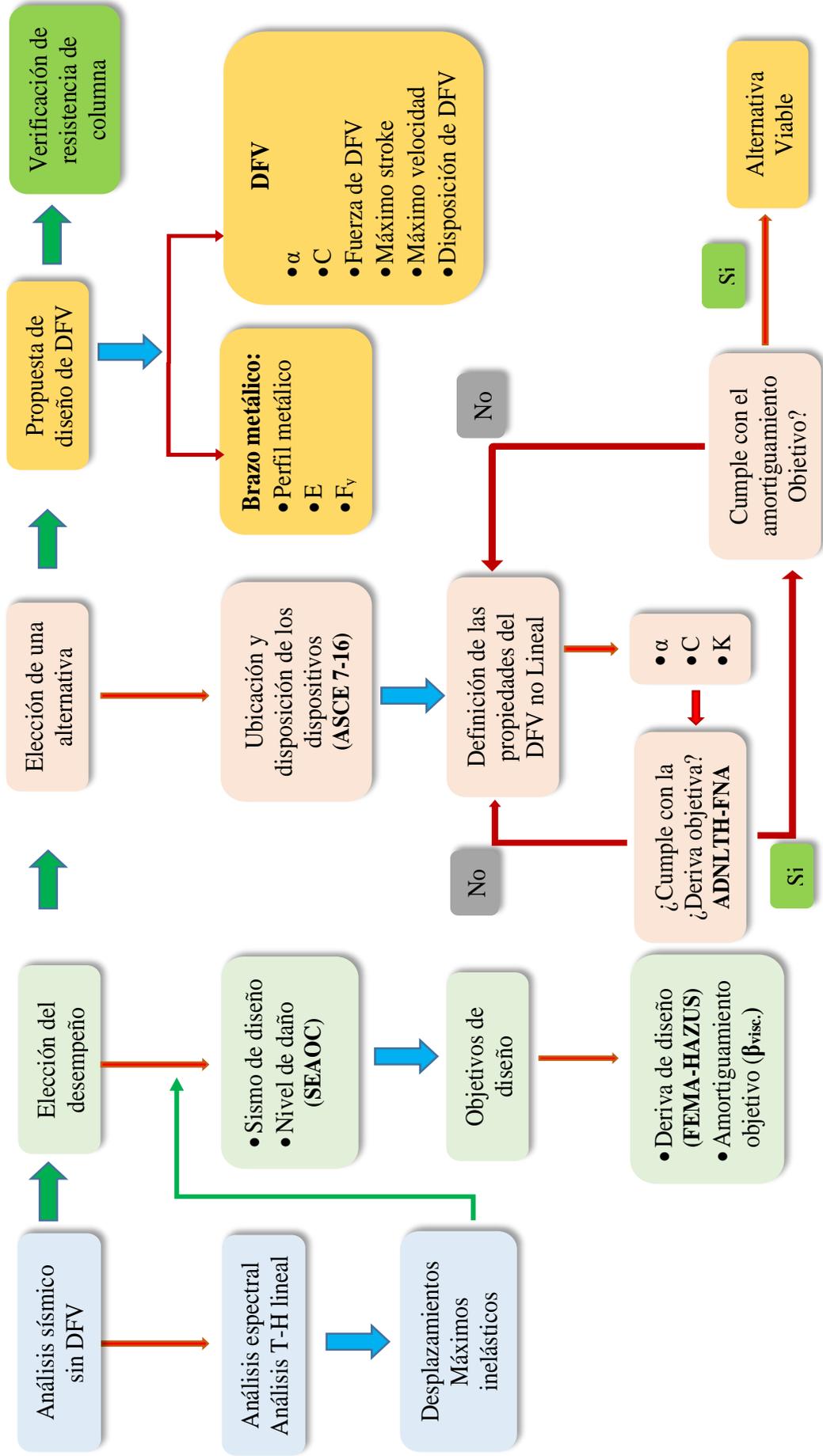
3.2.3 Diseño de Investigación

Según Hernández, *et al.* (2014), el diseño de la investigación es no experimental porque la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Además, es descriptivo transversal, porque se recolectan datos en un solo momento, es decir en un tiempo único cuyo propósito es describir variables y analizar su incidencia e interpretación en un momento dado, o dicho de otra manera todas las variables (incluyendo la variable de estudio) son medidas en una sola ocasión.

El plan o estrategia concebida para obtener la información en primer lugar será; realizar el análisis lineal estático, dinámico modal espectral y dinámico tiempo historia de los diferentes sectores que componen el Mega Laboratorio. En segundo lugar; realizar el análisis dinámico no lineal tiempo historia (FNA). Y por último realizar una comparación de desplazamientos relativos con la finalidad de evaluar el desempeño estructural, la metodología seguida para el análisis y diseño se muestra en la Fig. 40.

Figura 40

Flujograma de la metodología de análisis y diseño con DFV



3.3 OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio constituye los pabellones del Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno, que consta de 9 bloques, ubicado en la ciudad de Puno, con una sismicidad asociada a la Zona 3; Según la Norma E.030 (2020), de categoría A, Sub grupo A1 (Edificación esencial), conformado por muros y pórticos (columnas y vigas).

3.3.1 Descripción del Proyecto

Para la realización de la presente tesis se tomó como materia de estudio investigativo al proyecto: “PROYECTO DE CREACIÓN DEL SERVICIO DE MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA EN ALTURA PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO”. El proyecto el cual contempla un laboratorio multiuso, salas de operaciones, hospitalización, UCI, biblioteca especializada, aulas pedagógicas audiovisuales y oficinas. La Universidad Nacional del Altiplano, dentro de los planes de modernización, eficiencia y competitividad, ha considerado la Creación del Servicio de Mega laboratorio Clínico Universitario, asignado con el código SNIP N° 259520, El Proyecto definitivo ha sido desarrollado en el año 2013, por la Unidad de Estudios y Proyectos, OAC UNA - PUNO”.

3.3.2 Ubicación

El proyecto se encuentra emplazado dentro de los límites de la Ciudad Universitaria, propiedad de la Universidad Nacional del Altiplano, indica la Tabla 19.

Tabla 19

Ubicación

Departamento:	Puno
Provincia:	Puno
Distrito:	Puno
Lugar:	Ciudad Universitaria - UNA

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

3.3.3 Vías de Acceso

La principal vía de acceso es por el Jirón José de la Mar, (Acceso Principal y de Emergencia). Otras vías secundarias de menor jerarquía son el Jirón Selva Alegre y la Av. Sesquicentenario, como se muestra en la Figura 41.

Figura 41

Vías de Acceso al Mega Laboratorio



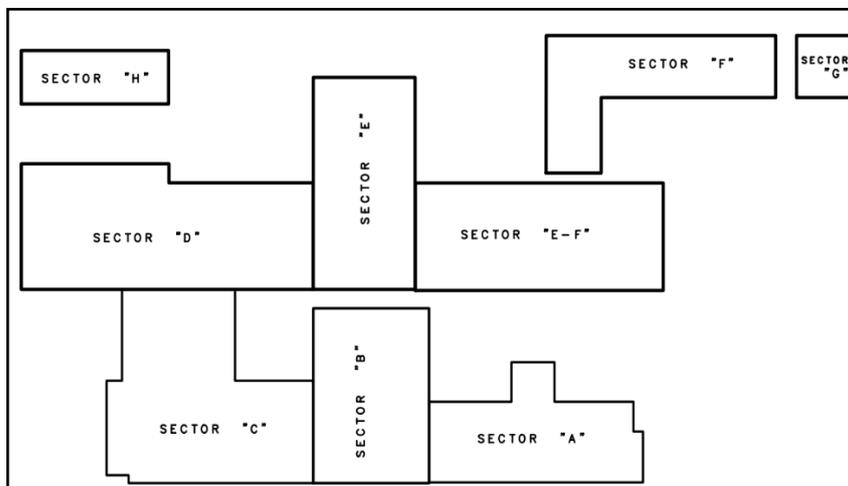
Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.3.4 Sectorización

El Conjunto del Mega laboratorio Clínico Universitario está conformado por:

Figura 42

Sectores del Mega Laboratorio



Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Por 9 sectores o bloques los que responden a su nivel de atención. se muestran en la Tabla 20: En la Fig. 42, se muestra los 9 sectores, de los cuales los sectores H, F, y G, no serán objeto de estudio para la presente investigación, debido a que son de un solo nivel.

Tabla 20

Sectorización

Sector	Unidad
Sector A	Unidad de Laboratorios de Consulta Externa
Sector B	Unidad de Docencia e Investigación y Unidad de Administración
Sector C	Unidad de Laboratorios de Ayuda al Diagnóstico y Unidad de Laboratorios de Emergencia
Sector D	Unidad de Laboratorios del Centro Quirúrgico y UCI
Sector E	Unidad de Laboratorios de Medicina y Cirugía General
Sector E-F	Unidad de Laboratorios de Medicina y Cirugía General y Servicios Generales
Sector F	Unidad de Servicios Generales
Sector G	Desechos de Megalaboratorio
Sector H	Unidad de Laboratorios de Anatomía Patológica y Servicios complementarios

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

3.3.5 Categorización Mega laboratorio como establecimiento de salud

En la Figura 43, se aprecia la vista principal del Mega Laboratorio Clínico Universitario, su diseño arquitectónico y estructural se realizó para un hospital para luego comúnmente denominarlo como “hospital universitario”.

Para categorizar el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana, se deben considerar algunos aspectos como la falta de culminación de la segunda etapa del proyecto, en la segunda etapa se construirán el segundo y tercer nivel de los sectores D, E y E-F; que vienen a hacer los ambientes de hospitalización, centros quirúrgicos o salas de operación y UCI. Es por ello que se asume su clasificación como Hospital II-1. Establecimientos del sector salud del segundo nivel de atención, de categoría II-1; según lo norma el MINSA. N.T.S. N° 021-MINSA/DGSP-V.03-2011 (p.36); Categorías de Establecimientos del Sector Salud. Así como indicamos anteriormente en la justificación.

Figura 43

Vista Principal del Mega Laboratorio Clínico Universitario



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.3.6 Situación Actual del Mega laboratorio Clínico Universitario

Actualmente, el Mega laboratorio Clínico Universitario tiene un 87% de avance de ejecución física de la primera etapa al mes de octubre del año 2021; donde los sectores A, B y C están culminados al 100%.

Figura 44

Vista principal del Mega Laboratorio (sector A, B y C)



Nota. Fotografía del megalaboratorio, fecha:20/11/2021. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 44 se observa, los sectores A, B y C que ya están concluidos al 100%. Actualmente en el sector A viene ya funcionando como Unidad de Laboratorios de

Consulta Externa; y el sector B como Unidad de Docencia e Investigación para los estudiantes de la escuela profesional de Medicina Humana. Y los sectores H, F, y G también están casi concluidas, solo ya falta las instalaciones eléctricas.

Figura 45

Vista lateral del Mega Laboratorio (sector C y D)



Nota. Fotografía del megalaboratorio, fecha:20/11/2021. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 46

Vista del Mega Laboratorio (sector D, E, H y E-F)



Nota. Fotografía del megalaboratorio, fecha:20/11/2021. Elaborado por el equipo de trabajo.

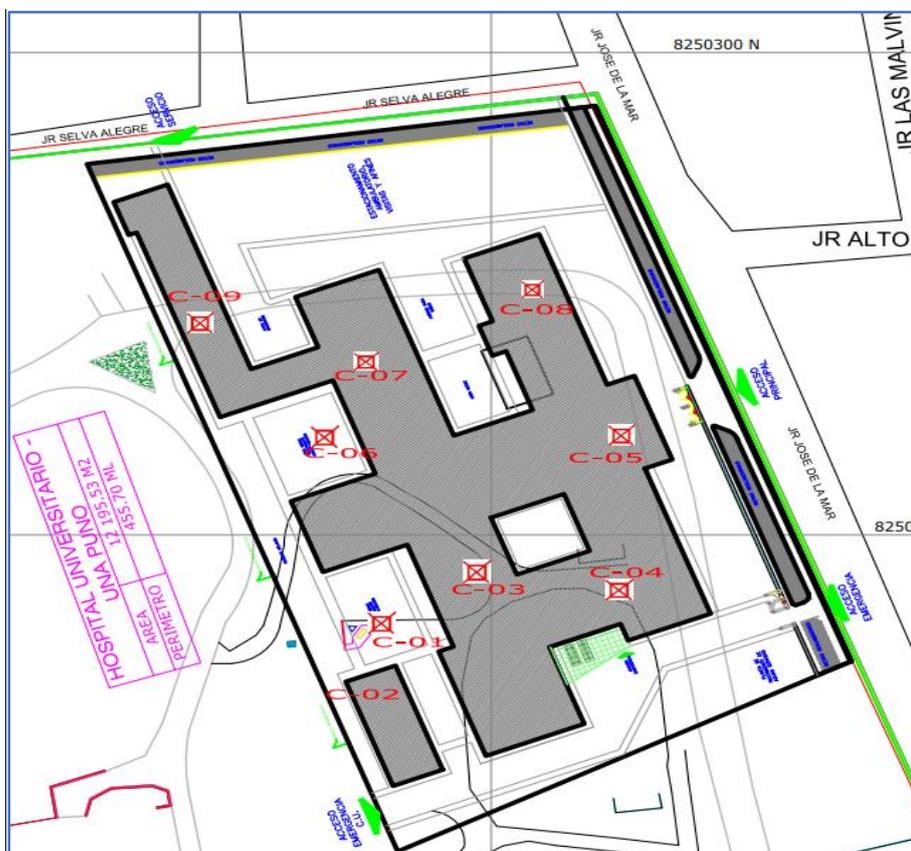
En la Figura 45 se visualiza los sectores C y D, donde se aprecia que el sector C ya está concluido (lado derecho) y el sector D, solo está en 1° nivel faltando el 2° y 3° nivel que es parte de la segunda etapa. En la Figura 46, se visualiza los D, E, H y E-F.

3.3.7 Estudio de suelo (EMS)

El estudio de suelo realizado por la Oficina de Arquitectura y Construcción a través de la unidad de estudios y proyectos, de la Universidad Nacional Del Altiplano (OAC) en el año 2013, el proyecto se realizó en referencia a la norma RNE –E.030 del 2003, en donde su zonificación consideraba 3 zonas sísmicas. En el estudio de suelos se realizaron 9 calicatas con excavaciones a cielo abierto; con el objetivo de identificar el tipo de suelo, litología de los estratos que se presentan hacia la profundidad del terreno de fundación, determinando el perfil estratigráfico, como se detalla en la Figura 47:

Figura 47

Plano Ubicación de Calicatas



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.3.7.1 Exploración en Campo

Teniendo en cuenta las características del proyecto se procedió elaborar un programa de investigación geotécnica, el cual consistió en prospección geotécnica, se excavaron 09 calicatas confines de cimentaciones y estudio, como lo detalla la Tabla 21:

Tabla 21

Excavación de calicatas

Calicata N°	Tipo de excavación	Profundidad (m)	N.F. (m.)
C-1	Cielo abierto	3.80	NE ^a
C-2	Cielo abierto	3.00	NE
C-3	Cielo abierto	3.70	NE
C-4	Cielo abierto	3.80	NE
C-5	Cielo abierto	3.60	NE
C-6	Cielo abierto	3.40	NE
C-7	Cielo abierto	3.50	NE
C-8	Cielo abierto	3.50	NE
C-9	Cielo abierto	3.70	NE

Nota. ^a(NE): No se aprecia de nivel freático a la profundidad excavada. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.3.7.2 Clasificación de Suelos

De acuerdo a los ensayos estándares de laboratorio, las muestras obtenidas del campo de diferentes estratos fueron clasificados según el SUCS, se detalla en la Tabla 22:

Tabla 22

Clasificación de Suelos - SUCS

CLASIFICACION Y CARACTERIZACION DE SUELOS									
ensayos de suelos	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07	C-08	C-09
Humedad	20.25%	15.35%	15.30%	12.43%	16.32%	19.44%	7.13%	19.93%	13.35%
Pasante malla N° 200	33.10%	29.41%	87.24%	33.32%	80.49%	45.03%	50.57%	57.01%	57.01%
Límite líquido	24.08%	26.34%	24.29%	23.94%	38.68%	25.54%	26.55%	24.60%	24.60%
Límite plástico	19.27%	21.17%	18.55%	19.07%	25.69%	20.32%	20.57%	19.27%	19.27%
Índice plástico	4.81%	5.17%	5.75%	4.87%	12.99%	5.21%	5.98%	5.33%	5.34%
Clasificación SUCS	SM-SC = Arena Limosa y Arcillosa	GW-GC = grava bien graduada y grava arcillosa	ML-CL = Limo y Arcilla inorgánico de baja plasticidad	SM-SC = arena limosa y arena Arcillosa	OL = limo y arcilla inorgánica de baja plasticidad	SM-SC = arena limosa y arena arcilloso	ML = limo inorgánico de baja plasticidad	ML = limo inorgánico de baja plasticidad	ML = limo inorgánico de baja plasticidad

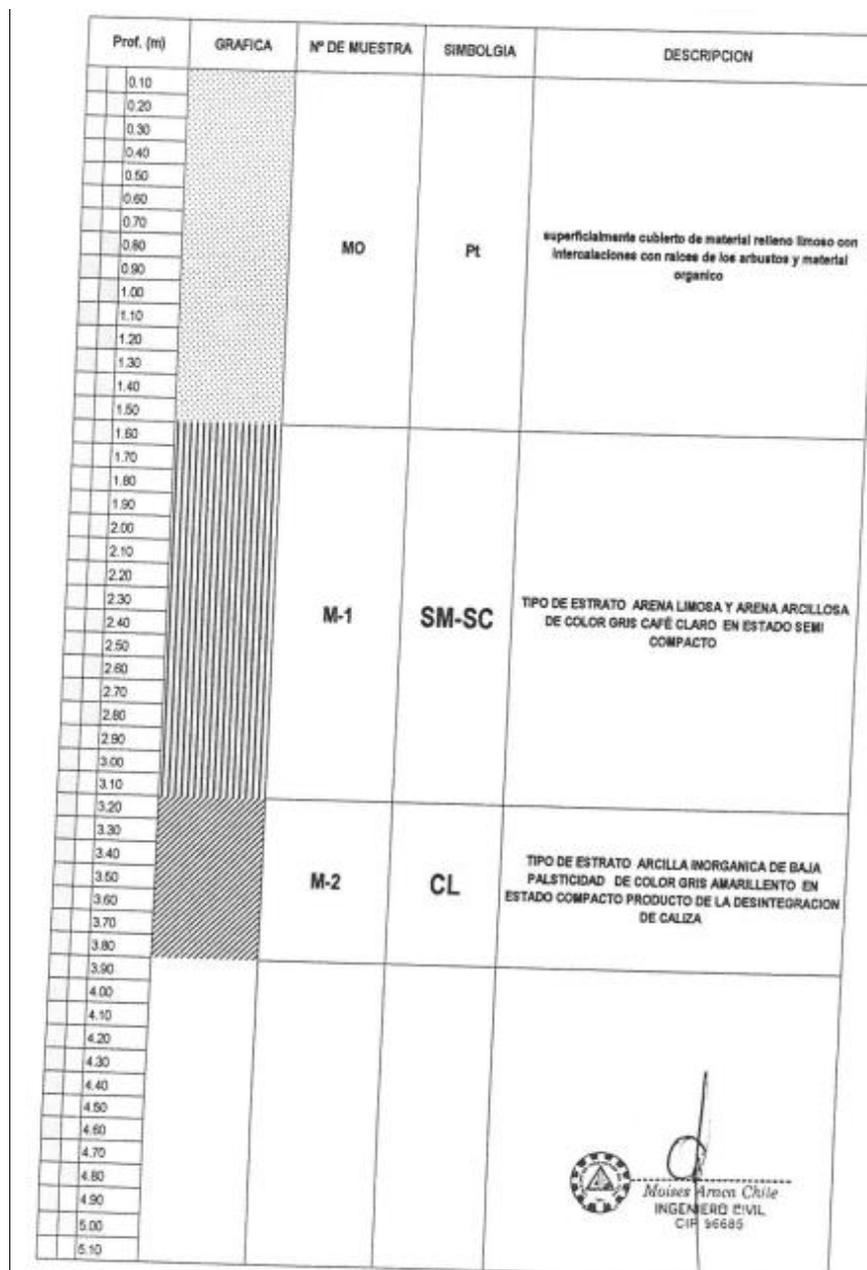
Nota. * C, es el numero de calicata. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.3.7.3 Perfil estratigráfico

El siguiente perfil estratigráfico corresponde a la calicata N° 1, en la Figura 48 se aprecia los distintos estratos predominantes, a la profundidad de cimentación el tipo de suelo es arena limosa y arena arcillosa en estado semi compacto. El perfil estratigráfico, así como su clasificación de suelo del resto de las calicatas se puede apreciar en la parte de los anexos en el apartado de EMS.

Figura 48

Perfil estratigráfico de Calicata N° 1 - EMS



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.3.7.4 Conclusiones y Recomendaciones del EMS

La resistencia del suelo o la capacidad portante se han determinado a partir de los datos o ensayos de corte directo, según las evaluaciones en campo y laboratorio. La capacidad portante del suelo es de; $Q_{adm} = 0.95 \text{ kg/cm}^2$ y profundidad $D_f = 2.50 \text{ m}$. El ancho de cimentación considerado es $B = 2.00 \text{ m}$. El cálculo de la capacidad portante del suelo se realizó con la ecuación de la capacidad de carga de Meyerhof (1963), en base a las características del suelo, determinados con trabajos de campo y laboratorio.

De acuerdo a las características del subsuelo de cimentación, según la Norma de diseño sismorresistente (RNE E-030), se tomaron los siguientes valores para zona en estudio:

- Zona : 2
- Factor de zona : $Z = 0.3$
- Clasificación del Suelo “S3” : $S = 1.4$
- Periodo Predominante del suelo : $T_p = 0.9$

3.3.7.5 Definición del perfil del suelo para la investigación

Las condiciones geotécnicas lo definen un perfil de suelo tipo S3 que se describe como un “suelo flexible” de acuerdo a la norma E.030-2003. Sabiendo que dicha norma contemplaba solo 3 zonas sísmicas, y no consideraba la influencia del sismo.

Revisando los perfiles estratigráficos y la Tabla 22, se puede apreciar que los tipos de suelos predominantes son arena limosa y arcillosa (arena fina), grava bien graduada y arcillosa y limo inorgánico con baja plasticidad (SM-SC y GM-GC). Revisando la norma E.030-2020, nos indica para un suelo S3 “Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte, menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: d.1) Arena media a fina, o grava arenosa”. Para propósito de la presente investigación y tomando en cuenta el EMS y considerando los perfiles estratigráficos, el suelo clasifica como un perfil de suelo tipo S3 “**suelo blando**”,



tomando en cuenta la norma E.050, sabiendo que debajo de la cimentación ($D_f = 2.50\text{m}$), las condiciones geotécnicas Ínsito son grava, arena limosa y arcillosa (EMS – OAC).

Considerando por supuesto que, para tener una mejor certeza de las condiciones locales del suelo, para realizar un análisis dinámico más preciso, se debe de realizar el estudio de refracción sísmica para determinar la velocidad de propagación de ondas de corte del suelo, pero debido a que las edificaciones de este proyecto, ya están construidas y realizar dicho estudio es más complicado y costoso a la vez, ya que; la mayor parte del área de emplazamiento del proyecto se encuentra ya sea, edificado o con vías y veredas de transito pavimentados con concreto. Se debe dejar hincapié que este EMS, tomando en cuenta la envergadura del proyecto debió de realizarse el estudio de refracción sísmica, para verificar los parámetros sísmicos del suelo hasta una profundidad de 30 metros como lo indica la norma E.030, y por ello se sugiere la realización del mismo, de aplicarse la propuesta de esta investigación de implementar DFV.

3.4 MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

Como muestra de la investigación se ha considerado los sectores A, B, C, D, E, y E-F; del mega laboratorio clínico universitario de salud humana, de la UNA-PUNO, la cual se detalla en la Tabla 23 y 24.

3.4.1 Unidades de Estudio

A continuación, se presenta las áreas de las 6 unidades de estudio:

Tabla 23

Área y número de pisos de los sectores

Sector	Area (m2)	N° de Pisos
A	929.00	2
B	1827.83	4
C	1206.75	2
D	1698.15	3
E	1507.95	3
E-F	1796.34	3

Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC.

Tabla 24

Unidades De Estudio

Sector	Unidad	Ocupacion
A	Unidad de Laboratorios de Consulta Externa	Primer Nivel: cuenta con atención, admisión, archivo de historias clínicas, tópico, asimismo con consultorios de medicina familiar, ginecología, obstetricia, pediatría y ecografía. Segundo Nivel: consultorios dentales, oftalmológico, neumología, cardiológico, medicina interna, urología, psiquiatría y cirugía
B	Unidad de Docencia, Investigación y Administración	Primer Nivel: Se ubica en el acceso principal, cuenta con un hall de recepción, sala de espera, una sala de usos múltiples y servicios higiénicos de uso público. Segundo Nivel: Corresponde a la Unidad de Docencia e Investigación. Tercer Nivel: dos aulas pedagógicas audiovisuales, dos aulas de especialización, un área de estudio, un laboratorio multiuso y ss.hh. Cuarto Nivel: Corresponde a la Unidad de Administración, cuenta con un aula magna, secretaria, dirección administrativa, etc
C	U.Laboratorios de Ayuda al Diagnóstico	Primer Nivel: Laboratorio Clínico y de bioquímica, inmunología, etc. Segundo Nivel: Laboratorios de Diagnóstico por Imágenes, ambientes de rayos X, tomografía, ecografía
D	U. Laboratorios del Centro Quirúrgico y UCI	Primer - Tercer nivel: Cuenta con una escalera y una caja de ascensor para uso de pacientes y personal que conecta el primer y segundo nivel de los Laboratorios de Centro Quirurgico y Centro Obstetrico
E	Unidad de Laboratorios de Hospitalización	Primer - Tercer Nivel: Unidad de Laboratorios de Hospitalización de Medicina y Cirugía General, se ubica contiguo al sector D Cuenta con una caja de escalera y ascensor para uso de pacientes y personal que conecta con el segundo y tercer nivel
E-F	U.Laboratorios de Hospitalización	Primer - Tercer Nivel: Hospitalización de Medicina y Cirugía General

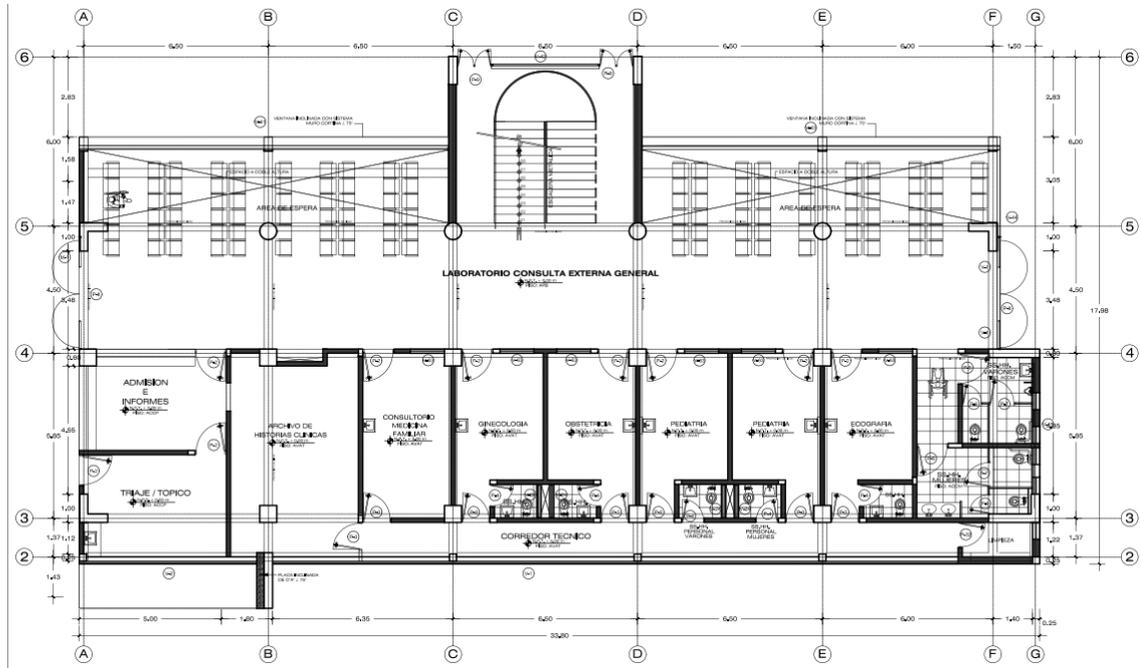
Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC.

3.4.1.1 Sector A

En las Fig. 49 y 50 se muestran en planta, la distribución y la fachada del sector A:

Figura 49

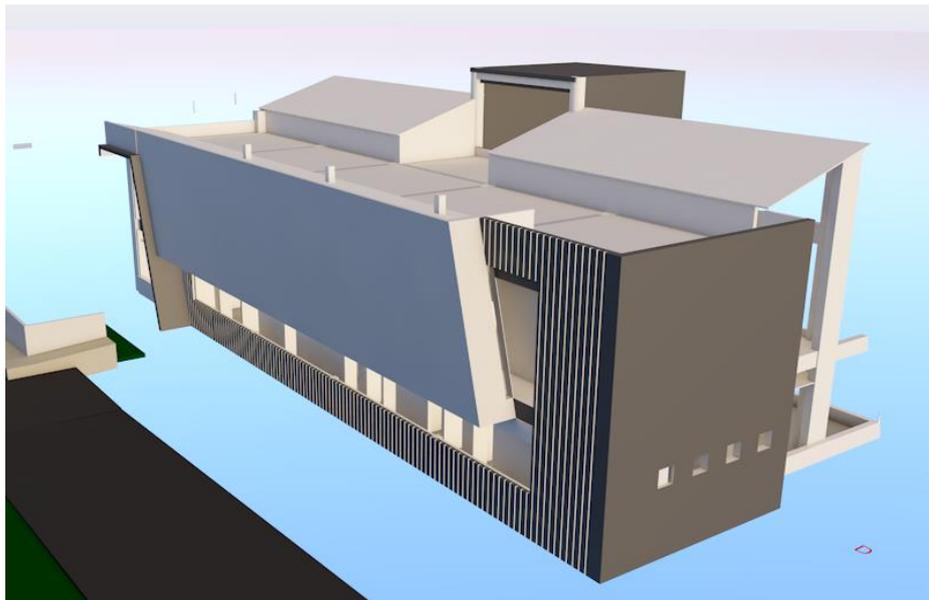
Planta típica de distribución - sector A



Nota. Planos de Arquitectura-Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

Figura 50

Elevación principal - sector A



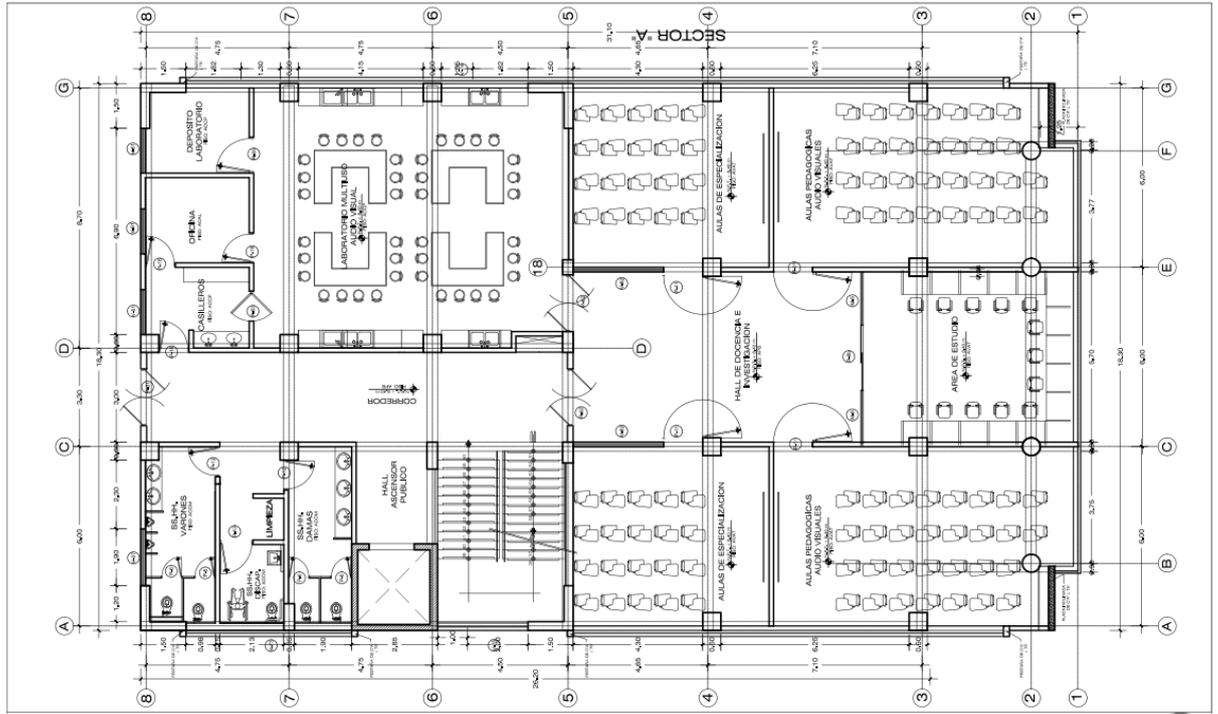
Nota. Render Archicad -Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

3.4.1.2 Sector B

En las Figuras 51 y 52 se muestran en planta, la distribución y la fachada del sector B:

Figura 51

Planta típica de distribución - sector B



Nota. Planos de Arquitectura-Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

Figura 52

Elevación principal - sector B



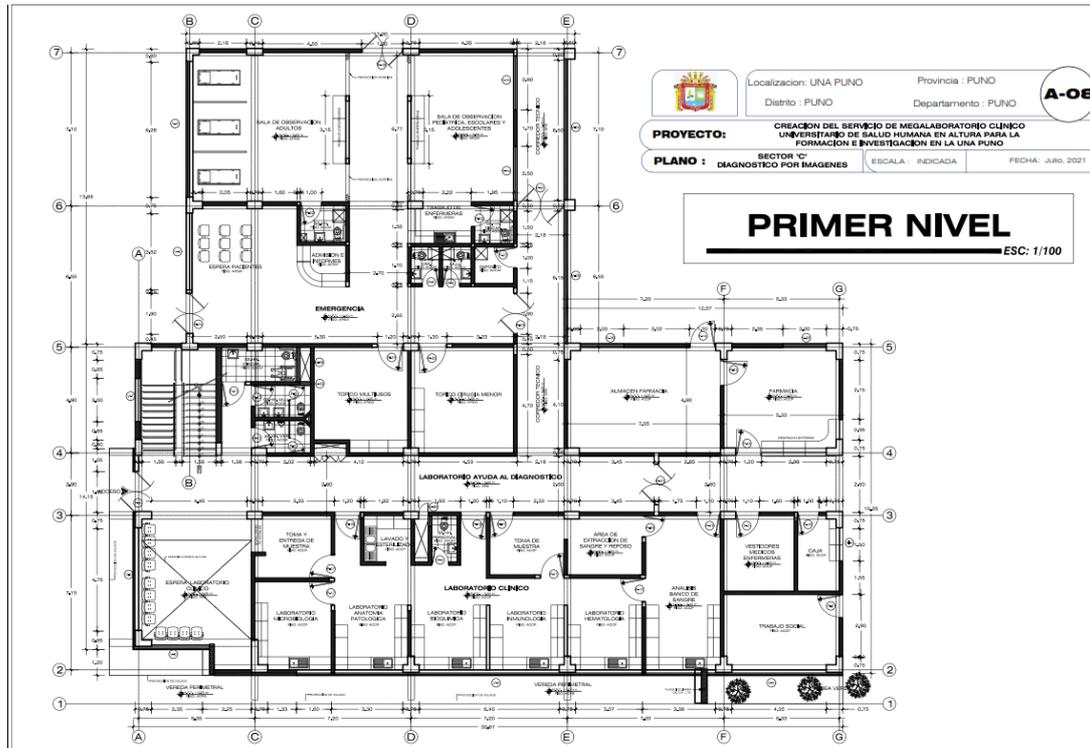
Nota. Render Archicad -Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

3.4.1.3 Sector C

En las Figuras 53 y 54 se muestran en planta, la distribución y la fachada del sector C:

Figura 53

Planta típica de distribución - sector C



Nota. Planos de Arquitectura-Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

Figura 54

Elevación principal - sector C



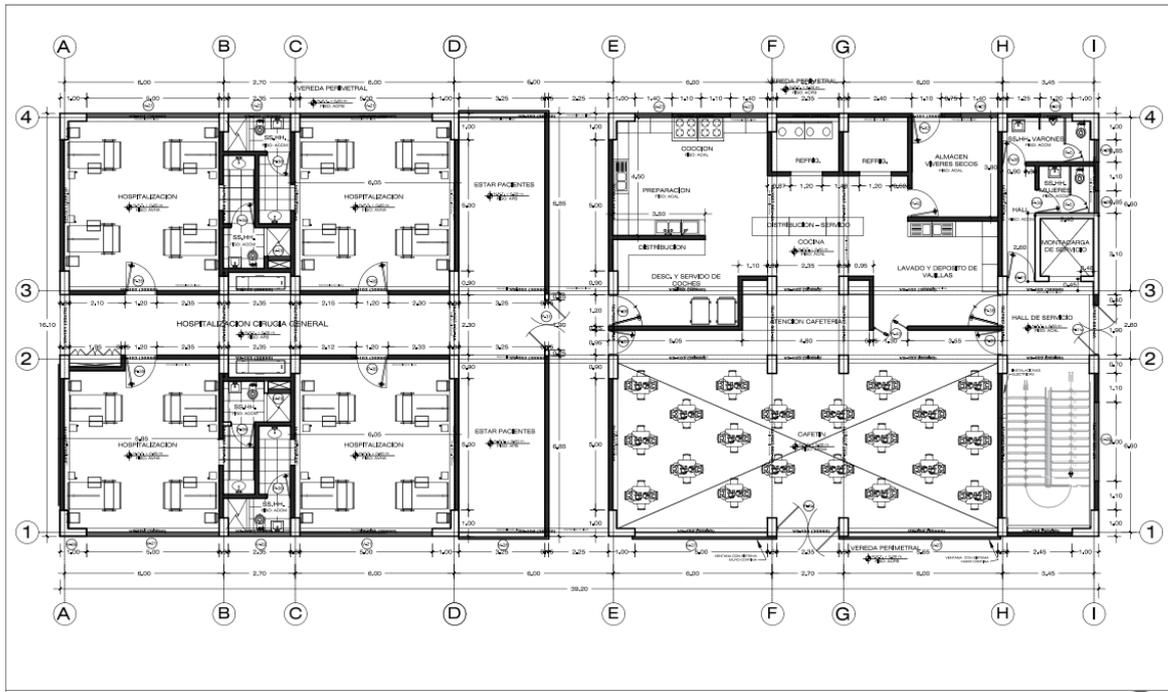
Nota. Render Archicad -Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

3.4.1.6 Sector E-F

En las Figuras 59 y 60 se muestran en planta, la distribución y la fachada del sector E-F:

Figura 59

Planta típica de distribución - sector E-F



Nota. . Planos de Arquitectura-Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

Figura 60

Elevación principal - sector E-F



Nota. Render Archicad -Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC .

3.4.2 Dimensiones de los elementos estructurales

En la siguiente sección presentaremos todas las dimensiones de las secciones de los elementos estructurales involucrados en la estructura, el cual lo obtenemos de la memoria de cálculo del diseño estructural del expediente técnico (Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC). El Predimensionamiento lo realizaron con la norma rectora RNE E-060 (2009); los cuales se muestran a continuación:

3.4.2.1 Losa Aligerada Unidireccional

Las losas aligeradas conformados por viguetas de 10 cm. de ancho, ver Tabla 25.

Tabla 25

Predimensionamiento de losa aligerada

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA						
Descripción	Entre Ejes:	S/C(kg/m ²)	Luz(m)	Coef.:1 y 2	Hcalc.	H. adop.
Sector: A	A-B y 7-8	400.00	L = 7.15	25	0.286	0.25 m
Sector: B	A-B y 7-8	300.00	L = 7.10	25	0.284	0.25 m
Sector: C	A-B y 2-3	300.00	L = 5.85	25	0.234	0.25 m
Sector: D	A-B y 18-19	300.00	L = 6.00	25	0.24	0.25 m
Sector: E	A-B y 18-19	300.00	L = 6.58	25	0.263	0.25 m
Sector: E - F	A-B y 7-8	300.00	L = 6.00	25	0.24	0.25 m

Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.4.2.2 Viga

Las vigas se pre dimensionaron de acuerdo a la norma RNE E-060 (2009), donde;
 α , β : son los Factores Alfa y Beta; y BT, es el ancho tributario de la viga; b y h son las dimensiones de la sección de la viga, que se muestra en las Tablas 26 y 27.

Tabla 26

Predimensionamiento de vigas principales

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES									
Sector	S/C(kg/m ²)	Luz(m)	BT(m)	Coef. "α"	Coef.:2	B1.	H1.	B.adop.	H. adop.
A	400.00	L = 6.50	4.75	10.50	20.00	0.24	0.62	0.30 m	0.70 m
B	300.00	L = 8.70	5.88	10.50	20.00	0.29	0.79	0.35 m	0.80 m
C	300.00	L = 7.20	6.89	10.50	20.00	0.34	0.68	0.30 m	0.70 m
D	300.00	L = 7.80	4.80	10.50	20.00	0.24	0.71	0.35 m	0.70 m
E	300.00	L = 6.65	4.55	10.50	20.00	0.23	0.63	0.35 m	0.65 m
E-F	300.00	L = 6.60	6.00	10.50	20.00	0.30	0.63	0.35 m	0.70 m

Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Tabla 27

Predimensionamiento de vigas secundarias

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS SECUNDARIAS									
Sector	S/C(kg/m ²)	Luz(m)	BT(m)	Coef. "β"	Coef.:2	B1.	H1.	B.adop.	H. adop.
A	300.00	L = 5.85	6.50	12.00	20.00	0.33	0.49	0.30 m	0.60 m
B	300.00	L = 7.10	6.00	12.00	20.00	0.30	0.59	0.30 m	0.70 m
C	300.00	L = 7.15	7.20	12.00	20.00	0.36	0.60	0.30 m	0.70 m
D	300.00	L = 6.00	7.70	12.00	20.00	0.39	0.50	0.35 m	0.60 m
E	300.00	L = 6.58	6.10	12.00	20.00	0.31	0.55	0.30 m	0.60 m
E-F	300.00	L = 6.00	4.55	12.00	20.00	0.23	0.50	0.30 m	0.60 m

Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

3.4.2.3 Columna y Placas

Las dimensiones de las columnas y el espesor de las placas se muestran en el ítem 3.6, y que los pres dimensionamientos se realizaron de acuerdo a la RNE E.060.

3.4.3 Asignación de Cargas

La asignación de cargas se realizó con los mismos valores que la memoria de cálculo (Estudios y Proyectos- OAC- UNAP). Usando la norma E-020. Tabla 28 y 29.

Tabla 28

Cargas muertas y vivas

Cargas	Piso Tipico	Azotea	und
WD (carga muerta)			
peso propio de losa (25 cm)	350		kg/m ²
Piso Terminado	100	100	kg/m ²
Tabiquería	100		kg/m ²
WL (carga viva)			
Oficinas	250		kg/m ²
consultorios	300		kg/m ²
laboratorio	300		kg/m ²
sala de operación	300		kg/m ²
corredores y escaleras	400		kg/m ²
S/C azotea		100	kg/m ²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 29

Carga de muros y ventanas

Muro	kg/m ²	Incluye
muro de soga(e=0.15m)	290	incluye tarrajeo
muro de cabeza (e=0.25m)	520	incluye tarrajeo
ventanas	30	incluye marco*

Nota. * las ventanas incluyen vidrio y marco. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5 TRATAMIENTO DE REGISTROS SÍSMICOS

En la siguiente sección, se realiza el tratamiento de las señales sísmicas; primeramente, escalando a la aceleración máxima del terreno luego al espectro objetivo.

3.5.1 Registros Sísmicos

Según la norma ASCE 7-16 (2016), nos pide un mínimo de 3 registros sísmicos como mínimo, y cada una de estas incluirá dos componentes en direcciones ortogonales como así también lo especifica RNE-E030 (2020).

En esta investigación se utilizaron los registros sísmicos correspondientes a los años 1974, 2001 y 2007 en sus dos direcciones X e Y, como se aprecia en la Tabla 30:

Tabla 30

Registros de Aceleración sísmica usados

FECHA	Ubicación Estacion sísmica	Codigo de Estacion	Compone nte	Duracion (seg)	Intervalo de tiempo Δt (seg)	Magnitud del sismo	Aceleracion Maxima PGA (cm/s ²)
03 de octubre 1974	Lima	PRQ	E-W N-S	97.94	0.020	8.1Mw	-194.205 180.090
23 de junio 2001	Moquegua	MOQ01	E-W N-S	198.90	0.010	8.4Mw	-295.150 219.990
15 de agosto 2007	Ica	ICA002	E-W N-S	218.06	0.010	8.0Mw	-272.820 333.660

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Todos estos registros se normalizaron y corrigieron por línea base con la asistencia del programa de cómputo SeismoSignal a una aceleración máxima de 0.35g (aceleración del suelo en la zona de la estructura). los cuales se muestran a continuación:

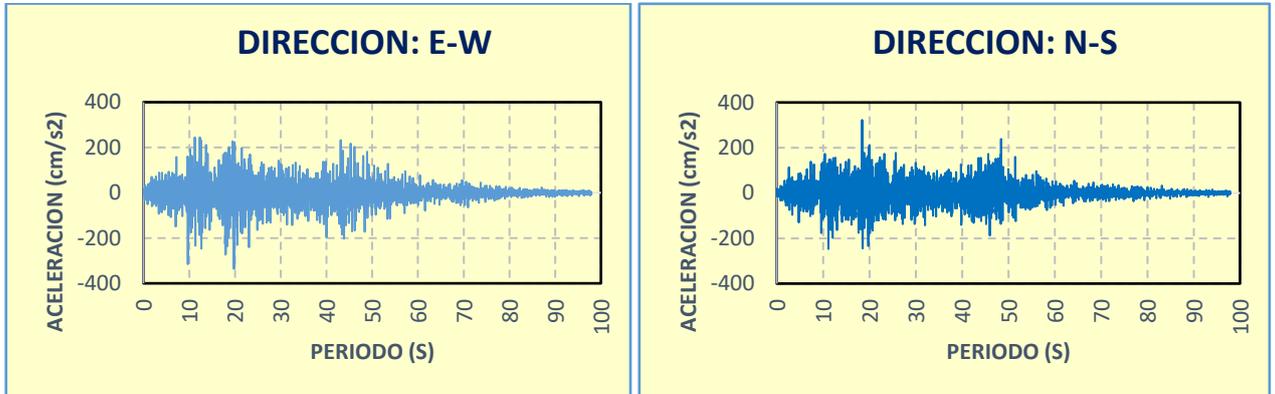
3.5.2 Registros Sísmicos Escalados a la Zona de Estudio ($Z=0.35g$)

A continuación, se presentan las Figuras 61, 62 y 63; donde se visualiza las acelerogramas del sismo de Lima 1974, Moquegua 2001 y Ica 2007; los cuales ya fueron escalado a la aceleración máxima del terreno según la zona donde está la edificación, en nuestro caso para una zona sísmica $Z=0.35g$ (zona sísmica 3), al mismo tiempo también fue corregido por línea base y aplicación de filtros, como se indica el ítem 2.8. 2.a.

1.- Sismo: Lima 03 de octubre de 1974

Figura 61

Acelerograma de Movimiento del Terreno (Lima E-W y N-S)

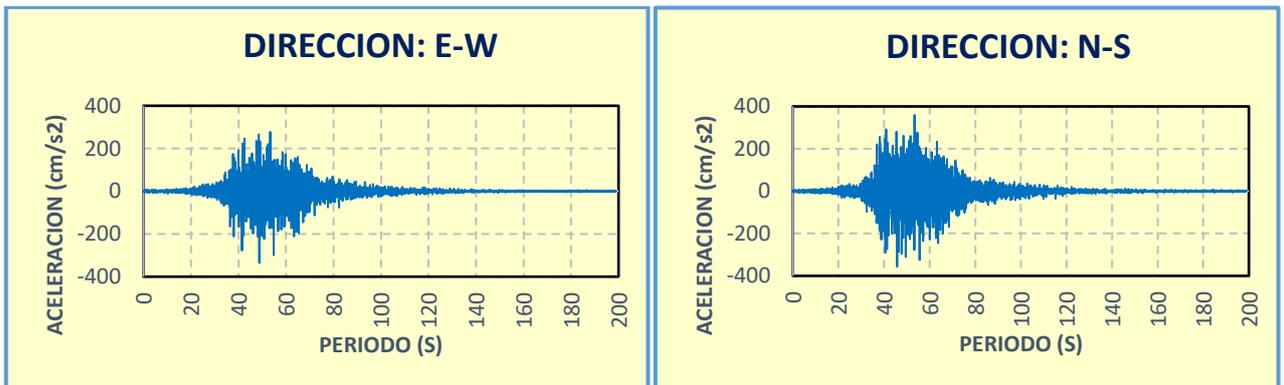


Nota. Acelerogramas reproducidos de seismosignal. Elaborado por el equipo de trabajo.

2.- Sismo: Moquegua 23 de junio de 2001

Figura 62

Acelerograma de Movimiento del Terreno (Moquegua E-W y N-S)

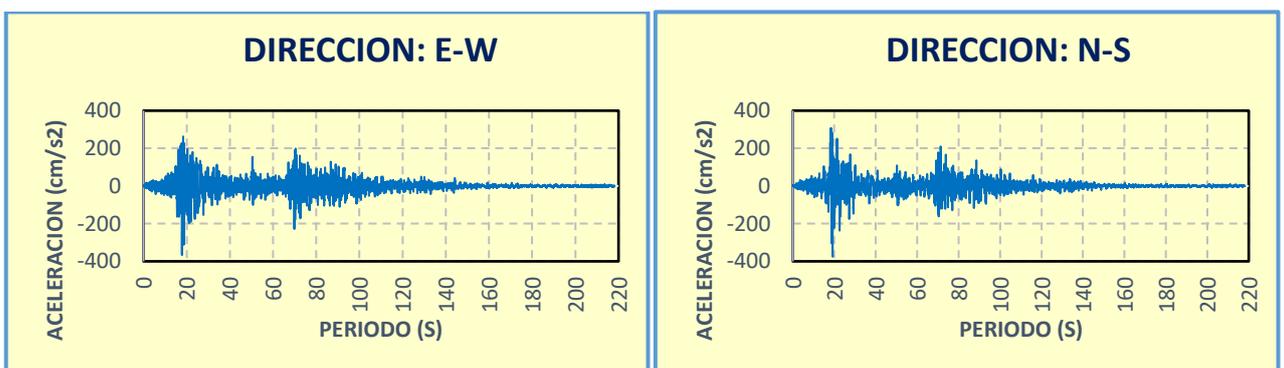


Nota. Acelerogramas reproducidos de seismosignal. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.- Sismo: Ica 15 de agosto de 2007

Figura 63

Acelerograma de Movimiento del Terreno (Ica E-W y N-S)



Nota. Acelerogramas reproducidos de seismosignal. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.3 Registros Sísmicos escalados al Espectro Objetivo(R=1)

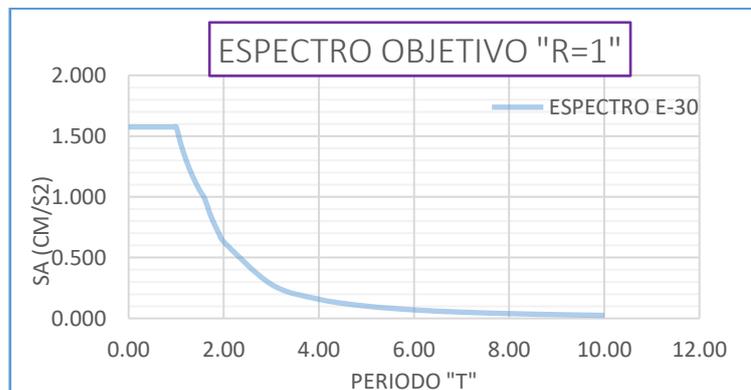
Para el escalamiento de las señales sísmicas al espectro elástico (R=1), se sigue el procedimiento indicado en el ítem 2.8.2.b; es así que los acelerogramas anteriormente tratados y escalados a la aceleración máxima de terreno. Ahora esas acelerogramas se pasa a escalar aun espectro objetivo, que es espectro totalmente elástico de la norma E.030, pero para una condición de coeficiente de reducción R=1, así como indica en su Art. 30.1.3 la norma E.030 (ítem 2.6.1.5.a). con la ayuda del software SeismoMatch se escala las señales sísmicas para los 3 pares de registros sísmicos.

3.5.3.1 Espectro objetivo

En primer lugar, determinamos el espectro objetivo; para ello se tiene los parámetros sísmicos; $Z=0.35$, $U=1.5$, $S=1.2$, $T_p=1$, $T_L=1.6$ y $R=1$; se observa que no cambia el espectro objetivo para los 6 sectores dado que el periodo fundamental de vibración de las estructuras no sobrepasa de 1 seg., el espectro objetivo, (Figura 64):

Figura 64

Espectro Objetivo o Elástico (similar en todos los sectores)



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

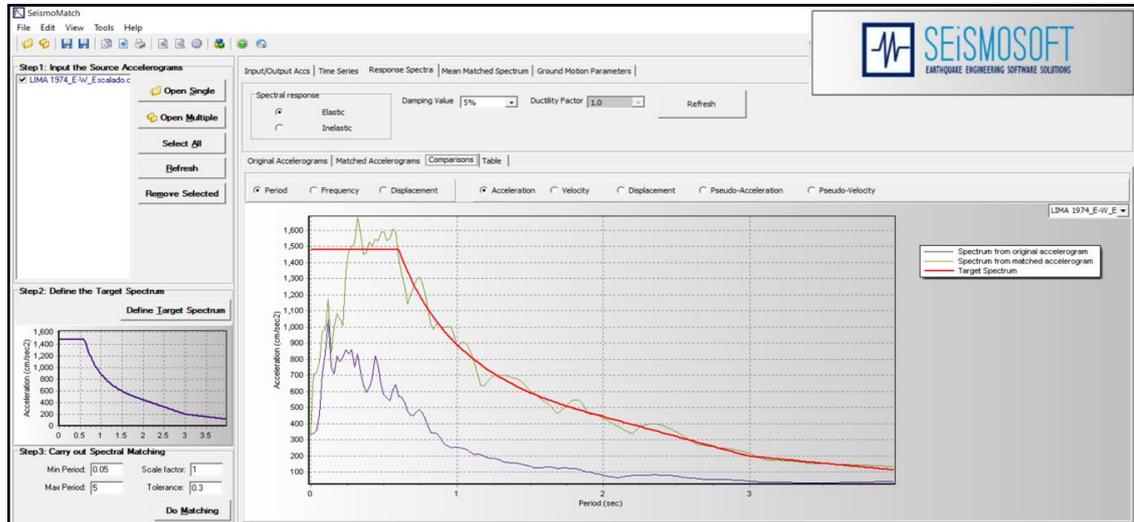
3.5.3.2 Escalado de señales sísmicas a espectro objetivo

En la Figura 65, se puede visualizar para el sector A; el espectro compatible del Acelerograma del sismo Lima 1974 en el componente E-W (color verde) con el espectro objetivo (color rojo) y también se observa de aceleraciones de la señal sísmica Lima 1974 sin escalado (color morado), con 5% de amortiguamiento según indica la norma E.030,

en su Art. 30.1.3 (ítem 2.6.1.5.a). del mismo modo se escalan el resto de señales sísmicas en sus 2 direcciones horizontales. Para ello se hace uso del software SeismoMatch.

Figura 65

Espectro de Pseudo Aceleración (Lima E-W)



Nota. Reproducida de software SeismoMatch.

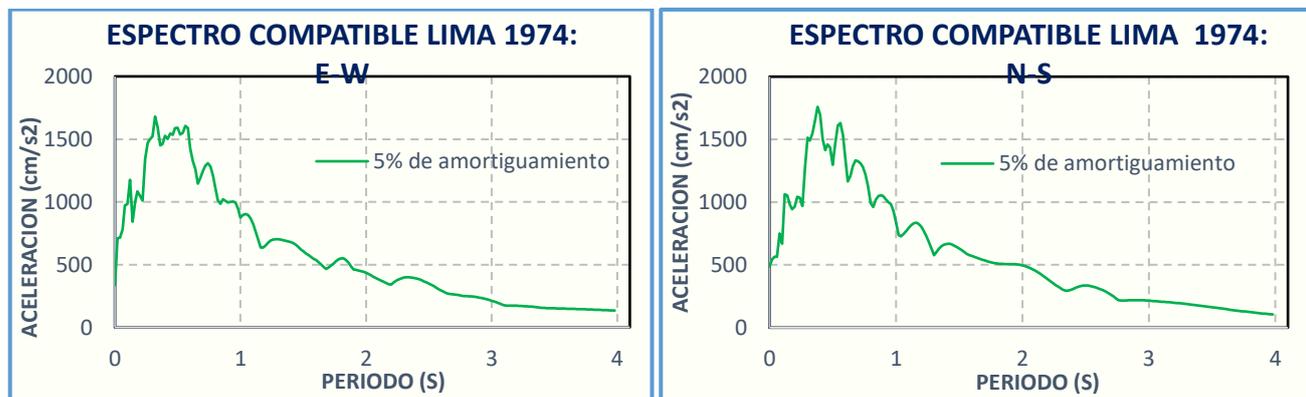
- Espectro elástico $R=1$
- Espectro compatible de sismo escalado
- Espectro compatible de sismo sin escalado

3.5.3.3 Espectro compatible de Pseudo aceleraciones

Después de escalar los sismos para el sector A, del software SeismoMatch, se puede importar los datos de las Pseudo aceleraciones a una hoja de Excel, para cada señal sísmica, en sus 2 componentes, para luego poder graficarlos para visualizarlo de mejor manera; como se presenta a continuación en las Fig. 66, 67, y 68:

Figura 66

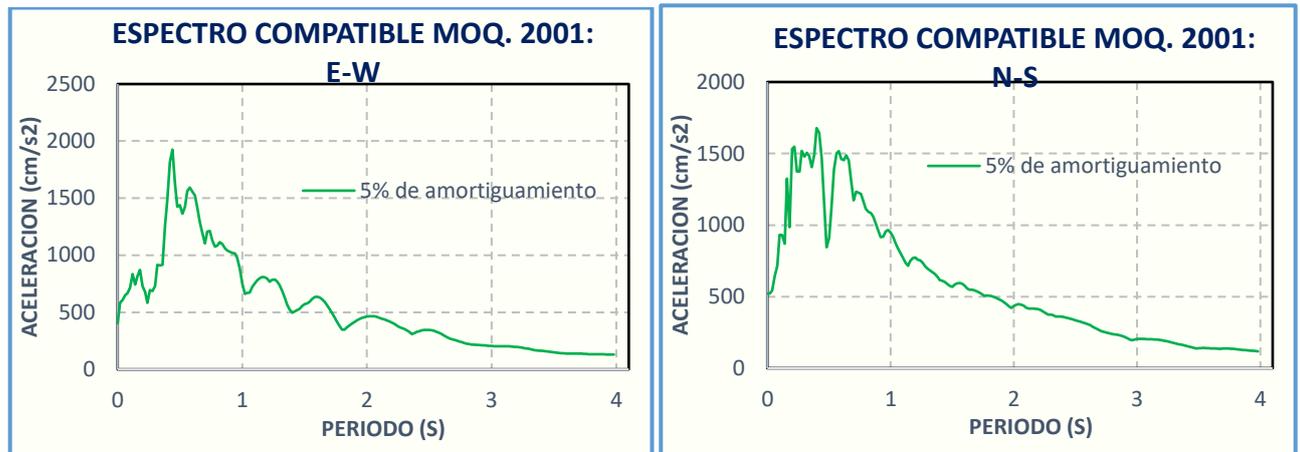
Espectro de Pseudo Aceleración (Lima E-W y N-S)-sector A



Nota.. Reproducida de software SeismoMatch-sector A. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 67

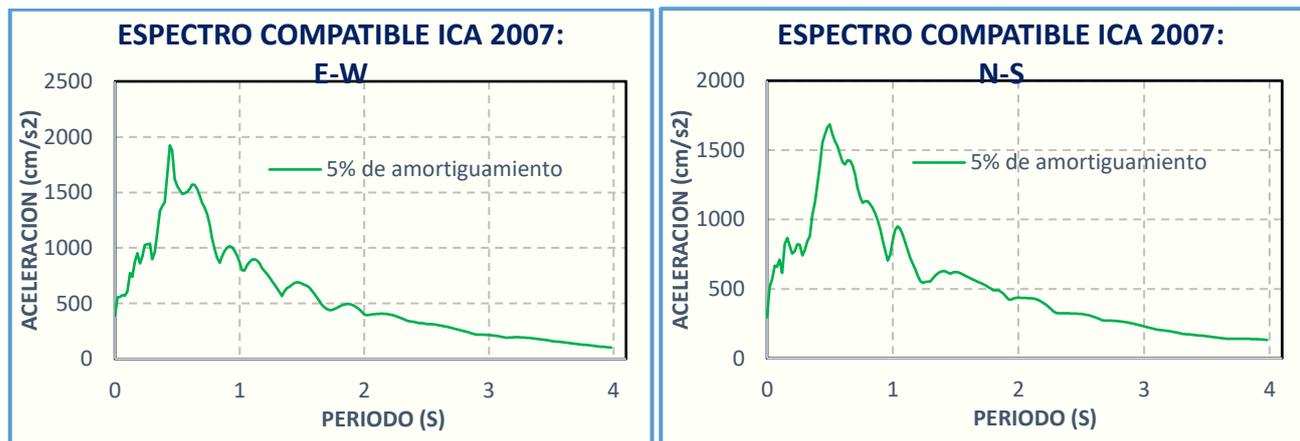
Espectro de Pseudo Aceleración (Moquegua E-W y N-S))-sector A



Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector A. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 68

Espectro de Pseudo Aceleración (Ica E-W y N-S))-sector A

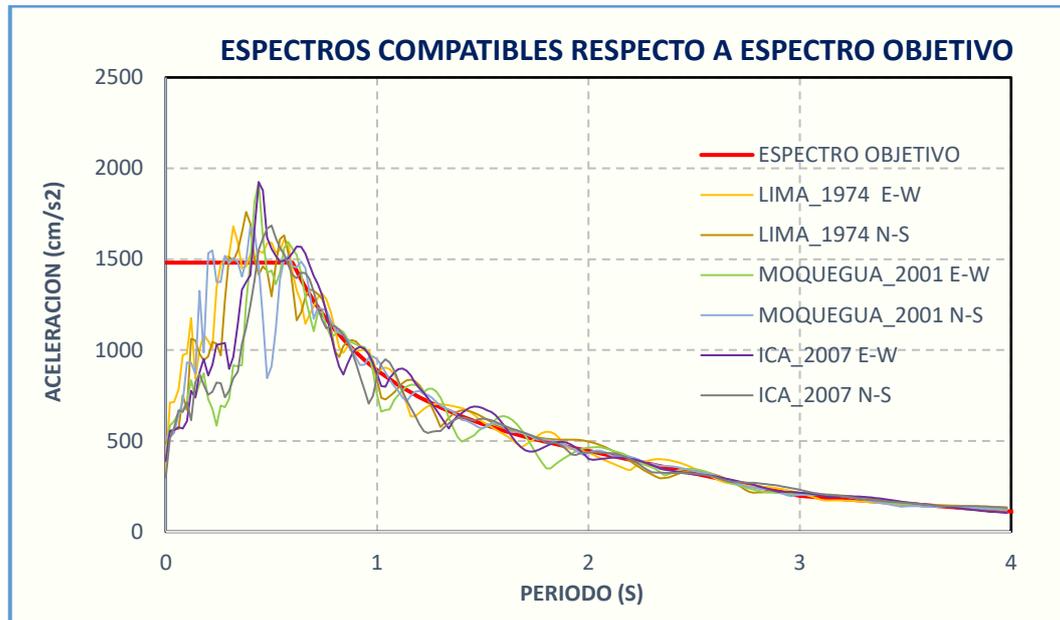


Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector A. Elaborado por el equipo de trabajo.

A continuación, se presenta todos los espectros compatibles de Pseudo aceleraciones respecto al espectro objetivo; en la Figura 69, se puede apreciar que las señales sísmicas escaladas ala espectro objetivo tienen y siguen la misma curva que el espectro objetivo de ahí el nombre de “compatible”, es por esa razón que se les denomina espectros compatibles de pseudo aceleración. También se observa los 6 sismos (los 3 registros sísmicos con sus 2 componentes ortogonales). Estos acelerogramas ahora se asignará como un caso de carga y combinado para nuestro análisis tiempo historia lineal y no lineal (FNA) el software ETABS.

Figura 69

Escalado de Acelerogramas - sector A



Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector A. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.3.4 Combinación de registros sísmicos

Luego de ser escalado, se combinarán de la siguiente manera los registros sísmicos para el análisis, luego este será asignado en el software ETABS tal como refiere la Tabla 31 y la Figura 75.

Tabla 31

Combinación de registros sísmicos

Registros Sísmicos	Valor
Lima_1974	100% EW+ 100% NS 100% NS+ 100% EW
Moquegua_2001	100% EW+ 100% NS 100% NS+ 100% EW
Ica_2007	100% EW+ 100% NS 100% NS+ 100% EW

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

El análisis T-H, debe de realizarse en sus 2 componentes lo que significa que en la dirección “X”, se tendrá 12 resultados y del mismo modo en la dirección “Y” tal como lo indica la norma E.030 (2020), “Para el análisis se usan como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluye dos componentes en direcciones ortogonales” (p.28).

3.6 MODELO DE ESTRUCTURA CONVENCIONAL SIN DFV

En el siguiente subcapítulo, se describe y se determina las secciones, parámetros sísmicos, la masa, etc. Para realizar el modelo y el análisis estático y dinámico lineal y el análisis dinámico tiempo historia lineal para cada sector. A continuación, se muestran:

3.6.1 Sector A

El sector A cuenta con un sistema Estructural, Concreto Armado – Dual (Tabla 33). Las secciones de los elementos estructurales se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32

Elementos Estructurales -sector A

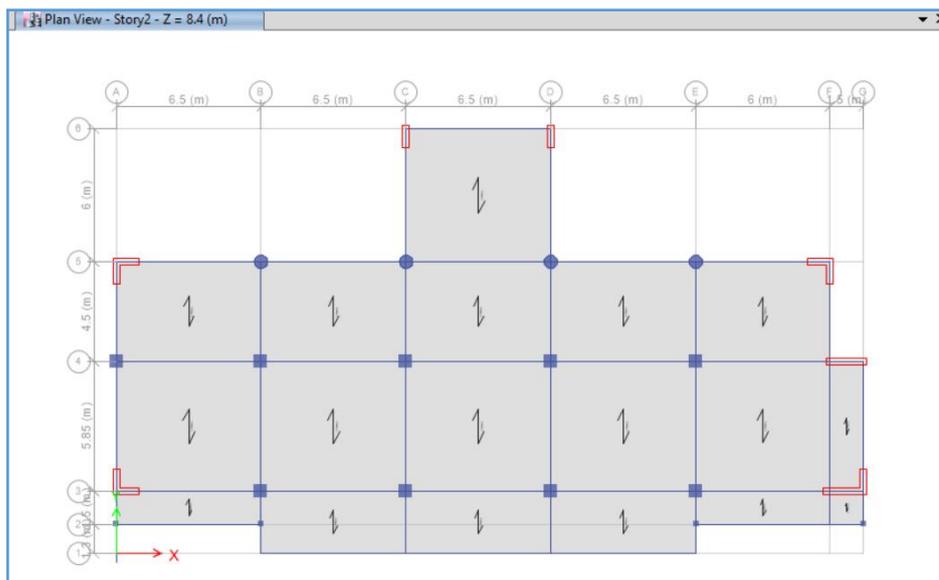
Elementos Estructurales	Secciones
Losa aligerado 1D:	Espesor 25 cm
Viga:	V-01 30x70 cm V-02 30x60 cm
Columna:	C-01 60x60 cm C-02 25x25 cm CC D=60 cm
Muro cortante:	Espesor= 30 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Fig. 70, se aprecia el modelo en el software Etabs, el sector A en planta.

Figura 70

Planta - sector A



Nota. Software ETABS.

3.6.1.1 Análisis estático y dinámico

Para el análisis estático y dinámico se definen los siguientes parámetros:

A. Parámetros Sísmicos

Tabla 33

Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector A

Zona:	3
Categoría:	AI
Suelo:	SIII
Sistema Estructural:	C°A°-Dual
Irregularidad En Altura:	No es irregular
Irregularidad En Planta:	Si es irregular

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Los factores de la Tabla 33 se obtuvieron en base a la ubicación, este mostrado en la Tabla 19 y la Tabla 2 para determinar “Z”, la estructura de análisis se ubica en la categoría AI (según Ítem 3.3.3.1), debido a que el mega laboratorio clasifica como edificación esencial. De acuerdo a la Tabla 6 se determina el factor “U”, el tipo de suelo con el cual se especifico es S3, el cual nos ayuda a determinar con las Tabla 4 el factor suelo “S” y Tabla 5, a los periodos (T_p y T_L). A continuación, el análisis de las irregularidades:

Irregularidad en altura:

irregularidad de rigidez –piso blando, no existe irregularidad de rigidez, ya que, en las 2 direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es mayor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior.

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil, no existe irregularidad de resistencia ya que, en las 2 direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es mayor a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Irregularidad de Masa, no existe irregularidad de peso. (este criterio no aplica en azoteas).

Irregularidad Geométrica Vertical, no existe irregularidad ya que las diafragmas son de la misma dimensión.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes, no existe, las columnas y placas son al 2do piso. así que: $I_a = 1$

Irregularidad en planta:

Irregularidad torsional, no existe irregularidad torsional ya que, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) calculado incluyendo excentricidad accidental, es menor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio (Δ_{prom}).

Esquinas entrantes, si existe irregularidad debido a que la estructura tiene esquinas entrantes en ambas direcciones.

Discontinuidad del diafragma, si existe irregularidad ya que la relación de la sección transversal neta resistente del diafragma en cualquier sección y en cualquier dirección es menor que el 25% de la sección transversal total: $I_{px} = 0.90$ y $I_{py} = 0.85$.

Tabla 34

Clasificación de Sistema Estructural-sector A

Item		EJE X-X	EJE Y-Y
Fuerza Cortante:	V:	231.53	245.15
F.C. Resistido por Columnas	P:	81.66	106.98
F.C. Resistido por Muros	M:	149.87	138.17
Porcentaje Absorbido por Columnas:	$\%VP = \frac{P}{V}$	35.27%	43.64%
Porcentaje Absorbido por Muros:	$\%VM = \frac{M}{V}$	64.73%	56.36%
Sistema Estructural :		Dual	Dual
Coefficiente " R_o ":		7	7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

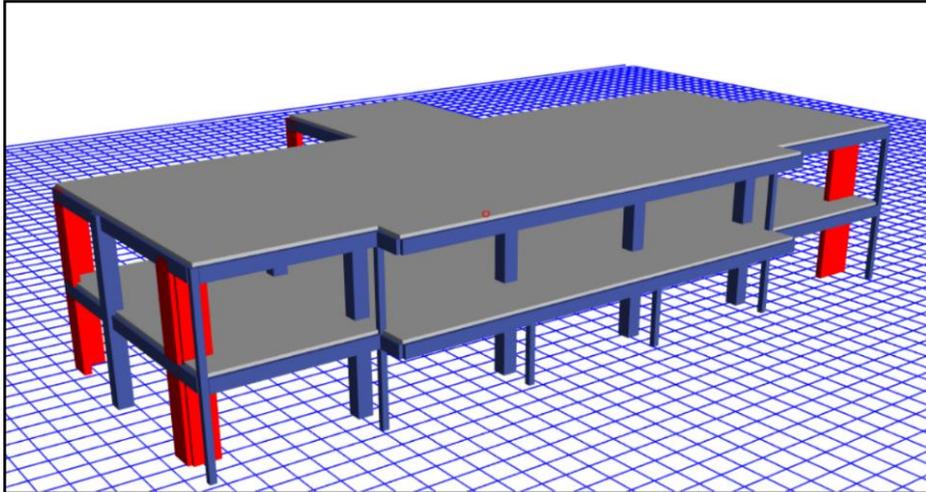
En la Tabla 34 se observa, que se cumple la condición:

$$20\% V < \%VM < 70\% V$$

Según la Tabla 7, la estructura clasifica como Sistema Estructural: Dual. En la Figura 71, se muestra el modelo del sector A en 3D para el análisis estático y dinámico.

Figura 71

Dibujo de modelo - sector A



Nota. Software ETABS.

Es así que con la Tabla 8, determinamos el coeficiente de reducción básico frente a la acción sísmica “ R_0 ”, las irregularidades se determinaron en base a las Tablas 9 y Tabla 10 con un resultado de regular y el factor de amplificación sísmica se determina de acuerdo a lo especificado al ítem 2.6.1.1(d). Es así que se tiene factores en la Tabla 35.

Tabla 35

Parámetros E-030- sector A

DATOS OBTENIDOS		
Dirección	X-X	Y-Y
Z:	0.35	0.35
U	1.5	1.5
S	1.2	1.2
T_p	1	1
T_L	1.6	1.6
R_0	7	7
I_a	1	1
I_p	0.9	0.85
Ct	60	60
R	6.3	5.95

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

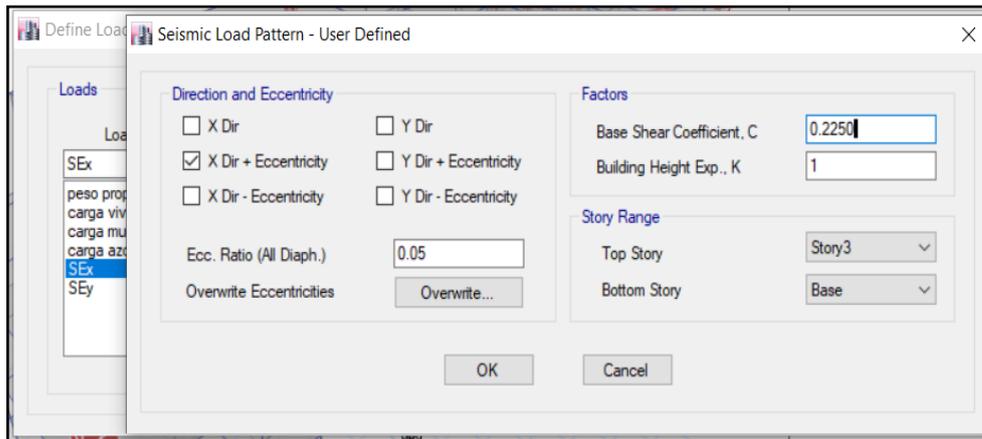
B. Definición de sismo estático

En la Figura 72, se muestra la definición de los patrones de carga para sismo estático en la dirección X y Y, se muestra también el factor estático de la cortante basal,

este será igual, tanto para las direcciones “X” e “Y”. Este coeficiente anteriormente determinado, será reasignado, una vez verificado el sistema estructural y determinado el factor “R”.

Figura 72

Asignación de Coeficiente de Cortante- sector A



Nota. Software ETABS.

C. Cortante estático

La norma peruana sismorresistente E.030 establece la siguiente relación para el cálculo de la fuerza cortante basal estático:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Tabla 36

Peso de la Edificación - sector A

Nivel	Masa (ton) 100% CM +50% CV	Área (m ²)	P/A (tonf/m ²)	Peso (tonf) 100% CM +50% CV
Nivel 2	36.99	464.50	0.78	362.83
Nivel 1	57.45	464.50	1.21	563.63
Total	94.44	929.00	Prom. =1.00	926.47

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

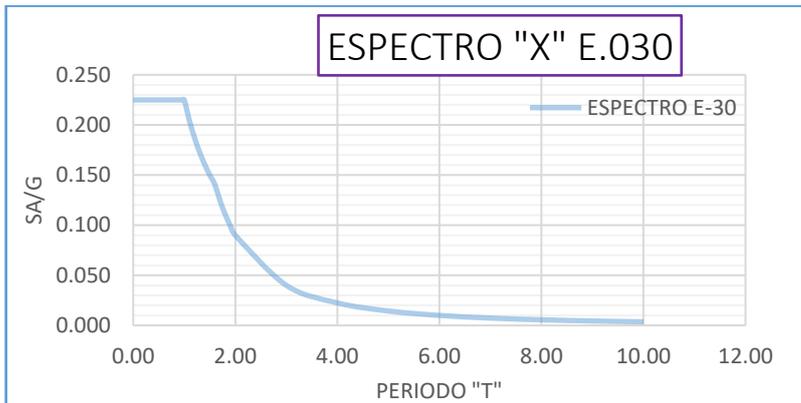
En la Tabla 36, se tiene: $V_X=231.54$ Ton y $V_Y=245.15$ Ton. Esta fuerza cortante estático servirá para poder hallar el factor de escala para amplificar el espectro de diseño.

D. Cortante dinámico

Luego se pasa a determinar el espectro, con los parámetros sísmicos ya determinados, considerando la norma E.030. (ver ítem 2.6.1.4), para los datos ver anexos:

Figura 73

Espectro E-030 - sector A



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 73, se presenta el espectro de respuesta, como resultado del análisis dinámico espectral. Se obtiene la siguiente fuerza cortante basal dinámica:

$$V_{x\text{din}}= 197.26\text{Ton} \quad \text{y} \quad V_{y\text{din}}= 210.18\text{Ton}$$

Mediante la relación de fuerza cortante estática y dinámica, se halla el factor de escala.

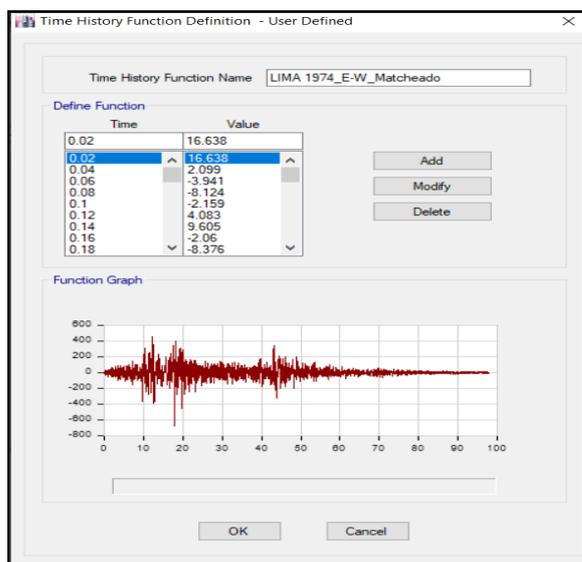
$$\text{Factor de escala (X y Y)} = 1.17 \text{ (F.C.D. } \leq 90\% \text{ F.C.E)}$$

3.6.1.2 Análisis Dinámico Tiempo – Historia Lineal

Las señales sísmicas previamente ya tratados y escalados se importan al software Etabs, como una función tiempo -historia como se puede visualizar en la Figura 74.

Figura 74

Definición de Acelerogramas (sector A)

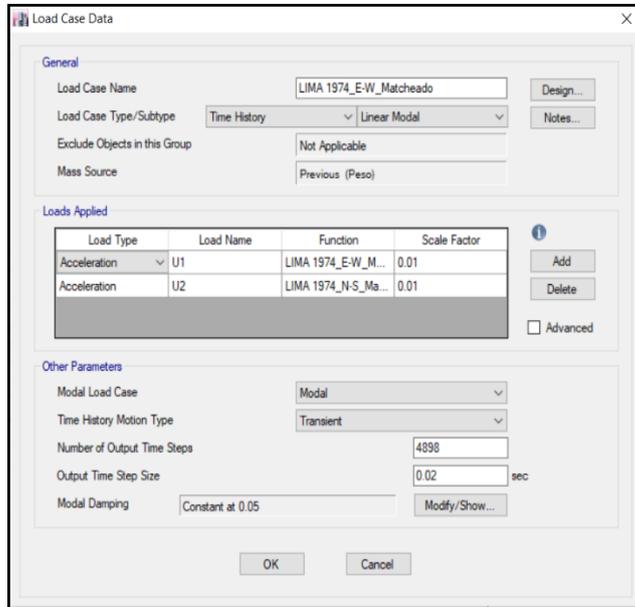


Nota. software ETABS.

Seguidamente en la Figura 75, se crean los casos de carga T-H lineal, para lo cual se sigue las indicaciones de la Tabla 31, para combinar los sismos en sus 2 componentes:

Figura 75

Asignación de Caso de carga de Acelerograma (sector A)



Nota. software ETABS.

3.6.2 Sector B

El sector B cuenta con un sistema Estructural Concreto Armado – Dual (Tabla 38). Las secciones de los elementos estructurales se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37

Elementos Estructurales -sector B

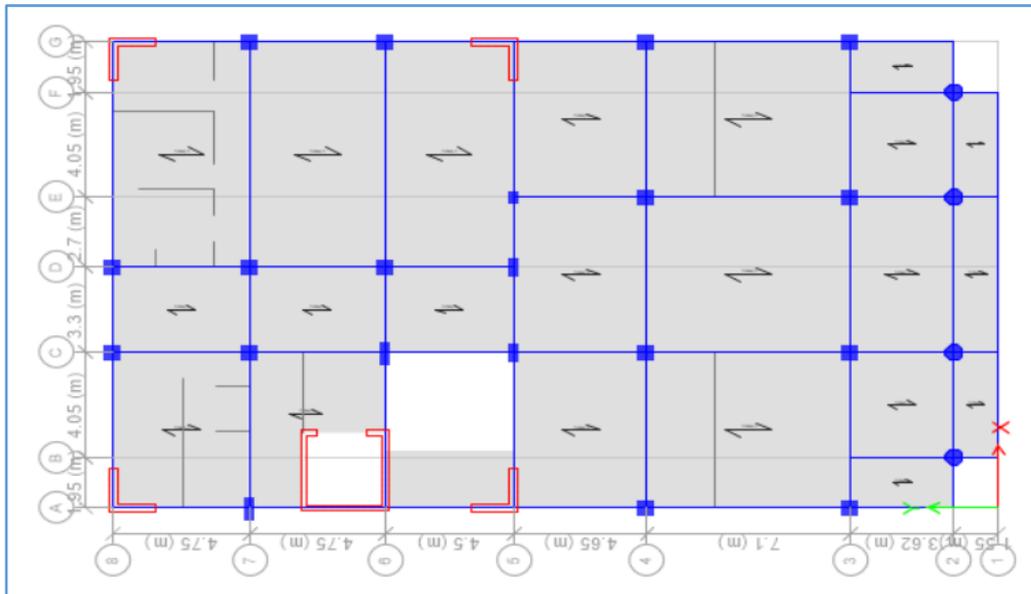
Elementos Estructurales	Secciones
Losa aligerado 1D:	Espesor 25 cm
Losa Escalera:	Espesor 20 cm
Viga:	V-01 35x85 cm
	V-02 35x70 cm
	V-02 30x70 cm
Columna:	C-01 D=60 cm
	C-02 60x60 cm
	C-03 35x70 cm
	C-04 35x50 cm
	C-05 35x90 cm
Muro cortante:	Espesor= 30 cm
Caja de ascensor:	Espesor= 25 cm
	Espesor= 20 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 76 se aprecia el modelo en el software Etabs, el sector B en planta:

Figura 76

Planta - sector B



Nota. Software ETABS.

3.6.2.1 Análisis Estático y Dinámico

El análisis Estático e Dinámico, se definirá del mismo modo que para el sector A.

A. Parámetros Sísmicos

Tabla 38

Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector B

Zona:	3
Categoría:	AI
Suelo:	SIII
Sistema Estructural:	C°A°-Dual
Irregularidad En Altura:	No es irregular
Irregularidad En Planta:	Es irregular

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

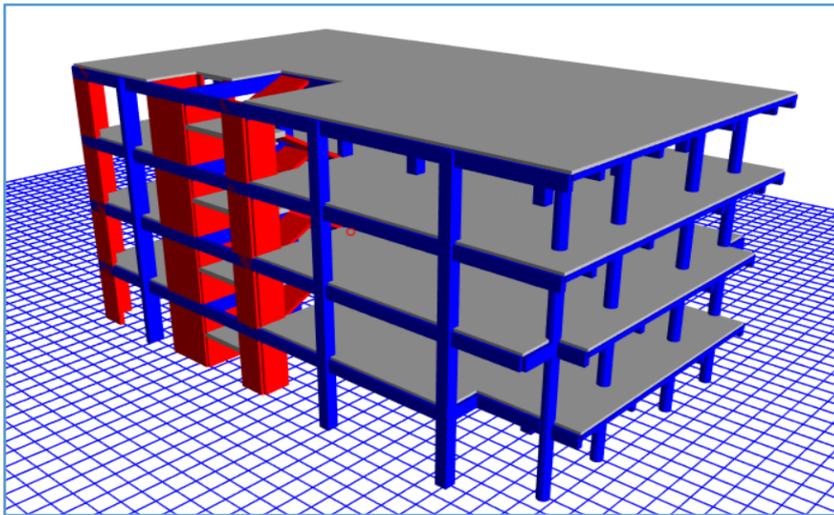
Los factores de la Tabla 38 se determinan del mismo modo que para el sector “A”. la Tabla 19 y la Tabla 2 para determinar “Z”. La Tabla 6 se determina el factor “U”, las Tablas 4 el factor suelo “S” y Tabla 5, a los periodos (T_p y T_L). El análisis de irregularidades se muestra en anexos. El factor R_0 se determina de acuerdo a la Tabla 7, y se sabe que las columnas toman valor de 35.36%, 30.16% de la fuerza cortante total y las placas de 64.64%, 69.84% en X-X y Y-Y respectivamente. Dado que se cumple la condición:

$$20\% V < \% VM < 70\% V$$

Según la Tabla 7, la estructura clasifica como Sistema Estructural: Dual. En la Fig. 77, se muestra el modelo del sector B en 3D, para el análisis estático y dinámico.

Figura 77

Dibujo de modelo - sector B



Nota. Software ETABS.

Es así que con la Tabla 8, determinamos el coeficiente de reducción básico. Frente a la acción sísmica “ R_0 ”, las irregularidades se determinaron en base a las Tablas 9 y Tabla 10 con un resultado de regular y el factor de amplificación sísmica se determina de acuerdo a lo especificado al ítem 2.6.1.1(d). Es así que se tiene factores, en la Tabla 39.

Tabla 39

Parámetros E-030- Sector B

DATOS OBTENIDOS		
Dirección	X-X	Y-Y
Z:	0.35	0.35
U	1.5	1.5
S	1.2	1.2
T_p	1	1
T_L	1.6	1.6
R_0	7	7
I_a	1	1
I_p	0.75	1
Ct	60	60
R	5.25	7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

B. Cortante estático

La norma peruana sismorresistente E.030 establece la siguiente relación para el cálculo de la fuerza cortante basal estático: $V=(ZUCS/R) *P$.

Tabla 40

Peso de la Edificación - Sector B

Nivel	Masa (ton) 100%CM +50%CV	Área (m ²)	P/A (tonf/m ²)	Peso (tonf) 100%CM +50%CV
Nivel 4	44.74	521.30	0.84	438.92
Nivel 3	73.66	521.30	1.39	722.62
Nivel 2	67.67	518.27	1.28	663.86
Nivel 1	62.19	440.07	1.39	610.07
Total	248.26	2,000.94	Prom. =1.22	2435.47

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

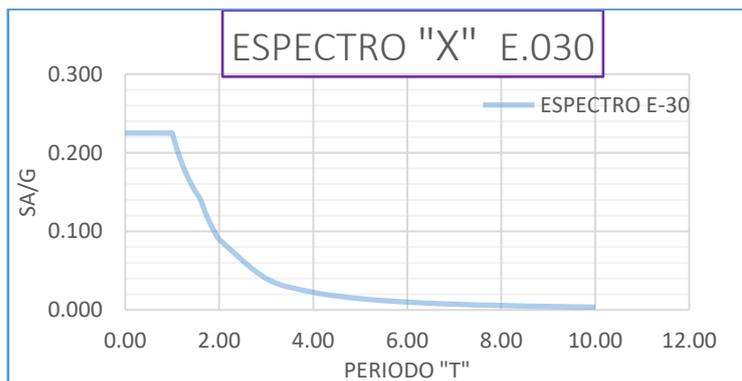
En la Tabla 40 se tiene: $V_x=730.39$ Ton; $V_y =547.79$ Ton. Esta fuerza cortante estático servirá para poder hallar el factor de escala, para amplificar el espectro de diseño.

C. Cortante dinámico

Luego se pasa a determinar el espectro, con los parámetros sísmicos ya determinados, considerando la norma E.030. (ver ítem 2.6.1.4), para los datos ver anexos:

Figura 78

Espectro E-030 - sector B



En la Figura 78 se presenta el espectro de respuesta como resultado del análisis dinámico espectral. Se obtiene la siguiente fuerza cortante basal dinámica.

$$V_{xdin}= 395.65 \text{ Ton} \quad \text{y} \quad V_{ydin}= 339.32 \text{ Ton}$$

Mediante la relación de fuerza cortante estática y dinámica, se halla el factor de escala.

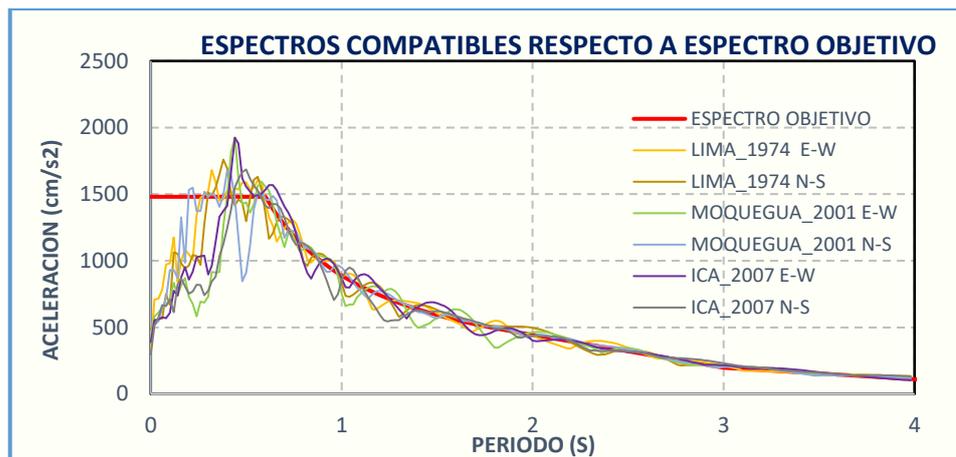
$$\text{Factor de escala} = 1.67 \text{ y } 1.46 \text{ (en la dirección X y Y respectivamente)}$$

3.6.2.2 Análisis Dinámico Tiempo – Historia Lineal

A continuación, se presenta la Figura 79; todos los Espectros compatibles de Pseudo aceleraciones respecto al espectro objetivo, para el sector B. Se observa los 6 sismos (los 3 registros sísmicos con sus 2 componentes ortogonales).

Figura 79

Escalado de Acelerogramas - sector B



Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector B. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.6.3 Sector C

El sector C, cuenta con un sistema Estructural; Concreto Armado – Aporticado (Tabla 42). Las secciones de los elementos estructurales se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41

Elementos Estructurales -Sector C

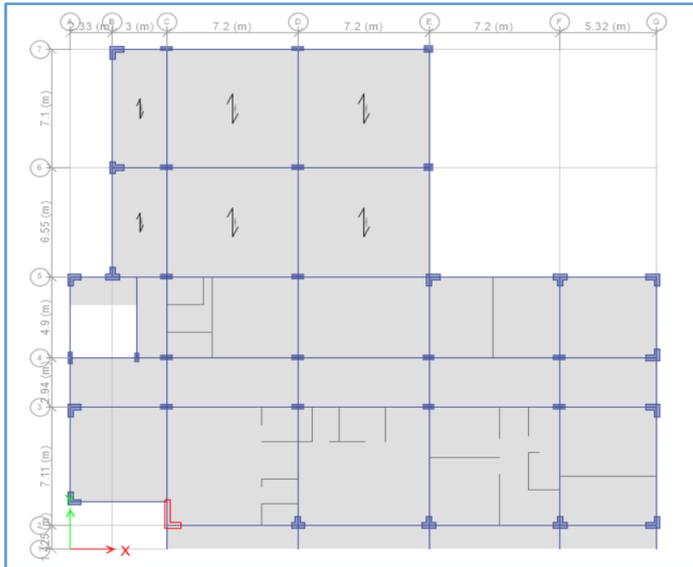
Elementos Estructurales	Secciones
Losa aligerado 1D:	Espesor 25 cm
Losa Maciza:	Espesor 20 cm
Losa Escalera:	Espesor 20 cm
Viga:	V-01 35x70 cm
	V-02 30x70 cm
Columna:	C-01 35x70 cm
	C-02 30x75 cm
	C-03 50x50 cm
	C-04 25x60 cm
	C-L1 30x75 cm
	C-L2 35x75 cm
	C-L4 30x60 cm
	C-T1 30x75 cm
C-T2 35x75 cm	
Muro cortante PL-01:	Espesor= 30 cm
Muro cortante PL-02:	Espesor= 35 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 80 se aprecia el modelo en el software Etabs, el sector C en planta:

Figura 80

Planta - sector C



Nota. Software ETABS.

3.6.3.1 Análisis Estático y Dinámico

El análisis Estático y Dinámico se definirá del mismo modo que para el sector A.

A. Parámetros Sísmicos

Tabla 42

Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector C

Zona:	3
Categoría:	AI
Suelo:	SIII
Sistema Estructural:	C°A°-Porticos
Irregularidad En Altura:	No es irregular
Irregularidad En Planta:	Esquina entrante

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Los factores de la Tabla 42 se determinan del mismo modo que para el sector “A”.

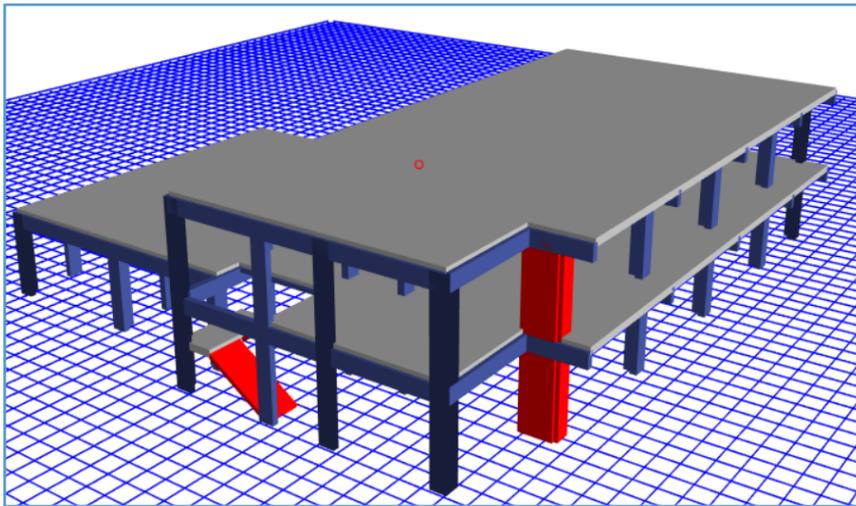
La Tabla 19 y la Tabla 2 para determinar “Z”; la Tabla 6 se determina el factor “U”, las Tablas 4 el factor suelo “S” y la Tabla 5 a los periodos (T_p y T_L). El análisis de irregularidades se muestra en anexos. El factor R_0 se determina de acuerdo a la Tabla 7, y se sabe que las columnas toman valor de 86.48%, 84.50% de la fuerza cortante total y las placas de 14.64%, 18.90% en X-X y Y-Y respectivamente. Dado que se cumple:

$$\%VP \geq 80\%V$$

Según la Tabla 7, la estructura clasifica como Sistema Estructural: Dual. En la Figura 81 se muestra el modelo del sector C en 3D para el análisis estático y dinámico.

Figura 81

Dibujo de modelo - sector C



Nota. Software ETABS.

Es así que con la Tabla 8, determinamos el coeficiente de reducción básico. Frente a la acción sísmica “ R_0 ”, las irregularidades se determinaron en base a las Tablas 9 y Tabla 10 con un resultado de regular y el factor de amplificación sísmica se determina de acuerdo a lo especificado al ítem 2.6.1.1(d). Es así que se tiene factores, en la Tabla 43.

Tabla 43

Parámetros E-030- Sector C

DATOS OBTENIDOS		
Dirección	X-X	Y-Y
Z:	0.35	0.35
U	1.5	1.5
S	1.2	1.2
T_p	1	1
T_L	1.6	1.6
R_0	8	8
I_a	1	0.9
I_p	0.9	0.9
Ct	60	60
R	7.2	6.48

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

B. Cortante estático

La norma peruana sismorresistente E.030 establece la siguiente relación para el cálculo de la fuerza cortante basal estático: $V=(ZUCS/R) *P$.

Tabla 44

Peso de la Edificación - Sector C

Nivel	Masa (ton) 100%CM +50%CV	Área (m ²)	P/A (tonf/m ²)	Peso (tonf) 100%CM +50%CV
Nivel 2	49.94	491.40	1.01	489.90
Nivel 1	96.07	715.35	1.32	942.49
Total	146.01	1206.75	Prom. =1.16	1432.39

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

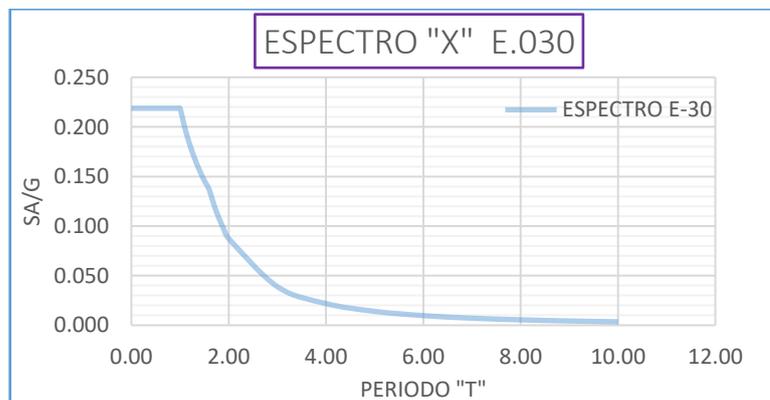
En la Tabla 44, se tiene: $V_X=313.30$ Ton y $V_Y =348.10$ Ton. Esta fuerza cortante estático servirá para poder hallar el factor de escala, para amplificar el espectro de diseño

C. Cortante dinámico

Luego se pasa a determinar el espectro con los parámetros sísmicos ya determinados, considerando la norma E.030. (ver ítem 2.6.1.4); para los datos ver anexos.

Figura 82

Espectro E-030 - sector C



En la Figura 82 se presenta el espectro de respuesta como resultado del análisis dinámico espectral. Se obtiene la siguiente fuerza cortante basal dinámica:

$$V_{x\text{din}}= 232.61 \text{ Ton} \quad \text{y} \quad V_{y\text{din}}= 156.70 \text{ Ton}$$

Mediante la relación de fuerza cortante estática y dinámica, se halla el factor de escala:

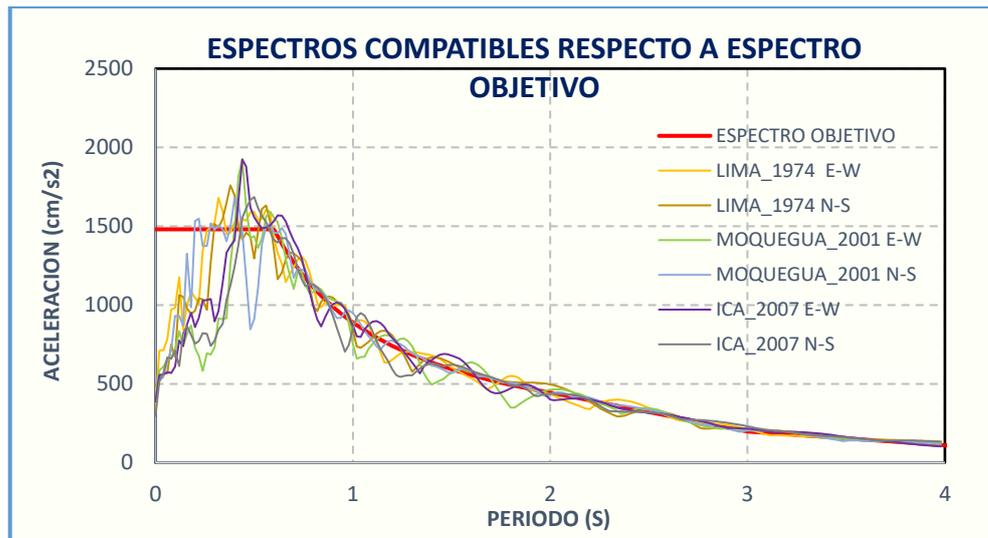
estructura es irregular (F.C.D. $\geq 90\%$ F.C.E), F.E. = 1.22 en “X” y 1.57 en “Y”.

3.6.3.2 Análisis Dinámico Tiempo – Historia Lineal

A continuación, se presenta la Figura 83 con todos los Espectros compatibles de Pseudo aceleraciones respecto al espectro objetivo, para el sector C. Se observa los 6 sismos (los 3 registros sísmicos con sus 2 componentes ortogonales).

Figura 83

Escalado de Acelerogramas - sector C



Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector C. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.6.4 Sector D

El sector D cuenta con un sistema Estructural; Concreto Armado – Muro Estructural (Tabla 46). Las secciones de los elementos estructurales se muestran en la Tabla 45.

Tabla 45

Elementos Estructurales -sector D

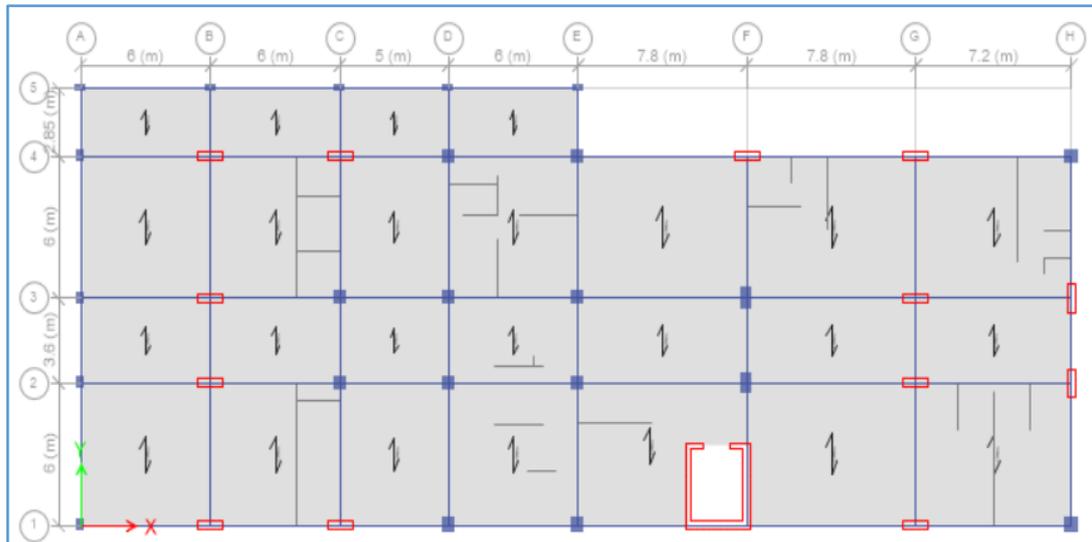
Elementos Estructurales	Secciones
Losa aligerado 1D:	Espesor 25 cm
Losa Escalera:	Espesor 20 cm
Viga:	V-01 35x70 cm
	V-02 30x50 cm
	V-03 35x60 cm
Columna:	C-01 60x60 cm
	C-02 50x90 cm
	C-03 30x50 cm
	C-04 35x50 cm
Muro cortante:	Espesor= 35 cm
Caja de ascensor:	Espesor= 20 cm
	Espesor= 35 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 84 se aprecia el modelo en el software Etabs, el sector B en planta.

Figura 84

Planta - sector D



Nota. Software ETABS.

3.6.4.1 Análisis Estático y Dinámico

El análisis Estático e Dinámico, se definirá del mismo modo que para el sector A.

A. Parámetros Sísmicos

Tabla 46

Factores de Análisis Estático y Dinámico- sector D

Zona:	3
Categoría:	AI
Suelo:	SIII
Sistema Estructural:	C°A°-Dual
Irregularidad En Altura:	No es irregular
Irregularidad En Planta:	esquina entrante

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

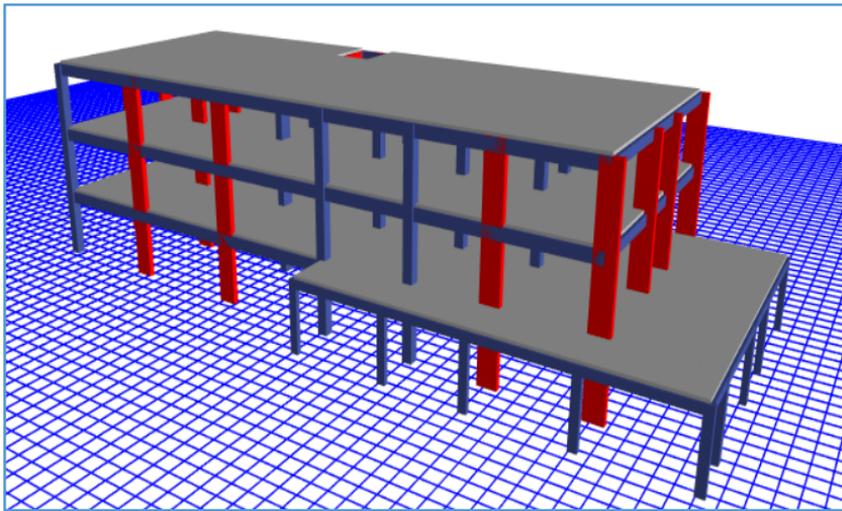
Los factores de la Tabla 46 se determinan del mismo modo que para el sector “A”. la Tabla 19 y la Tabla 2 para determinar “Z”, la Tabla 6 se determina el factor “U”, las Tablas 4 el factor suelo “S” y Tabla 5, a los periodos (T_p y T_L). El análisis de irregularidades se muestra en anexos. El factor R_0 se determina de acuerdo a la Tabla 7, y se sabe que las columnas toman el valor de 25.15%, 22.36% de la fuerza cortante total y las placas de 74.85%, 77.64% en X-X y Y-Y respectivamente. Dado que se cumple la condición:

$$20\% V < \% VM < 70\% V$$

Según la Tabla 7, la estructura clasifica como Sistema Estructural: Dual. En la Figura 85 se muestra el modelo del sector D en 3D.

Figura 85

Dibujo de modelo - sector D



Nota. Software ETABS.

Es así que con la Tabla 8 se determinó el coeficiente de reducción básico. Frente a la acción sísmica “ R_0 ”, las irregularidades se determinaron en base a las Tablas 9 y Tabla 10 con un resultado de regular y el factor de amplificación sísmica se determina de acuerdo a lo especificado al ítem 2.6.1.1(d). Es así que se tiene factores, en la Tabla 47.

Tabla 47

Parámetros E-030- Sector D

DATOS OBTENIDOS		
Dirección	X-X	Y-Y
Z:	0.35	0.35
U	1.5	1.5
S	1.2	1.2
T_p	1	1
T_L	1.6	1.6
R_0	7	7
I_a	1	1
I_p	0.9	1
Ct	60	60
R	5.4	6

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

B. Cortante estático

La norma peruana sismorresistente E.030 establece la siguiente relación para el cálculo de la fuerza cortante basal estático: $V=(ZUCS/R) *P$.

Tabla 48

Peso de la Edificación - Sector D

Nivel	Masa (ton) 100%CM +50%CV	Área (m ²)	P/A (tonf/m ²)	Peso (tonf) 100%CM +50%CV
Nivel 3	49.02	611.84	0.79	480.85
Nivel 2	83.24	611.84	1.33	816.57
Nivel 1	96.52	770.98	1.23	946.88
Total	228.78	1,994.66	Prom. =1.12	2244.30

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

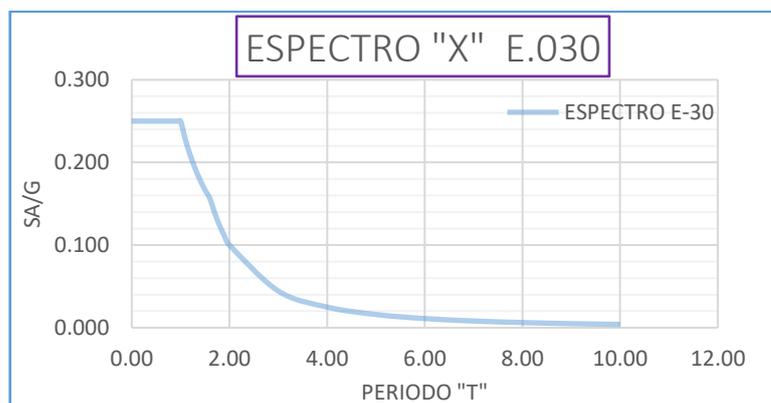
En la Tabla 48 se tiene: $V_X=560.88.44$ Ton; $V_Y=504.80$ Ton. Esta fuerza cortante estático servirá para poder hallar el factor de escala, para amplificar el espectro de diseño.

C. Cortante dinámico

Luego se pasa a determinar el espectro, con los parámetros sísmicos ya determinados, considerando la norma E.030. (ver ítem 2.6.1.4) para los datos ver anexos.

Figura 86

Espectro E-030 - Sector D



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 86 se presenta el espectro de respuesta como resultado del análisis dinámico espectral. Se obtiene la siguiente fuerza cortante basal dinámica:

$$V_{Xdin}= 336.13 \text{ Ton} \quad \text{y} \quad V_{Ydin}= 285.78 \text{ Ton}$$

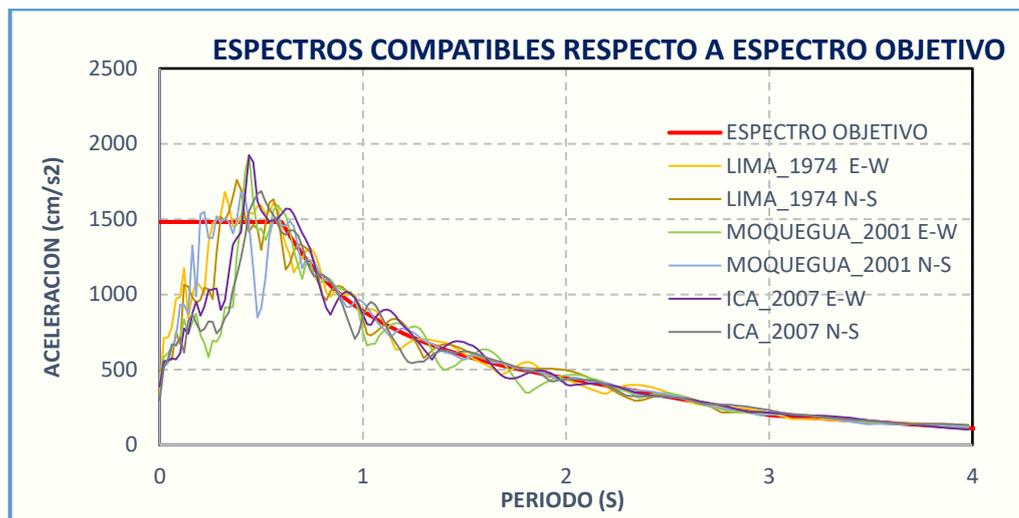
Mediante la relación de fuerza cortante estática y dinámica, se halla el factor de escala estructura es irregular (F.C.D. $\geq 90\%$ F.C.E), F.E. = 1.51 en “X” y 1.60 en “Y”.

3.6.4.2 Análisis Dinámico Tiempo – Historia Lineal

A continuación, se presenta la Figura 87, ilustrando todos los Espectros compatibles de Pseudo aceleraciones respecto al espectro objetivo para el sector D.

Figura 87

Escalado de Acelerogramas - Sector D



Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector D. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.6.5 Sector E

El sector E, cuenta con un sistema Estructural; Concreto Armado – Dual (Tabla 50). Las secciones de los elementos estructurales se muestran en la Tabla 49.

Tabla 49

Elementos Estructurales -sector E

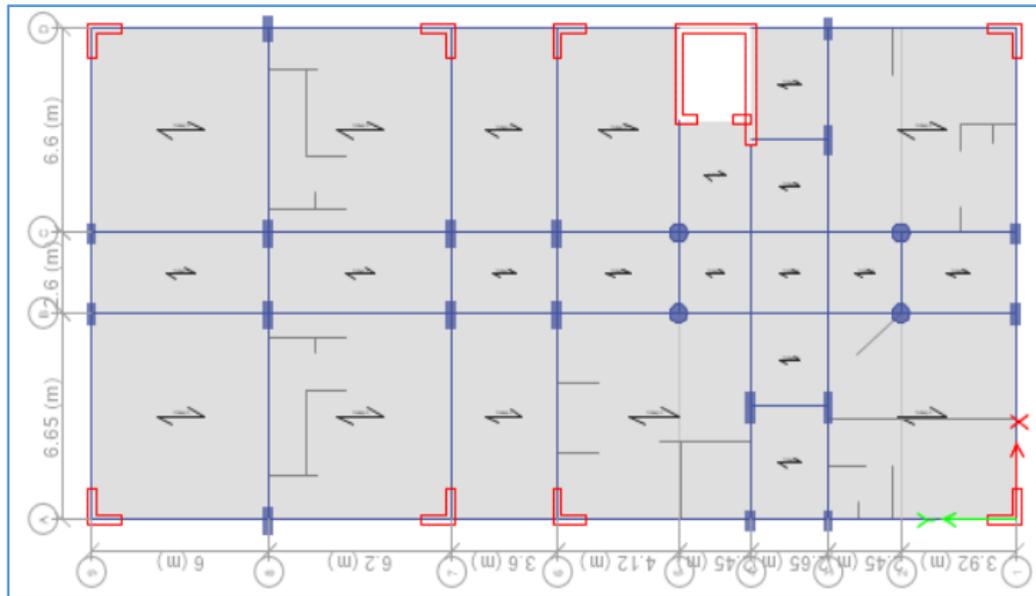
Elementos Estructurales	Secciones
Losa aligerado 1D:	Espesor 25 cm
Losa Escalera:	Espesor 20 cm
Viga:	V-01 35x85 cm
	V-02 30x60 cm
	V-03 35x65 cm
	V-04 30x40 cm
Columna:	C-01 35x70 cm
	C-02 D=60 cm
	C-03 35x100 cm
	C-04 35x90 cm
Muro cortante:	Espesor= 30 cm
Caja de ascensor:	Espesor= 25 cm
	Espesor= 30 cm
	Espesor= 35 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 88, se aprecia el modelo en el software Etabs, el sector E en planta.

Figura 88

Planta - sector E



Nota. Software ETABS.

3.6.5.1 Análisis Estático y Dinámico

El análisis Estático e Dinámico, se definirá del mismo modo que para el sector A.

A. Parámetros Sísmicos

Tabla 50

Factores de Análisis Estático y Dinámico- Sector E

Zona:	3
Categoría:	AI
Suelo:	SIII
Sistema Estructural:	C°A°-Dual
Irregularidad En Altura:	No es irregular
Irregularidad En Planta:	Es irregular

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

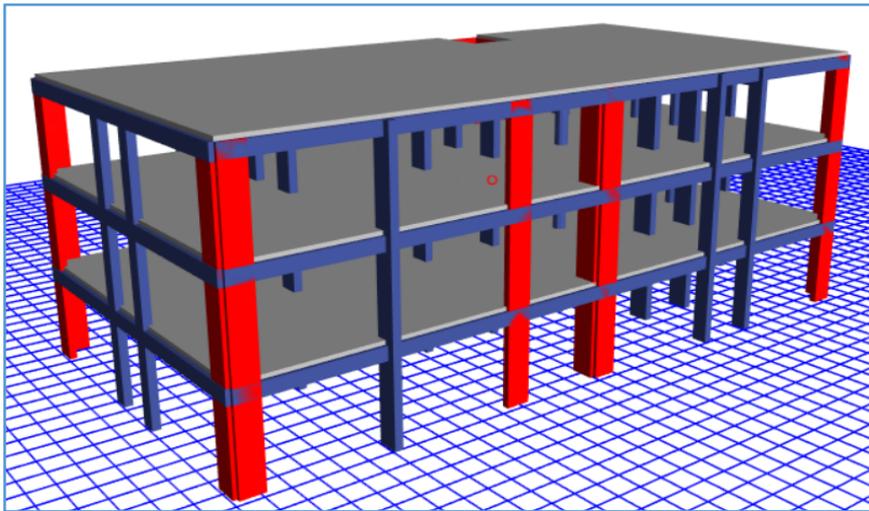
Los factores de la Tabla 50, se determinan del mismo modo que para el sector “A”. la Tabla 19 y la Tabla 2 para determinar “Z”, la Tabla 6 se determina el factor “U”, las Tablas 4 el factor suelo “S” y Tabla 5, a los periodos (T_p y T_L). El análisis de irregularidades se muestra en anexos. El factor R_0 se determina de acuerdo a la Tabla 7, y se sabe que las columnas toman el valor de 30.12%, 32.08% de la fuerza cortante total y las placas de 69.88%, 67.92% en X-X y Y-Y respectivamente. Dado que se cumple la condición:

$$20\% V < \% VM < 70\% V$$

Según la Tabla 7, la estructura clasifica como Sistema Estructural Dual. En la Figura 89 se muestra el modelo del sector E en 3D para el análisis estático y dinámico.

Figura 89

Dibujo de modelo - sector E



Nota. Software ETABS.

Es así que con la Tabla 8 se determina, el coeficiente de reducción básico, frente a la acción sísmica “ R_0 ”, las irregularidades se determinaron en base a las Tablas 9 y Tabla 10 con un resultado de regular y el factor de amplificación sísmica se determina de acuerdo a lo especificado al ítem 2.6.1.1(d). Es así que se tiene factores, en la Tabla 51.

Tabla 51

Parámetros E-030- Sector E

DATOS OBTENIDOS		
Dirección	X-X	Y-Y
Z:	0.35	0.35
U	1.5	1.5
S	1.2	1.2
T_p	1	1
T_L	1.6	1.6
R_0	7	7
I_a	1	1
I_p	0.75	1
Ct	60	60
R	5.25	7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

B. Cortante estático

La norma peruana sismorresistente E.030 establece la siguiente relación para el cálculo de la fuerza cortante basal estático: $V=(ZUCS/R) *P$.

Tabla 52

Peso de la Edificación - Sector E

Nivel	Masa (ton) 100%CM +50%CV	Área (m ²)	P/A (tonf/m ²)	Peso (tonf) 100%CM +50%CV
Nivel 3	39.45	488.85	0.79	386.96
Nivel 2	68.61	488.85	1.38	673.02
Nivel 1	68.22	488.85	1.37	669.20
Total	176.27	1466.55	Prom. =1.18	1729.18

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

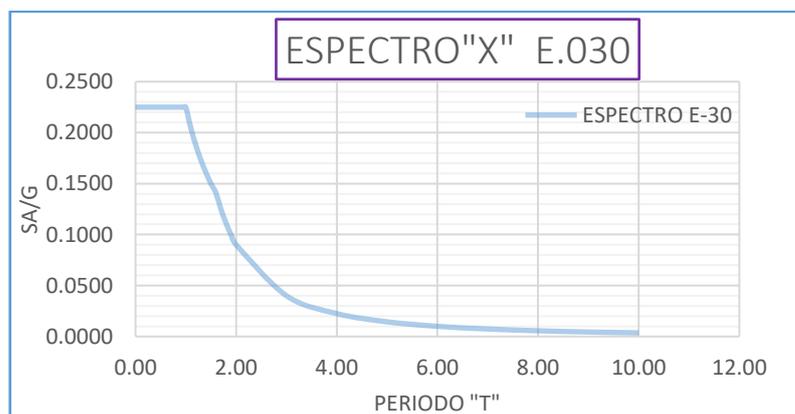
En la Tabla 52 se tiene: $V_x=518.58$ Ton; $V_y =388.93$ Ton. Esta fuerza cortante estático servirá para poder hallar el factor de escala y para amplificar el espectro de diseño.

C. Cortante dinámico

Luego se pasa a determinar el espectro con los parámetros sísmicos.

Figura 90

Espectro E-030 - sector E



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 90 se presenta el espectro de respuesta como resultado del análisis dinámico espectral. Se obtiene la siguiente fuerza cortante basal dinámica:

$$V_{x,din}= 308.90 \text{ Ton} \quad \text{y} \quad V_{y,din}= 247.20 \text{ Ton}$$

Mediante la relación de fuerza cortante estática y dinámica, se halla el factor de escala

Factor de escala = 1.52 y 1.43 (en la dirección X y Y respectivamente).

3.6.5.2 Análisis Dinámico Tiempo – Historia Lineal

A continuación, se presenta la Fig. 91; todos los Espectros compatibles de Pseudo aceleraciones respecto al espectro objetivo.

Figura 91

Escalado de Acelerogramas - sector E



Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector E. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.6.6 Sector E-F

El sector E-F cuenta con un sistema Estructural Concreto Armado – Dual (Tabla 54). Las secciones de los elementos estructurales se muestran en la Tabla 53.

Tabla 53

Elementos Estructurales -Sector E-F

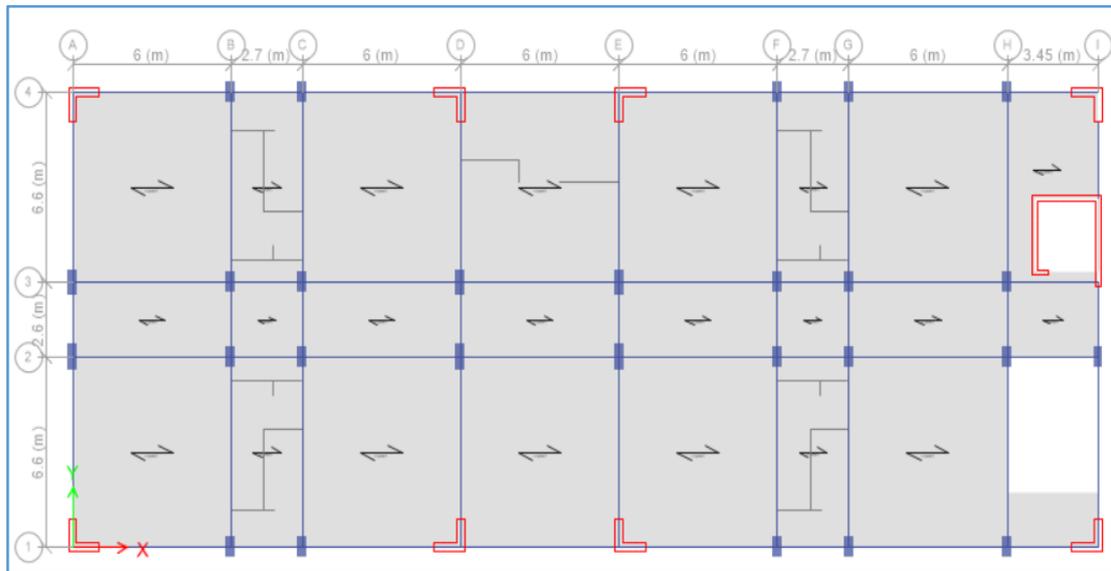
Elementos Estructurales	Secciones
Losa aligerado 1D:	Espesor 25 cm
Losa Escalera:	Espesor 20 cm
Viga:	V-01 35x70 cm V-02 30x60 cm
Columna:	C-01 35x90 cm C-02 35x70 cm
Muro cortante:	Espesor= 30 cm
Caja de ascensor:	Espesor= 20 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 92 se aprecia el modelo en el software Etabs, el sector E-F en planta.

Figura 92

Planta - sector E-F



Nota. Software ETABS.

3.6.6.1 Análisis Estático y Dinámico

El análisis Estático y Dinámico se definirá del mismo modo que para el sector A:

A. Parámetros Sísmicos

Tabla 54

Factores de Análisis Estático y Dinámico- Sector E-F

Zona:	3
Categoría:	AI
Suelo:	SIII
Sistema Estructural:	C°A°-Dual
Irregularidad En Altura:	No es irregular
Irregularidad En Planta:	Irregularidad Tocional

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

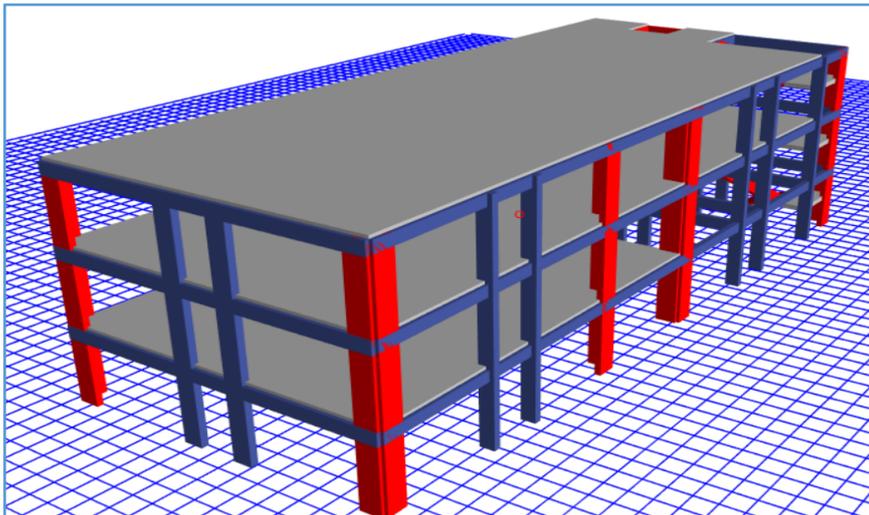
Los factores de la Tabla 54 se determinan del mismo modo que para el sector “A”. La Tabla 19 y la Tabla 2 para determinar “Z”, en la Tabla 6 se determina el factor “U”, en la Tabla 4 el factor suelo “S” y Tabla 5 a los periodos (T_p y T_L). El análisis de irregularidades se muestra en anexos. El factor R_0 se determina de acuerdo a la Tabla 7, y se sabe que las columnas toman el valor de 33.23%, 41.43% de la fuerza cortante total y las placas de 66.77%, 58.57% en X-X y Y-Y respectivamente. Dado que se cumple:

$$20\% V < \% VM < 70\% V$$

Según la Tabla 7, la estructura clasifica como Sistema Estructural: Dual. En la Figura 93 se muestra el modelo del sector E.F en 3D para el análisis estático y dinámico.

Figura 93

Dibujo de modelo - sector E-F



Nota. Software ETABS.

Es así que con la Tabla 8 se determina el coeficiente de reducción básico. Frente a la acción sísmica “ R_0 ”, las irregularidades se determinaron en base a las Tablas 9 y Tabla 10 con un resultado de regular y el factor de amplificación sísmica se determina de acuerdo a lo especificado al ítem 2.6.1.1(d). Es así que se tiene factores, en la Tabla 55.

Tabla 55

Parámetros E-030- Sector E-F

DATOS OBTENIDOS		
Dirección	X-X	Y-Y
Z:	0.35	0.35
U	1.5	1.5
S	1.2	1.2
T_p	1	1
T_L	1.6	1.6
R_0	7	7
I_a	1	1
I_p	1	0.75
Ct	60	60
R	7	5.25

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

B. Cortante estático

La norma peruana sismorresistente E.030 establece la siguiente relación para el cálculo de la fuerza cortante basal estático: $V=(ZUCS/R) *P$.

Tabla 56

Peso de la Edificación - Sector E-F

Nivel	Masa (ton) 100%CM +50%CV	Área (m ²)	P/A (tonf/m ²)	Peso (tonf) 100%CM +50%CV
Nivel 3	47.73	507.12	0.92	468.26
Nivel 2	78.26	507.12	1.51	767.70
Nivel 1	72.97	410.10	1.75	715.88
Total	198.96	1,424.34	Prom. =1.39	1951.83

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

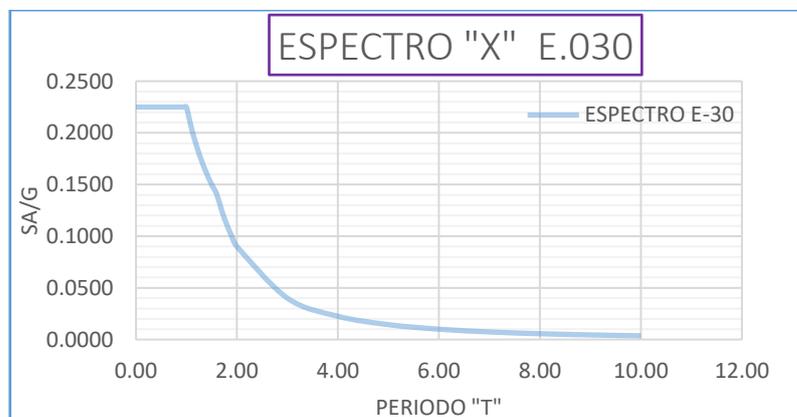
En la Tabla 56 se tiene: $V_X=439.01$ Ton; $V_Y =585.35$ Ton. Esta fuerza cortante estático servirá para poder hallar el factor de escala, para amplificar el espectro de diseño

C. Cortante dinámico

Luego se pasa a determinar el espectro con los parámetros sísmicos.

Figura 94

Espectro E-030 - sector E-F



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 94 se presenta el espectro de respuesta como resultado del análisis dinámico espectral. Se obtiene la siguiente fuerza cortante basal dinámica:

$$V_{Xdin}= 359.29 \text{ Ton} \quad \text{y} \quad V_{Ydin}= 386.64 \text{ Ton}$$

Mediante la relación de fuerza cortante estática y dinámica se halla el factor de escala

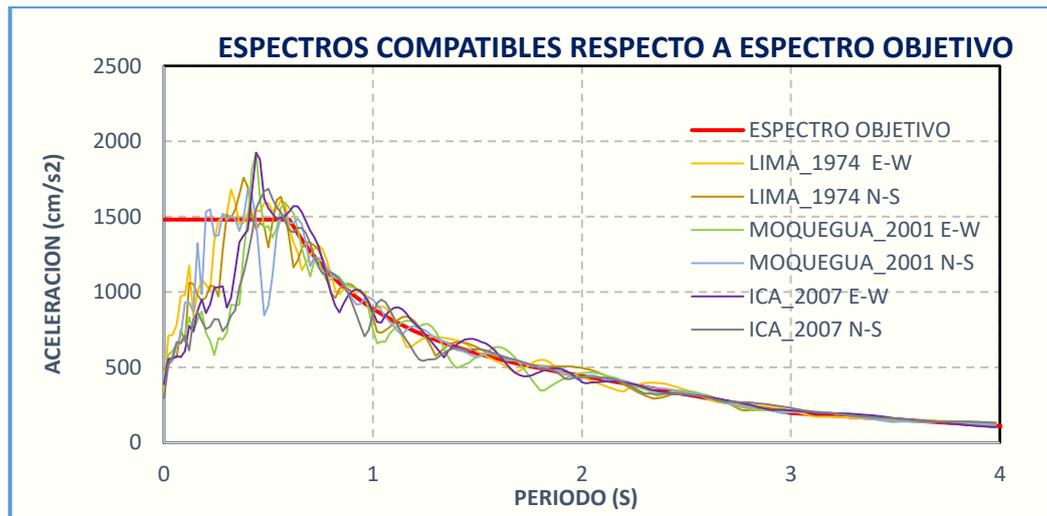
$$\text{Factor de escala} = 1.22 \text{ y } 1.22 \text{ en X y Y respectivamente.}$$

3.6.6.2 Análisis Dinámico Tiempo – Historia Lineal

A continuación, se presenta la Figura 95; con los Espectros compatibles de Pseudo aceleraciones respecto al espectro objetivo para el sector E-F. Se observa los 6 sismos (los 3 registros sísmicos con sus 2 componentes ortogonales).

Figura 95

Escalado de Acelerogramas - sector E-F



Nota. Reproducida de software SeismoMatch-sector E-F. Elaborado por el equipo de trabajo.

3.7 MODELO DE ESTRUCTURA CON DFV

En este subcapítulo, se establece los objetivos de desempeño que se desea lograr en la presente investigación; por lo tanto, se definen los objetivos del diseño.

3.7.1 Generalidades

En este apartado elegimos el nivel desempeño, el nivel de amenaza sísmica y el nivel de daño esperado que vienen a ser los objetivos de desempeño.

3.7.1.1 Elección del Objetivo de Desempeño

Según la importancia de la edificación, establecido por el SEAOC de la propuesta del Comité VISION 2000, y también la norma Peruana E.030; nuestra estructura califica como una **edificación Esencial**.

Así mismo, elegimos como sismo de diseño, los sismos raros con 475 años de período de retorno (Tabla 13), el cual representa un nivel de desempeño de operacional según la matriz de desempeño o, dicho de otra manera, se acepta un estado de daño leve en los elementos estructurales y un daño moderado en los elementos no estructurales (Tabla 14). Los objetivos se relacionan entre sí mediante la denominada matriz de desempeño como se puede visualizar en la Figura 96.

Figura 96

Matriz de Desempeño – SEAOC (1999)

		Nivel de Desempeño de la Edificación			
		Totalmente Operacional	Operacional	Resguardo de la vida	Cerca al colapso
Nivel de demanda sísmica	Sismos frecuentes (43 años)	Edificaciones Comunes	Edificaciones Comunes	Edificaciones Comunes	Edificaciones Comunes
	Sismos ocasionales (72 años)	Edificaciones Esenciales	Edificaciones Comunes	Edificaciones Comunes	Edificaciones Comunes
	Sismos raros (475 años)	Edificaciones de Seguridad Crítica	Edificaciones Esenciales	Edificaciones Comunes	Edificaciones Comunes
	Sismos muy raros (970 años)	Edificaciones de Seguridad Crítica	Edificaciones de Seguridad Crítica	Edificaciones Esenciales	Edificaciones Comunes

■ Edificaciones de Seguridad Crítica
 ■ Edificaciones Esenciales
 ■ Edificaciones Comunes

Nota. Adaptado de SEAOC (1999)-Comité Vision 2000

Por lo tanto, se tiene los objetivos de desempeño para esta investigación (Tabla 57).

Tabla 57

Objetivos de Desempeño

Nivel de amenaza sísmica	475 años periodo de retorno
Nivel de desempeño	operacional
Nivel de daño esperado	Daño leve - moderado

Nota. Adaptado de SEAOC.

El nivel de amenaza sísmica es para los sismos raros (475 años de periodo de retorno); se elige porque nuestra norma E.030 contempla su espectro de respuesta para los sismos raros.

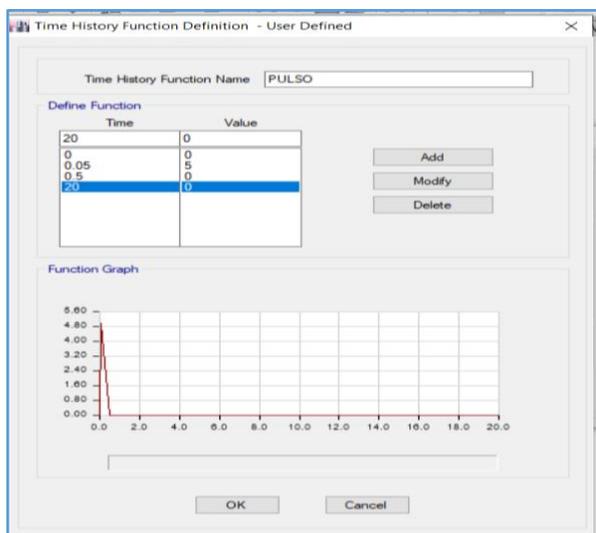
El nivel de desempeño operacional, se elige porque se propone que estas edificaciones tengan un funcionamiento inmediato después de los eventos sísmicos. Las instalaciones y servicios están operativos o podrían estar parcialmente interrumpidos, pero de fácil recuperación.

El nivel de daño leve – moderado se debe a que se espera daños leves en los elementos estructurales y daños moderados en los elementos no estructurales, y equipamiento médico.

3.7.1.2 Principales aspectos para el análisis TH no lineal - FNA

Figura 97

Función Pulso (sector A)



Nota. software ETABS.



En primer lugar, se define una función pulso para posteriormente verificar el amortiguamiento viscoso añadido a la estructura, como se muestra en la Figura 97.

Seguidamente se definen los casos modales, para el análisis FNA cambiamos los vectores eigen a vectores Ritz para que el proceso de cálculo sea más rápido (Figura 98).

Vectores Eigen y Ritz:

a. Vectores Eigen

Denominados también como vectores propios, según (CSI, 2016) los modos obtenidos de la forma Eigen-valor (auto valores) son más adecuados al momento de determinar la respuesta de la aceleración horizontal del terreno.

El análisis de Eigen-vector (modos de vibración) es útil para verificar el comportamiento y localizar problemas dentro del modelo. La participación de masa es una medida común para determinar si hay modos de vibración suficientes o no para llegar a superar el 90% mínimo requerido, aunque no proporciona información sobre la respuesta localizada.

b. Vectores Ritz

Según, (CSI, 2016) los vectores Ritz dependientes de la carga son los más apropiados para el análisis que involucra aceleración vertical del terreno, vibración localizada de la máquina y el método FNA no lineal. Los vectores Ritz también son eficientes y ampliamente utilizados para análisis dinámicos, que involucran movimiento horizontal del suelo. Su beneficio aquí es que, para el mismo número de modos, los vectores Ritz proporcionan un mejor factor de participación, que permite que el análisis se ejecute más rápido, con el mismo nivel de precisión. Los vectores Ritz convergen mucho más rápido y de manera más uniforme que Eigen vectores. Los vectores Ritz no están sujetos a preguntas de convergencia.

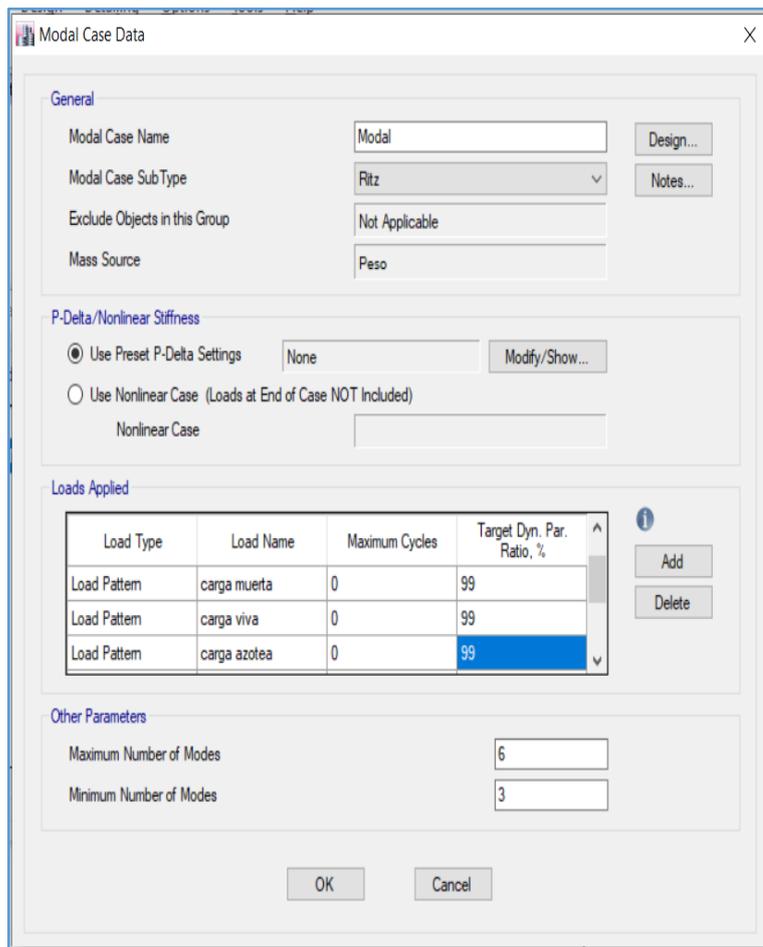
c. Diferencia entre Vectores Eigen y Ritz

Según, (CSI, 2016) el análisis de eigen-vector determina las formas y frecuencias del modo de vibración libre no amortiguadas. Estos modos naturales proporcionan una excelente visión del comportamiento de la estructura.

El análisis de vectores Ritz busca encontrar modos que estén excitados por una carga particular. Los vectores Ritz pueden proporcionar una mejor base que los vectores propios cuando se usan para análisis de espectro de respuesta o de historial de tiempo que se basan en la superposición modal.

Figura 98

Definición casos modales- vectores Ritz (sector A)

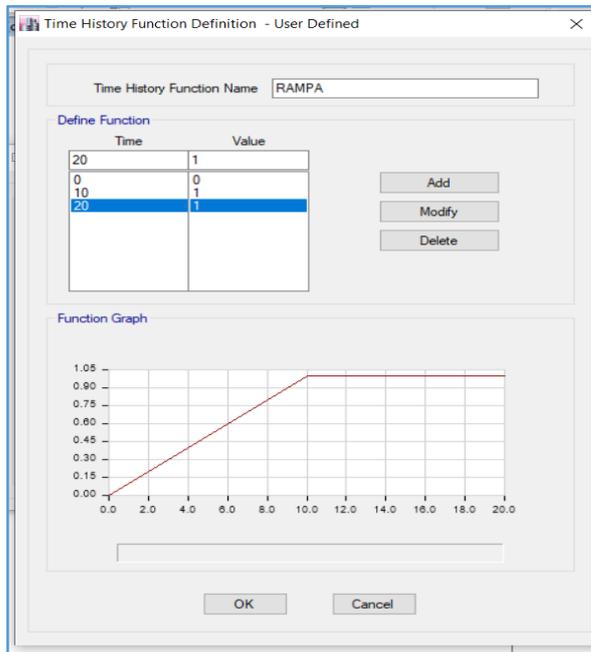


Nota. software ETABS.

También se define en la Figura 99 una función rampa, artificio que se hace para que la aceleración de la estructura ascienda hasta un punto y luego se mantenga constante.

Figura 99

Definimos de Función Rampa (sector A)

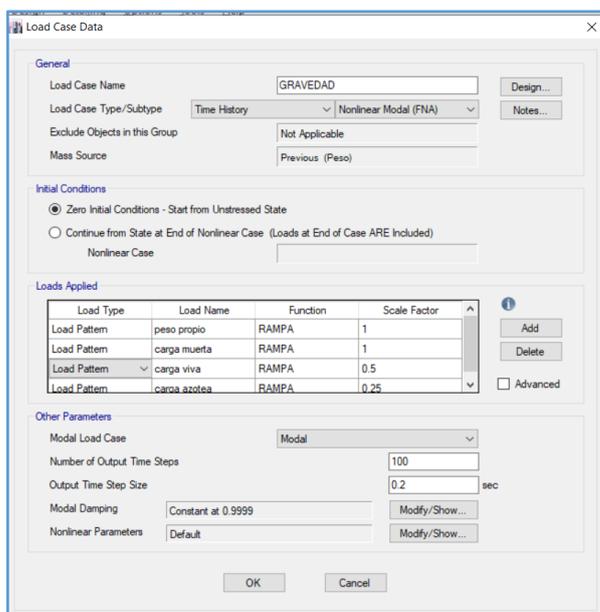


Nota. software ETABS.

También se define el caso de carga GRAVEDAD, para el análisis no lineal de las señales sísmicas, donde se considera el peso de la estructura (ver Figura 100).

Figura 100

Definición del Caso de Carga Gravedad - sector A



Nota. software ETABS.

Se genera el caso de carga PULSAR para calcular el amortiguamiento viscoso añadido, como se muestra en la Figura 101.

Figura 101

Caso de Carga Pulsar - Sector A

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	PULSO	1

Nota. software ETABS.

Finalmente se cambia los casos de carga de las señales sísmicas T-H lineal, que anteriormente ya se había realizado su análisis en el ítem 3.6., ahora se debe cambiar a un tipo de caso de carga T-H no lineal FNA. El análisis FNA, su concepto está definido en el ítem 2.8.1. que implica un análisis que incluye la no linealidad solo de los DFV.

Figura 102

Caso de Carga TH no Lineal FNA - sector A

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	LIMA 1974_E-W_M...	1
Acceleration	U2	LIMA 1974_N-S_Ma...	1

Nota. software ETABS.

3.7.1 Sector A

En la siguiente sección, se determinará los objetivos de diseño (deriva objetiva y amortiguamiento objetivo), así mismo determinaremos las propiedades del DFV no Lineal (α , C, y K):

3.7.1.1 Objetivos de diseño

A. Deriva Objetivo

Para la elección de la deriva objetivo; en primer lugar, se determina el código de designación para cada edificación según el sistema estructural y el número de pisos (la altura de la estructura). En base a lo propuesto por HAZUS (Tabla 58).

Tabla 58

Sistemas Estructurales HAZUS 99- sector A

Descripción	Altura				Designación
	Rango		Típicos		
	Nombre	#pisos	#pisos	Altura(m)	
Sistemas con muros de corte	Baja altura	1-3	3	9	C2L
	Mediana altura	4-7	7	21	C2M
	Gran altura	8 a mas	8	24	C2H

Nota. HAZUS (1999, 2003).

En segundo lugar, con el código ya clasificado se determina los rangos de deriva según sea el nivel de daño, que se requiere para logara el desempeño establecido. Para nuestro estudio un daño leve-moderado, como se aprecia en la Tabla 59:

Tabla 59

Distorsiones Máximas Permisibles HAZUS 99- sector A

Designación	Deriva de entrepiso para un límite de daño estructural en edificios de C°A°			
	Daño leve	Daño moderado	Daño severo	Daño completo
C1L	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Nota. HAZUS 99, 2003, P.213-216.

Si se desea alcanzar un estado de daño leve para sismos raros; desde el punto de vista estructural se debe conseguir que la deriva máxima de la edificación sea alrededor de 4‰, siguiendo las recomendaciones del HAZUS para un código sísmico moderado, es por ello se opta por:

Deriva objetivo: 4.60 ‰.

En el cual la deriva objetiva está en un margen de daño leve-moderado para lograr un desempeño operacional ocurrido (sismo).

B. Amortiguamiento Objetivo

Primero se determina el factor de reducción, para ello se tiene las derivas máximas inelásticas determinadas con el análisis T-H lineal: D_{max} de 3.96 ‰ y 5.78 ‰, en las direcciones X y Y respectivamente. En la Tabla 60 se pre dimensiona el amortiguamiento efectivo para 2 casos, para un daño moderado y un daño leve. Para este caso será un daño leve. Se plantea DFV y solo en el eje “Y”.

Tabla 60

Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje Y-Y - sector A

Nivel de Daño	Deriva Objetivo (‰)	Deriva máxima (‰)	Factor de Reducción (B)	Amortiguamiento:		
				efectivo (β_{eff})	inherente (β_{inh})	viscoso (β_{visc})
Aceptado						
Moderado	5.60	5.78	1.0323	5.67%	5%	0.67%
Leve	4.60	5.78	1.2567	11.38%	5%	6.38%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Usamos la ecuación de reducción de la demanda en función del amortiguamiento efectivo (Ítem 2.10-5); considerando 5% de amortiguamiento inherente; se tiene el amortiguamiento efectivo objetivo adoptado:

$$\beta_{eff\ yy} = 12\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc\ yy} = 7\%$$

3.7.1.2 Propiedades del DFV no Lineal

Son las propiedades principales de los DFV, que son datos de entrada para el análisis.

C. Coeficiente de no Linealidad “ α ”

El exponente de velocidad “ α ”. Para nuestra investigación usaremos disipadores DFV no lineales, y se considerará un “ $\alpha = 0.5$ ”. Para el sector A, por ser el más usado y común en el mercado mundial y nacional.

D. Coeficiente de Amortiguamiento “C”

El coeficiente de amortiguamiento se pre dimensiona, pero debe tener muy en cuenta que después del análisis con el software Etabs, muchas veces no se cumple la deriva objetivo, y por tal razón se reasigna de modo iterativo hasta lograr la deriva objetivo, generalmente disminuye el valor “C”, debido a la ubicación y la geometría de la estructura. Para el sector A se dispuso emplear 2 amortiguadores por piso; este análisis se considera solo la dirección en Y (Tabla 61). Se emplea las ecuaciones del ítem 2.5.6.

Tabla 61

Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - sector A

Modo Fundamental en Y - Y			$\alpha = 0.50$		T= 0.301 seg	
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\cos \theta$	$\cos(\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
Planta 2	1.000	0.574	36.99	0.8123	0.318453	36.986020
Planta 1	0.426	0.426	57.45	0.8123	0.203514	10.423060
Σ					0.521967	47.409080

$\alpha =$	0.5
β_{eff}	12.00%
β_{inh}	5.30%
β_{vis}	6.70%
T	0.301
$\omega^{2-\alpha}$	95.3718
A	0.04289
$A^{1-\alpha}$	0.2070958
λ	3.496
L (m)	5.85
H (m)	4.2

ΣC	216	ton.s/m
N° Disipadores/ piso	2	
C Amortiguamiento	108	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	100.00	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

E. Rigidez del Brazo Metálico Preliminar “K”

Para la rigidez axial del brazo metálico se determina con la siguiente relación $K=EA/L$, y perfil metálico que se opta para realizar el análisis preliminarmente es Perfil HSS 7.50x0.50. Y posteriormente del proceso de diseño de los disipadores se tendrán que

validar el cálculo y realizar el diseño de rigidez del brazo metálico con la fuerza axial de demanda para el brazo metálico. Se sigue las indicaciones del ítem 2.5.8. A continuación, se muestra la Tabla 62.

Tabla 62

Rigidez de Brazo Metálico "K" Preliminar - Eje Y-Y- sector A

Descripción	Dirección Y-Y	Und
Longitud de Disipador	0.79	m
Luz del pórtico	5.85	m
Altura de piso	4.20	m
Longitud de brazo Metálico (L)	6.41	m
Modulo de elasticidad (E)	20400000.00	Tn/m ²
Área de seccion transversal (A)	0.007161	m ²
Rigidez del brazo Metálico (K)	22775.29	Tn/m

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

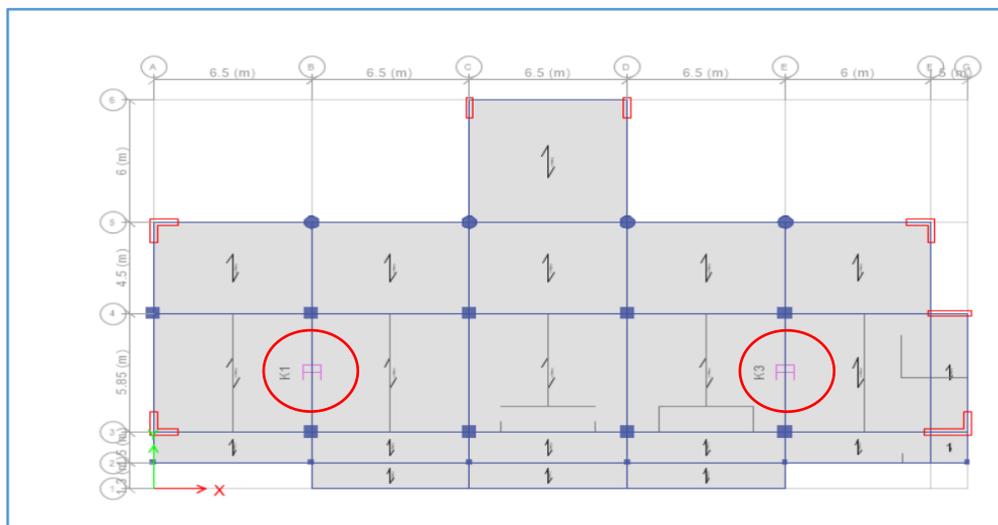
Como dato preliminar se considera: **K=20,000.00 Ton/m**

3.7.1.3 Ubicación de los disipadores DFV

El ASCE 7-16 exige como mínimo 2 dispositivos por dirección de análisis en cada piso tal que no genere torsión. Considerando un margen razonable de seguridad proponemos 4 dispositivos, 2 por piso, en la dirección Y, en DISPOSICIÓN DIAGONAL. El amortiguador más alejado del centro de masa posee la ventaja de trabajar en la zona de máximas velocidades (zona de mayor efectividad de los DFV).

Figura 103

Ubicación de los Disipadores - sector A



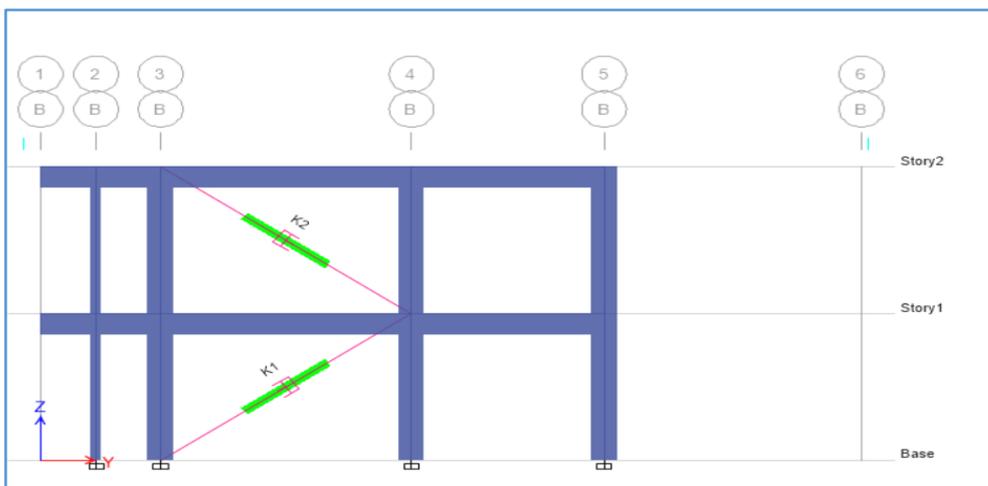
Nota. software ETABS.

En la Figura 103 se aprecia la ubicación de los DFV “K1” y “K3” en la dirección Y, en la primera planta.

A continuación, se muestra la Figura 104, donde se aprecia la ubicación de los DFV “K1” y “K2”, en elevación ubicado en el pórtico B, los DFV se definen como elementos link, debido a su no linealidad en el análisis dinámico no lineal (ADNLTH-FNA).

Figura 104

Disposición de los Disipadores en la Dirección Y- sector A

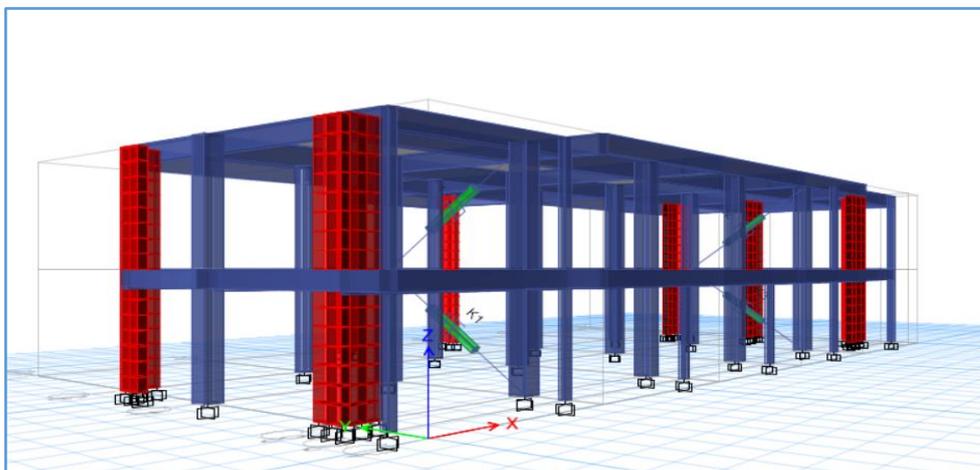


Nota. software ETABS.

la Figura 105 se muestra el render del software Etabs conjuntamente con los DFV en 3D.

Figura 105

Disposición de los Disipadores (3D)- sector A



Nota. software ETABS.

3.7.2 Sector B

En la siguiente sección, se determinará los objetivos de diseño y las propiedades del DFV no Lineal (α , C, y K), del mismo modo que para el sector A:

3.7.2.1 Objetivos de Diseño

A. Deriva Objetivo

La elección de la deriva objetivo se realizó en base a los valores propuestos por HAZUS 99, como se muestra en la Tabla 63.

Tabla 63

Sistemas Estructurales HAZUS 99- sector B

Descripción	Altura				Designación
	Rango		Típicos		
	Nombre	#pisos	#pisos	Altura(m)	
Sistemas con muros de corte	Baja altura	1-3	3	9	C2L
	Mediana altura	4-7	7	21	C2M
	Gran altura	8 a mas	8	24	C2H

Nota. HAZUS 99, 2003.

En la Figura 64, se determina los rangos de deriva según sea el nivel de daño.

Tabla 64

Distorsiones Máximas Permisibles HAZUS 99- sector B

Designación	Deriva de entrepiso para un límite de daño estructural en edificios de C°A°			
	Daño leve	Daño moderado	Daño severo	Daño completo
C1L	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Nota. HAZUS 99, 2003, P.213-216.

Si se desea alcanzar un estado de daño leve, para sismos raros; desde el punto de vista estructural, debemos conseguir que la deriva máxima de nuestra edificación sea alrededor de 4% siguiendo las recomendaciones del HAZUS, para un código sísmico moderado, para lograr un desempeño operacional, por ello se opta por una deriva objetiva:

Deriva objetivo: 4.60 %.

B. Amortiguamiento Objetivo

Del mismo modo que el sector A, se determina el “ β_{eff} ”; se tiene la deriva máx.

D_{max} de 8.15% y 6.29 %, en las direcciones X y Y respectivamente (Tabla 65).

Tabla 65

Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Sector B

EJE	Nivel de Daño Aceptado	Deriva Objetivo (%)	Deriva máxima (%)	Factor de Reducción (B)	Amortiguamiento:		
					efectivo (β_{eff})	inherente (β_{inh})	viscoso (β_{visc})
X-X	Moderado	5.60	8.15	1.4561	17.64%	5%	12.64%
	Leve	4.60	8.15	1.7727	28.90%	5%	23.90%
Y-Y	Moderado	5.60	6.29	1.1231	7.77%	5%	2.77%
	Leve	4.60	6.29	1.3673	14.74%	5%	9.74%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Se usa la ecuación de reducción de la demanda en función del amortiguamiento efectivo (Ítem 2.10-5); considerando 5% de amortiguamiento inherente. Se tiene el amortiguamiento efectivo objetivo adoptado:

Amortiguamiento efectivo objetivo (β_{eff}):

$$\beta_{eff\ xx} = 29\% \quad ; \quad \beta_{eff\ yy} = 15\%$$

Amortiguamiento viscoso objetivo (β_{visc}):

$$\beta_{visc\ xx} = 24\% \quad ; \quad \beta_{visc\ yy} = 10\%$$

3.7.2.2 Propiedades del DFV no Lineal

Son las propiedades principales de los DFV, que son datos de entrada para el análisis.

C. Coeficiente de no Linealidad “ α ”

El exponente de velocidad “ α ”. Para nuestra investigación usaremos disipadores DFV no lineales, y se considerará un “ $\alpha = 0.5$ ”. Para el sector B, por ser el más usado.

D. Coeficiente de Amortiguamiento “C”

El coeficiente de amortiguamiento, se pre dimensiona, del mismo modo que para el sector A, para el sector B se dispuso emplear 4 amortiguadores por piso, en cada dirección de análisis. Para esto se emplea las ecuaciones del ítem 2.5.6., en la Tabla 66 y Tabla 67 se muestran, el proceso de cálculo de coeficiente de amortiguamiento en el eje X y Y respectivamente.

Tabla 66

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje X-X - sector B

Modo Fundamental en X - X			$\alpha= 0.50$	T= 0.510 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\cos \theta$	$\cos(\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i x \phi_i^2$
Planta 2	1.000	0.574	36.99	0.8123	0.318453	36.986020
Planta 1	0.426	0.426	57.45	0.8123	0.203514	10.423060
Σ					0.509203	115.629240

$\alpha=$	0.5
β_{effe}	12.00%
β_{inh}	5.30%
β_{vis}	6.70%
T	0.301
$\omega 2-\alpha$	95.3718
A	0.04289
$A1-\alpha$	0.2070958
λ	3.496
L (m)	5.85
H (m)	4.2

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

$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{\Gamma^2(1+\alpha/2)}{\Gamma(2+\alpha)}$	
ΣC	ton.s/m
N° Disipadores/ piso	2
C Amortiguamiento	108 ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	100.00

Tabla 67

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje Y-Y - Sector B

Modo Fundamental en Y - Y			$\alpha= 0.50$	T= 0.410 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\cos \theta$	$\cos(\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i x \phi_i^2$
Planta 2	1.000	0.574	36.99	0.8123	0.318453	36.986020
Planta 1	0.426	0.426	57.45	0.8123	0.203514	10.423060
Σ					0.510019	112.013890

β_{effe}	12.00%
β_{inh}	5.30%
β_{vis}	6.70%
T	0.301
$\omega 2-\alpha$	95.3718
A	0.04289
$A1-\alpha$	0.2070958
λ	3.496
L (m)	5.85
H (m)	4.2

ΣC	216	ton.s/m
N° Disipadores/ piso	2	
C Amortiguamiento	108	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	100.00	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

E. Rigidez del Brazo Metálico Preliminar "K"

Para la rigidez axial del brazo metálico, se determina con la siguiente relación $K=EA/L$, y perfil metálico que se opta para realizar el análisis preliminarmente es: Perfil HSS 7.50x0.50. y posteriormente se validarán el cálculo y diseño (Tabla 68).

Tabla 68

Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Sector B

Descripción	Dirección X-X	Dirección Y-Y	Und
Longitud de Disipador	0.79	0.79	m
Luz del pórtico	6.00	7.10	m
Altura de piso	0.00	0.00	m
Longitud de brazo Metálico (L)	5.21	6.31	m
Modulo de elasticidad (E)	20400000.00	20400000.00	Ton/m ²
Área de seccion transversal (A)	0.007161	0.007161	m ²
Rigidez del brazo Metálico (K)	28025.25	23141.72	Ton/m

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

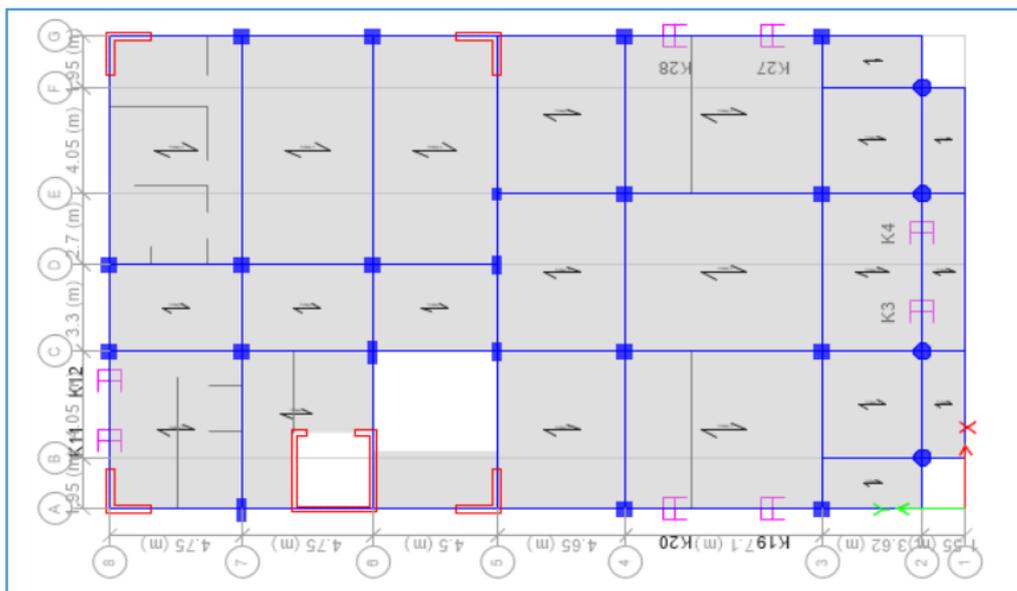
Como dato preliminar se considera: **K=20,000.00 Ton/m**

3.7.2.3 Ubicación de los Disipadores DFV

El ASCE 7-16 exige como mínimo 2 dispositivos por dirección de análisis, se propone 4 dispositivos por piso, en cada dirección, en configuración: CHEVRON HORIZONTAL. En la Figura 106 se aprecia la ubicación de los DFV, en planta.

Figura 106

Ubicación de los Disipadores - sector B

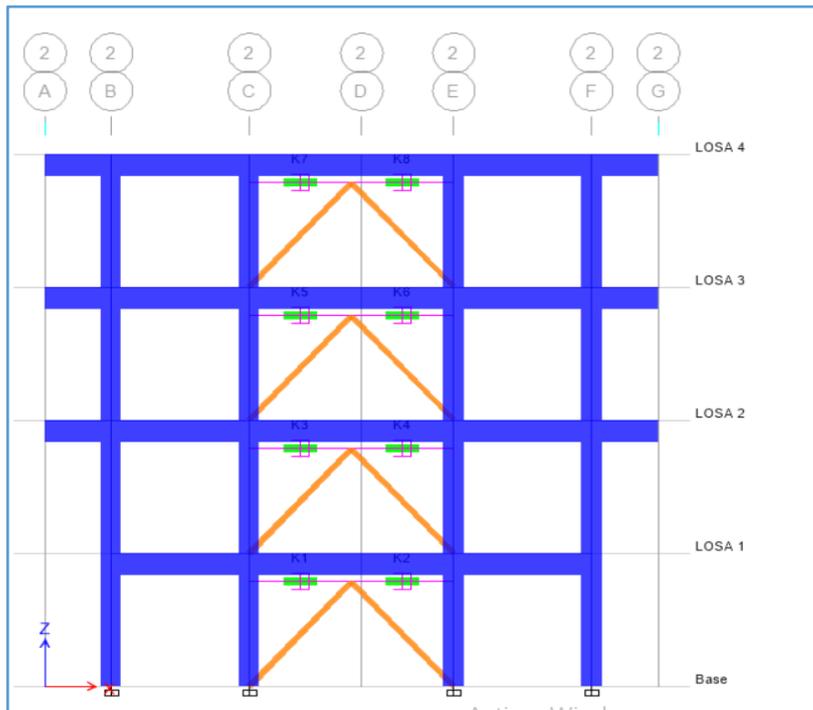


Nota. software ETABS.

A continuación, se muestra la Figura 107, donde se aprecia la ubicación de los DFV, en elevación ubicado en el pórtico 2, los DFV se definen como elementos link, debido a su no linealidad en el análisis dinámico no lineal (ADNLTH-FNA).

Figura 107

Disposición de los Disipadores en la Dirección X- sector B

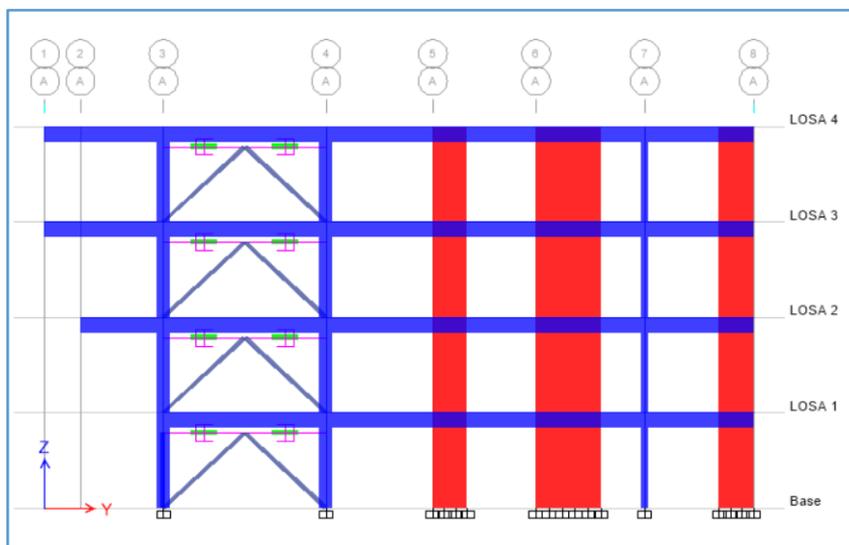


Nota. software ETABS.

la Figura 108 también muestra el render del software Etabs, conjuntamente con DFV, 3D.

Figura 108

Disposición de los Disipadores en la Dirección Y- sector B



Nota. software ETABS.

3.7.3 Sector C

En la siguiente sección, se determinará los objetivos de diseño y las propiedades del DFV no Lineal (α , C, y K), del mismo modo que para el sector A.

3.7.3.1 Objetivos de Diseño

A. Deriva Objetivo

La elección de la deriva objetivo se realizó en base a los valores propuestos por HAZUS 99, se opta por elegir siguiendo los pasos que para el sector A, para una designación de C1L (aportado de 2 niveles):

Deriva objetivo: 4.60 ‰.

En el cual la deriva objetiva está en un margen de daño leve-moderado, para lograr un desempeño operacional, para sismos raros.

B. Amortiguamiento Objetivo

Del mismo modo que el sector A, se determina el “ β_{eff} ”, se tiene la deriva máxima de, D_{max} de 6.37‰ en las direcciones Y (Tabla 69).

Tabla 69

Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje Y-Y - sector C

Nivel de Daño	Deriva Objetivo (‰)	Deriva máxima (‰)	Factor de Reducción (B)	Amortiguamiento:		
				efectivo (β_{eff})	inherente (β_{inh})	viscoso (β_{visc})
Aceptado						
Moderado	5.60	6.37	1.1367	8.11%	5%	3.11%
Leve	4.60	6.37	1.3838	15.27%	5%	10.27%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Usamos la ecuación de reducción de la demanda en función del amortiguamiento efectivo (Ítem 2.10-5); considerando 5% de amortiguamiento inherente se tiene el amortiguamiento efectivo objetivo adoptado:

$$\beta_{eff} \text{ yy} = 16\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc} \text{ yy} = 11\%$$

3.7.3.2 Propiedades del DFV no Lineal

Son las propiedades principales de los DFV, que son datos de entrada para el análisis.

C. Coeficiente de no Linealidad “ α ”

El exponente de velocidad “ α ”. Para nuestra investigación usaremos disipadores DFV no lineales, y se considerará un “ $\alpha = 0.5$ ”. Para el sector C, por ser el más usado.

D. Coeficiente de Amortiguamiento “C”

El coeficiente de amortiguamiento, se pre dimensiona, del mismo modo que para el sector A, para el sector C se dispuso emplear 2 amortiguadores por piso, en cada dirección de análisis. En la Tabla 70 se muestra, el proceso del cálculo en el eje Y.

Tabla 70

Coeficiente de Amortiguamiento “C” - Eje Y-Y - sector C

Modo Fundamental en Y - Y			$\alpha = 0.50$	T=	0.325 seg	
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\cos \theta$	$\cos(\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
Planta 2	1.000	0.510	49.94	0.7593	0.241101	49.939240
Planta 1	0.490	0.490	96.07	0.7593	0.226780	23.048157
Σ					0.467881	72.987397

$\alpha =$	0.5
Beffe	16.00%
Binh	5.00%
Bvis	11.00%
T	0.325
$\omega 2 - \alpha$	85.0051
A	0.04159
$A 1 - \alpha$	0.203926826
Λ	3.496
L (m)	4.90
H (m)	4.20

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

$$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{\Gamma^2(1+\alpha/2)}{\Gamma(2+\alpha)}$$

ΣC	535	ton.s/m
Nº Disipadores/ piso	2	
C Amortiguamiento	268	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	250.00	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

E. Rigidez del Brazo Metálico Preliminar “K”

Para la rigidez axial del brazo metálico, se determina con la siguiente relación $K=EA/L$:

Tabla 71

Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Eje Y-Y- Sector C

Descripción	Dirección Y-Y	Und
Longitud de Disipador	0.79	m
Luz del pórtico	4.90	m
Altura de piso	4.20	m
Longitud de brazo Metálico (L)	5.67	m
Modulo de elasticidad (E)	20400000.00	Ton/m2
Área de seccion transversal (A)	0.007161	m2
Rigidez del brazo Metálico (K)	25781.35	Ton/m

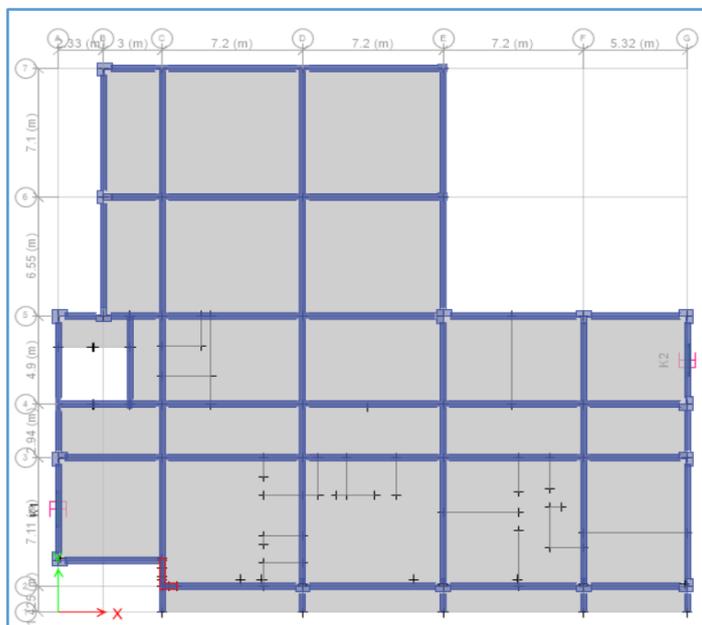
El perfil metálico que se opta para realizar el análisis preliminarmente es Perfil HSS 7.50x0.50. Posteriormente se validarán el cálculo y diseño como se muestra en la Tabla 71, como dato preliminar se considera: **K=20,000.00 Ton/m**

3.7.3.3 Ubicación de los Disipadores DFV

El ASCE 7-16 exige como mínimo 2 dispositivos por dirección de análisis, se propone 2 dispositivos por piso, en cada dirección, en DISPOSICIÓN DIAGONAL. Como se aprecia en la Figura 109 en planta y en la Figura 110 en 3D.

Figura 109

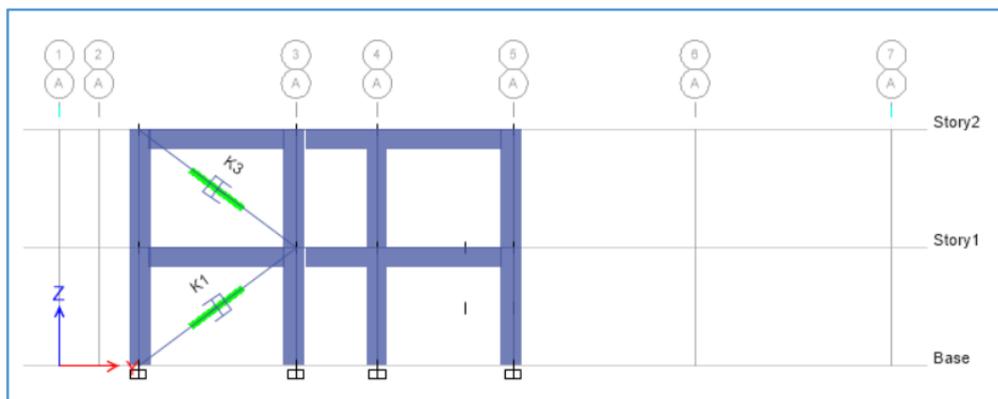
Ubicación de los Disipadores - sector C



Nota. software ETABS.

Figura 110

Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector C



Nota. software ETABS. *Figura 42:*

3.7.4 Sector D

En la siguiente sección, se determinará los objetivos de diseño y las propiedades del DFV no Lineal (α , C, y K), del mismo modo que para el sector A:

3.7.4.1 Objetivos de Diseño

A. Deriva Objetivo

La elección de la deriva objetivo se realizó en base a los valores propuestos por HAZUS 99, se opta por elegir siguiendo los pasos que para el sector A para una designación de C2L (aporticado de 3 niveles):

Deriva objetivo: 4.60 ‰.

En el cual la deriva objetiva está en un margen de daño leve-moderado, para lograr un desempeño operacional, para sismos raros.

B. Amortiguamiento Objetivo

Del mismo modo que el sector A, se determina el “ β_{eff} ”, se tiene la deriva máx. D_{max} de 4.80 ‰ y 7.87 ‰, en las direcciones X y Y respectivamente (Tabla 72).

Tabla 72

Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje X-X - Sector D

EJE	Nivel de Daño Aceptado	Deriva Objetivo (‰)	Deriva máxima (‰)	Factor de Reducción (B)	Amortiguamiento:		
					efectivo (β_{eff})	inherente (β_{inh})	viscoso (β_{visc})
X-X	Leve	4.60	4.80	1.0426	5.89%	5%	0.89%
Y-Y	Moderado	5.60	7.87	1.4053	15.96%	5%	10.96%
	Leve	4.60	7.87	1.7108	26.62%	5%	21.62%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

considerando 5% de amortiguamiento inherente se tiene:

Amortiguamiento efectivo objetivo (β_{eff}) y viscoso objetivo (β_{visc}):

$$\begin{array}{l} \beta_{eff} \text{ xx} = 8\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc} \text{ xx} = 3\% \\ \beta_{eff} \text{ yy} = 27\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc} \text{ yy} = 22\% \end{array}$$

3.7.4.2 Propiedades del DFV no Lineal

C. Coeficiente de Amortiguamiento “C”

El coeficiente de amortiguamiento, se pre dimensiona, del mismo modo que para el sector A, para el sector D; se dispuso 2 y 4 amortiguadores por piso, para la dirección en X y Y respectivamente. En la Tabla 66 y 67 se muestran los cálculos en el eje X y Y.

Tabla 73

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje X-X - sector D

Modo Fundamental en X - X			$\alpha= 0.50$	T= 0.329 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\text{Cos } \theta$	$\text{Cos } (\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
Planta 3	1.000	0.333	49.02	0.8638	0.154498	49.016190
Planta 2	0.667	0.417	83.24	0.8638	0.215917	36.995076
Planta 1	0.250	0.250	96.52	0.8638	0.100349	6.032623
Σ					0.470764	92.043889

β_{effe}	8.00%
β_{inh}	5.00%
β_{vis}	3.00%
T	0.329
$\omega^{2-\alpha}$	83.4595
A	0.05699
$A^{1-\alpha}$	0.23872524
λ	3.496
L (m)	7.20
H (m)	4.20

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

$$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{\Gamma^2(1+\alpha/2)}{\Gamma(2+\alpha)}$$

ΣC	210	ton.s/m
Nº Disipadores/ piso	2	
C Amortiguamiento	105	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	80.00	

Tabla 74

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje Y-Y - sector D

Modo Fundamental en Y - Y			$\alpha= 0.50$	T= 0.440 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\text{Cos } \theta$	$\text{Cos } (\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
Planta 3	1.000	0.288	49.02	0.8192	0.114879	49.016190
Planta 2	0.712	0.365	83.24	0.8192	0.163771	42.142782
Planta 1	0.346	0.346	96.52	0.8192	0.151013	11.565502
Σ					0.429663	102.724474

β_{effe}	27.00%
β_{inh}	5.00%
β_{vis}	22.00%
T	0.440
$\omega^{2-\alpha}$	53.9623
A	0.05724
$A^{1-\alpha}$	0.23924980
λ	3.496
L (m)	6.00
H (m)	4.20

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

ΣC	216	ton.s/m
Nº Disipadores/ piso	2	
C Amortiguamiento	108	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	100.00	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

D. Coeficiente de no Linealidad “ α ”

El exponente de velocidad “ α ”. Para nuestra investigación usaremos disipadores DFV no lineales, y se considerará un “ $\alpha = 0.5$ ”. Para el sector D, por ser el más usado.

E. Rigidez del Brazo Metálico Preliminar “K”

Para la rigidez axial del brazo metálico, se determina con la siguiente relación $K=EA/L$, y perfil metálico que se opta para realizar el análisis preliminarmente es: Perfil HSS 7.50x0.50. y posteriormente se validarán el cálculo y diseño (Tabla 75).

Tabla 75

Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - sector D

Descripción	Dirección X-X	Dirección Y-Y	Und
Longitud de Disipador	0.79	0.79	m
Luz del pórtico	6.00	7.10	m
Altura de piso	0.00	0.00	m
Longitud de brazo Metálico (L)	5.21	6.31	m
Modulo de elasticidad (E)	20400000.00	20400000.00	Tn/m2
Área de seccion transversal (A)	0.007161	0.007161	m2
Rigidez del brazo Metálico (K)	28025.25	23141.72	Tn/m

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

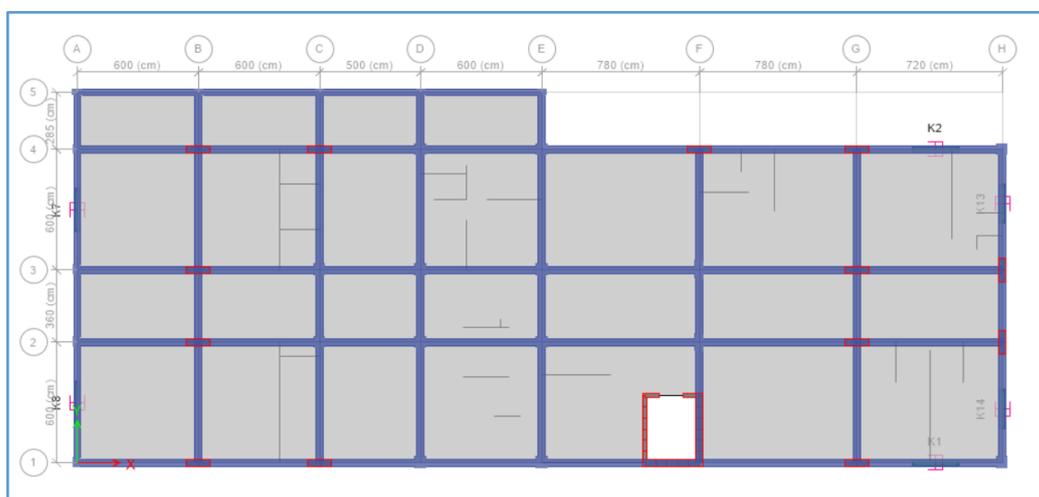
Como dato preliminar se considera: **K=20,000.00 Ton/m**

3.7.4.3 Ubicación de los Disipadores DFV

El ASCE 7-16 exige como mínimo 2 dispositivos por dirección de análisis.

Figura 111

Ubicación de los Disipadores - sector D

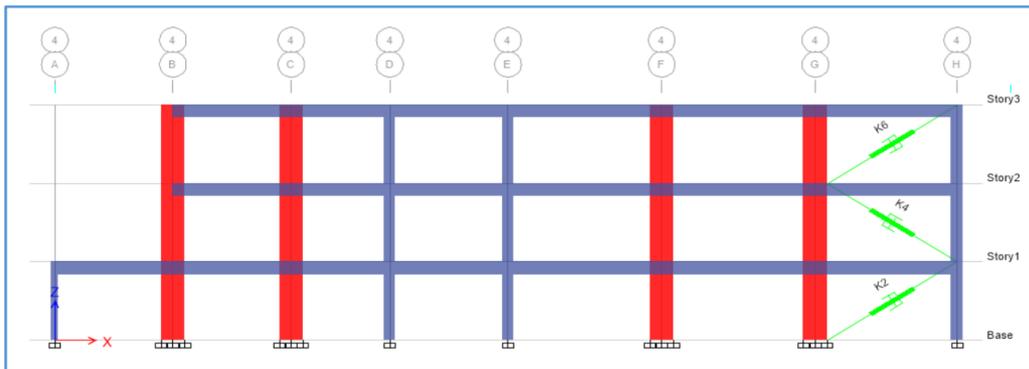


Nota. software ETABS.

Para el sector D, se propone 2 y 4 amortiguadores por piso, para la dirección en X y Y respectivamente, en DISPOSICIÓN DIAGONAL. Como se aprecia en la Figura 111. A continuación, se presentan las Figuras 112, 113 y 114 en elevación y 3D de los DFV.

Figura 112

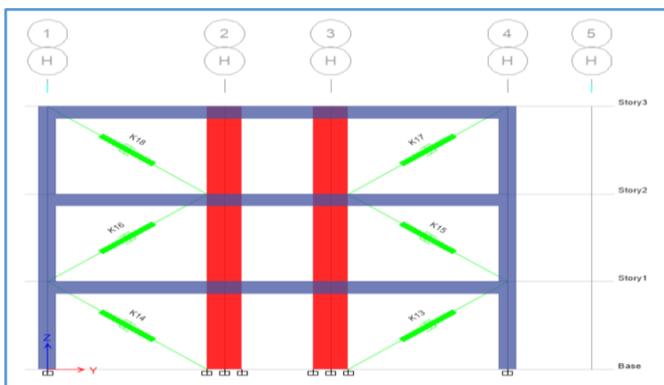
Disposición de los Disipadores en la Dirección X-X- sector D



Nota. software ETABS.

Figura 113

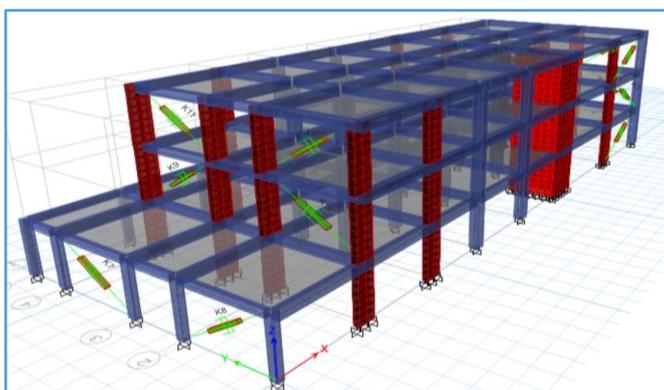
Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector D



Nota. software ETABS.

Figura 114

Disposición de los Disipadores (3D)- sector D



Nota. software ETABS.

3.7.5 Sector E

En la siguiente sección, se determinará los objetivos de diseño y las propiedades del DFV no Lineal (α , C, y K), del mismo modo que para el sector A:

3.7.5.1 Objetivos de Diseño

A. Deriva Objetivo

La elección de la deriva objetivo se realizó en base a los valores propuestos por HAZUS 99, se opta por elegir siguiendo los pasos que para el sector A, para una designación de C2L (aportado de 3 niveles):

Deriva objetivo: 4.60 ‰.

En el cual la deriva objetiva está en un margen de daño leve-moderado, para lograr un desempeño operacional, para sismos raros.

B. Amortiguamiento Objetivo:

Del mismo modo que el sector A, se determina el “ β_{eff} ”, se tiene la deriva máx. D_{max} de 7.96 ‰ y 7.61 ‰, en las direcciones X y Y respectivamente (Tabla 76).

Tabla 76

Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje X-X - sector E

EJE	Nivel de Daño Aceptado	Deriva Objetivo (‰)	Deriva máxima (‰)	Factor de Reducción (B)	Amortiguamiento:		
					efectivo (β_{eff})	inherente (β_{inh})	viscoso (β_{visc})
X-X	Moderado	5.60	7.96	1.4206	16.46%	5%	11.46%
	Leve	4.60	7.96	1.7294	27.30%	5%	22.30%
Y-Y	Moderado	5.60	7.61	1.3590	14.48%	5%	9.48%
	Leve	4.60	7.61	1.6544	24.57%	5%	19.57%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

considerando 5% de amortiguamiento inherente, se tiene:

Amortiguamiento efectivo objetivo (β_{eff}) y viscoso objetivo (β_{visc}):

$$\begin{array}{l} \beta_{eff \text{ xx}} = 28\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc \text{ xx}} = 23\% \\ \beta_{eff \text{ yy}} = 25\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc \text{ yy}} = 20\% \end{array}$$

3.7.5.2 Propiedades del DFV no Lineal

C. Coeficiente de Amortiguamiento “C”

El coeficiente de amortiguamiento, se pre dimensiona, del mismo modo que para el sector A, para el sector E; En la Tabla 77 y 78 se muestran los cálculos en el eje X y Y

Tabla 77

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje X-X - sector E

Modo Fundamental en X - X			$\alpha=0.50$	T= 0.297 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\cos \theta$	$\cos(\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i x \phi_i^2$
Planta 3	1.000	0.333	39.45	0.8437	0.149132	39.445600
Planta 2	0.667	0.407	68.61	0.8437	0.201510	30.491498
Planta 1	0.259	0.259	68.22	0.8437	0.102295	4.585167
Σ					0.452936	74.522264

β_{effe}	28.00%
β_{inh}	5.00%
β_{vis}	23.00%
T	0.297
$\omega^{2-\alpha}$	97.3050
A	0.05839
$A^{1-\alpha}$	0.24164123
λ	3.496
L (m)	6.60
H (m)	4.20

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

$$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{\Gamma^2(1+\alpha/2)}{\Gamma(2+\alpha)}$$

ΣC	1599	ton.s/m
Nº Disipadores/ piso	4	
C Amortiguamiento	400	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	180.00	

Tabla 78

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje Y-Y - sector E

Modo Fundamental en Y - Y			$\alpha=0.50$	T= 0.393 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\cos \theta$	$\cos(\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i x \phi_i^2$
Planta 3	1.000	0.318	39.45	0.8192	0.133083	39.445600
Planta 2	0.682	0.409	68.61	0.8192	0.194017	31.893225
Planta 1	0.273	0.273	68.22	0.8192	0.105610	5.073921
Σ					0.432710	76.412746

β_{effe}	25.00%
β_{inh}	5.00%
β_{vis}	20.00%
T	0.393
$\omega^{2-\alpha}$	63.9265
A	0.05886
$A^{1-\alpha}$	0.24261574
λ	3.496
L (m)	6.00
H (m)	4.20

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

ΣC	984	ton.s/m
Nº Disipadores/ piso	4	
C Amortiguamiento	246	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	180.00	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

D. Coeficiente de no Linealidad “ α ”

El exponente de velocidad “ α ”. Para nuestra investigación usaremos disipadores DFV no lineales, y se considerará un “ $\alpha = 0.5$ ”. Para el sector E, por ser el más usado.

E. Rigidez del Brazo Metálico Preliminar “K”

Para la rigidez axial del brazo metálico se determina con la siguiente relación $K=EA/L$, y perfil metálico que se opta para realizar el análisis preliminarmente es Perfil HSS 7.50x0.50. Posteriormente se validarán el cálculo y diseño (Tabla 79).

Tabla 79

Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Sector E

Descripción	Dirección X-X	Dirección Y-Y	Und
Longitud de Disipador	0.79	0.79	m
Luz del pórtico	6.00	7.10	m
Altura de piso	0.00	0.00	m
Longitud de brazo Metálico (L)	5.21	6.31	m
Modulo de elasticidad (E)	20400000.00	20400000.00	Tn/m ²
Área de seccion transversal (A)	0.007161	0.007161	m ²
Rigidez del brazo Metálico (K)	28025.25	23141.72	Tn/m

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Como dato preliminar se considera: **K=20,000.00 Ton/m**

3.7.5.3 Ubicación de los Disipadores DFV

El ASCE 7-16 exige como mínimo 2 dispositivos por dirección de análisis.

Figura 115

Ubicación de los Disipadores - sector E

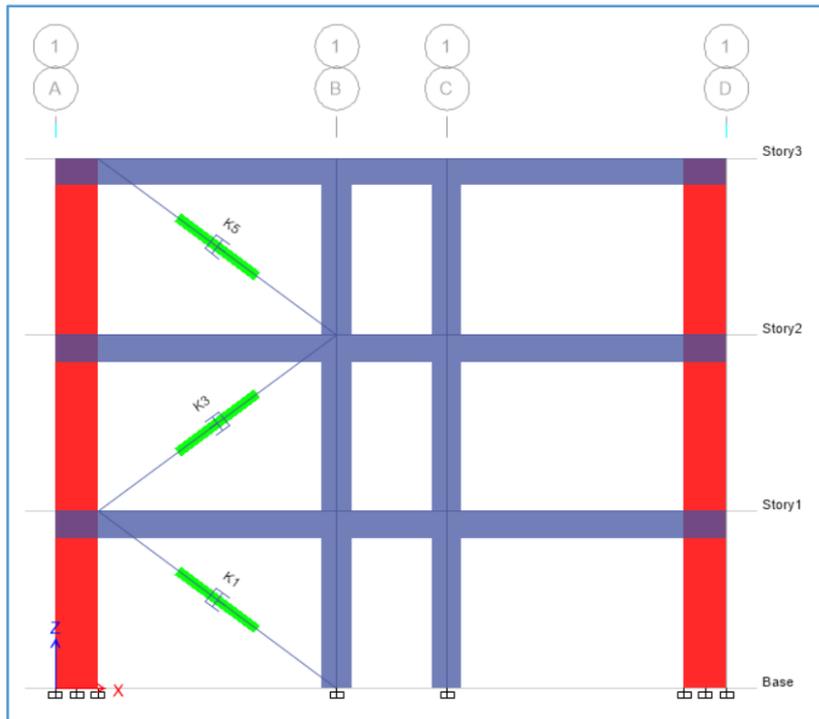


Nota. software ETABS.

Para el sector E, se propone 2 y 4 amortiguadores por piso, para la dirección en X y Y respectivamente, en DISPOSICIÓN DIAGONAL y DOBLE CHEVRON DIAGONAL. Como se aprecia en la Figura 115. A continuación, se presentan las Figuras 116 y 117 en elevación de los DFV.

Figura 116

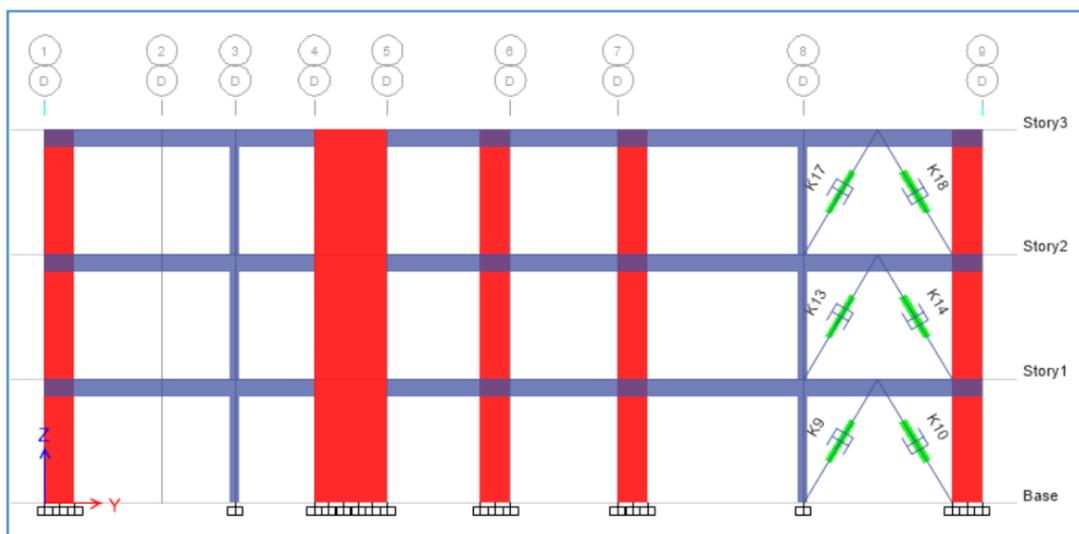
Disposición de los Disipadores en la Dirección X-X- sector E



Nota. software ETABS.

Figura 117

Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector E



Nota. software ETABS.

3.7.6 Sector E-F

En la siguiente sección, se determinará los objetivos de diseño y las propiedades del DFV no Lineal (α , C, y K), del mismo modo que para el sector A:

3.7.6.1 Objetivos de Diseño

A. Deriva Objetivo

La elección de la deriva objetivo se realizó en base a los valores propuestos por HAZUS 99, se opta por elegir siguiendo los pasos que para el sector A para una designación de C2L (aportado de 3 niveles).

Deriva objetivo: 4.60 ‰.

En el cual la deriva objetiva está en un margen de daño leve-moderado, para lograr un desempeño operacional, para sismos raros.

B. Amortiguamiento Objetivo

Del mismo modo que el sector A, se determina el “ β_{eff} ”, se tiene la deriva máx. D_{max} de 7.06 ‰ y 6.88 ‰, en las direcciones X y Y respectivamente (Tabla 80).

Tabla 80

Amortiguamiento Efectivo y Viscoso - Eje X-X - Sector E-F

EJE	Nivel de Daño Aceptado	Deriva Objetivo (‰)	Deriva máxima (‰)	Factor de Reducción (B)	Amortiguamiento:		
					efectivo (β_{eff})	inherente (β_{inh})	viscoso (β_{visc})
X-X	Moderado	5.60	7.06	1.2611	11.51%	5%	6.51%
	Leve	4.60	7.06	1.5353	20.34%	5%	15.34%
Y-Y	Moderado	5.60	6.88	1.2293	10.59%	5%	5.59%
	Leve	4.60	6.88	1.4965	19.01%	5%	14.01%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

considerando 5% de amortiguamiento inherente, se tiene:

Amortiguamiento efectivo objetivo (β_{eff}) y viscoso objetivo (β_{visc}):

$$\beta_{eff \text{ xx}} = 21\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc \text{ xx}} = 16\%$$

$$\beta_{eff \text{ yy}} = 20\% \quad \longrightarrow \quad \beta_{visc \text{ yy}} = 15\%$$

3.7.6.2 Propiedades del DFV no Lineal

C. Coeficiente de Amortiguamiento “C”

El coeficiente de amortiguamiento, se pre dimensiona, del mismo modo que para el sector A, para el sector E; En la Tabla 81 y 82 se muestran los cálculos en el eje X y Y para pre dimensionar el coeficiente a de amortiguamiento:

Tabla 81

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje X-X - Sector E-F

Modo Fundamental en X - X			$\alpha= 0.50$	T= 0.399 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\text{Cos } \theta$	$\text{Cos } (\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
Planta 3	1.000	0.333	47.73	0.8192	0.142701	47.732510
Planta 2	0.667	0.389	78.26	0.8192	0.179824	34.780853
Planta 1	0.278	0.278	72.97	0.8192	0.108557	5.630730
Σ					0.431083	88.144093

β_{effe}	21.00%
β_{inh}	5.00%
β_{vis}	16.00%
T	0.399
$\omega^{2-\alpha}$	62.4900
A	0.06032
$A^{1-\alpha}$	0.24560984
λ	3.496
L (m)	6.00
H (m)	4.20

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

$$\lambda = 2^{2+\alpha} \frac{\Gamma^2(1+\alpha/2)}{\Gamma(2+\alpha)}$$

ΣC	902	ton.s/m
Nº Disipadores/ piso	2	
C Amortiguamiento	451	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	220.00	

Tabla 82

Coficiente de Amortiguamiento "C" - Eje Y-Y - Sector E-F

Modo Fundamental en Y - Y			$\alpha= 0.50$	T= 0.340 seg		
NIVEL	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	Masa (Ton)	$\text{Cos } \theta$	$\text{Cos } (\theta)^{1+\alpha} * \phi_{rj}^{1+\alpha}$	$m_i \times \phi_i^2$
Planta 3	1.000	0.296	47.73	0.8437	0.124980	47.732510
Planta 2	0.704	0.407	78.26	0.8437	0.201510	38.752741
Planta 1	0.296	0.296	72.97	0.8437	0.124980	6.406519
Σ					0.451470	92.891770

β_{effe}	20.00%
β_{inh}	5.00%
β_{vis}	15.00%
T	0.340
$\omega^{2-\alpha}$	79.4422
A	0.05806
$A^{1-\alpha}$	0.24094803
λ	3.496
L (m)	6.60
H (m)	4.20

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

ΣC	1062	ton.s/m
Nº Disipadores/ piso	2	
C Amortiguamiento	531	ton.s/m
C Amortiguamiento adoptado (ton.s/m):	280.00	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

D. Coeficiente de no Linealidad “ α ”

El exponente de velocidad “ α ”. Para nuestra investigación usaremos disipadores DFV no lineales, y se considerará un “ $\alpha = 0.5$ ”. Para el sector E-F, por ser el más usado.

E. Rigidez del Brazo Metálico Preliminar “K”

Para la rigidez axial del brazo metálico, se determina con la siguiente relación $K=EA/L$, y perfil metálico que se opta para realizar el análisis preliminarmente es: Perfil HSS 7.50x0.50. y posteriormente se validarán el cálculo y diseño, se muestra la Tabla 83:

Tabla 83

Rigidez de Brazo Metálico “K” Preliminar - Sector E-F

Descripción	Dirección X-X	Dirección Y-Y	Und
Longitud de Disipador	0.79	0.79	m
Luz del pórtico	6.00	7.10	m
Altura de piso	0.00	0.00	m
Longitud de brazo Metálico (L)	5.21	6.31	m
Modulo de elasticidad (E)	20400000.00	20400000.00	Tn/m2
Área de seccion transversal (A)	0.007161	0.007161	m2
Rigidez del brazo Metálico (K)	28025.25	23141.72	Tn/m

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

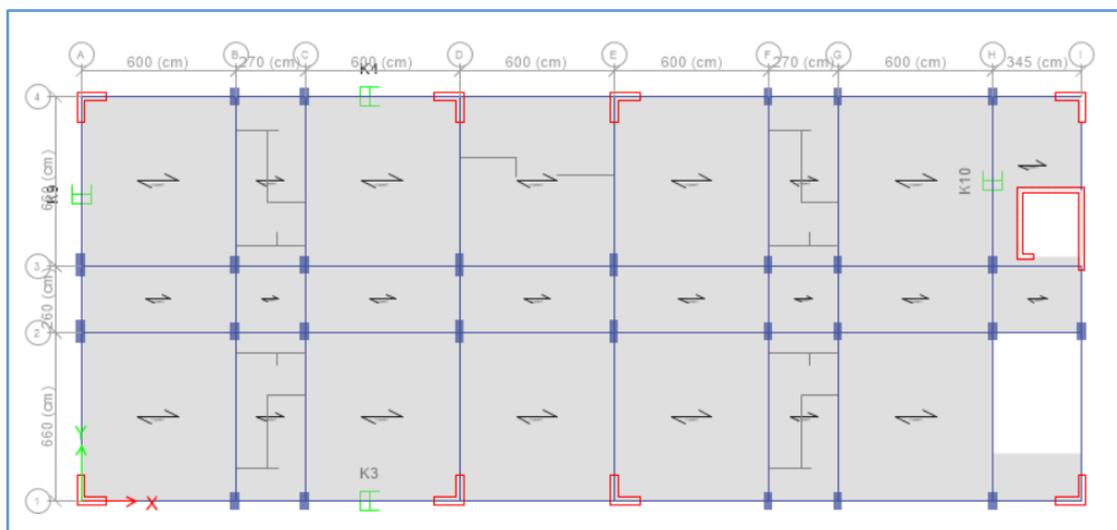
Como dato preliminar se considera: **K=20,000.00 Ton/m**

3.7.6.3 Ubicación de los Disipadores DFV

El ASCE 7-16 exige como mínimo 2 dispositivos por dirección de análisis:

Figura 118

Ubicación de los Disipadores - sector E-F

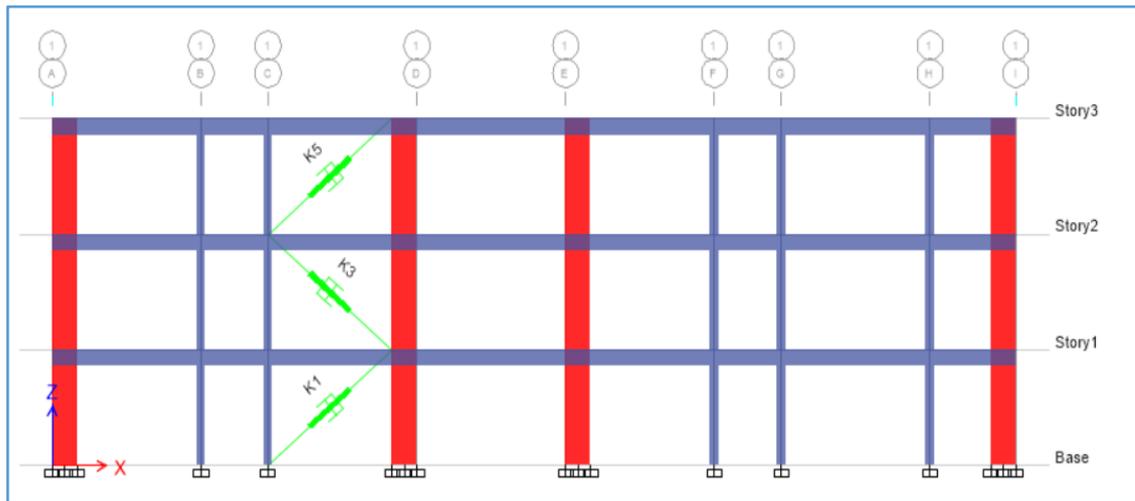


Nota. software ETABS.

Para el sector E-F, se propone 2 amortiguadores por piso, para la dirección en X y Y respectivamente, en DISPOSICIÓN DIAGONAL. Como se aprecia en la Figura 118. A continuación, se presentan las Figuras 119 y 120 en elevación de los DFV.

Figura 119

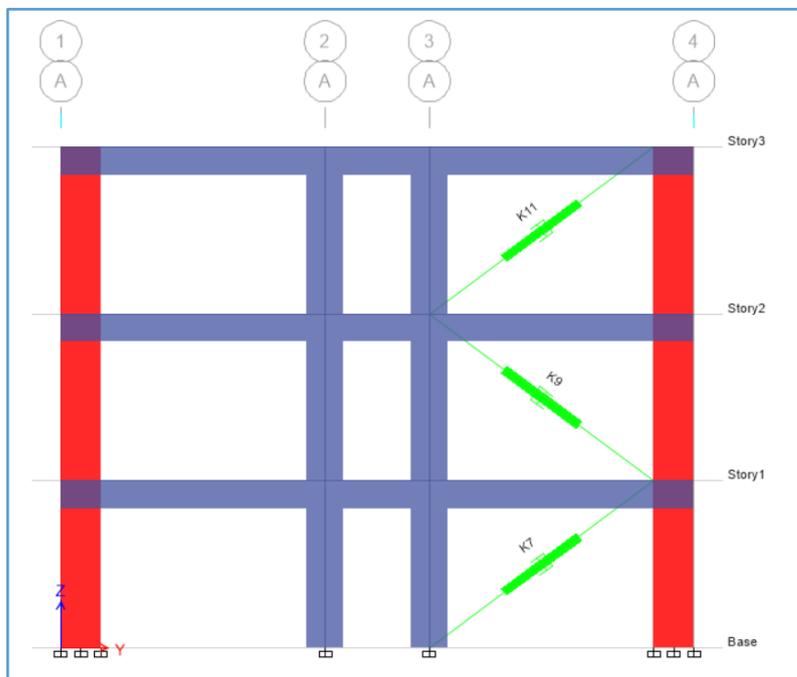
Disposición de los Disipadores en la Dirección X-X- sector E-F



Nota. software ETABS.

Figura 120

Disposición de los Disipadores en la Dirección Y-Y- sector E-F



Nota. software ETABS.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentarán los resultados del análisis estructural sin DFV, con DFV; y la discusión correspondiente en función a los antecedentes y el marco teórico del estudio.

4.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL SIN DFV

En este subcapítulo se presentan los resultados del análisis estructural sin DFV.

4.1.1 Sector A

En este apartado se presentan los resultados para el sector A; la participación modal, las derivas del análisis modal espectral, y las derivas del análisis T-H lineal.

4.1.1.1 Participación Modal

En la Tabla 84 se verifica el resultado, considerando aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, según ítem 2.6.1.4.

Tabla 84

Modal de Modelo Convencional-sector A

Modal	Periodo(seg)	U _X	U _Y	Sum U _X	Sum U _Y
1	0.301	0.0027	0.8409	0.0027	0.8409
2	0.267	0.8321	0.0036	0.8348	0.8445
3	0.241	0.008	0.011	0.8428	0.8555
4	0.094	0.0009	0.1423	0.8437	0.9979
5	0.08	0.1504	0.0017	0.9941	0.9995
6	0.07	0.0059	0.0005	1	1

Nota. Adaptado de software Etabs.

4.1.1.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia lineal.

a). Mediante el Espectro de Respuesta

En la Tabla 85, las derivas del Análisis Modal Espectral se obtienen de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 31.1; “Para estructuras irregulares, los

desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,85 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas”.

Entonces se la deriva inelástica es: $(\Delta/h)_{inelast. (\%)} = (\Delta/h)_{elast.} * 0.85R * 1000$

Tabla 85

Deriva por Respuesta Espectral-sector A.

Nivel	Deriva X-X (‰)	Deriva Y-Y (‰)	Deriva limite (‰)
Planta 2	4.63	6.86	7.000
Planta 1	3.54	5.25	7.000

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

b) Mediante el Análisis de Tiempo Historia

En las Tablas 86 y 87, las derivas del Análisis T-H lineal se obtienen de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 30.3.2; “Las distorsiones máximas de entrepiso no exceden de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11(límites para la distorsión del entrepiso)” son las derivas obtenidos mediante el análisis T-H de los 3 registros sísmicos y sus 2 componentes ortogonales. Entonces se cumple:

$$(\Delta/h)_{inelast. (\%)} = ((\Delta/h)_{elast.} / 1.25) * 1000$$

Tabla 86

Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector A

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 2	3.730	3.713	3.372	2.753	3.768	3.955	3.96
Planta 1	2.942	2.776	2.731	2.158	2.935	3.086	3.09

Tabla 87

Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector A

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 2	5.352	5.398	3.981	5.781	5.509	4.230	5.78
Planta 1	4.246	4.343	3.078	4.497	4.378	3.214	4.50

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Los valores máximos de derivas son de **3.96 ‰** en el eje X y **5.78 ‰** en el eje Y.

4.1.2 Sector B

En este apartado se presentan los resultados para el sector B; la participación modal, las derivas del análisis modal espectral, y las derivas del análisis T-H lineal.

4.1.2.1 Participación Modal

En la Tabla 88 se verifica el resultado, considerando aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, según ítem 2.6.1.4.

Tabla 88

Modal de Modelo Convencional-sector B

Modal	Periodo(seg)	U _X	U _Y	Sum U _X	Sum U _Y
1	0.51	0.2695	0.2353	0.2695	0.2353
2	0.41	0.304	0.4994	0.5735	0.7347
3	0.339	0.2304	0.0829	0.8039	0.8175
4	0.148	0.0314	0.0367	0.8353	0.8542
5	0.12	0.0481	0.0779	0.8834	0.932
6	0.095	0.0583	0.0131	0.9417	0.9452
7	0.08	0.0109	0.0097	0.9526	0.9549
8	0.066	0.0093	0.0288	0.9619	0.9837
9	0.056	0.0092	0.0031	0.9711	0.9868

Nota. Adaptado de software Etabs.

4.1.2.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia lineal.

a) Mediante el Espectro de Respuesta:

En la Tabla 89, las derivas del Análisis Modal Espectral se obtienen la igual que en el sector A, de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 31.1; Entonces se cumple:

$$(\Delta/h)_{inelast.} (\%) = (\Delta/h)_{elast.} * 0.85R * 1000$$

Tabla 89

Deriva por Respuesta Espectral-Sector B.

Nivel	Deriva X-X (%)	Deriva Y-Y (%)	Deriva limite (%)
Planta 4	4.91	3.92	7.000
Planta 3	7.45	5.81	7.000
Planta 2	8.50	6.64	7.000
Planta 1	5.61	4.29	7.000

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

b) Mediante el Análisis de Tiempo Historia

En las Tablas 90 y 91, las derivas del Análisis T-H lineal se obtienen de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 30.3.2; Entonces se cumple:

$$(\Delta/h)_{inelast. (\%)} = ((\Delta/h)_{elast. /1.25}) *1000$$

Tabla 90

Deriva en base Fija T-H Lineal (X) - Sector B

Derivas (‰) - Dirección X-X							
Nivel	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 4	2.313	2.279	2.934	2.524	3.204	5.356	5.357
Planta 3	3.128	3.088	4.039	3.611	4.692	7.767	7.767
Planta 2	3.592	3.585	4.763	4.308	5.917	8.154	8.154
Planta 1	2.266	2.164	3.059	2.798	3.580	5.907	5.907

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 91

Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) - Sector B

Derivas (‰) - Dirección Y-Y							
Nivel	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 4	2.081	2.014	2.006	2.046	4.115	2.266	4.115
Planta 3	2.779	2.701	2.922	2.995	6.166	3.492	6.166
Planta 2	3.094	3.010	3.316	3.500	6.290	3.995	6.290
Planta 1	2.081	1.942	2.226	2.382	4.586	2.558	4.586

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Los valores máximos de derivas son de **8.15 ‰** en el eje X y **6.29 ‰** en el eje Y.

4.1.3 Sector C

En este apartado se presentan los resultados para el sector C; la participación modal, las derivas del análisis modal espectral, y las derivas del análisis T-H lineal.

4.1.3.1 Participación Modal

En la Tabla 92 se verifica el resultado, considerando aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, según ítem 2.6.1.4.

Tabla 92

Modal de Modelo Convencional-sector C

Modal	Periodo(seg)	U _X	U _Y	Sum U _X	Sum U _Y
1	0.325	0.0877	0.6928	0.0877	0.6928
2	0.278	0.6784	0.1288	0.7661	0.8216
3	0.218	0.0945	0.0298	0.8606	0.8514
4	0.115	0.0035	0.1239	0.8641	0.9752
5	0.108	0.1324	0.0028	0.9965	0.978
6	0.088	0.0018	0.0206	0.9983	0.9986

Nota. Adaptado de software Etabs.

4.1.3.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia lineal.

a) Mediante el Espectro de Respuesta

En la Tabla 93, las derivas del Análisis Modal Espectral se obtienen la igual que en el sector A de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 31.1; Entonces se cumple:

$$(\Delta/h)_{inelast. (\%)} = (\Delta/h)_{elast.} * 0.85R * 1000$$

Tabla 93

Deriva por Respuesta Espectral -Sector C

Nivel	Deriva X-X Δ/hi (‰)	Deriva Y-Y Δ/hi (‰)	Deriva limite (‰)
Planta 2	4.45	4.40	7.000
Planta 1	4.13	4.13	7.000

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

b) Mediante el Análisis de Tiempo Historia

En las Tablas 94 y 95, las derivas del Análisis T-H lineal, se obtienen similar en el sector A.

Tabla 94

Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector C

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 2	3.7672	4.8144	3.7248	3.5648	4.5104	4.5104	4.814
Planta 1	3.472	4.7184	3.5152	3.56	4.4776	4.4776	4.718

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 95

Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector C

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 2	6.152	6.366	5.254	6.126	5.954	5.954	6.366
Planta 1	6.017	6.252	5.205	6.054	5.908	5.908	6.252

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Los valores máximos de derivas son de **4.814 ‰** en el eje X y **6.366 ‰** en el eje Y.

4.1.4 Sector D

En este apartado se presentan los resultados para el sector D; la participación modal, las derivas del análisis modal espectral, y las derivas del análisis T-H lineal.

4.1.4.1 Participación Modal

En la Tabla 96 se verifica el resultado, considerando aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, según ítem 2.6.1.4.

Tabla 96

Modal de Modelo Convencional-sector D

Modal	Periodo(seg)	U _X	U _Y	Sum U _X	Sum U _Y
1	0.44	0.1257	0.1562	0.1257	0.1562
2	0.329	0.4033	0.3793	0.529	0.5356
3	0.285	0.2719	0.2358	0.8009	0.7714
4	0.155	0.0176	0.0481	0.8185	0.8194
5	0.1	0.1157	0.0517	0.9343	0.8711
6	0.09	0.0161	0.00001198	0.9503	0.8711
7	0.083	0.0236	0.1054	0.9739	0.9766
8	0.056	0.0238	0.0048	0.9977	0.9814
9	0.046	0.0023	0.0186	1	1

Nota. Adaptado de software Etabs.

4.1.4.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia lineal.

a) Mediante el Espectro de Respuesta

En la Tabla 97, las derivas del Análisis Modal Espectral se obtienen la igual que en el sector A, de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 31.1

Tabla 97

Deriva por Respuesta Espectral -Sector D

NIVEL	Deriva X-X Δ/hi (‰)	Deriva Y-Y Δ/hi (‰)	Deriva limite (‰)
Planta 3	3.34	5.92	7.000
Planta 2	4.37	6.82	7.000
Planta 1	3.52	6.43	7.000

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

b) Mediante el Análisis de Tiempo Historia

En las Tablas 98 y 99, las derivas del Análisis T-H lineal se obtienen de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 30.3.2; Entonces se cumple:

Tabla 98

Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector D

Derivas (‰) - Dirección X-X							
Nivel	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	3.4896	3.448	2.7496	2.6656	2.596	3.1904	3.49
Planta 2	4.616	4.1816	3.9016	3.8936	3.9032	4.796	4.80
Planta 1	3.0736	2.8864	2.9496	3.0936	3.1616	3.9	3.90

Tabla 99

Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector D

Derivas (‰) - Dirección Y-Y							
Nivel	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	4.768	4.846	4.526	4.980	5.513	5.029	5.51
Planta 2	5.710	6.151	6.275	6.656	7.870	7.411	7.87
Planta 1	3.756	4.596	5.166	5.018	6.295	5.992	6.30

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Se aprecia que los valores máximos de derivas son de **4.80 ‰** en el eje X y **7.87 ‰** en el eje Y.

4.1.5 Sector E

En este apartado se presentan los resultados para el sector E; la participación modal, las derivas del análisis modal espectral, y las derivas del análisis T-H lineal.

4.1.5.1 Participación Modal

En la Tabla 100, se verifica el resultado, considerando aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, según ítem 2.6.1.4.

Tabla 100

Modal de Modelo Convencional-sector E

Modal	Periodo(seg)	U _X	U _Y	Sum U _X	Sum U _Y
1	0.393	0.0268	0.5677	0.0268	0.5677
2	0.296	0.3854	0.1839	0.4122	0.7517
3	0.232	0.3774	0.0574	0.7896	0.8091
4	0.116	0.0041	0.1079	0.7937	0.917
5	0.087	0.0635	0.0414	0.8571	0.9584
6	0.066	0.1091	0.0111	0.9662	0.9696

Nota. Adaptado de software Etabs.

4.1.5.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico:

a) Mediante el Espectro de Respuesta

En la Tabla 101, las derivas se obtienen la igual que en el sector A, según la norma E.030, en su Art. 31.1

Tabla 101

Deriva por Respuesta Espectral- Sector E

NIVEL	Deriva X-X Δ/hi (‰)	Deriva Y-Y Δ/hi (‰)	Deriva limite (‰)
Planta 3	4.00	5.66	7.000
Planta 2	4.92	7.20	7.000
Planta 1	3.21	4.75	7.000

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

b) Mediante el Análisis de Tiempo Historia

En las Tablas 102 y 103, las derivas se obtienen la igual que en el sector A, según la norma E.030, en su Art. 30.3.2

Tabla 102

Deriva en base Fija T-H Lineal (X) -sector E

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 3	3.722	3.279	5.048	5.988	4.392	4.711	5.99
Planta 2	4.823	4.250	6.656	7.955	5.824	6.123	7.96
Planta 1	3.132	2.760	4.388	5.307	3.844	4.047	5.31

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Se aprecia que los valores máximos de derivas son de **7.96 ‰** en el eje X y **7.61 ‰** en el eje Y.

Tabla 103*Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -sector E*

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 3	4.690	4.086	5.922	5.730	5.368	4.707	5.92
Planta 2	6.109	5.339	7.610	7.511	6.835	6.079	7.61
Planta 1	4.097	3.598	5.018	5.020	4.478	4.066	5.02

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.1.6 Sector E -F

En este apartado se presentan los resultados para el sector E-F; la participación modal, las derivas del análisis modal espectral, y las derivas del análisis T-H lineal.

4.1.6.1 Participación Modal

En la Tabla 104, se verifica el resultado, considerando aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, según ítem 2.6.1.4.

Tabla 104*Modal de Modelo Convencional- Sector E-F*

Modal	Periodo(seg)	U _X	U _Y	Sum U _X	Sum U _Y
1	0.399	0.8008	0.002	0.8008	0.002
2	0.34	0.0078	0.6001	0.8087	0.6021
3	0.226	0.0042	0.2253	0.8128	0.8274
4	0.119	0.1446	0.0008	0.9574	0.8282
5	0.104	0.0037	0.0911	0.9611	0.9193
6	0.067	0.0354	0.0032	0.9965	0.9225

Nota. Adaptado de software Etabs.

4.1.6.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia.

a) Mediante el Espectro de Respuesta

En la Tabla 105, las derivas se obtienen la igual que en el sector A, según la norma E.030, en su Art. 31.1

Tabla 105

Deriva por Respuesta Espectral- Sector E-F

NIVEL	Deriva X-X Δ/hi (‰)	Deriva Y-Y Δ/hi (‰)	Deriva limite (‰)
Planta 3	5.35	4.74	7.000
Planta 2	6.47	6.73	7.000
Planta 1	4.32	4.83	7.000

b) Mediante el Análisis de Tiempo Historia

En las Tablas 106 y 107, las derivas se obtienen la igual que en el sector A, según la norma E.030, en su Art. 30.3.2

Tabla 106

Deriva en base Fija T-H Lineal (X) - Sector E-F

Derivas (‰) - Dirección X-X							
Nivel	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 3	5.184	5.7648	5.7416	5.6024	4.7592	4.864	5.76
Planta 2	6.4536	7.0624	7.0224	6.8888	5.8952	5.7536	7.06
Planta 1	4.3024	4.8136	4.7432	4.6408	4.0328	3.752	4.81

Tabla 107

Deriva en base Fija T-H Lineal (Y) -Sector E-F

Derivas (‰) - Dirección Y-Y							
Nivel	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰) Deriva Max. /1,25
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Planta 3	4.731	4.722	3.246	3.583	3.806	3.395	4.73
Planta 2	6.884	6.844	4.709	5.405	5.606	4.900	6.88
Planta 1	4.934	4.939	3.470	4.048	4.123	3.515	4.94

Se aprecia los valores máximos de derivas son de **7.06 ‰** en eje X y **6.88 ‰** en el eje Y.

4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURA CON DFV.

En este subcapítulo se presentan los resultados del análisis estructural con DFV.

4.2.1 Sector A

En esta sección se presentan los resultados para el sector A; las derivas del análisis del análisis T-H no lineal-FNA, el amortiguamiento efectivo, balance de energía, comportamiento histerético de los DFV, fuerza axial, rigidez del brazo metálico, y la velocidad del DFV.

4.2.1.1 Verificación de Derivas

En las Tablas 108 y 109, las derivas del Análisis dinámico Tiempo Historia no Lineal- FNA, para el sector A; se obtienen de acuerdo a lo que se establece en la norma E.030, en su Art. 30.3.2; “Las distorsiones máximas de entrepiso no exceden de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11 (límites para la distorsión del entrepiso)”. son las derivas obtenidos mediante el análisis T-H de los 3 registros sísmicos y sus 2 componentes ortogonales. Entonces se cumple:

$$(\Delta/h)_{inelast.} (\%) = ((\Delta/h)_{elast.} / 1.25) * 1000$$

Tabla 108

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha = 0.5 (X)$ -Sector A

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						C = 0 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 2	3.266	3.303	2.895	2.604	3.490	3.444	3.49
Planta 1	2.960	2.992	2.590	2.3624	3.066	3.121	3.12

Tabla 109

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha = 0.5 (Y)$ -Sector A

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						C = 100 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 2	3.631	3.616	2.399	2.988	2.639	2.338	3.63
Planta 1	3.456	3.294	1.912	2.195	2.493	1.896	3.46

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Las Tablas 108 y 109, cumplen la norma E.030 (2018) Art. 30.3.1; especifica “si se utiliza menos de 3 juegos de registros, las distorsiones de entrepiso son evaluados a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis”.

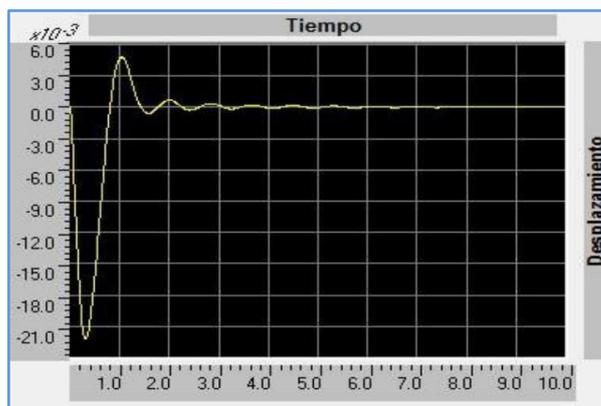
Se aprecia que los valores máximos de derivas para amortiguadores no lineales son de **3.49 %** en el eje X y **3.63 %** en el eje Y. resultados que son menores a la deriva objetivo de **4.6 %**, lo que satisfactoriamente cumple lo propuesto.

4.2.1.2 Verificación de Amortiguamiento efectivo – Vibración libre

Para verificar si el amortiguamiento añadido, hacemos uso de la función pulso como en el caso de amortiguadores no lineales. Se obtiene la siguiente historia de desplazamientos, que se muestra en la Fig. 121.

Figura 121

Decremento logarítmico de Función Pulso (Y) - Sector A



Curva:
Tiempo vs Desplazamiento
–Solicitud de carga: Pulso
–Dispositivos No Lineales.
–Solicitud de carga: Pulso

Nota. software ETABS.

Tabla 110

Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector A

Vibración Libre		
Datos	Dirección Y-Y	Descripción
Ingrese n :	4	numero de ciclos
Ingrese X1	0.051945	primer ciclo
Ingrese X1+n	0.000809	ciclo "n"
δ	4.1621418	decremento logaritmico
β_{eff}	16.56%	amortiguamiento efectivo
β_{inh}	5.00%	amortiguamiento inherente
$\beta_{viscoso}$	11.56%	amortiguamiento viscoso

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

$$\beta_{eff} \text{ yy} = 16.56\%$$

En la Tabla 110, se comprueba positivamente que la estructura tiene un amortiguamiento mayor al amortiguamiento efectivo objetivo que inicialmente planteado fue de 12% en la dirección Y (solo cuenta disipadores en única dirección).

4.2.1.3 Balance de Energía

En la Tabla 111, se puede apreciar la energía disipada por los DFV (ítem 2.5.10).

Tabla 111

Balance de Energía - Sector A

Tipo De Energía	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007	
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S
Energía del Sismo (tn.m)	134.67	135.68	126.05	147.75	126.75	109.98
Energía de DFV (tn.m)	46.95	55.94	57.29	50.06	40.19	49.35
% de Energía Disipada DFV	34.86%	41.23%	45.45%	33.88%	31.71%	44.87%
	Promedio=					38.67%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

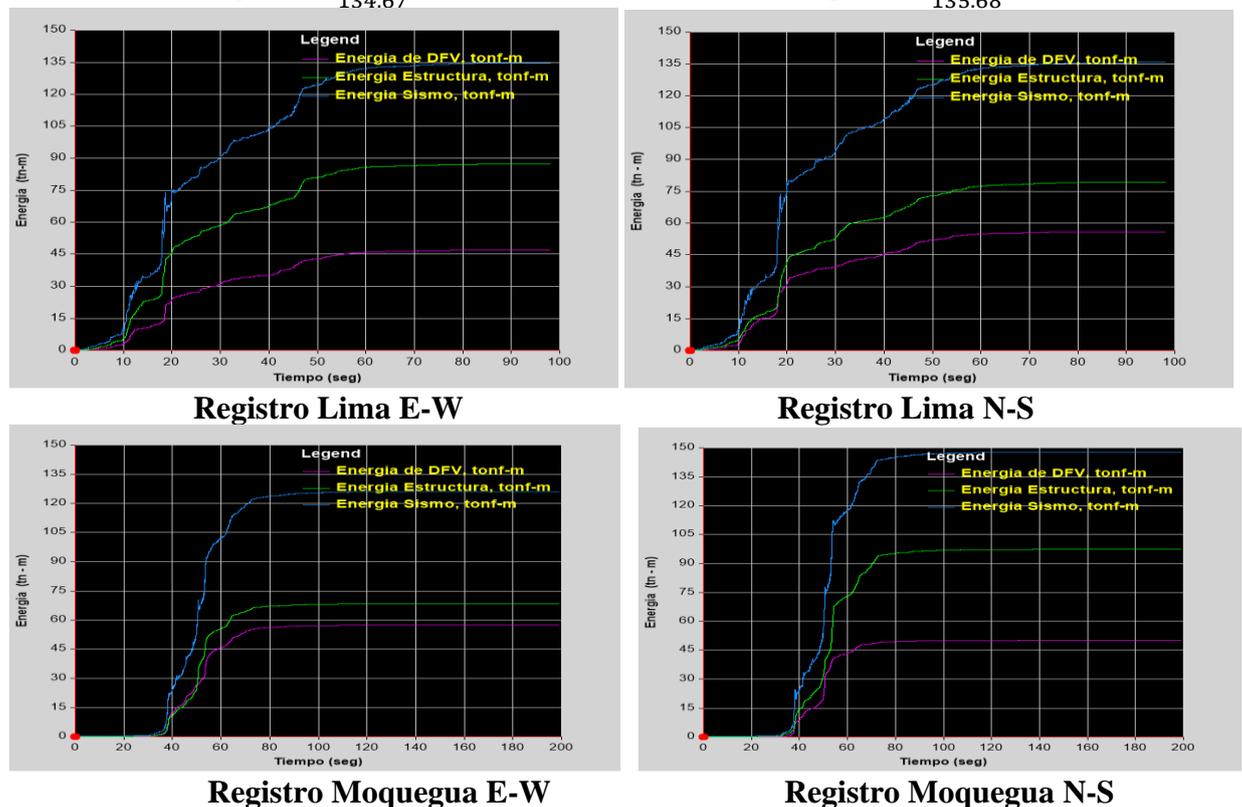
En la Figura 122, se aprecia las curvas de energía, y la cantidad de energía disipada por los DFV, con respecto a la energía del sismo de entrada.

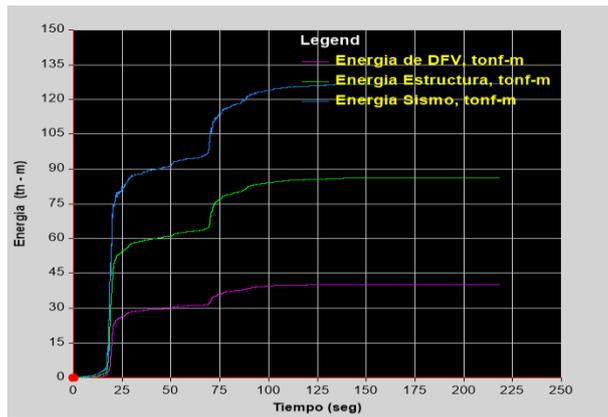
Figura 122

Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector A

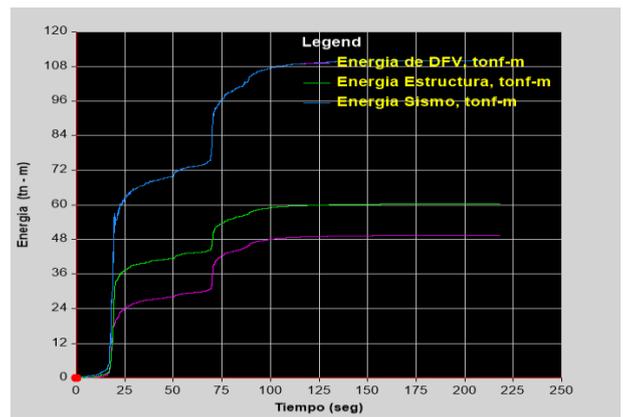
$$\% \text{ de Disipación: } \frac{46.95}{134.67} = 34.86\%$$

$$\% \text{ de Disipación: } \frac{55.94}{135.68} = 41.23\%$$



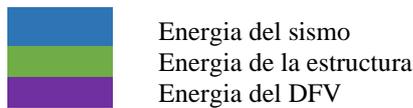


Registro Ica E-W



Registro Ica N-S

Nota. software ETABS.



Ahora podemos evaluar la participación de los dispositivos. Se tiene un promedio

de **38.67%** de la energía del sismo es disipada por el sistema de disipación DFV.

4.2.1.4 Comportamiento Histerético

En la Tabla 112, se muestra los máximos desplazamientos (stroke) de los disipadores para los distintos sismos. El comportamiento histerético se basa en la teoría del ítem 2.4.9.

Tabla 112

Desplazamiento de Disipadores- Sector A

Deformacion de Disipadores " Máximo Stroke" (cm) - Dirección Y-Y									
Piso	Disipador	"C Amort." (ton-s/m)	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		Máximo
			E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Piso 1	K1	100.00	1.32	1.31	0.87	1.08	0.96	0.85	1.32
	K3		1.39	1.38	0.91	1.14	1.02	0.89	1.39
Piso 2	K2		1.42	1.40	0.90	1.15	1.02	0.91	1.42
	K4		1.52	1.51	0.99	1.25	1.11	0.98	1.52
									Máximo= 1.52 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

El máximo stroke; es el máximo desplazamiento que obtenemos en los dispositivos, este dato es empleado para el diseño de la cámara de acumulación.

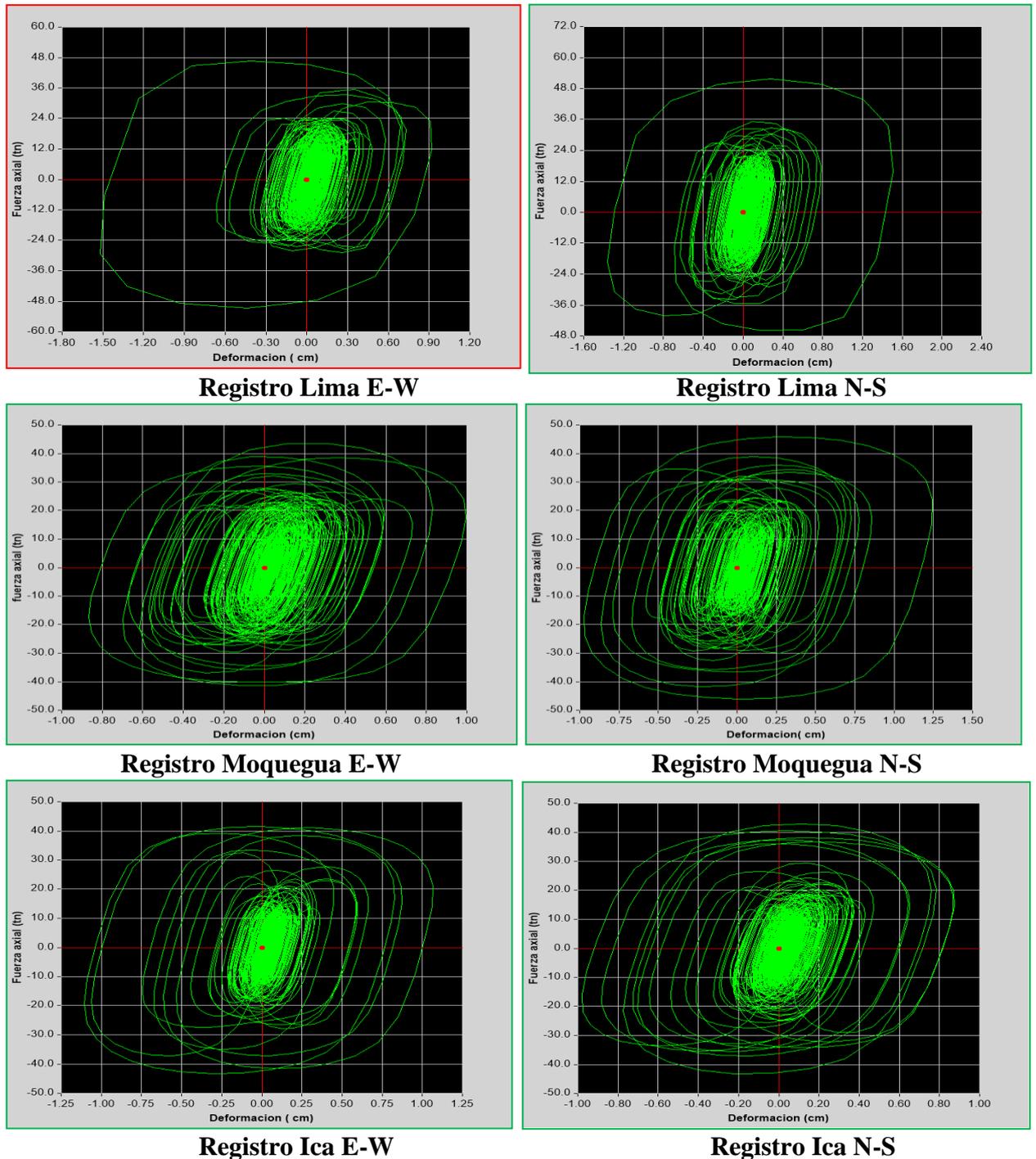
En la Figura 123, se aprecia la curva de histéresis para el DFV, a partir de estos gráficos podemos identificar el comportamiento fuerza desplazamiento del amortiguador.

Se observa una tendencia semi-elíptica

Los gráficos mostrados corresponden al disipador “K4”, del 2° nivel pórtico E.

Figura 123

Curvas de Histéresis DFV no Lineales con $\alpha = 0.50$ (Y) - Sector A



Nota. software ETABS.

4.2.1.5 Fuerza Axial en los disipadores

Se observa la máxima fuerza que desarrollan los disipadores No lineales en la Tabla 113, donde se aprecia que el disipador N° 4 ejerce la mayor fuerza, que a la vez es consecuente porque es donde se produce el mayor stroke (Tabla 112).

Tabla 113

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector A

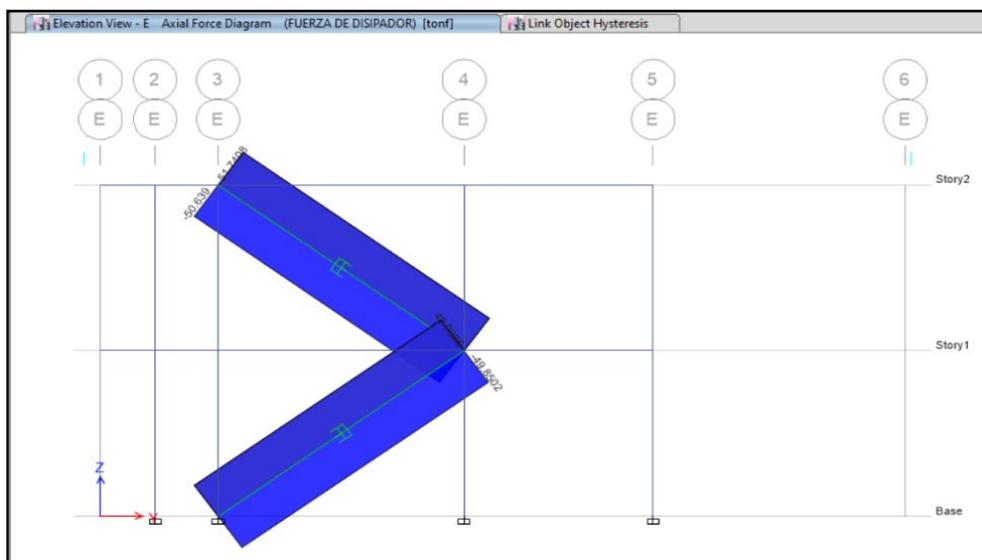
Disipador No Lineal		Dirección Y-Y				$\alpha = 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
Piso 1	K1	-48.25	47.03	-106.37	103.68	110
	K3	-49.85	48.99	-109.90	108.00	
Piso 2	K2	-48.33	49.44	-106.55	108.99	
	K4	-50.63	51.74	-111.62	114.07	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 124, se aprecia las fuerzas desarrolladas por los DFV en el software Etabs.

Figura 124

Fuerza Axial de disipadores DFV (Y) - sector A



Nota. software ETABS.

4.2.1.6 Cálculo de la rigidez del brazo del amortiguador

Considerando la resistencia axial, este debe ser superior a la fuerza de DFV, debido a que los tubos metálicos deben de diseñarse para una condición totalmente elásticos, porque primero debe fallar los DFV y luego los brazos metálicos. La fuerza de

diseño del DFV, es; 50tn (110 kip), ahora que ya estamos en el proceso de diseño definitivo del brazo metálico, deben validarse las expresiones; como se indica (ítem 2.5.8), donde en las Tablas 114 y 115 se observa, el diseño del perfil metálico requerido:

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi F_y A_g > T_u \quad (\text{tensión}) \\ \phi P_n &= \phi F_{cr} A_g > P_u \quad (\text{compresión})\end{aligned}$$

Tabla 114

Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector A

Propiedad	Simbolo	Dirección Y-Y	und
Coefficiente amortiguamiento	"C"	100.00	(ton-s/m)
Perfil del tubo Metálico	As.	HSS 6x 0.500	(Propuesto)
Longitud de Disipador	Ld	42.00	in
Luz del pórtico	Lp	5.85	m
Altura de piso	Ap	4.20	m
Longitud de Brazo Metálico	L	6.13	m
Longitud de Brazo Metálico	L	241.53	in
Módulo de Elasticidad	E	29000	ksi
Área del Perfil Metálico	Ag	8.64	in ²
Radio del Perfil Metálico	r	1.95	in
Esfuerzo de Fluencia	fy	36.0	Ksi
Resistencia en Tensión	fu	50.0	Ksi
Factor de reducción	Ø	0.90	
Rigidez del brazo Metálico	K	18535.90	Tn/m
Fuerza axial DFV (Compresión)	Pu	110.00	Kip
Fuerza axial DFV (Tensión)	Tu	110.00	Kip

Tabla 115

Validación de Resistencia de Brazo Metálico (Y)-Sector A

	Dirección Y-Y
L/r	123.86
Fe	18.66
Fcr	16.05
ØPn (kip)	124.83
ØTn (kip)	279.94
ØPn > Pu	Ok *
ØTn > Tu	Ok *
Perfil As. Optado	HSS 6x 0.500

Nota. * Validación de Resistencia Requerida por Esfuerzos Admisibles. Elaborado por el equipo de trabajo.

$$\begin{aligned}F_e &= \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 * 29000}{\left(\frac{241.53}{1.95}\right)^2} = 18.66ksi \\ F_{cr} &= \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) * F_y = \left(0.658 \frac{36}{18.66}\right) * 36 = 16.05ksi \\ \phi P_n &= \phi F_{cr} A_g = 0.9 * 16.05 * 8.64 = 124.83 kip > 110.00 kip \dots \dots \dots \therefore Ok\end{aligned}$$

$$\phi T_n = \phi F_y A_g = 0.9 * 36 * 8.64 = 279.94 \text{ kip} > 110.00 \text{ kip} \dots \dots \dots \therefore \text{Ok}$$

Con estos valores se comprueba satisfactoriamente que, los fustes de los disipadores cumplen con la resistencia requerida por esfuerzos admisibles. Por lo tanto, la sección circular HSS 6"x 0.50" es la que cumple satisfactoriamente.

4.2.1.7 Velocidad máxima en los disipadores

En este apartado, calculamos la velocidad máxima al que está expuesto los DFV, este valor está dentro de los rangos de aceptables (Tabla 116).

Tabla 116

Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - sector A

Disipador no Lineal		Dirección Y-Y				
Piso	Disipador	Coeficiente Camortiguamiento (ton-s/m)	Coef. de Velocidad (α)	Fuerza de Diseño (kip)	Fuerza de Diseño (tn)	Velocidad Máxima (m/s)
2° Nivel	K4	100.00	0.50	110.00	50	0.249

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.1.8 Elección de amortiguadores en el sistema de control sísmico

En esta sección se presenta, las características y especificadores de los DFV que son fruto del análisis y diseño estructural con DFV, los que se muestran en la Tabla 117.

Tabla 117

Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector A

Características de Disipadores Fluido - Viscoso									
Características de Disipadores							Brazo Metálico		
Eje	Coef. C amort. (ton-s/m)	Coef. de veloc. (α)	Fuerza Axial (kip)	Max. Stroke (cm)	Veloc. Máxima (m/s)	# de DFV (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo de Elastic. (ksi)	F _y (ksi)
Y-Y	4.00	0.50	110	1.52	0.249	4.00	HSS 6x0.500	29000	36
Total						4.00			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

Estas características se deben indicar a los fabricantes de estos dispositivos como, por ejemplo; Taylor Devices. Inc. Los detalles del disipador se encuentran en anexos.

4.2.2 Sector B

En esta sección se presentan los resultados para el sector B; las derivas del análisis del análisis T-H no lineal-FNA, y demás parámetros característicos del DFV.

4.2.2.1 Verificación de Derivas

En las Tablas 118 y 119, las derivas del Análisis dinámico Tiempo Historia no Lineal- FNA para el sector B; se obtienen similarmente que para el sector A. Se cumple.

Tabla 118

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector B

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						C = 200 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 4	0.924	0.665	0.883	1.067	1.400	2.090	2.090
Planta 3	1.444	1.124	1.496	1.775	2.394	3.395	3.395
Planta 2	1.828	1.541	2.053	2.390	3.312	4.451	4.451
Planta 1	1.313	1.072	1.428	1.676	2.300	3.167	3.167

Tabla 119

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) -Sector B

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						C = 150 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 4	0.750	0.934	1.050	0.962	2.107	1.440	2.107
Planta 3	1.164	1.431	1.747	1.606	3.394	2.440	3.394
Planta 2	1.465	1.778	2.265	2.075	4.334	3.177	4.334
Planta 1	1.061	1.275	1.666	1.521	3.161	2.338	3.161

Los valores máximos de derivas para amortiguadores no lineales son de **4.45 %** en el eje X y **4.33 %** en el eje Y. resultados que son menores a la deriva objetivo de **4.60 %**, lo que satisfactoriamente cumple lo propuesto.

4.2.2.2 Verificación de Amortiguamiento efectivo – Vibración libre

Para verificar si el amortiguamiento añadido se cumple del mismo modo en A.

Tabla 120

Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector B

Datos	Vibración Libre		Descripción
	Dirección X-X	Dirección Y-Y	
Ingrese n :	4	4	numero de ciclos
Ingrese X1	15.483375	11.112154	primer ciclo

Ingreso X1+n	0.0074928	0.041817	ciclo "n"
δ	7.6335796	5.5824918	decremento logaritmico
β_{eff}	30.37%	22.21%	amortiguamiento efectivo
β_{inh}	5.00%	5.00%	amortiguamiento inherente
$\beta_{viscoso}$	25.37%	17.21%	amortiguamiento viscoso

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

$$\beta_{eff\ xx} = 30.37\% \quad ; \quad \beta_{eff\ yy} = 22.21\%$$

En la Tabla 120 se presenta los resultados, donde se comprueba positivamente que la estructura tiene un amortiguamiento mayor al amortiguamiento efectivo objetivo que inicialmente planteado fue de 29% y 15% en la dirección X y Y respectivamente.

4.2.2.3 Balance de Energía

En la Tabla 121 se puede apreciar la energía disipada por los DFV (ítem 2.5.10)

Tabla 121

Balance de Energía - Sector B

Tipo De Energía	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007	
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S
Energía del Sismo (tn.m)	332.55	337.43	427.05	439.58	466.71	468.26
Energía de DFV (tn.m)	233.15	235.38	310.19	320.07	327.98	336.49
% de Energía Disipada DFV	70.11%	69.76%	72.64%	72.81%	70.27%	71.86%
	promedio=					71.24%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

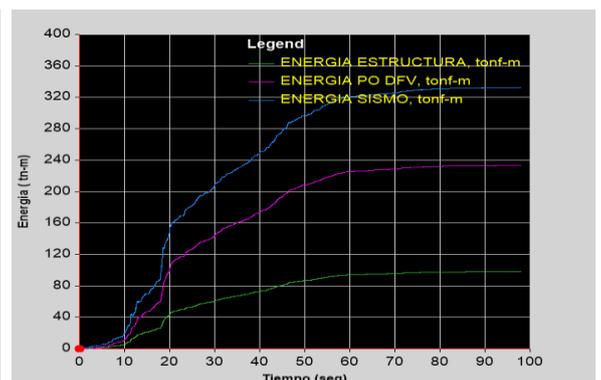
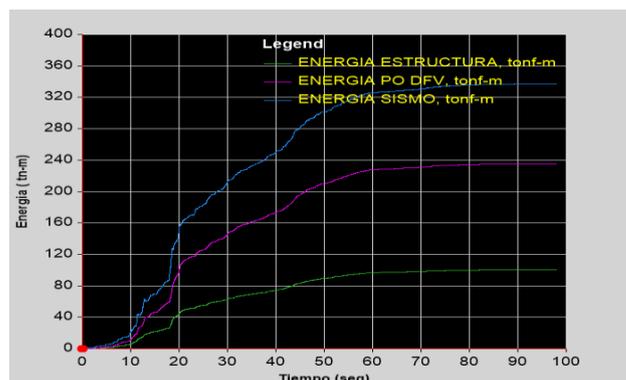
Se tiene un promedio de **71.86%** de la energía del sismo es disipada por DFV. En la Figura 125 se aprecia las curvas de energía y la cantidad de energía disipada por los DFV, con respecto a la energía del sismo de entrada.

Figura 125

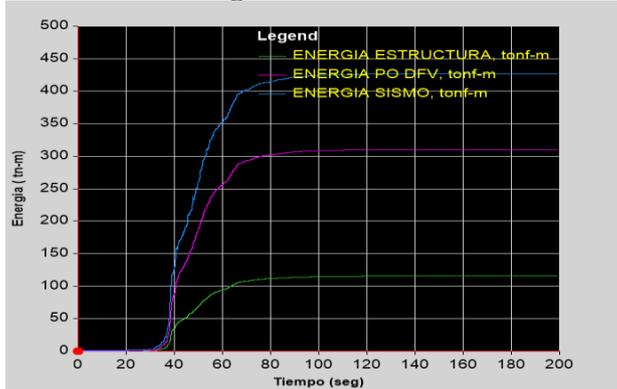
Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector B

$$\% \text{ de Disipación: } \frac{233.55}{332.55} = 70.11\%$$

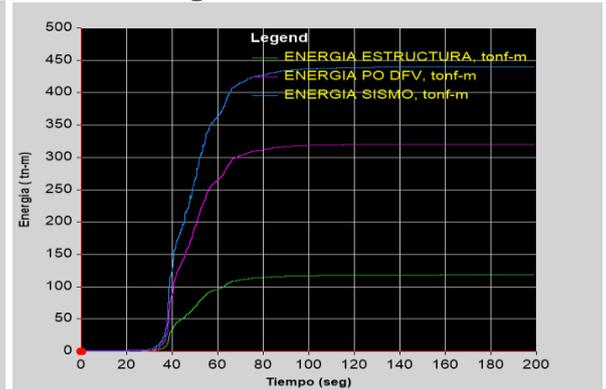
$$\% \text{ de Disipación: } \frac{235.38}{337.43} = 69.76\%$$



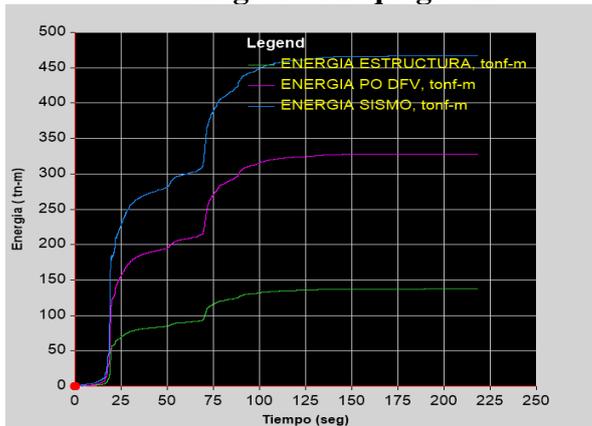
Registro Lima E-W



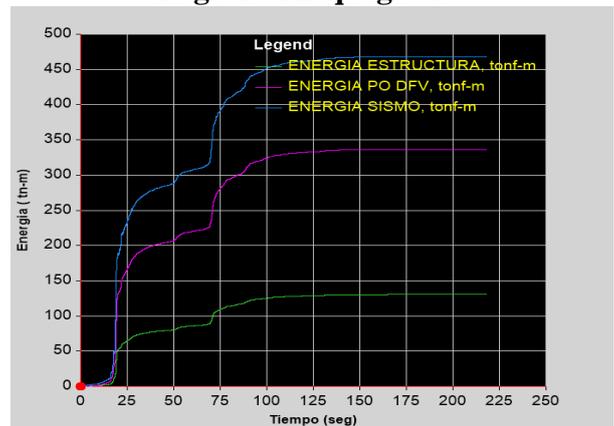
Registro Lima N-S



Registro Moquegua E-W

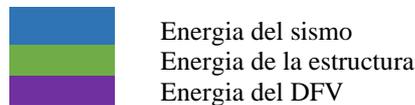


Registro Moquegua N-S



Registro Ica E-W

Nota. software ETABS.



Registro Ica N-S

4.2.2.4 Comportamiento Histerético

En la Tabla 122 se muestra los máximos desplazamientos (stroke) de los disipadores para los distintos sismos. El comportamiento histerético se basa en la teoría del ítem 2.4.9.

Tabla 122

Desplazamiento de Disipadores -sector B

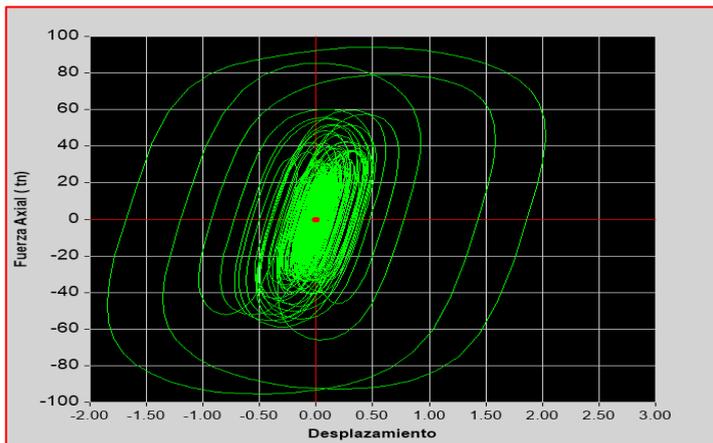
Deformación de Disipadores " Máximo Stroke" (cm)										
Eje	Piso	DFV	"C Amort." (ton-s/m)	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		Máximo
				E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
X-X	1° y 2°	K4	200.00	-0.83	0.66	0.93	-1.07	-1.48	2.03	2.03 cm
	3° y 4°	K6	150.00	-0.69	0.54	0.74	-0.88	-1.17	1.65	1.65 cm
Y-Y	1° y 2°	K28	150.00	0.67	-0.79	1.03	0.91	1.97	-1.45	1.97 cm
	3° y 4°	K30	80.00	0.55	-0.66	0.83	-0.75	1.60	-1.15	1.60 cm

Nota.. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 126, se aprecia la curva de histéresis para el DFV “K4” en la dirección X, a partir de estos gráficos podemos identificar el comportamiento fuerza desplazamiento del amortiguador. Se observa una tendencia semi-elíptica.

Figura 126

Curvas de Histéresis DFV no Lineales (X) - Sector B.



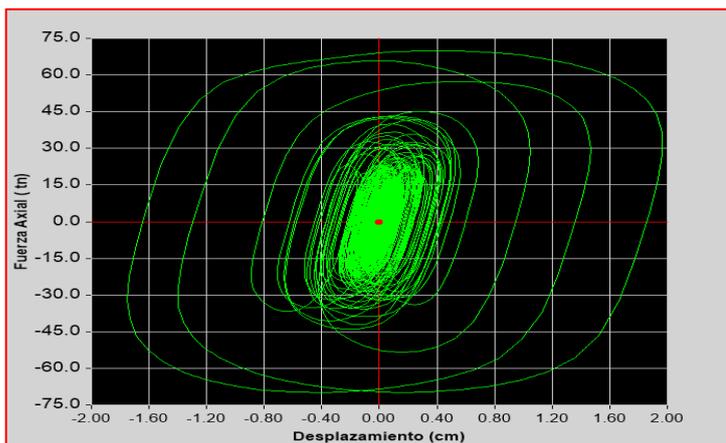
Registro Ica N-S

Nota. corresponden al disipador “K4”, del 2º nivel pórtico 2, en la dirección X. software ETABS.

En la Figura 127, se aprecia la curva de histéresis para el DFV “K28” en la dirección Y.

Figura 127

Curvas de Histéresis DFV no Lineales (Y) - Sector B.



Registro Ica E-W

Nota. corresponden al disipador “K37”, del 2º nivel pórtico G, en la dirección Y. software ETABS.

4.2.2.5 Fuerza Axial en los disipadores

En las Tablas 123 y 124, se observa la máxima fuerza que desarrollan los disipadores no lineales.

Tabla 123

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector B

Disipador No Lineal		Dirección X-X				$\alpha= 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1° y 2°	K1	-78.16	79.28	-172.31	174.78	220
	K2	-79.31	78.19	-174.85	172.38	
	K3	-94.11	95.25	-207.47	209.99	
	K4	-95.61	93.99	-210.78	207.21	
	K9	-36.58	39.48	-80.64	87.04	
	K10	-44.79	41.98	-98.74	92.55	
	K11	-56.89	59.09	-125.42	130.27	
	K12	-62.53	60.56	-137.85	133.51	
3° y 4°	K5	-63.43	64.07	-139.84	141.25	165
	K6	-64.21	63.40	-141.56	139.77	
	K7	-50.21	50.56	-110.69	111.46	
	K8	-50.49	50.08	-111.31	110.41	
	K13	-43.60	44.64	-96.12	98.41	
	K14	-46.77	45.82	-103.11	101.01	
	K15	-38.78	40.36	-85.49	88.98	
	K16	-42.66	41.15	-94.05	90.72	

Tabla 124

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector B

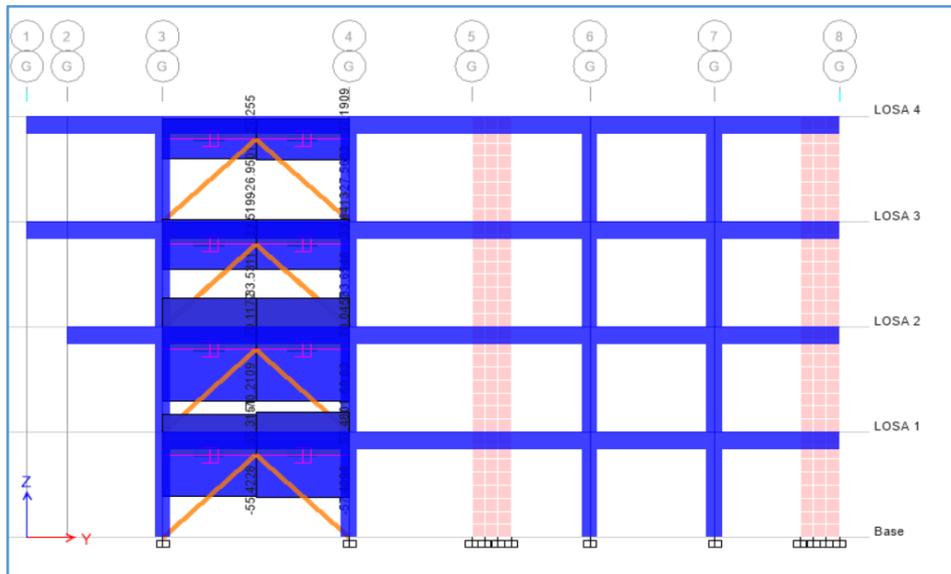
Disipador No Lineal		Dirección Y-Y				$\alpha= 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1° y 2°	K17	-44.90	45.68	-98.99	100.71	165
	K18	-47.36	46.52	-104.41	102.56	
	K19	-56.14	57.07	-123.77	125.82	
	K20	-57.36	56.32	-126.46	124.16	
	K25	-55.42	55.32	-122.18	121.96	
	K26	-57.41	57.48	-126.57	126.72	
	K27	-70.01	70.02	-154.34	154.37	
	K28	-69.83	70.05	-153.95	154.43	
3° y 4°	K21	-27.90	28.23	-61.51	62.24	110
	K22	-28.39	28.01	-62.59	61.75	
	K23	-23.59	23.98	-52.01	52.87	
	K24	-24.35	23.92	-53.68	52.73	
	K29	-33.53	33.52	-73.92	73.90	
	K30	-33.65	33.64	-74.18	74.16	
	K31	-26.95	27.25	-59.41	60.07	
	K32	-27.56	27.19	-60.76	59.94	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

En la Fig. 128, se aprecia las fuerzas desarrolladas por los DFV, en el software Etabs.

Figura 128

Fuerza Axial de disipadores DFV (X) - sector B



Nota. software ETABS.

4.2.2.6 Cálculo de la rigidez del brazo del amortiguador

Tomando las mismas consideraciones en el sector A, en las Tablas 125 y 126 se observa, el diseño del brazo metálico y el perfil requerido.

Tabla 125

Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector B

Propiedad	Simbolo	Eje X-X	Eje X-X	Eje Y-Y	Eje Y-Y	und
Coefficiente amortiguamiento	"C"	200.00	150.00	150.00	80.00	(ton-s/m)
Perfil del tubo Metálico	As.	HSS 7.5x 0.500	HSS 7.5x 0.325	HSS 7.5x 0.325	HSS7.5x 0.312	Propuesto
Longitud de Disipador	Ld	48.75	47.00	47.00	42.00	in
Luz del pórtico	Lp	6.00	6.00	7.10	7.10	m
Altura de piso	Ap	0.00	0.00	0.00	0.00	m
Longitud de Brazo Metálico	L	4.76	4.81	5.91	6.03	m
Longitud de Brazo Metálico	L	187.47	189.22	232.53	237.53	in
Módulo de Elasticidad	E	29000	29000	29000	29000	ksi
Área del Perfil Metálico	Ag	11.0	8.39	8.39	7.05	in ²
Radio del Perfil Metálico	r	2.48	2.52	2.52	2.54	in
Esfuerzo de Fluencia	fy	36.0	36.0	36.0	36.0	Ksi
Resistencia en Tensión	fu	50.0	50.0	50.0	50.0	Ksi
Factor de reducción	Ø	0.90	0.90	0.90	0.90	
Rigidez del brazo Metálico	K	30403.51	22975.12	18696.12	15379.39	Tn/m
Fuerza axial DFV (Compresión)	Pu	220.00	165.00	165.00	110.00	Kip
Fuerza axial DFV (Tensión)	Tu	220.00	165.00	165.00	110.00	Kip

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 126

Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector B

Valor	1° y 2° Nivel	3° y 4° Nivel	1° y 2° Nivel	3° y 4° Nivel
	Dirección X-X	Dirección X-X	Dirección Y-Y	Dirección Y-Y
L/r	75.59	75.09	92.27	93.51
Fe	50.09	50.76	33.62	32.73
Fcr	26.65	26.75	23.00	22.72
ØPn (kip)	263.81	202.02	173.64	144.14
ØTn (kip)	356.40	271.84	271.84	228.42
ØPn > Pu	Ok*	Ok	Ok	Ok
ØTn > Tu	Ok	Ok	Ok	Ok
Perfil As. Optado	HSS 7.5x 0.500	HSS 7.5x 0.325	HSS 7.5x 0.325	HSS 7.5x 0.312

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

* Validación de Resistencia Requerida por Esfuerzos Admisibles.

4.2.2.7 Velocidad máxima en los disipadores

En la Tabla 127, calculamos la velocidad máxima, al que está expuesto los DFV.

Tabla 127

Velocidad máxima en los disipadores DFV - sector B

Eje	Piso	Disipador	Coefficiente Camort. (ton-s/m)	Coeff. de Velocidad (α)	Fuerza de Diseño (kip)	Fuerza de Diseño (tn)	Velocidad Máxima (m/s)
X-X	1°-2°	K4	200.00	0.50	220.00	100	0.249
	3°-4°	K6	150.00	0.50	165.00	75	0.249
Y-Y	1°-2°	K28	150.00	0.50	165.00	75	0.249
	3°-4°	K30	80.00	0.50	110.00	50	0.389

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.2.8 Elección de amortiguadores en el sistema de control sísmico

En esta sección se presenta, las características y especificadores de los DFV que son fruto del análisis y diseño estructural con DFV, los que se muestran en la Tabla 128.

Tabla 128

Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector B

Características De Disipadores Fluido - Viscoso									
Características de Disipadores							Brazo Metálico		
Eje	Coef. C amort. (ton-s/m)	Coef. de veloc. (α)	Fuerza Axial (kip)	Max. Stroke (cm)	Veloc. Máxim a (m/s)	# de DFV (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo Elastic. (ksi)	F _y (ksi)
X-X	200	0.50	220.00	2.03	0.249	8.00	HSS 7.5x 0.500	29000	36.0
	150	0.50	165.00	1.65	0.249	8.00	HSS 7.5x 0.325	29000	36.0
Y-Y	150	0.50	165.00	1.97	0.249	8.00	HSS 7.5x 0.325	29000	36.0
	80	0.50	110.00	1.60	0.389	8.00	HSS 7.5x 0.312	29000	36.0
Total						32.00			

Estas características se deben indicar a los fabricantes de estos dispositivos como, por ejemplo; Taylor Devices. Inc. Los detalles del disipador se encuentran en anexos.

4.2.3 Sector C

En esta sección se presentan los resultados para el sector C; las derivas del análisis del análisis T-H no lineal-FNA, y demás parámetros característicos del DFV.

4.2.3.1 Verificación de Derivas

En las Tablas 129 y 130 se presentan, las derivas del Análisis dinámico Tiempo Historia no Lineal- FNA para el sector C; se obtienen similarmente que para el sector A.

Tabla 129

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector C

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						C = 0 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 2	3.468	4.023	3.251	2.502	3.068	3.068	4.023
Planta 1	3.968	4.617	3.771	2.990	3.629	3.629	4.618

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 130

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector C

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						C = 250 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 2	2.878	3.413	2.364	2.803	3.446	3.446	3.446
Planta 1	3.380	3.988	2.870	3.386	4.188	4.188	4.188

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

los valores máximos de derivas de DFV no lineales son **4.618‰** en el eje X y **4.19‰** en el eje Y. resultados que son razonables a la deriva objetivo de **4.6‰**, lo que satisfactoriamente cumple lo propuesto.

4.2.3.2 Verificación de Amortiguamiento efectivo – Vibración libre

Para verificar si el amortiguamiento añadido, hacemos uso de la función pulso.

Tabla 131

Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector C

Datos	Vibración Libre	
	Dirección Y-Y	Descripción
Ingrese n :	3	numero de ciclos
Ingrese X1	3.067827	primer ciclo
Ingrese X1+n	0.123301	ciclo "n"
δ	3.2140963	decremento logaritmico
β_{eff}	17.05%	amortiguamiento efectivo
β_{inh}	5.00%	amortiguamiento inherente
$\beta_{viscoso}$	12.05%	amortiguamiento viscoso

V Elaborado por el equipo de trabajo.

Entonces se cumple: β_{eff} yy =17.05%

Con la Tabla 131, se comprueba positivamente que la estructura tiene amortiguamiento mayor al amortiguamiento efectivo objetivo que inicialmente planteado es de 16% en dirección Y.

4.2.3.3 Balance de Energía

En la Tabla 132, se puede apreciar la energía disipada por los DFV (ítem 2.5.10)

Tabla 132

Balance de Energía - Sector C

Tipo De Energía	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007	
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S
Energía del Sismo (tn.m)	237.76	239.27	220.18	237.09	219.11	219.11
Energía de DFV(tn.m)	86.90	90.69	94.14	84.35	76.16	76.16
% de Energía Disipada DFV	36.55%	37.90%	42.75%	35.58%	34.76%	34.76%
	promedio=					37.05%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

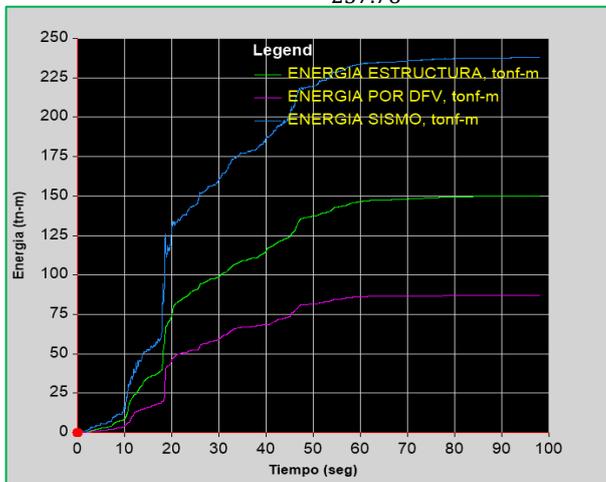
En la Figura 129 se aprecia las curvas de energía y la cantidad de energía disipada por los DFV, con respecto a la energía del sismo de entrada.

Figura 129

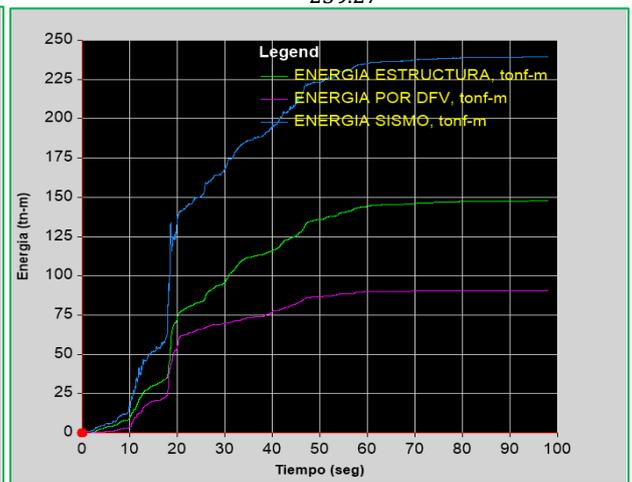
Curvas de Balance Energético de cada Registro – Sector C

$$\% \text{ de Disipación: } \frac{86.90}{237.76} = 36.55\%$$

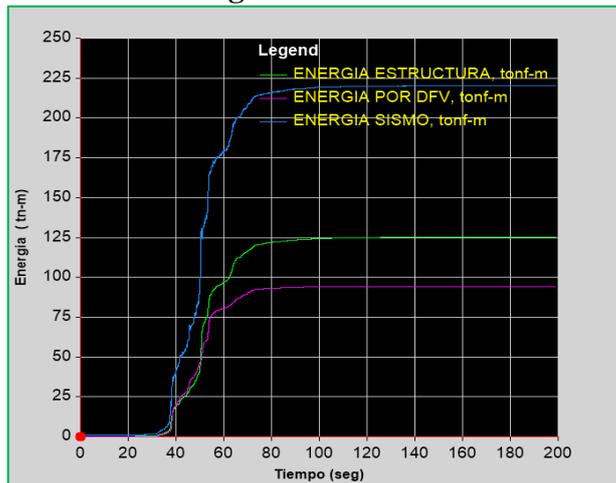
$$\% \text{ de Disipación: } \frac{90.69}{239.27} = 37.90\%$$



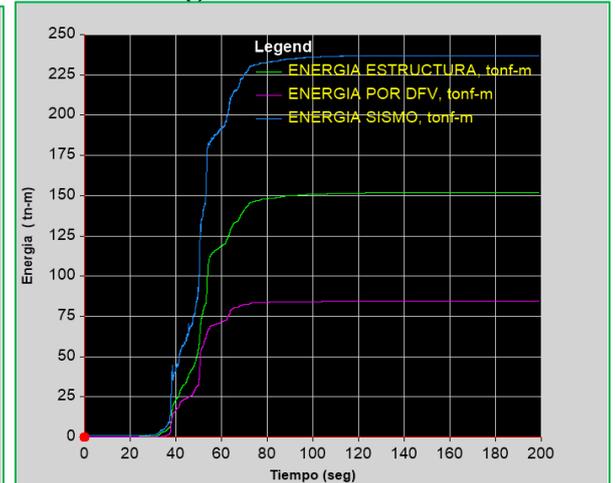
Registro Lima E-W



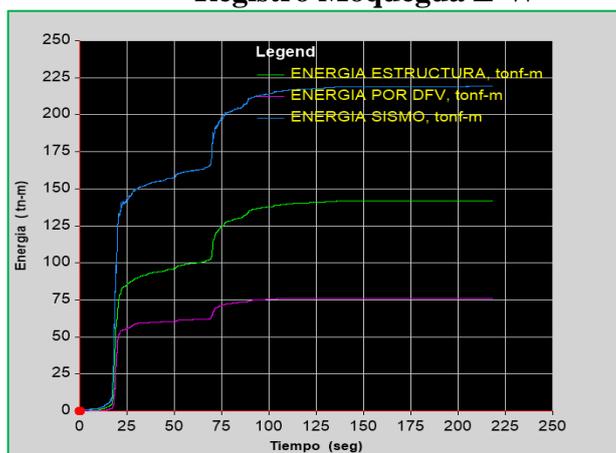
Registro Lima N-S



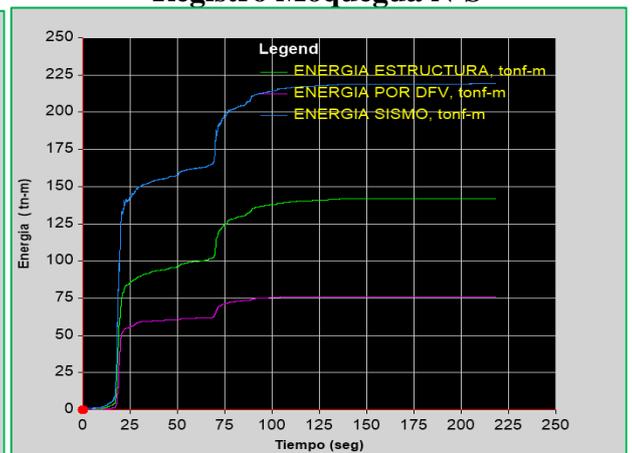
Registro Moquegua E-W



Registro Moquegua N-S

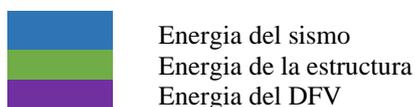


Registro Ica E-W



Registro Ica N-S

Nota. software ETABS.



4.2.3.4 Comportamiento Histerético

En la Tabla 133 se muestra los máximos desplazamientos (stroke) de los disipadores para los distintos sismos. El comportamiento histerético se basa en la teoría del ítem 2.4.9.

Tabla 133

Desplazamiento de Disipadores (Y) -sector C

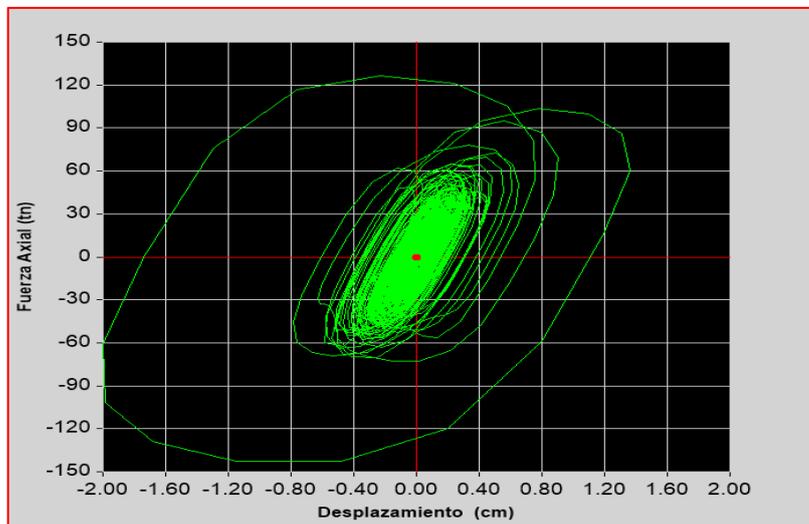
Deformacion de Disipadores " Máximo Stroke" (cm) - Direccion Y-Y										
Eje	Piso	DFV	"C Amort." (ton-s/m)	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		Máximo
				E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Y-Y	1° y 2°	K2	250.00	1.99	1.60	1.15	1.36	1.70	1.69	1.99 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 130 se aprecia la curva de histéresis para el DFV "K2". A partir de estos gráficos se puede identificar el comportamiento fuerza desplazamiento del amortiguador. Se observa una tendencia semi-elíptica.

Figura 130

Curvas de Histéresis DFV no Lineales (Y) - Sector C



Registro Lima E-W

Nota. Corresponden al disipador "K2", del 1° nivel pórtico G, en la dirección Y. software ETABS.

4.2.3.5 Fuerza Axial en los disipadores

En la Tabla 134 se observa la máxima fuerza que desarrollan los disipadores no lineales.

Tabla 134

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector C

Disipador No Lineal		Dirección Y-Y				$\alpha = 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1°	K1	-106.51	117.07	-234.82	258.10	
	K2	-142.63	131.37	-314.44	289.62	
2°	K3	-123.89	112.6758	-273.13	248.40	330
	K4	-120.67	131.63	-266.03	290.18	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.3.6 Cálculo de la rigidez del brazo del amortiguador

Tomando las mismas consideraciones en el sector A, en las Tablas 135 y 136 se observa, el diseño del brazo metálico y el perfil requerido.

Tabla 135

Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector C

Propiedad	Símbolo	Eje Y-Y	und
Coefficiente amortiguamiento	"C"	250.00	(ton-s/m)
Perfil del tubo Metálico	As.	HSS 8.625x 0.625	Propuesto
Longitud de Disipador	Ld	51.75	in
Luz del pórtico	Lp	4.90	m
Altura de piso	Ap	4.20	m
Longitud de Brazo Metálico	L	5.14	m
Longitud de Brazo Metálico	L	202.33	in
Módulo de Elasticidad	E	29000	ksi
Área del Perfil Metálico	Ag	15.70	in ²
Radio del Perfil Metálico	r	2.84	in
Esfuerzo de Fluencia	fy	36.0	Ksi
Resistencia en Tensión	fu	50.0	Ksi
Factor de reducción	Ø	0.90	
Rigidez del brazo Metálico	K	40206.76	Tn/m
Fuerza axial DFV (Compresión)	Pu	330.00	Kip
Fuerza axial DFV (Tensión)	Tu	330.00	Kip

Tabla 136

Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector C

Valor	Dirección Y-Y
L/r	71.24
Fe	56.39
Fcr	27.56
ØPn (kip)	389.40
ØTn (kip)	508.68
ØPn > Pu	Ok*
ØTn > Tu	Ok*
Perfil As. Optado	HSS 8.625x 0.625

Nota. * Validación de Resistencia Requerida por Esfuerzos Admisibles.

4.2.3.7 Velocidad máxima en los disipadores

En este apartado se calcula la velocidad máxima al que está expuesto los DFV, este valor está dentro de los rangos de aceptables (referencia Tabla 137).

Tabla 137

Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - sector C

Eje	Piso	Disipador	Coeficiente Camort. (ton-s/m)	Coef. de Velocidad (α)	Fuerza de Diseño (kip)	Fuerza de Diseño (tn)	Velocidad Máxima (m/s)
Y-Y	1°-2°	K2	250.00	0.50	330.00	150	0.359

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.3.8 Elección de amortiguadores en el sistema de control sísmico

En esta sección se presenta, las características y especificadores de los DFV que son fruto del análisis y diseño estructural con DFV (Tabla 138).

Tabla 138

Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector C

Características De Disipadores Fluido - Viscoso									
Características de Disipadores							Brazo Metálico		
Eje	Coef. C amort. (ton-s/m)	Coef. de veloc. (α)	Fuerza Axial (kip)	Max. Stroke (cm)	Veloc. Máxima (m/s)	# de DFV (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo Elastic. (ksi)	F _y (ksi)
Y-Y	250	0.50	330.00	1.99	0.359	4.00	HSS 8.625x 0.625	29000	36
Total						4.00			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

Estas características se deben indicar a los fabricantes de estos dispositivos como, por ejemplo; Taylor Devices. Inc. Los detalles del disipador se encuentran en anexos.

4.2.4 Sector D

En esta sección se presentan los resultados para el sector D; las derivas del análisis del análisis T-H no lineal-FNA y demás parámetros característicos del DFV.

4.2.4.1 Verificación de Derivas

En las Tablas 139 y 140 se presentan, las derivas del Análisis dinámico Tiempo Historia no Lineal- FNA, para el sector D; se obtienen similarmente que para el sector A.

Tabla 139

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector D

Nivel	Derivas (%) - Dirección X-X						C = 80 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (%)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	2.975	2.236	0.919	1.252	1.428	1.579	2.98
Planta 2	4.571	3.440	1.466	2.001	2.358	2.585	4.57
Planta 1	3.791	2.888	1.267	1.736	2.139	2.322	3.79

Tabla 140

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) -Sector D

Nivel	Derivas (%) - Dirección Y-Y						C = 150 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (%)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	2.723	3.529	1.718	1.105	2.217	2.043	3.53
Planta 2	4.029	4.600	2.538	1.716	3.436	3.298	4.60
Planta 1	3.692	4.042	2.296	1.614	3.146	3.045	4.04

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

los valores máximos de derivas para amortiguadores no lineales son de **4.57 %** en el eje X y **4.60 %** en el eje Y. resultados que son menores a la deriva objetivo de **4.60 %**, lo que satisfactoriamente cumple lo propuesto.

4.2.4.2 Verificación de Amortiguamiento efectivo – Vibración libre

Para verificar el amortiguamiento añadido se hace uso de la función pulso.

Tabla 141

Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector D

Datos	Vibración Libre		Descripción
	Dirección X-X	Dirección Y-Y	
Ingrese n :	4	4	numero de ciclos
Ingrese X1	15.483375	11.112154	primer ciclo
Ingrese X1+n	0.0074928	0.041817	ciclo "n"
δ	7.6335796	5.5824918	decremento logaritmico
β_{eff}	30.37%	22.21%	amortiguamiento efectivo
β_{inh}	5.00%	5.00%	amortiguamiento inherente
$\beta_{viscoso}$	25.37%	17.21%	amortiguamiento viscoso

$$\beta_{eff} \text{ xx} = 12.97 \% \quad ; \quad \beta_{eff} \text{ yy} = 29.31\%$$

En la Tabla 141 se comprueba positivamente que la estructura tiene un amortiguamiento efectivo mayor de 8% en la dirección X y 27% en la dirección Y.

4.2.4.3 Balance de Energía

En la Tabla 142 se puede apreciar la energía disipada por los DFV (ítem 2.5.10)

Tabla 142

Balance de Energía - Sector D

Tipo De Energía	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007	
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S
Energía del Sismo (tn.m)	452.75	445.12	270.56	258.43	267.88	274.33
Energía de DFV (tn.m)	281.69	287.32	183.05	168.53	176.54	181.68
% de Energía Disipada DFV	62.22%	64.55%	67.66%	65.21%	65.90%	66.23%
	promedio=					65.29%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

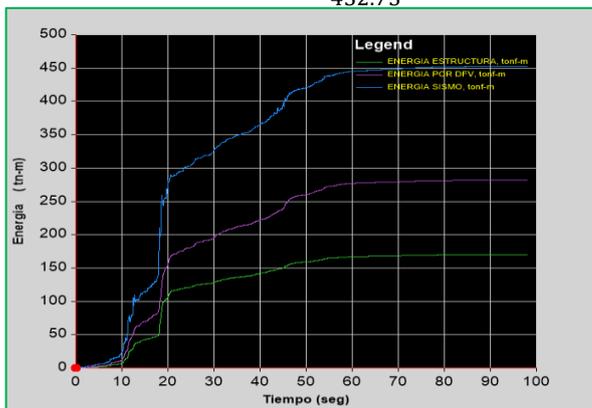
En la Figura 131 se aprecia las curvas de energía, y la cantidad de energía disipada por los DFV, con respecto a la energía del sismo de entrada.

Figura 131

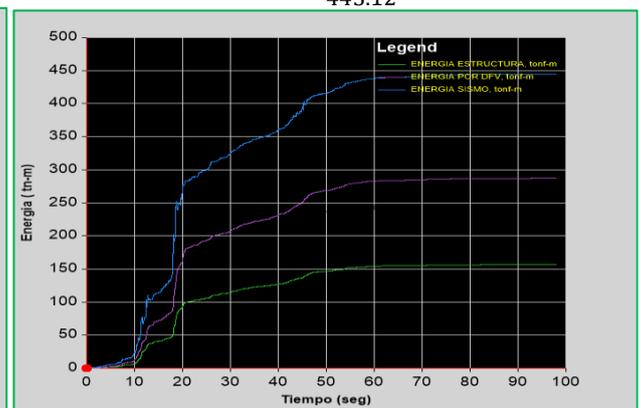
Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector D

$$\% \text{ de Disipación: } \frac{281.69}{452.75} = 62.22\%$$

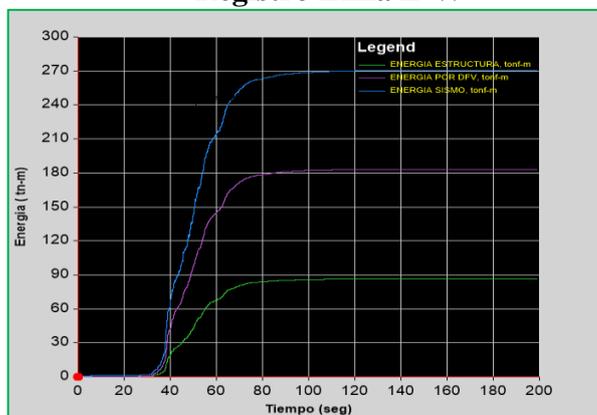
$$\% \text{ de Disipación: } \frac{287.32}{445.12} = 64.55\%$$



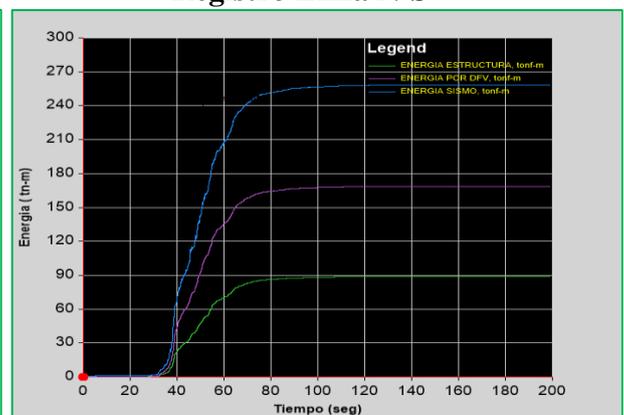
Registro Lima E-W



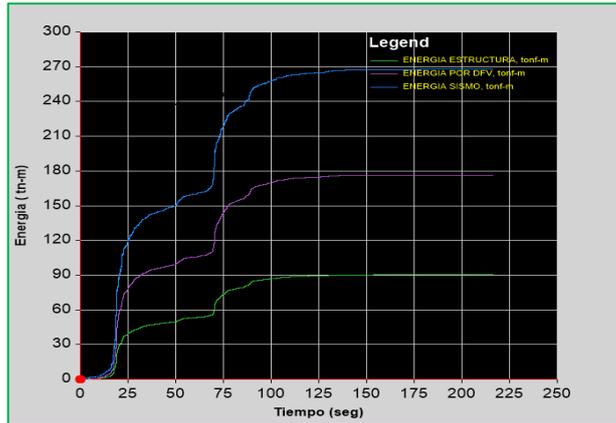
Registro Lima N-S



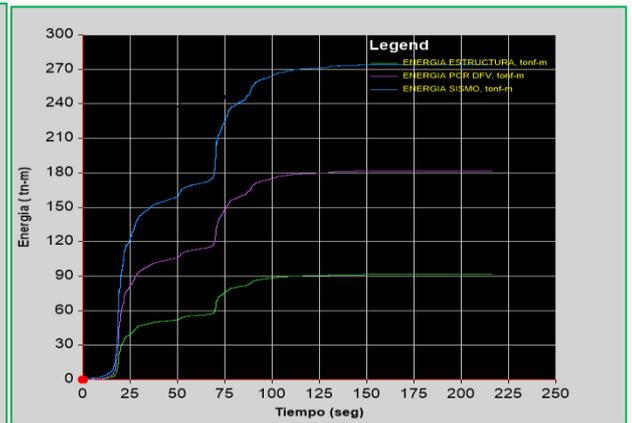
Registro Moquegua E-W



Registro Moquegua N-S

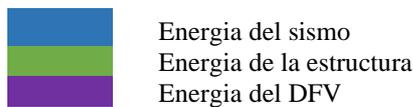


Registro Ica E-W



Registro Ica N-S

Nota. software ETABS.



Ahora se evalúa la participación de los Dispositivos. Se tiene un promedio de **65.29%** de la energía del sismo es disipada por el sistema de disipación DFV.

4.2.4.4 Comportamiento Histerético

En la Tabla 143 se muestra los máximos desplazamientos (stroke) de los disipadores para los distintos sismos. El comportamiento histerético se basa en la teoría del ítem 2.4.9.

Tabla 143

Desplazamiento de Disipadores -sector D

Deformación de Disipadores "Máximo Stroke" (cm)										
Eje	Piso	DFV	"C Amort." (ton-s/m)	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		Máximo
				E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
X-X	1° - 3°	K4	80.00	2.12	-1.63	-0.68	0.91	1.08	1.20	2.12 cm
Y-Y	1° - 3°	K9	150.00	-1.73	1.96	1.08	0.72	1.45	1.39	1.96 cm

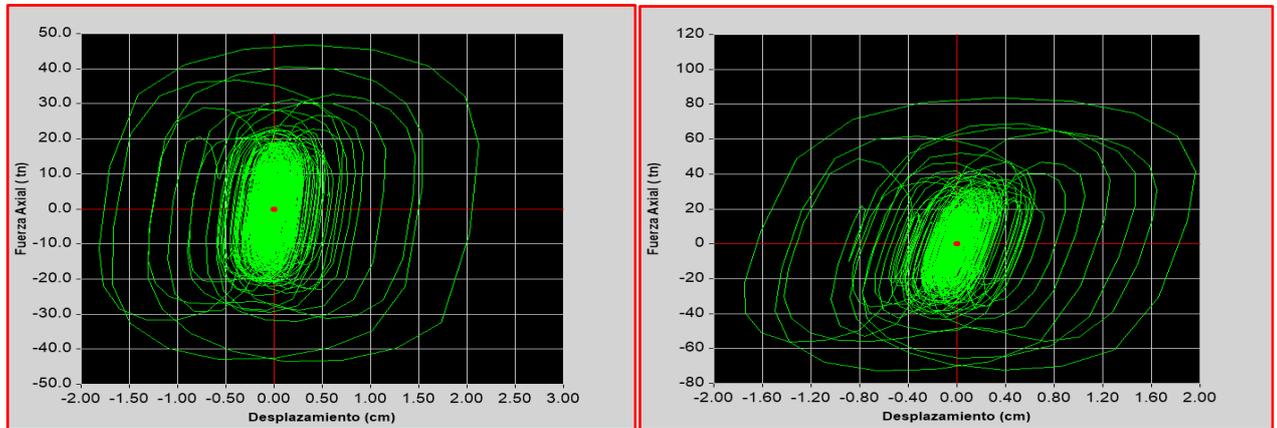
Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 132 se aprecia la curva de histéresis para el DFV "K4" en la dirección X y "K9" en la dirección Y. A partir de estos gráficos se puede identificar el comportamiento fuerza desplazamiento del amortiguador. Se observa una tendencia semi-elíptica, el cual es propio de DFV no lineales. Estas curvas por su puesto se verifican para

los disipadores que desarrollan las máximas fuerzas en cada dirección, y en consecuencia son los que tiene los mayores strokes.

Figura 132

Curvas de Histéresis DFV no Lineales - Sector D



Registro Lima E-W ("K4" eje X-X)

Registro Lima N-S ("K9" eje Y-Y)

Nota. Corresponden a DFV "K4", 2° nivel pórtico 4 (X) - "K9", 2° nivel pórtico B(Y). software ETABS.

4.2.4.5 Fuerza Axial en los disipadores

En las Tablas 144 y 145 se observa la máxima fuerza que desarrollan los disipadores no lineales.

Tabla 144

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- Sector D

Disipador No Lineal		Dirección Y-Y				$\alpha= 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1°	K7	78.64	75.59	173.37	166.64	
	K8	75.06	78.45	165.48	172.95	
	K13	45.92	49.28	101.23	108.64	
	K14	47.78	44.53	105.34	98.17	
2°	K9	78.28	83.78	172.57	184.70	
	K10	83.61	78.18	184.33	172.35	220
	K15	60.12	57.48	132.54	126.72	
	K16	57.60	60.18	126.98	132.67	
3°	K11	73.68	65.22	162.43	143.78	
	K12	65.01	73.64	143.32	162.35	
	K17	58.11	50.16	128.11	110.58	
	K18	50.01	57.93	110.25	127.71	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 145

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector D

Piso	Disipador	Dirección X-X				$\alpha = 0.50$ Fuerza De Diseño (kip)
		Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1°	K1	33.95	31.54	74.85	69.53	
	K2	40.16	37.37	88.54	82.39	
2°	K3	36.81	39.66	81.15	87.43	
	K4	43.52	46.80	95.94	103.17	110
3°	K5	34.55	32.10	76.17	70.77	
	K6	38.17	35.51	84.15	78.28	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.4.6 Cálculo de la rigidez del brazo del amortiguador

En las Tablas 146 y 147 se observa, el diseño del brazo metálico:

Tabla 146

Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector D

Propiedad	Simbolo	Eje X-X	Eje Y-Y	und
Coficiente amortiguamiento	"C"	80.00	150.00	(ton-s/m)
Perfil del tubo Metálico	As.	HSS 7.5x 0.375	HSS 7.5x 0.500	Propuesto
Longitud de Disipador	Ld	42.00	48.75	in
Luz del pórtico	Lp	7.20	6.00	m
Altura de piso	Ap	4.20	4.20	m
Longitud de Brazo Metálico	L	7.27	6.09	m
Longitud de Brazo Metálico	L	286.17	239.59	in
Módulo de Elasticidad	E	29000	29000	ksi
Área del Perfil Metálico	Ag	8.39	11.00	in ²
Radio del Perfil Metálico	r	2.52	2.52	in
Esfuerzo de Fluencia	fy	36.0	36.0	Ksi
Resistencia en Tensión	fu	50.0	50.0	Ksi
Factor de reducción	Ø	0.90	0.90	
Rigidez del brazo Metálico	K	15191.65	23789.26	Tn/m
Fuerza axial DFV (Compresión)	Pu	110.00	220.00	Kip
Fuerza axial DFV (Tensión)	Tu	110.00	220.00	Kip

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 147

Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector D

Valor	Dirección X-X	Dirección Y-Y
L/r	113.56	95.08
Fe	22.20	31.66
Fcr	18.26	22.37
ØPn (kip)	137.87	221.44
ØTn (kip)	271.84	356.40
ØPn > Pu	Ok	Ok*
ØTn > Tu	Ok	Ok*
Perfil As. Optado	HSS 7.5x 0.375	HSS 7.5x 0.500

4.2.4.7 Velocidad máxima en los disipadores

En este apartado se calcula la velocidad máxima al que está expuesto los DFV, este valor está dentro de los rangos de aceptables (Tabla 148).

Tabla 148

Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - Sector D

Eje	Piso	Disipador	Coficiente Camort. (ton-s/m)	Coef. de Velocidad (α)	Fuerza de Diseño (kip)	Fuerza de Diseño (tn)	Velocidad Máxima (m/s)
X-X	1°-3°	K4	80.00	0.50	110.00	50	0.389
Y-Y	1°-3°	K9	150.00	0.50	220.00	100	0.443

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.4.8 Selección de amortiguadores en el sistema de control sísmico

En esta sección se presenta las características y especificadores de los DFV que son fruto del análisis y diseño estructural con DFV, los que se muestran en la Tabla 149.

Tabla 149

Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector D

Características De Disipadores Fluido - Viscoso									
Características de Disipadores							Brazo Metalico		
Eje	Coef. C amort. (ton-s/m)	Coef. de veloc. (α)	Fuerza Axial (kip)	Max. Stroke (cm)	Veloc. Máxim a (m/s)	# de DFV (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo Elastic. (ksi)	F _y (ksi)
X-X	80	0.50	110.00	2.12	0.389	6.00	HSS 7.5x 0.375	29000	36.0
Y-Y	150	0.50	220.00	1.96	0.443	12.00	HSS 7.5x 0.500	29000	36.0
Total						18.00			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.5 Sector E

En esta sección se presentan los resultados para el sector E; las derivas del análisis del análisis T-H no lineal-FNA, y demás parámetros característicos del DFV.

4.2.5.1 Verificación de Derivas

En las Tablas 150 y 151 se presentan las derivas del Análisis dinámico Tiempo Historia no Lineal- FNA para el sector E. Se obtienen similarmente que para el sector A.

Tabla 150

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector E

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						C = 80 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	2.336	1.978	2.054	2.692	2.585	2.673	2.69
Planta 2	3.100	2.480	2.752	3.868	3.668	3.838	3.87
Planta 1	2.295	1.827	2.040	2.895	2.744	2.872	2.90

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 151

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) -Sector E

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						C = 150 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	3.166	3.207	2.592	2.506	3.262	2.569	3.26
Planta 2	4.398	4.461	3.665	3.674	4.587	3.744	4.59
Planta 1	3.351	3.398	2.806	2.842	3.506	2.892	3.51

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Los valores máximos de derivas son de **3.87 ‰** en el eje X y **4.59 ‰** en el eje Y. resultados que son menores a la deriva objetivo de **4.6 ‰**, lo que satisfactoriamente cumple lo propuesto.

4.2.5.2 Verificación de Amortiguamiento efectivo – Vibración libre

En la Tabla 152 se comprueba positivamente que la estructura tiene un amortiguamiento mayor al amortiguamiento efectivo objetivo inicialmente planteado de 28% en la dirección X y 25% en la dirección Y.

$$\beta_{eff\ xx} = 29.81\% \quad ; \quad \beta_{eff\ yy} = 26.54\%$$

Tabla 152

Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector E

Datos	Vibración Libre		Descripción
	Dirección X-X	Dirección Y-Y	
Ingreso n :	5	5	numero de ciclos
Ingreso X1	3.951111	6.880228	primer ciclo
Ingreso X1+n	0.211756	0.155556	ciclo "n"
δ	2.9263174	3.7894013	decremento logaritmico
β_{eff}	29.81%	26.54%	amortiguamiento efectivo
β_{inh}	5.00%	4.45%	amortiguamiento inherente
$\beta_{viscoso}$	24.81%	21.54%	amortiguamiento viscoso

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.5.3 Balance de Energía

En la Tabla 153 se puede apreciar la energía disipada por los DFV (ítem 2.5.10)

Tabla 153

Balance de Energía - Sector E

Tipo De Energía	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007	
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S
Energía del Sismo (tn.m)	296.34	305.01	295.41	339.42	275.08	283.94
Energía de DFV(tn.m)	173.62	180.64	178.81	203.77	161.37	169.91
% de Energía Disipada DFV	58.59%	59.22%	60.53%	60.03%	58.66%	59.84%
	promedio=					59.48%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

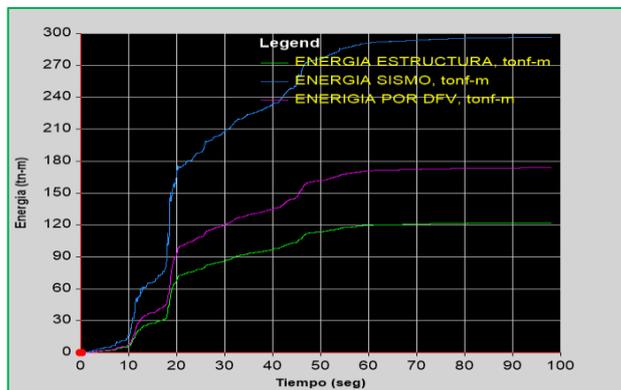
En la Figura 133 se aprecia las curvas de energía y la cantidad de energía disipada por los DFV, con respecto a la energía del sismo de entrada.

Figura 133

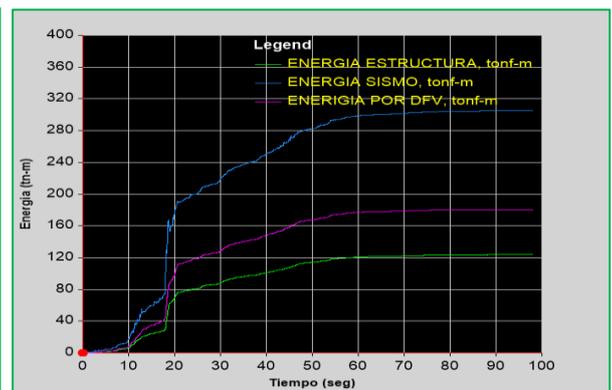
Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector E

$$\% \text{ de Disipación: } \frac{173.62}{296.34} = 58.59\%$$

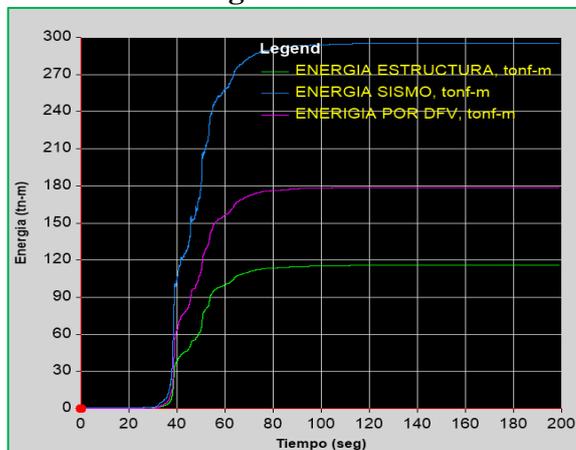
$$\% \text{ de Disipación: } \frac{180.64}{305.01} = 59.22\%$$



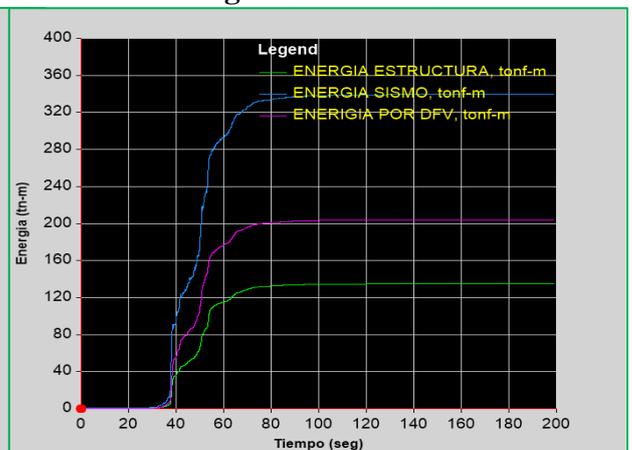
Registro Lima E-W



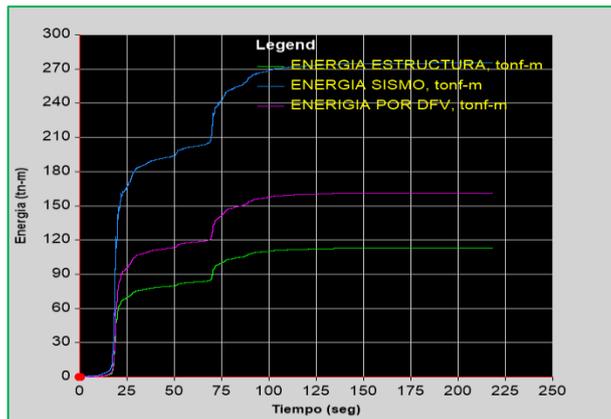
Registro Lima N-S



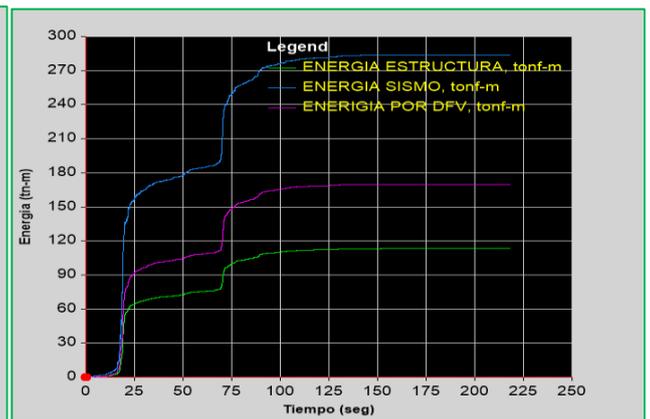
Registro Moquegua E-W



Registro Moquegua N-S

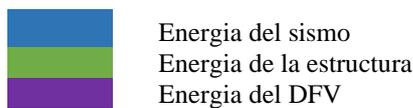


Registro Ica E-W



Registro Ica N-S

Nota. software ETABS.



Ahora podemos evaluar la participación de los Dispositivos. Se tiene un promedio de **59.48%** de la energía del sismo es disipada por el sistema de disipación DFV.

4.2.5.4 Comportamiento Histerético

En la Tabla 154 se muestra los máximos desplazamientos (stroke) de los disipadores para los distintos sismos. El comportamiento histerético se basa en ítem 2.4.9.

Tabla 154

Desplazamiento de Disipadores -sector E

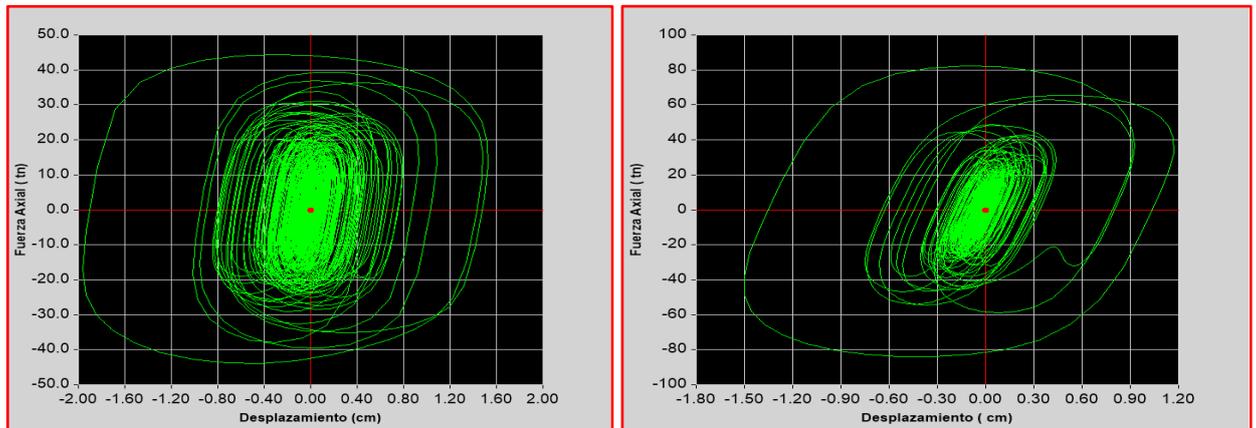
Deformación de Disipadores " Máximo Stroke" (cm)										
Eje	Piso	DFV	"C Amort." (ton-s/m)	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		Máximo
				E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
X-X	1° - 3°	K4	80.00	1.54	1.16	1.37	1.96	1.81	1.95	1.96 cm
Y-Y	1° - 3°	K11	180.00	1.38	1.44	1.16	1.22	1.45	1.25	1.45 cm

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 134 se aprecia la curva de histéresis para el DFV "K4" en la dirección X y "K11" en la dirección Y. A partir de estos gráficos se puede identificar el comportamiento fuerza desplazamiento del amortiguador. Se observa una tendencia semi-elíptica, el cual es propio de DFV no lineales. Estas curvas por su puesto se verifican para los disipadores que desarrollan las máximas fuerzas en cada dirección, y en consecuencia son los que tiene los mayores strokes.

Figura 134

Curvas de Histéresis DFV no Lineales - Sector E



Registro Moquegua N-S ("K4" eje X-X)

Registro Ica E-W ("K11" eje Y-Y)

Nota. Corresponden a DFV "K4", 2° nivel pórtico 9 (X) - "K11", 2° nivel pórtico A(Y). software ETABS.

4.2.5.5 Fuerza Axial en los disipadores

En las Tablas 155 y 156 se observa la máxima fuerza que desarrollan los disipadores no lineales.

Tabla 155

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- Sector E

Disipador No Lineal		Dirección Y-Y		$\alpha = 0.50$		Fuerza De Diseño (kip)
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1°	K7	-78.50	76.70	-173.06	169.09	220
	K8	-51.16	52.91	-112.79	116.66	
	K9	-63.83	61.27	-140.71	135.07	
	K10	-43.85	45.64	-96.67	100.62	
2°	K11	-84.53	82.38	-186.36	181.62	
	K12	-79.64	81.82	-175.58	180.38	
	K13	-69.17	66.37	-152.50	146.32	
	K14	-63.99	66.67	-141.08	146.97	
3°	K15	-73.19	70.60	-161.36	155.65	
	K16	-66.30	68.65	-146.16	151.35	
	K17	-61.42	58.99	-135.40	130.05	
	K18	-54.45	56.65	-120.04	124.89	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 156

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector E

Disipador No Lineal		Dirección X-X				$\alpha = 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1°	K1	-27.40	28.96	-60.41	63.84	
	K2	-38.68	38.92	-85.28	85.79	
2°	K3	-34.26	32.63	-75.53	71.93	
	K4	-44.59	44.36	-98.30	97.80	110
3°	K5	-30.76	32.03	-67.81	70.62	
	K6	-36.90	37.03	-81.35	81.63	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.5.6 Cálculo de la rigidez del brazo del amortiguador

Tomando las mismas consideraciones en el sector A, en las Tablas 157 y 158 se tiene:

Tabla 157

Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector E

Propiedad	Simbolo	Eje X-X	Eje Y-Y	und
Coficiente amortiguamiento	"C"	80.00	180.00	(ton-s/m)
Perfil del tubo Metálico	As.	HSS 7.5x 0.312	HSS 7.5x 0.500	Propuesto
Longitud de Disipador	Ld	42.00	48.75	in
Luz del pórtico	Lp	6.60	6.00	m
Altura de piso	Ap	4.20	4.20	m
Longitud de Brazo Metálico	L	6.76	6.09	m
Longitud de Brazo Metálico	L	265.99	239.59	in
Módulo de Elasticidad	E	29000	29000	ksi
Área del Perfil Metálico	Ag	7.05	11.00	in ²
Radio del Perfil Metálico	r	2.54	2.52	in
Esfuerzo de Fluencia	fy	36.0	36.0	Ksi
Resistencia en Tensión	fu	50.0	50.0	Ksi
Factor de reducción	Ø	0.90	0.90	
Rigidez del brazo Metálico	K	13733.51	23789.26	Tn/m
Fuerza axial DFV (Compresión)	Pu	110.00	220.00	Kip
Fuerza axial DFV (Tensión)	Tu	110.00	220.00	Kip

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 158

Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector E

Valor	Dirección X-X	Dirección Y-Y
L/r	104.72	95.08
Fe	26.10	31.66
Fcr	20.21	22.37
ØPn (kip)	128.23	221.44
ØTn (kip)	228.42	356.40
ØPn > Pu	Ok	Ok*
ØTn > Tu	Ok	Ok*
Perfil As. Optado	HSS 7.5x 0.312	HSS 7.5x 0.500

4.2.5.7 Velocidad máxima en los disipadores

En este apartado, calculamos la velocidad máxima, al que está expuesto los DFV, este valor está dentro de los rangos de aceptables, enseguida en la Tabla 159 se muestra:

Tabla 159

Velocidad máxima en los disipadores DFV (Y) - Sector E.

Eje	Piso	Disipador	Coeficiente Camort. (ton-s/m)	Coef. de Velocidad (α)	Fuerza de Diseño (kip)	Fuerza de Diseño (tn)	Velocidad Máxima (m/s)
X-X	1°-3°	K4	80.00	0.50	110.00	50	0.389
Y-Y	1°-3°	K11	180.00	0.50	220.00	100	0.307

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.5.8 Selección de amortiguadores en el sistema de control sísmico

En esta sección se presenta, las características y especificadores de los DFV que son fruto del análisis y diseño estructural con DFV, los que se muestran en la Tabla 160.

Tabla 160

Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector E.

Características De Disipadores Fluido - Viscoso									
Características de Disipadores							Brazo Metálico		
Eje	Coef. C amort. (ton-s/m)	Coef. de veloc. (α)	Fuerza Axial (kip)	Max. Stroke (cm)	Veloc. Máxima (m/s)	# de DFV (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo Elastic. (ksi)	F _y (ksi)
X-X	80	0.50	110.00	1.96	0.389	6.00	HSS 7.5x 0.312	29000	36.0
Y-Y	180	0.50	220.00	1.45	0.307	12.00	HSS 7.5x 0.500	29000	36.0
Tota						18.00			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.6 Sector E -F

En esta sección se presentan los resultados para el sector E-F; las derivas del análisis del análisis T-H no lineal-FNA y demás parámetros característicos del DFV.

4.2.6.1 Verificación de Derivas

En las Tablas 161 y 162 se presentan las derivas del Análisis dinámico Tiempo Historia no Lineal- FNA para el sector E-F. Se obtienen similarmente que en el sector A.

Tabla 161

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (X) -Sector E-F

Nivel	Derivas (‰) - Dirección X-X						C = 80 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	3.328	3.210	2.652	2.343	2.376	2.890	3.33
Planta 2	4.440	4.237	3.542	3.101	3.182	3.797	4.44
Planta 1	3.428	3.245	2.752	2.378	2.476	2.940	3.43

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 162

Derivas con Disipadores no Lineales $\alpha=0.5$ (Y) - Sector E-F

Nivel	Derivas (‰) - Dirección Y-Y						C = 150 ton.s/m
	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		NTP E.030 (‰)
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	Deriva Max. /1,25
Planta 3	2.734	2.542	1.542	2.015	1.941	1.742	2.73
Planta 2	4.590	4.255	2.486	2.975	3.211	2.500	4.59
Planta 1	3.865	3.590	2.083	2.501	2.699	2.110	3.86

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Las derivas máximas **4.44 ‰** en el eje X y **4.59 ‰** en el eje Y. resultados que son menores a la deriva objetivo de **4.6 ‰**, lo que satisfactoriamente cumple lo propuesto.

4.2.6.2 Verificación de Amortiguamiento efectivo – Vibración libre

En la Tabla 163 se comprueba positivamente que la estructura tiene un amortiguamiento mayor al amortiguamiento efectivo objetivo inicialmente planteado de 21% en la dirección X y 20% en la dirección Y.

Tabla 163

Amortiguamiento Efectivo de Disipadores- Sector E-F

Datos	Vibración Libre		Descripción
	Dirección X-X	Dirección Y-Y	
Ingrese n :	5	5	numero de ciclos
Ingrese X1	7.814563	7.202895	primer ciclo
Ingrese X1+n	0.664363	0.201984	ciclo "n"
δ	2.4649156	3.5740498	decremento logaritmico
β_{eff}	25.11%	25.03%	amortiguamiento efectivo
β_{inh}	5.00%	5.03%	amortiguamiento inherente
$\beta_{viscoso}$	20.11%	20.03%	amortiguamiento viscoso

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

$$\beta_{eff\ xx} = 25.11\ \% \quad ; \quad \beta_{eff\ yy} = 25.03\ \%$$

4.2.6.3 Balance de Energía

En la Tabla 164 se puede apreciar la energía disipada por los DFV (ítem 2.5.10)

Tabla 164

Balance de Energía - Sector E-F

Tipo De Energía	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007	
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S
Energía del Sismo (tn.m)	411.53	428.77	460.79	411.63	388.60	386.98
Energía de DFV (tn.m)	252.97	264.88	293.21	260.13	239.69	236.12
% de Energía Disipada DFV	61.47%	61.78%	63.63%	63.20%	61.68%	61.02%
	promedio=					62.13%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

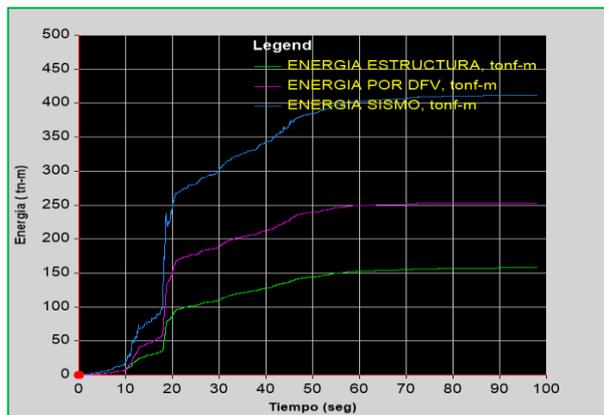
En la Figura 135 se aprecia las curvas de energía, y la cantidad de energía disipada por los DFV, con respecto a la energía del sismo de entrada.

Figura 135

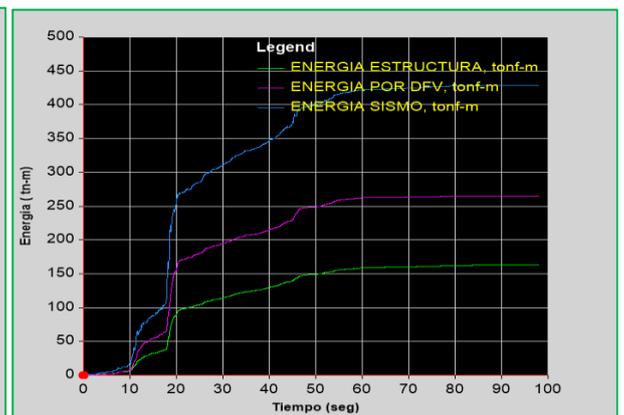
Curvas de Balance Energético de cada Registro - Sector E-F

$$\% \text{ de Disipación: } \frac{252.97}{411.53} = 61.47\%$$

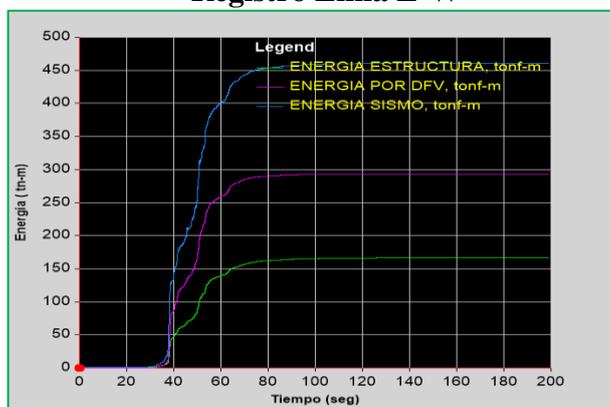
$$\% \text{ de Disipación: } \frac{264.88}{428.77} = 61.78\%$$



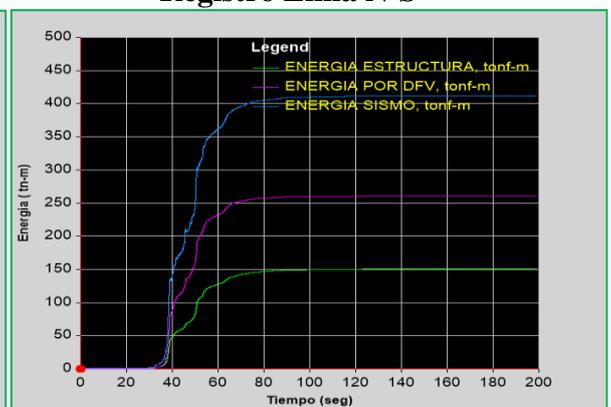
Registro Lima E-W



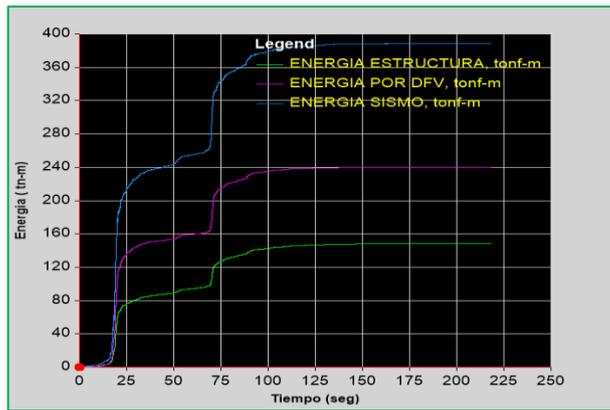
Registro Lima N-S



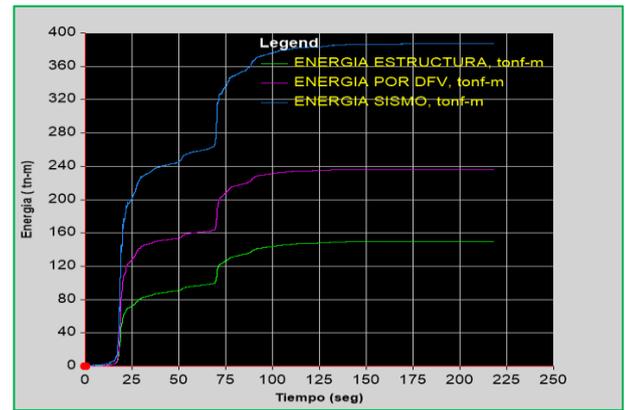
Registro Moquegua E-W



Registro Moquegua N-S

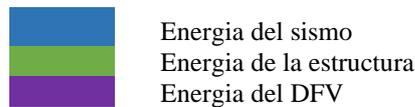


Registro Ica E-W



Registro Ica N-S

Nota. software ETABS.



Ahora podemos evaluar la participación de los Dispositivos. Se tiene un promedio de **62.13%** de la energía del sismo es disipada por el sistema de disipación DFV.

4.2.6.4 Comportamiento Histerético

En la Tabla 165 se muestra los máximos desplazamientos (stroke) de los disipadores para los distintos sismos. El comportamiento histerético se basa en la teoría del ítem 2.4.9.

Tabla 165

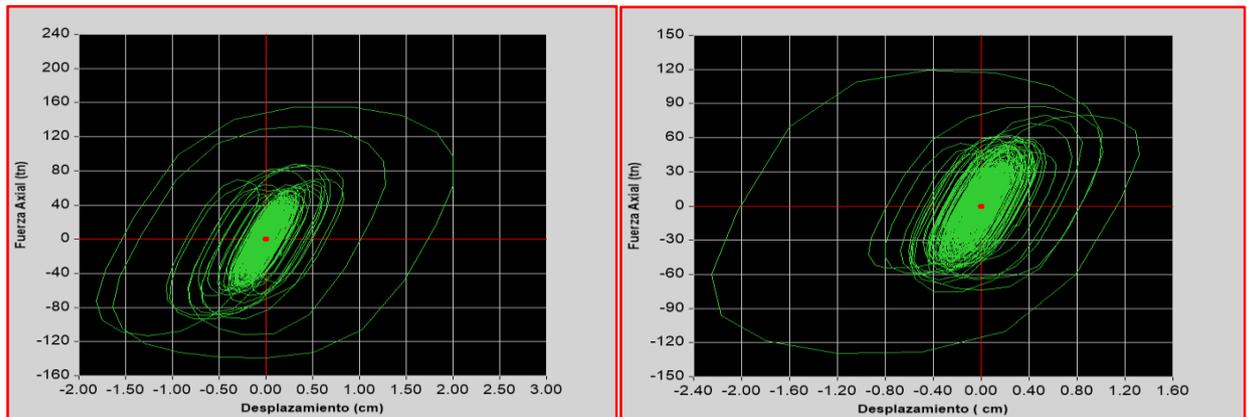
Desplazamiento de Disipadores -sector E-F

Deformación de Disipadores " Máximo Stroke" (cm)										
Eje	Piso	DFV	"C Amort." (ton-s/m)	Lima 1974		Moquegua 2001		Ica 2007		Máximo
				E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
X-X	1° - 3°	K3	220.00	2.01	-1.96	-1.54	-1.45	1.24	1.64	2.01 cm
Y-Y	1° - 3°	K9	280.00	-2.25	2.08	-1.27	1.65	-1.61	-1.44	2.25 cm

En la Figura 136 se aprecia la curva de histéresis para el DFV “K3” en la dirección X y “K9” en la dirección Y. A partir de estos gráficos se puede identificar el comportamiento fuerza desplazamiento del amortiguador. Se observa una tendencia semi-elíptica, el cual es propio de DFV no lineales. Estas curvas por su puesto se verifican para los disipadores que desarrollan las máximas fuerzas en cada dirección, y en consecuencia son los que tiene los mayores strokes.

Figura 136

Curvas de Histéresis DFV no Lineales - Sector E-F



Registro Lima E-W ("K3" eje X-X)

Registro Ica E-W ("K9" eje Y-Y)

Nota. Corresponden a DFV "K3", 2° nivel pórtico 1(X) - "K9", 2° nivel pórtico A (Y). software ETABS.

4.2.6.5 Fuerza Axial en los disipadores

En las Tablas 166 y 167 se observa la máxima fuerza que desarrollan los disipadores no lineales.

Tabla 166

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje X-X- sector E-F

Disipador No Lineal		Dirección X-X				$\alpha = 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1°	K1	-137.66	128.04	-303.48	282.27	330
	K2	-131.23	126.98	-289.30	279.94	
2°	K3	-144.36	155.02	-318.26	341.74	
	K4	-144.17	147.71	-317.84	325.65	
3°	K5	-131.99	124.06	-290.98	273.49	
	K6	-127.10	122.73	-280.19	270.58	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 167

Niveles de Fuerza Axial - DFV No lineales Eje Y-Y- sector E-F

Disipador No Lineal		Dirección Y-Y				$\alpha = 0.50$
Piso	Disipador	Fuerza Desarrollada (ton)		Fuerza Desarrollada (kip)		Fuerza De Diseño (kip)
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	
1°	K7	-119.98	116.80	-264.50	257.50	330
	K8	-67.84	62.65	-149.56	138.12	
2°	K9	-129.28	132.67	-285.02	292.49	
	K10	-75.90	81.41	-167.32	179.48	
3°	K11	-100.95	98.01	-222.56	216.07	
	K12	-68.90	63.50	-151.90	139.99	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.6.6 Cálculo de la rigidez del brazo del amortiguador

Tomando las mismas consideraciones en el sector A, en las Tablas 168 y 169 se observa, el diseño del brazo metálico y el perfil requerido.

Tabla 168

Características de Diseño de Brazo Metálico- Sector E-F

Propiedad	Simbolo	Eje X-X	Eje Y-Y	und
Coeficiente amortiguamiento	"C"	220.00	280.00	(ton-s/m)
Perfil del tubo Metálico	As.	HSS 8.625x 0.500	HSS 8.625x 0.500	Propuesto
Longitud de Disipador	Ld	51.75	51.75	in
Luz del pórtico	Lp	6.00	6.60	m
Altura de piso	Ap	4.20	4.20	m
Longitud de Brazo Metálico	L	6.01	6.51	m
Longitud de Brazo Metálico	L	236.59	256.24	in
Módulo de Elasticidad	E	29000	29000	ksi
Área del Perfil Metálico	Ag	15.70	15.70	in ²
Radio del Perfil Metálico	r	2.84	2.84	in
Esfuerzo de Fluencia	fy	36.0	36.0	Ksi
Resistencia en Tensión	fu	50.0	50.0	Ksi
Factor de reducción	Ø	0.90	0.90	
Rigidez del brazo Metálico	K	34384.29	31747.54	Tn/m
Fuerza axial DFV (Compresión)	Pu	330.00	330.00	Kip
Fuerza axial DFV (Tensión)	Tu	330.00	330.00	Kip

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 169

Validación de Resistencia de Brazo Metálico -Sector E-F

Valor	Dirección X-X	Dirección Y-Y
L/r	83.31	90.23
Fe	41.24	35.16
Fcr	24.98	23.45
ØPn (kip)	353.00	331.37
ØTn (kip)	508.68	508.68
ØPn > Pu	Ok	Ok
ØTn > Tu	Ok	Ok
Perfil As. Optado	HSS 8.625x 0.500	HSS 8.625x 0.500

Nota. * Validación de Resistencia Requerida por Esfuerzos Admisibles. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.6.7 Velocidad máxima en los disipadores

En este apartado, calculamos la velocidad máxima, al que está expuesto los DFV, este valor está dentro de los rangos de aceptables (Tabla 170).

Tabla 170

Velocidad máxima en los disipadores DFV - sector E-F

Eje	Piso	Disipador	Coeficiente Camort. (ton-s/m)	Coef. de Velocidad (α)	Fuerza de Diseño (kip)	Fuerza de Diseño (tn)	Velocidad Máxima (m/s)
X-X	1°-3°	K3	220.00	0.50	330.00	150	0.463
Y-Y	1°-3°	K9	280.00	0.50	330.00	150	0.286

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.2.6.8 Elección de amortiguadores en el sistema de control sísmico

En esta sección se presenta, las características y especificadores de los DFV que son fruto del análisis y diseño estructural con DFV, los que se muestran en la Tabla 171.

Tabla 171

Características de Disipadores DFV de Diseño- Sector E-F

Características De Disipadores Fluido - Viscoso									
Características de Disipadores							Brazo Metálico		
Eje	Coef. C amort. (ton-s/m)	Coef. de veloc. (α)	Fuerza Axial (kip)	Max. Stroke (cm)	Veloc. Máxima (m/s)	# de DFV (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo Elastic. (ksi)	F _y (ksi)
X-X	220	0.50	330.0	2.01	0.463	6.00	HSS 8.625x0.50	29000	36
Y-Y	280	0.50	330.0	2.25	0.286	6.00	HSS 8.625x0.50	29000	36
Tota l						12.00			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS SIN DFV Y CON DFV

En este subcapítulo se realiza la discusión de los resultados, comparando para ello los resultados del análisis estructural sin DFV y con DFV, de los 6 sectores en estudio.

4.3.1 Desplazamientos Máximos Relativos y Absolutos

En este apartado se realiza un análisis comparativo y discusión de los resultados de las derivas, factor de reducción de derivas y desplazamientos de todos los sectores en estudio y finalmente para el sector B se realiza el análisis por niveles.

A. Derivas de entripiso

En la Tabla 172, se observa que los valores de las derivas de la estructura del análisis espectral de la norma E.030, están dentro de los límites permisibles (7%) a excepción de los sectores B y E, donde se tiene las derivas máximas de 8.50% en el eje “X” (sector B) y 7.20% en el eje “Y” (sector E). Por otro lado, el análisis T-H lineal sin DFV, nos muestra derivas máximas absolutas de 8.15% en el eje “X” (sector B) y 7.87% en el eje “Y” (sector D). Debe tenerse en cuenta que el análisis T-H, se realizó con sismos reales, por ende, sus resultados también son más precisos que el análisis espectral.

Tabla 172

Comparación de Derivas Máximas (‰)

Comparación de Derivas Máximas (‰)								
SECTOR	E-030 (Respuesta espectral)			Sin DFV (T-H Lineal)		Con DFV (T-H No lineal FNA)		
	X	Y	Deriva límite	X	Y	X	Y	Deriva objetivo
A	4.63	6.86	7.00	3.96	5.78	3.49	3.63	4.60
B	8.50	6.64	7.00	8.15	6.29	4.45	4.33	4.60
C	4.45	4.40	7.00	4.81	6.37	4.62	4.19	4.60
D	4.37	6.82	7.00	4.80	7.87	4.57	4.60	4.60
E	4.92	7.20	7.00	7.96	7.61	3.87	4.59	4.60
E-F	6.47	6.73	7.00	7.06	6.88	4.44	4.59	4.60

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Estos resultados son producto de los sismos tratados y escalados, los sismos de Lima 1974, Moquegua 2001 y al Sismo de Ica 2007; se aprecia también en la Tabla 172, la deriva máxima obtenida con sistemas DFV es de 4.62 ‰, en el sector C, en la dirección

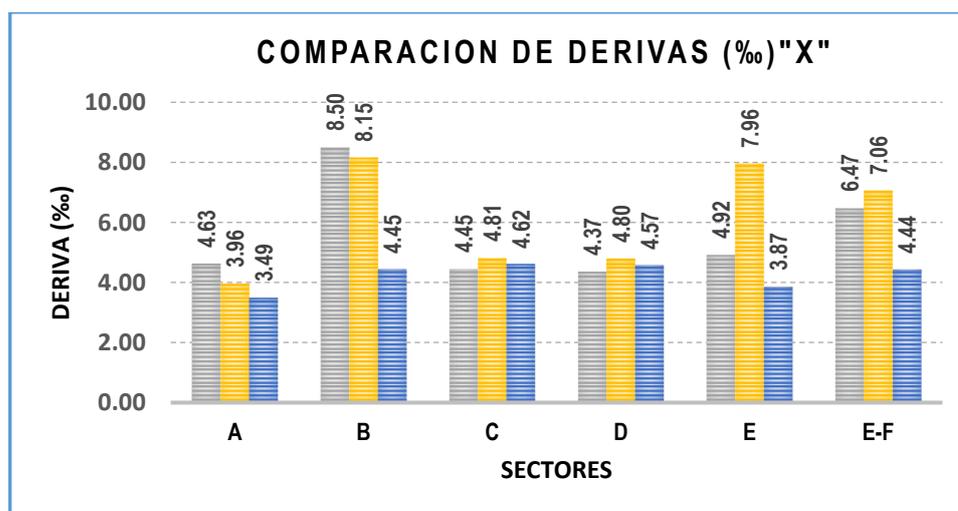
X, y en el resto de los sectores los resultados son inferiores a la deriva objetivo propuesto (4.60%), para lograr nuestro objetivo de desempeño estructural. Esta disminución de derivas se debe a la implementación de DFV, en cada sector de investigación; sabiendo que estos amortiguadores fluido viscosos tienen la característica principal de reducir y controlar los desplazamientos de entre piso.

Los dispositivos fluido viscoso incrementan el amortiguamiento de la estructura (amortiguamiento viscoso), permitiendo que se reduzcan las aceleraciones de los sismos, y en consecuencia disipan energía de los sismos en forma de calor. Razón por la cual, se pasan pruebas rigurosas de control de calidad de los materiales de los DFV para que soporten estos esfuerzos.

Los DFV no incrementan rigidez a la estructura razón por la cual no varía su periodo de vibración (variación despreciable). Dicho en otras palabras, se encargan de reducir las aceleraciones de los sismos disipándolo la energía sísmica que ingresa a la estructura. Las Figuras 137 y 138 también permiten visualizar y entender los resultados obtenidos en la Tabla 172.

Figura 137

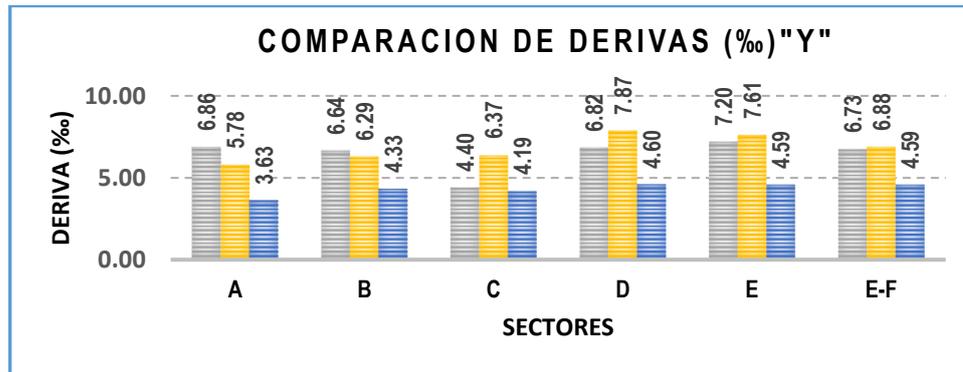
Comparación de Derivas (‰)"X"



Derivas E.030 Espectro de respuesta
Derivas Sin disipadores T-H Lineal
Derivas Con disipadores T-H No Lineal(FNA)

Figura 138

Comparación de Derivas (‰)"Y"



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

B. Factor de Reducción de Deriva

Se aprecia en la Tabla 173, el valor porcentual de la reducción entre la estructura sin y con disipadores sísmicos. Se reduce los desplazamientos de entrepiso en un rango del **31 a 51%**. En un promedio de 46%; esto debido a que los disipadores DFV como ya se mencionó anteriormente.

La principal función de los DFV es disipar energía sísmica y en consecuencia reducir las aceleraciones sísmicas y eso se puede reflejar en una reducción del espectro de aceleraciones. También los DFV no lineales reducen mucho más las derivas de entrepiso, que los DFV lineales; esto porque trabajan a menores velocidades. Estos % de reducción se realizan con el fin de lograr la deriva objetivo.

Tabla 173

Factor de Reducción de Deriva

SECTOR	Factor de Reduccion de Derivas (%)					
	Sin DFV (T-H Lineal)		Con DFV (T-H No lineal FNA)		% REDUCCION	
	X	Y	X	Y	X	Y
A	3.96	5.78	3.49	3.63	11.75%	37.19%
B	8.15	6.29	4.45	4.33	45.41%	31.10%
C	4.81	6.37	4.62	4.19	4.09%	34.21%
D	4.80	7.87	4.57	4.60	4.69%	41.55%
E	7.96	7.61	3.87	4.59	51.37%	39.72%
E-F	7.06	6.88	4.44	4.59	37.13%	33.33%
MAXIMO:					51.37%	41.55%
PROMEDIO:					46.46%	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

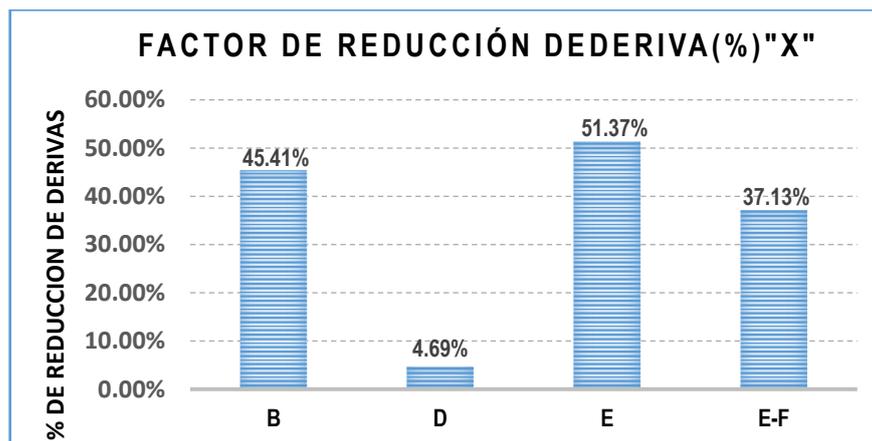
Estos resultados son similares al % de reducción de derivas, respecto de los estudios de Chacón & Ramírez (2014), quienes redujeron los desplazamientos de la estructura hasta en 59.73%, haciendo uso de disipadores no lineales. Por su parte, Boza & Galán (2013) como resultado lograron un amortiguamiento equivalente de 24 % y se logró reducir la deriva a 0.56%, el sistema diseñado permitió reducir la deriva en un 40%.

En otro estudio, Guevara & Torres (2012) logró incrementar el amortiguamiento al 23% y reducir la deriva de 9 % a 5.8 %. Por su parte, Anccasi (2019) logró reducir la distorsión máxima de entrepiso de 1.14% a 0.64% (37% en promedio). Del mismo modo, Fuentes (2015) logró reducir los desplazamientos máximos de la azotea (promedio de 31% en la dirección X y 38% en la dirección Y) y las derivas máximas de azotea (promedio de 40% en X y 42% en Y).

En las Figuras 139 y 140 se muestra el % de reducción de derivas, de modo más entendible. En la dirección X no se cuenta con DFV en los sectores A y C, en cambio en la dirección Y sí se usó en todos los sectores.

Figura 139

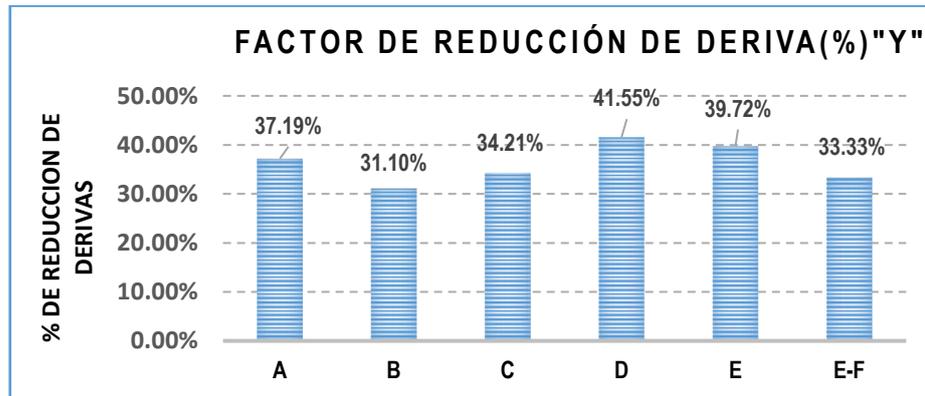
% de Reducción de Derivas "X".



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 140

% de Reducción de Derivas "Y"



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.3.1.1 Sector B

A continuación, se realiza un análisis detallado de los resultados del sector B, los desplazamientos para los 3 tipos análisis estructural se muestran en la Tabla 174; en esta se observa que los valores de las derivas de la estructura del análisis espectral de la norma E.030 no cumplen los límites permisibles (7‰). Por otro lado, el análisis T-H lineal sin DFV nos muestra resultados superiores a las obtenidas en el análisis espectral; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el análisis T-H se realizó con sismos reales; por lo tanto, sus resultados también son más precisos.

C.1. Derivas Máximas de Entrepiso

Tabla 174

Comparación de Derivas Máximas (‰)

NIVEL	Derivas Máximas (‰) -Sector B							
	E-030 (Respuesta espectral)			Sin DFV (T-H Lineal)		Con DFV (T-H No lineal FNA)		
	X	Y	Deriva limite	X	Y	X	Y	Deriva objetivo
Nivel 4	4.91	3.92	7.00	5.36	4.12	2.09	2.11	4.60
Nivel 3	7.45	5.81	7.00	7.77	6.17	3.40	3.39	4.60
Nivel 2	8.50	6.64	7.00	8.15	6.29	4.45	4.33	4.60
Nivel 1	5.61	4.29	7.00	5.91	4.59	3.17	3.16	4.60

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Para el análisis T-H sin y con DFV se emplearon los sismos de Lima 1974, Moquegua 2001 y al Sismo de Ica 2007; se aprecia en la Tabla 174, la deriva máxima

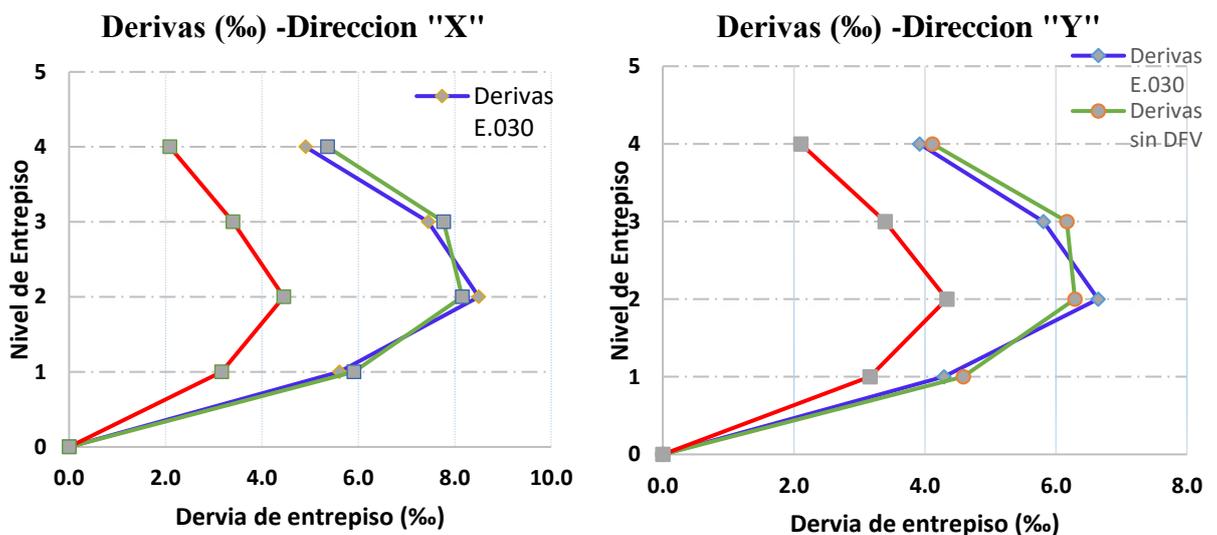
obtenida con el análisis espectral es de 8.50 %, en el eje “X”, en el segundo nivel; para ese mismo nivel en el análisis T-H lineal se tiene una deriva máxima absoluto de 8.15% (incremento de 5%).

Cuando se emplea los disipadores de tipo fluido viscoso 4 DFV por cada dirección de análisis y en cada nivel, se logra una deriva máxima absoluto de 4.45%, que también se genera en el segundo nivel, reduciéndose la deriva en 45.41% en el eje “X” y 31.10 % en el eje “Y”, tal como se muestra en la Tabla 173.

El % de reducción se consigue debido al uso del arreglo chevron horizontal, solo para este sector, teniendo en cuenta que es el sector donde se genera las mayores derivas como se visualiza en la Tabla 172.

Figura 141

Derivas Máximas absolutas (‰)-sector B



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 141 se observa las distorsiones de entropiso, se comparan las distorsiones obtenidos del análisis espectral (Tabla 174). La curva de derivas ADLTH (sin DFV), son de los registros o sismos de Ica 2007 N-S para el eje “X” y Ica 2007 E-W para el eje “Y”, porque para estos sismos se generan las máximos derivas absolutas, escalado a un PGA de 0.35g (zona sísmica), este dato se corrobora con la Tabla 175.

Tabla 175

Derivas inelásticas máximas absolutas (‰)-ADLTH-sector B

NIVEL	LIMA 1974		MOQUEGUA 2001		ICA 2007		NTP E.030 (‰) Der. Max. /1,25
	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	
Derivas (‰) - DIRECCION X-X							
Nivel 4	2.3136	2.2792	2.9344	2.524	3.2048	5.3568	5.357
Nivel 3	3.1288	3.088	4.0392	3.6112	4.692	7.7672	7.767
Nivel 2	3.5928	3.5856	4.7632	4.308	5.9176	8.1544	8.154
Nivel 1	2.2664	2.164	3.0592	2.7984	3.58	5.9072	5.907
Derivas (‰) - DIRECCION Y-Y							
Nivel 4	2.081	2.014	2.006	2.046	4.115	2.266	4.115
Nivel 3	2.779	2.701	2.922	2.995	6.166	3.492	6.166
Nivel 2	3.094	3.010	3.316	3.500	6.290	3.995	6.290
Nivel 1	2.081	1.942	2.226	2.382	4.586	2.558	4.586

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

También las derivas del ADNLTH-FNA (con DFV) son de los sismos de Ica 2007 N-S para el eje “X” y Ica 2007 E-W para el eje “Y”. Este dato se corrobora con las Tablas 118 y 119. En la Figura 141 se observa que las derivas del ADLTH son generalmente mayores que las derivas de análisis espectral. Estos mismos resultados presentan otros autores como, Ancasí (2019) en su apartado de discusión de resultados al comparar el ADME, ADLTH y ADNLTH, para las Fig. 6.1 y 6.2, se cumple este hecho.

C.2. Desplazamientos Máximas Relativos y Absolutos

Tabla 176

Desplazamientos Máximas (cm) -Sector B

NIVEL	E-030 (Respuesta espectral)		Sin DFV (T-H Lineal)		Con DFV (ADNLTH- FNA)		% REDUCCION (con DFV)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 4	11.11	8.68	10.74	9.22	5.60	4.04	47.88%	56.17%
Nivel 3	9.05	7.03	8.72	7.49	4.72	3.45	45.89%	53.90%
Nivel 2	5.92	4.59	5.66	4.90	3.25	2.40	42.56%	50.96%
Nivel 1	2.36	1.80	2.22	1.93	1.38	1.01	37.98%	47.35%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

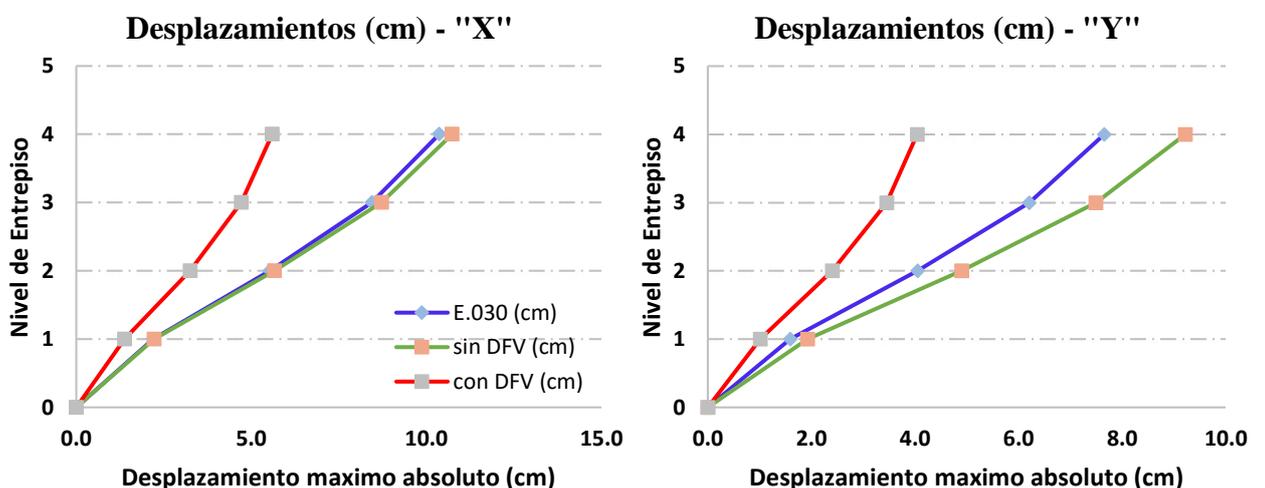
Se aprecia en la Tabla 176, el desplazamiento máximo de la estructura obtenida con el análisis espectral es de 11.11cm, en el eje “X” y 8.68cm en el eje “Y”; para el análisis T-H lineal es de 10.74cm, en el eje “X” y 9.22cm, en el eje “Y”.

Cuando se emplea los disipadores de tipo fluido viscoso 4 DFV por cada dirección de análisis y en cada nivel, se logra el desplazamiento máximo absoluto de 5.60cm, en el eje “X” y 4.04cm, en el eje “Y”, reduciéndose el desplazamiento en 47.88% en el eje “X” y 56.17 % en el eje “Y”, tal como se muestra en la Tabla 176.

El % de reducción se consigue debido a usar el arreglo chevron horizontal, solo para este sector, teniendo en cuenta que es el sector donde se genera las mayores derivas como se visualiza en la Tabla 172.

Figura 142

Desplazamientos Máximas absolutas (cm) -Sector B



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 142 se comparan los desplazamientos máximos obtenidos del análisis espectral (Tabla 176). La curva de derivas ADLTH (sin DFV) son de los registros o sismos de Ica 2007 N-S para el eje “X” y Ica 2007 E-W para el eje “Y”, porque para estos sismos se generan los desplazamientos máximos. Al igual que para las derivas se observa la misma tendencia, que los desplazamientos del ADLTH son mayores que los del análisis espectral.

C.3. Aceleraciones Máximas de Entrepiso

En la Tabla 177 se realiza una comparación de las aceleraciones de entrepiso máximos para los sismos Ica 2007 en su componente E-W para la dirección “X” y su componente N-S para la dirección “Y”. Teniéndose los siguientes resultados:

Tabla 177

Aceleración (m/seg²) - Sector B

NIVEL	Sin DFV (T-H Lineal)		Con DFV (ADNLTH- FNA)		% REDUCCION (con DFV)	
	X	Y	X	Y	X	Y
Nivel 4	15.80	11.88	9.57	8.67	39.44%	27.01%
Nivel 3	12.30	9.52	8.14	7.38	33.87%	22.45%
Nivel 2	8.56	6.97	5.60	5.47	34.63%	21.52%
Nivel 1	4.79	4.79	2.72	3.94	43.19%	17.82%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Se aprecia en la Tabla 177, la aceleración máxima de entrepiso de la estructura obtenida con el análisis T-H lineal es de 15.80m/seg², en el eje “X” y 11.88 m/seg², en el eje “Y”, en el cuarto nivel.

Cuando se emplea los disipadores de tipo fluido viscoso 4 DFV por cada dirección de análisis y en cada nivel, se logra la aceleración máxima absoluto de 9.57m/seg², en el eje “X” y 8.67m/seg², en el eje “Y”, reduciéndose la aceleración en 43.19% en el eje “X” y 27.01 % en el eje “Y”, en el primer nivel y cuarto nivel respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 177.

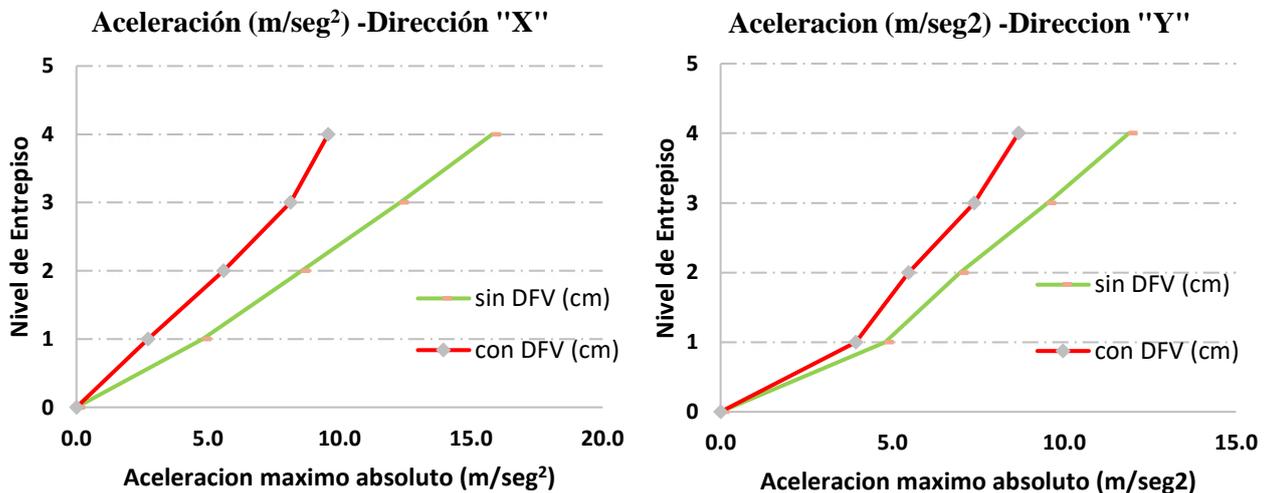
El % de reducción se consigue debido a usar el arreglo chevron horizontal, solo para este sector, teniendo en cuenta que es el sector donde se genera las mayores derivas como se visualiza en la Tabla 172.

En la Figura 143 se comparan las aceleraciones máximas obtenidos. La curva de aceleraciones ADLTH (sin DFV) son de los registros o sismos de Ica 2007 E-W para el eje “X” y Ica 2007 N-S para el eje “Y”, ya que para estos sismos se generan las

aceleraciones máximas. Al igual que para las derivas se observa la misma tendencia, de que los desplazamientos del ADLTH son mayores que los del análisis ADNLTH

Figura 143

Aceleraciones Máximas absolutas (m/seg²) -Sector B



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.3.2 Energía Sísmica Disipada por DFV

En este apartado se evalúa el % de energía disipada por los DFV. En la Tabla 178, se puede observar la participación de los Dispositivos de amortiguamiento en la disipación de energía del sismo. El mayor % de energía disipada se logra en el sector B (71.24%), este resultado es porque se usa la mayor cantidad de DFV y en arreglo chevron.

Tabla 178

Comparativo de Energía Sísmica Disipado por DFV

Sector	% de energía disipada por DFV
A	38.67%
B	71.24%
C	37.05%
D	65.29%
E	59.48%
E-F	62.13%
Máximo:	71.24%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

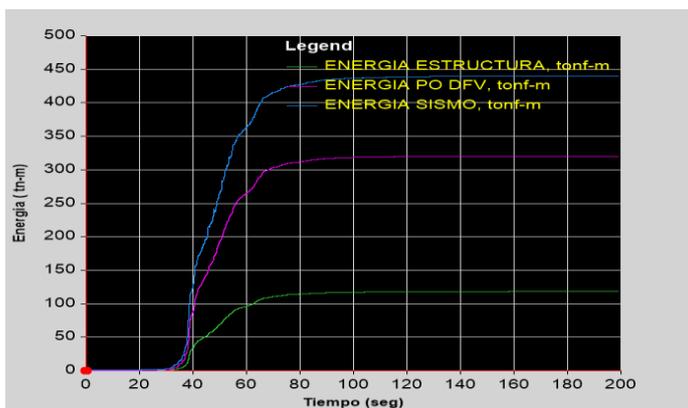
la disipación de energía es la principal e importante función de los DFV en efecto lograr aminorar el desplazamiento de la estructura, como ya se mencionan anteriormente los DFV disminuyen el espectro de aceleraciones por un factor “B” (factor de reducción

de espectro - Figura 31). Esta energía disipada se disipa en forma de calor a través de la cámara de acumulación y por la viscosidad del líquido que posee en su interior, mediante procesos de fricción.

En esta investigación se logra reducir la energía del sismo en un 71.24 %. La Tabla 178 explicita los resultados del % de reducción de deriva (asimismo la Tabla 173), de ahí el concepto de que mayor cantidad de DFV, mayor amortiguamiento, mayor energía sísmica disipada, en efecto; menor espectro de aceleraciones (menor amenaza sísmica), menor desplazamiento relativo y absoluto, menor daño estructural (daño leve), sin lateral la rigidez de la estructura y el periodo de vibración, y lo más importante podemos controlar la deriva que se desea lograr para el desempeño deseado.

Figura 144

% de Energía Disipada por DFV – Sismo Moquegua 2001-sector B.

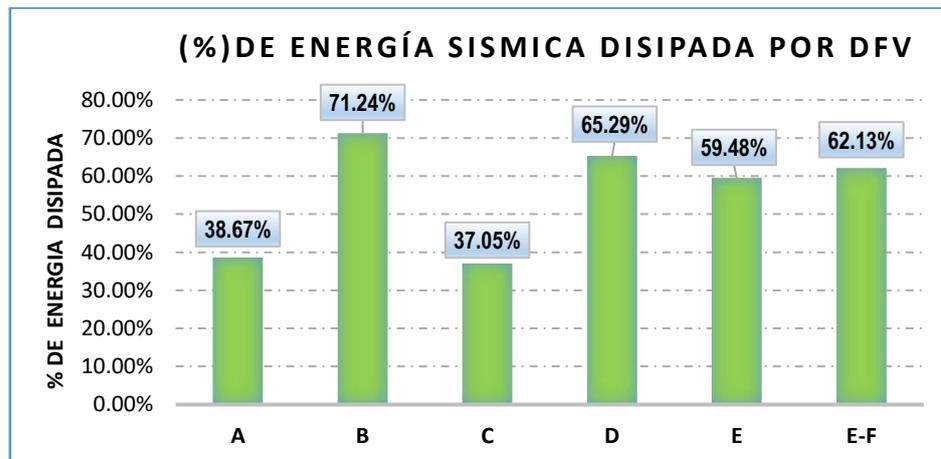


Nota. Software Etabs.

En la Figura 144 se observa las curvas de energía para el sector B. La energía disipada por DFV (línea color morado) disipa gran cantidad del sismo de entrada (sismo Moquegua 2001-línea color azul), en más del 70%, el resto de la energía lo absorbe la propia estructura (línea color verde), que viene representado por daño en la estructura.

Figura 145

% de Energía Disipada por DFV (Todos los sectores).



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 145, también se hace un bosquejo de las energías que se disiparon con el uso de los DFV, en todos los sectores. Estos resultados son concordantes a resultados de % de energía disipada por DFV que presentan las investigaciones hechas por Guevara & Torres (2012), quienes refieren que la energía disipada por el sistema de amortiguamiento alcanza valores alrededor del 80% bajo todas las sollicitaciones tiempo historia. Por su parte Anccasi (2019) en su estudio concluye que el 75% de energía sísmica que ingresó al sistema se disipó por los disipadores de energía.

4.3.3 Evaluación de Fuerza Axial Máxima en los Disipadores

En la Tabla 179 se puede observar las diferentes fuerzas máximas desarrolladas por los DFV. Las fuerzas de los disipadores son directamente proporcionales a los coeficientes de amortiguamiento del disipador como se puede apreciar en la Tabla 180 y 181; por lo tanto, las fuerzas resultantes del DFV son un efecto del coeficiente de amortiguamiento elegido para el DFV y este coeficiente está en función a varios factores como luz del pórtico, distancia del centro de masa, tipo de configuración, tipo de estructura etc. Los cuales definen su cantidad, más allá del cálculo preliminar que se realiza en la hoja Excel.

Tabla 179

Fuerza Axial Máxima en los Disipadores

Sector	Nivel	Fuerza Axial Máx. de DFV (kip)		Numero de Disipadores	
		Dirección X-X	Dirección Y-Y	Dirección X-X	Dirección Y-Y
A	1° y 2°	-	110.00	-	4.00
B	1° y 2°	220.00	165.00	8.00	8.00
	3° y 4°	165.00	110.00	8.00	8.00
C	1° y 2°	-	330.00	-	4.00
D	1° , 2° y 3°	110.00	220.00	6.00	12.00
E	1° , 2° y 3°	110.00	220.00	6.00	12.00
E-F	1° , 2° y 3°	330.00	330.00	6.00	6.00
Máx./Total:		330.00	330.00	34.00	54.00

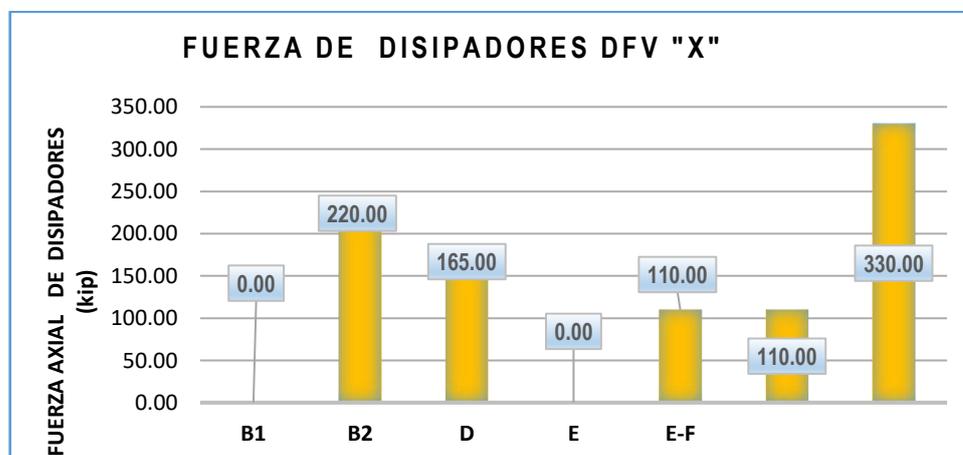
Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Se observa también en la Tabla 179 que a mayor cantidad de DFV y a su vez a mayor coeficiente de amortiguamiento, se logran disipar mayor la energía sísmica, en efecto se logran menores desplazamientos. El coeficiente de amortiguamiento “C” es el valor que indica la capacidad de amortiguar en cada unidad de tiempo y para una unidad de longitud.

En la Figura 146 y 147 se visualiza las fuerzas de diseño de los disipadores seleccionados en cada sector teniéndose el máximo de 330 kip (150 tn) en los sectores C y E-F. y también de 220 kip (100 tn) en los sectores B1, D y E. En esta investigación se usó 4 tipos dispositivos según su fuerza de 110, 165, 220 y 330 kip.

Figura 146

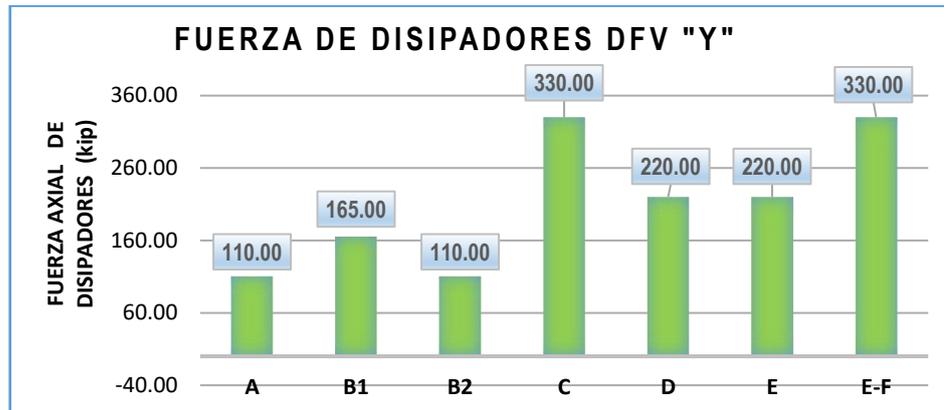
Fuerza de Diseño de Disipadores DFV "X".



“B1” es del 1°-2° nivel y “B2” es del 3°-4° nivel, del sector “B”. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 147:

Fuerza de Diseño de Disipadores DFV "Y"



Nota. "B1" es del 1°-2° nivel y "B2" es del 3°-4° nivel, del sector "B". Elaborado por el equipo de trabajo.

4.3.4 Dispositivos de Amortiguamiento DFV

En las siguientes Tablas 181 y 182 se presenta el resumen general, respecto de las característica y especificaciones de los DFV que se emplearon en cada sector de estudio, los que por supuesto ayudaron a entender al lector (visto en una sola Tabla), y a esta discusión de resultados.

En las Tablas que anteceden se observa las características y las especificaciones técnicas de los disipadores de energía sísmica. Los resultados expuestos en las tablas vienen hacer también la propuesta para mejorar el nivel de desempeño estructural para lograr el nivel de daño planteado para la presente investigación.

Los objetivos de desempeño establecidos se muestran en la Tabla 179, los que se hacen el requerimiento por pedido a las fabricas como Taylor Devices inc. Se debe dar a conocimiento que las fábricas de DFV, nos piden estos datos conjuntamente con los planos estructurales donde se instalarán los DFV.

Tabla 180

Objetivos de Desempeño

Nivel de amenaza sísmica	475 años periodo de retorno
Nivel de desempeño	operacional
Nivel de daño esperado	Daño leve - moderado

Nota. Adaptado de SEAOC.

Tabla 181

Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección "X".

RESUMEN COMPARATIVO DE RESULTADOS										ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISIPADORES SISMICOS DE ENERGÍA FLUIDO - VISCOZO DE DISEÑO				DIRECCIÓN X-X	
SECTOR	N° DE NIVEL	CARACTERISTICAS DE DISIPADORES DE ENERGÍA DFV								BRAZO METÁLICO					
		C amortiguamiento (ton-s/m)	Coefficiente velocidad (α)	Max.Energía Disipada (%)	Fuerza Axial (Kip)	Maximo Stroke (cm)	Velocidad Máxima (cm)	Disposicion y/o Arreglo de DFV	Número de disipadores (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo de Elasticidad (ksi)	Esfuerzo de fluencia (ksi)			
A	1° y 2° Nivel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
B	1° y 2° Nivel	200.00	0.50	71.24%	220.00	2.03	0.249	CHEVRON HORIZONTAL	8.00	HSS 7.5x 0.500	29000.00	36.00			
	3° y 4° Nivel	150.00	0.50		165.00	1.65	0.249	CHEVRON HORIZONTAL	8.00	HSS 7.5x 0.375	29000.00	36.00			
C	1° y 2° Nivel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
D	1°, 2° y 3° Nivel	80.00	0.50	65.29%	110.00	2.12	0.389	DIAGONAL	6.00	HSS 7.5x 0.375	29000.00	36.00			
E	1°, 2° y 3° Nivel	80.00	0.50	59.48%	110.00	1.96	0.389	DIAGONAL	6.00	HSS 7.5x 0.312	29000.00	36.00			
E-F	1°, 2° y 3° Nivel	220.00	0.50	62.13%	330.00	2.01	0.463	DIAGONAL	6.00	HSS 8.625x 0.500	29000.00	36.00			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 182

Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección "Y".

RESUMEN COMPARATIVO DE RESULTADOS										ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISIPADORES SISMICOS DE ENERGÍA FLUIDO - VISCOZO DE DISEÑO				DIRECCIÓN Y-Y	
SECTOR	N° DE NIVEL	CARACTERISTICAS DE DISIPADORES DE ENERGÍA DFV								BRAZO METÁLICO					
		C amortiguamiento (ton-s/m)	Coefficiente velocidad (α)	Max.Energía Disipada (%)	Fuerza Axial (Kip)	Maximo Stroke (cm)	Velocidad Máxima (cm)	Disposicion y/o Arreglo de DFV	Número de disipadores (und)	Perfil brazo Metálico	Módulo de Elasticidad (ksi)	Esfuerzo de fluencia (ksi)			
A	1° y 2° Nivel	100.00	0.50	38.67%	110.00	1.52	0.249	DIAGONAL	4.00	HSS 6x 0.500	29000.00	36.00			
B	1° y 2° Nivel	150.00	0.50	71.24%	165.00	1.97	0.249	CHEVRON HORIZONTAL	8.00	HSS 7.5x 0.375	29000.00	36.00			
	3° y 4° Nivel	80.00	0.50		110.00	1.60	0.389	CHEVRON HORIZONTAL	8.00	HSS 7.5x 0.312	29000.00	36.00			
C	1° y 2° Nivel	250.00	0.50	37.05%	330.00	1.99	0.359	DIAGONAL	4.00	HSS 8.625x 0.625	29000.00	36.00			
D	1°, 2° y 3° Nivel	150.00	0.50	65.29%	220.00	1.96	0.443	DIAGONAL	12.00	HSS 7.5x 0.500	29000.00	36.00			
E	1°, 2° y 3° Nivel	180.00	0.50	59.48%	220.00	1.45	0.307	DOBLE CHEVRON DIAGONAL	12.00	HSS 7.5x 0.500	29000.00	36.00			
E-F	1°, 2° y 3° Nivel	280.00	0.50	62.13%	330.00	2.25	0.286	DIAGONAL	6.00	HSS 8.625x 0.500	29000.00	36.00			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.4 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE COLUMNA.

En la presente sección se presenta información respecto de la verificación de la resistencia de las columnas que soportan a los DFV, los DFV incrementan carga axial a las columnas de los pórticos donde se instalan los DFV, sabiendo que los DFV no lineales aumenta mucha más carga axial a las columnas, que los DFV lineales, debido a que DFV no lineales responden a velocidades mucho menores.

4.4.1 Reducción del Espectro

El incremento de amortiguamiento conlleva a una reducción del espectro de la norma E.030 por el factor “B”, con fines de diseño de los elementos estructurales del edificio. Los elementos que forman parte del sistema de amortiguamiento, es decir, aquellas columnas que están conectados directamente a los amortiguadores requerirán de un factor de amplificación por carga axial, sabiendo que el amortiguador no lineal aumenta carga axial en las columnas donde esta aplicada. Siguiendo el procedimiento expuesto en la sección 2.9.3, y la Figura 31; obtenemos el factor “B”.

4.4.1.1 Sector A

A continuación, se presenta información, respecto de la verificación del sector A; mientras que la información de los sectores, B, C, D, E y E-F están en anexos.

Figura 148

Determinación de Factor de Reducción de Espectro-sector A

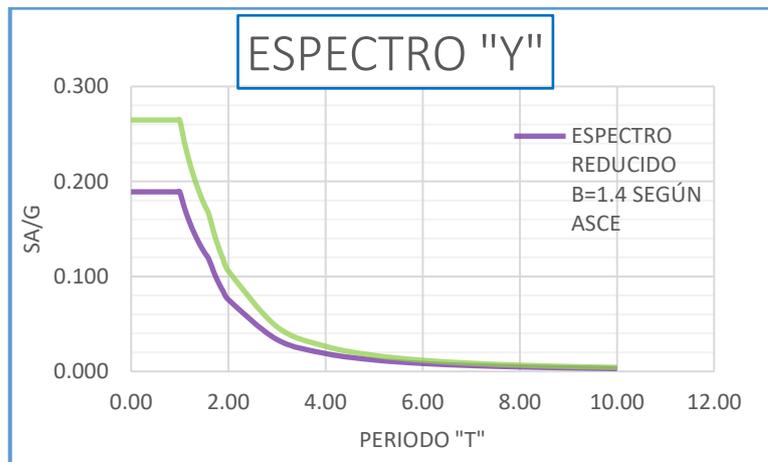
Table 18.6-1 Damping Coefficient, B_{V+I} , B_{1D} , B_R , B_{1M} , B_{mD} , B_{mM} (Where Period of the Structure $\geq T_0$)	
Effective Damping, β (percentage of critical)	B_{V+I} , B_{1D} , B_R , B_{1M} , B_{mD} , B_{mM} (where period of the structure $\geq T_0$)
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
≥ 100	4.0

Nota. ASCE 7-16.

En el sector A se tiene un amortiguamiento de β_{eff} $y y = 16.56\%$, para propósitos de verificación de la resistencia de la columna por incremento de carga axial por DFV. Entonces, se realiza una interpolación lineal para calcular el valor exacto del “B”, así como lo indica la norma E.031 en su Tabla N° 5; entonces se tiene: un $B=1.4$ como se muestra en la Fig. 148.

Figura 149

Comparación entre Espectro de la Norma y Reducido ASCE



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la Figura 149 se aprecia el espectro se ha reducido por el factor ($B=1.4$); este espectro está por debajo del espectro de la norma E.030.

Los factores “B” de reducción de espectro también se muestran en la norma peruana E.031 en su Art. 20 (Tabla 5) siendo esto los mismos valores propuestos por la ASCE como se aprecia en la Figura 148. Se realizó lo mismo para el resto de sectores (ver Anexo VI).

4.4.2 Factor de Amplificación de Carga Axial

Siguiendo el procedimiento expuesto en la sección 2.9.3, obtenemos el factor de amplificación de fuerzas “A” para el diseño de los elementos de concreto armado. Se han considerado todas las columnas en el primer piso que se conectarán a los disipadores.

En la Tabla 183 se muestra los resultados de las cargas axiales de las columnas sin y con DFV resultados del análisis tiempo historia, y de la comparación de estas se

determina un factor de amplificación “A” (se toma el máximo valor).

Tabla 183

Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas –Sector A

Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas con DFV					Dirección X y Y	
Columna	"Pu" Tracción (tn)		"Pu" Compresión (tn)		F.A. "A" ($P_{u,cd} / P_{u,sd}$)	
	sin DFV	con DFV	sin DFV	con DFV	Tracción	Compresión
C14	42.49	20.92	-40.13	-77.35	0.49	1.93
C17	48.53	15.39	-52.11	-91.71	0.32	1.76
C26	22.58	37.46	-21.89	-82.44	1.66	3.77
C29	25.73	37.22	-27.15	-82.23	1.45	3.03
Máximo:					0.98	3.77
Factor de Amplificación de Carga Axial Columnas "A"					3.77	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Del mismo modo se determina los factores de amplificación “A” para el resto de los sectores (ver anexos).

4.4.3 Carga Axial de diseño de la norma E.030

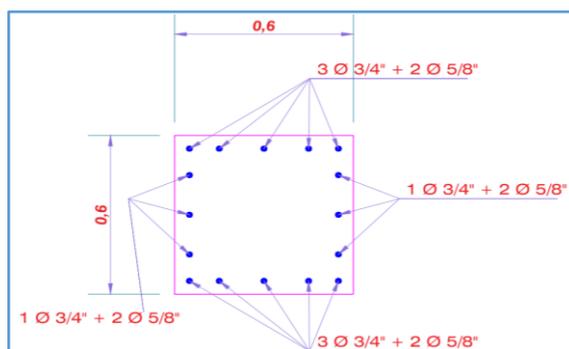
Para el diseño se analizó la columna de C60x60 cm (C26) de primer nivel, el cual es el que recibe mayor carga, Las combinaciones usadas para el análisis y diseño son:

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| Combo 1: 1.4CM+1.7CV | |
| Combo 2: 1.25(CM+CV) +CSx | Combo 6: 0.9CM+CSx |
| Combo 3: 1.25(CM+CV)-CSx | Combo 7: 0.9CM-CSx |
| Combo 4: 1.25(CM+CV) +CSy | Combo 8: 0.9CM+CSy |
| Combo 5: 1.25(CM+CV)-CSy | Combo 9: 0.9CM-CSy |

Después de procesar para una cuantía de 1% (36 cm² de área de acero), ver Tabla 183. Se tiene el siguiente reforzamiento (plano estructural del expediente técnico) tal como se muestra en la Figura 150.

Figura 150

Reforzo de Columna - Cuantía de 1% - (Sector A)



Nota. expediente técnico -UNAP.

Tabla 184

Área de Acero de Refuerzo - (Sector A)

As. Ø	Área Varilla(mm ²)	Nº de Varillas	Cantidad de Acero (cm ²)
3/8"	71.00	0	0
1/2"	127.00	0	0
5/8"	198.00	8	15.84
3/4"	285.00	8	22.8
1"	507.00	0	0
Total:			38.64 cm²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo

4.4.1 Amplificación de Carga Axial de Columna

Se procede a analizar la estructura con el espectro reducido, como fuerza sísmica (sobre el análisis espectral de diseño); para después aplicar los factores de amplificación de fuerza axial "A" obtenidos en la Tabla 183, en las columnas C29 y C26 (columnas de mayor sollicitación ubicados en el primer nivel), como se muestra en la Tabla 185.

Tabla 185

Fuerza de Diseño Amplificado –Sector A

Columna	Caso de Carga	P (Tn) ^a	F.A. "A"	P*A ^b (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)	Mt (Ton.m)
C26	1.4CM+1.7CV	102.51	3.77	386.05	0.76	-0.14	-0.003
	1.25(CM+CV)+CSx	87.77	3.77	330.54	-1.52	-12.47	-0.129
C29	1.4CM+1.7CV	101.83	3.77	383.47	0.76	0.89	-0.003
	1.25(CM+CV)+CSx	88.70	3.77	334.02	-1.16	-11.88	-0.129

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

^a viene ser la carga axial, analizado con el espectro de diseño reducido por el factor "B". Las combinaciones que arrojan esfuerzos máximos son: Combo 1 y Combo2.

^b es la carga axial amplificada por el factor "A". la cual debe cumplir con la resistencia nominal de la columna (dentro del diagrama de interacción) en el diseño con amortiguadores.

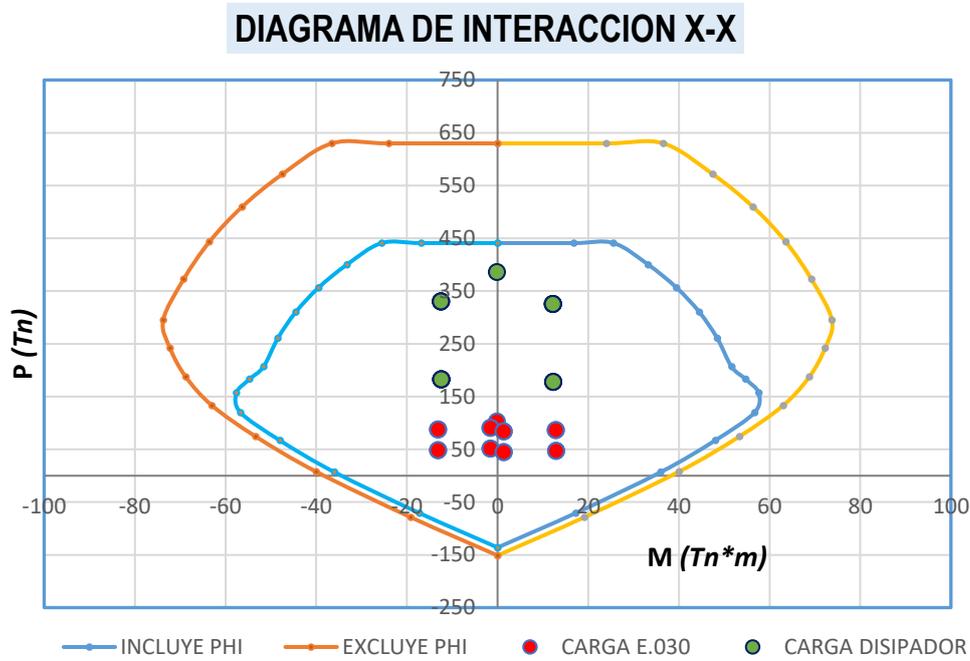
4.4.2 Verificación de Resistencia de Columna con DFV

Finalmente se valida la resistencia nominal ($P_U = \phi P_n$) de las columnas que acogen a los amortiguadores. En las Figuras 151 y 152 respectivamente se visualiza el diagrama de interacción de columna C 60X60 cm (C26) en la dirección X y Y respectivamente; es la columna más cargada y la que más aumenta de carga axial aplicando los DFV. También se presenta las cargas actuantes según el espectro de la

norma (color rojo) y las cargas amplificadas por el uso de amortiguadores (color verde), se cumple con la resistencia de la columna (cargas dentro del diagrama de interacción).

Figura 151

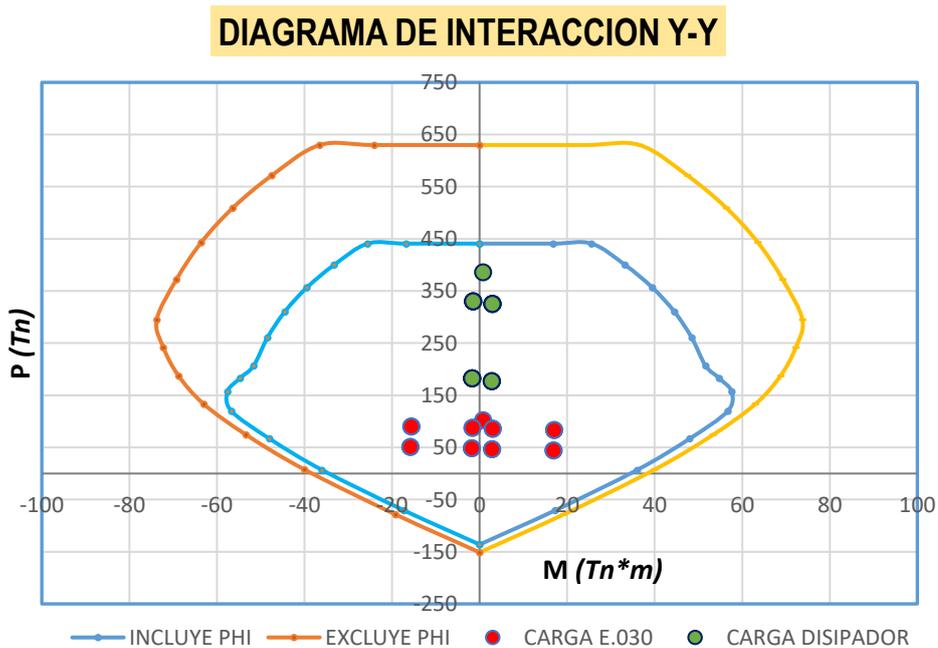
Diagrama de Interacción C60X60 cm "X" - (Sector A)



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 152

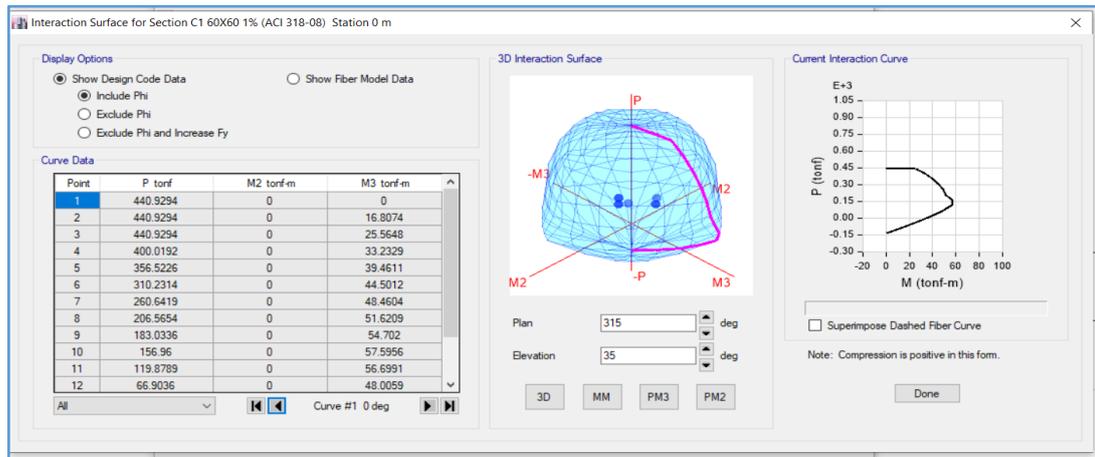
Diagrama de Interacción C60X60 cm "Y" - (Sector A)



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura 153

Diagrama de Interacción C60X60cm - (Sector A).



Nota. Curva a 0°, (eje X). Software Etabs.

En la Figura 153 se muestra el diagrama de interacción para una curva a 0°. Del mismo modo se determina los diagramas de interacción de las columnas para el resto de los sectores (ver anexos).

4.4.3 Resumen Comparativo de Resistencia de Columna con DFV

En la Tabla 186 se presenta el resumen del factor de amplificación de todos los sectores; se tiene un promedio de 1.88 de factor de amplificación por esfuerzos de compresión en las columnas, debido a que se usó disipadores de energía no lineales ($\alpha=0.5$), y se sabe que aumentan más carga axial que los disipadores lineales ($\alpha=1$). Y los esfuerzos de tracción incrementan en un promedio de 0.36 su factor de amplificación para carga axial.

Tabla 186

Resumen de Factor de Amplificación "A" (todos los sectores)

Sector	"B"		Columna	Sección (cm)	F.A. "A" Tracción	F.A. "A" Compresión	P (Tn)	Max. "A"	P*A (Tn)
	X	Y							
A	1	1.4	C26	C 60X60	0.98	3.77	102.51	3.77	386.05
B	1.8	1.57	C12	C 60X60	0.43	1.84	136.57	1.84	250.78
C	1	1.41	C36	C L 35X75	0.29	1.32	56.33	1.32	74.56
D	1.29	1.8	C20	C 60X60	0.27	1.64	185.79	1.64	304.77
E	1.8	1.7	C18	C 35X90	0.16	1.24	98.55	1.24	122.09
E-F	1.65	1.65	C15	C 35X70	0.03	1.48	84.59	1.48	104.80
Promedio:					0.36	1.88			

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

4.5 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En el estudio se plantea, la hipótesis siguiente:

El Uso de un Sistema de Protección Sísmica con Disipadores de Energía permitirá que el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana adquiera un nivel de desempeño estructural operacional con un nivel de daño moderado.

Luego de ver las comparaciones entre la estructura sin y con disipadores en todos los sectores, se presenta una considerable reducción porcentual de las derivas de piso en un rango del **33 a 51%** (Tabla 173), así como en el sector B; se tiene como resultado la máxima deriva del análisis T-H (sin DFV), la deriva máxima de 8.15% y con el uso de amortiguadores se logra reducir la deriva de entrepiso a **4.45%** reduciéndose en un **45.41%** en el eje “X”. de la misma manera en el sector D en el eje “Y”, Con el análisis T-H (sin DFV) se tiene la deriva de 7.87%, y con el uso de DFV se obtuvo la deriva máxima de **4.60%** reduciendo la deriva en un **41.55%**. Por ende, con el uso de un sistema de protección sísmica de tipo disipadores de energía fluido viscoso (DFV), si logra reducir las derivas de entrepiso a niveles de la deriva objetiva (4.60%), por lo que se puede afirmar; que tendrá un nivel de daño leve en los elementos estructurales y daño moderado en los elementos no estructural; siguiendo la metodología de la norma del comité visión 2000 del SEAOC y la actual norma NTP E.030.

Para la presente investigación los objetivos de desempeño propuestos son un nivel de desempeño operacional con un nivel de daño moderado; para lograr este objetivo se estableció una deriva objetiva de 4.60% y determinando el amortiguamiento objetivo, según las normas del FEMA- HAZUS.

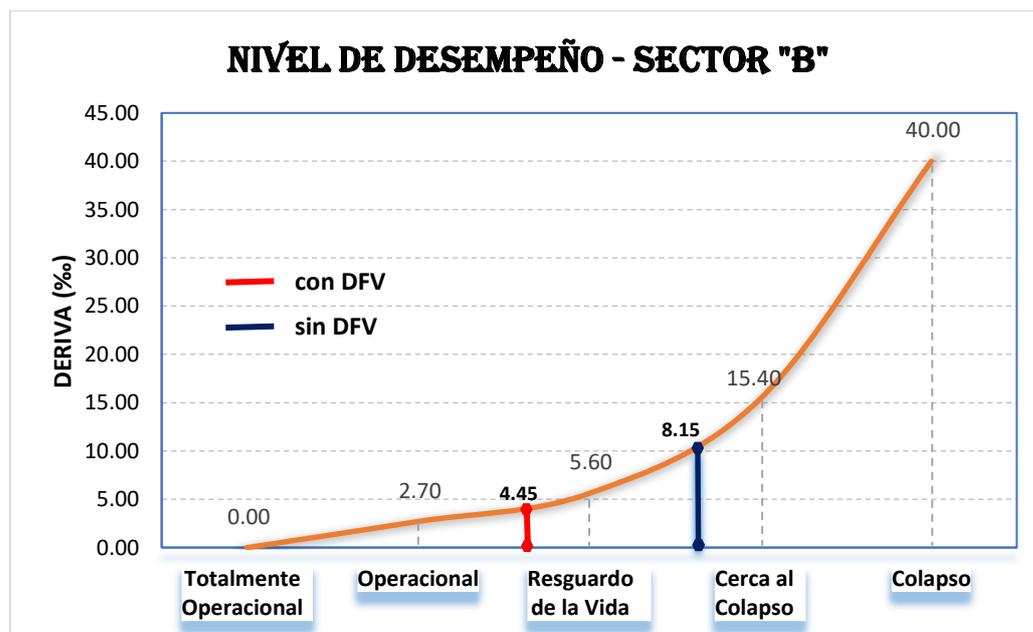
Con el uso de disipadores de energía fluido viscoso (DFV), las derivas de entrepiso en todos los sectores se han logrado reducir a valores inferiores de **4.62%**, con la cual se afirma que si se logró satisfacer nuestros objetivos de desempeño; es así que se

concluye que, **El uso de un sistema de protección sísmica de tipo disipadores de energía fluido viscoso (DFV), si permite que el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana adquiera un nivel de desempeño estructural operacional con un nivel de daño moderado.**

Se afirma que los daños en los elementos estructurales serán leves y daños moderados en el contenido de la edificación, como en los elementos no estructurales. El daño, por lo tanto, es limitado y los edificios pueden ser ocupados inmediatamente, después de un evento sísmico (sismos raros), debido a que las edificaciones cuentan con un nivel de desempeño operacional.

Figura 154

Nivel de Desempeño sin y con DFV - (Sector B).



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 154 se explica la curva de desempeño para el sector de acuerdo a HAZUS 99. Para una edificación de categoría estructural C2L se tiene las derivas respectivas para cada nivel de desempeño, se visualiza el nivel de desempeño del sector A, sin DFV está dentro del rango de desempeño resguardo de la vida (5.60- 15.40%) en cambio al contar con sistemas de protección de DFV está en un desempeño operacional (2.70- 5.60%).

V. CONCLUSIONES

El resultado del comportamiento de los sectores modelados de forma convencional tuvo un periodo no superior a 0.6 segundos. Respecto a las derivas no se cumplió con la norma vigente NTP E.030 (2018) en los sectores “B” y “E”. Las derivas son mayores que 0.007 mediante respuesta espectral; y respecto al análisis dinámico tiempo historia lineal (**sin DFV**) también no se cumplió como se especifica en el reglamento E-030 a excepción en los sectores “A” y “C”. El análisis tiempo historia se realizó con los sismos de Lima 1974, Moquegua 2001 y al Sismo de Ica 2007 y para sus 2 componentes ortogonales.

Los resultados modelados con disipadores de energía, respecto a las derivas se cumplió con la norma vigente NTP E.030 y su periodo de vibración no varía (variación despreciable). Cumpliendo las especificaciones de la norma E.030 (Art. 23) para la utilización de sistemas de disipación de energía y sus requisitos, se deberán cumplir las disposiciones del documento: “Minimum Design Loads for Building and Other Structures” (ASCE/SEI 7-16). Los sistemas de protección con DFV nos permite cumplir los objetivos de desempeño. Logrando un nivel de desempeño operacional, por tanto, los daños en los elementos estructurales serán leves y daños moderados en el contenido de la edificación y algunos elementos no estructurales ante los sismos raros de 475 años de periodo de retorno; siguiendo la metodología del Comité VISION 2000 –SEOAC; y también a través de la FEMA de su manual HAZUS.

Utilizando los dispositivos DFV se obtuvo la deriva máxima es de 4.62% del sector C en la dirección “X”, y en la dirección “Y” se obtuvo una deriva de 4.60% en el sector D (Tabla 172), en efecto se logra la deriva propuesta de 4.60% (deriva objetivo). Así como También se verificó el cumplimiento de su amortiguamiento efectivo



propuesto; por tanto, es de esperar que el daño en un terremoto severo se mantenga controlado y el edificio pueda ser ocupada inmediatamente.

Los resultados de este trabajo muestran que se logró un amortiguamiento efectivo máximo del orden de 30.37% en el sector B en la dirección “X” y en la dirección “Y” se obtuvo 29.31% en el sector D. Se probaron diversos arreglos en diagonal, doble diagonal y chevron para un mismo valor de amortiguamiento efectivo y para la misma estructura en cada dirección, teniendo en consideración la arquitectura, eficiencia de trabajo de los dispositivos y el costo de los dispositivos y su montaje. Debido a la mayor eficiencia de la configuración chevron, se propuso este arreglo solo para el sector B.

Comparando entre la estructura sin y con disipadores en el sector A, B, C, D, E y E-F se observa que aplicando los disipadores de energía sísmica de tipo fluido viscoso (DFV) se reduce la deriva máxima de entrepiso en un 37.19%, 45.41%, 34.21%, 41.55%, 51.37% y 37.13% respectivamente, lo que muestra que para sismos raros la deriva máxima (7.20 ‰) se reducirá a 3.87 ‰ (sector E). Este último valor permite en la estructura del bloque E un nivel de daño Leve. Estos resultados de derivas fueron obtenidos mediante la aplicación de diferentes acelerogramas en la estructura.

La energía disipada por el sistema de amortiguamiento alcanza un valor máximo del 71.24% (sector B) bajo todas las sollicitaciones tiempo historia. Este último responde a la gran cantidad de dispositivos, 32 en total, en configuración chevron horizontal.

Los esfuerzos de compresión axial de las columnas se incrementan en un promedio de factor de amplificación de 1.88 (promedio de todos los sectores), debido al incremento de carga axial en las columnas donde se aplica los DFV no lineales ($\alpha=0.5$); Al amplificar las cargas axiales en las columnas, se verifico que están dentro del rango del diagrama de interacción de las columnas que acogen a los DFV. Por lo tanto, se afirma que no ocurrirá fallas en la columna.



Propuesta de mejora sistemas de protección sísmica DFV

Se presenta la propuesta de mejora del desempeño estructural del mega laboratorio clínico universitario. Los sistemas de disipadores de energía sísmica del tipo fluido viscoso para los sectores A y C, solo en la dirección “Y” y para los sectores B, D, E y E-F en ambas direcciones como se muestra en la Tabla 205 y 206. Se elige los disipadores DFV con capacidad de fuerza axial de 110kip (50 ton), 165kip (75 ton), 220kip (100 ton) y 330kip (150 ton). Para la presente propuesta de mejora se emplea 88 disipadores de fluido viscoso con un coeficiente de amortiguamiento $C=80,100,150,180, 220,250$ y 280 Ton-s/m, empleados en los distintos sectores. Con un exponente de velocidad no lineal $\alpha=0.5$. Las deformaciones máximas (máximo stroke) de los DFV son de 2.12 y 2.25 cm en la dirección “X” y “Y” respectivamente, los cuales están dentro de los rangos permisibles. Las velocidades máximas de los disipadores de 0.463 y 0.443 m/s en la dirección “X” y “Y” respectivamente. Finalmente, respecto al brazo metálico se elige un perfil metálico el acero A36 ROUND HSS (Acero estructural A36 de tubo metálico circular), distribuidas en los distintos sectores, para la instalación de los DFV, hacia las estructuras.

El presupuesto para intervenir con esta propuesta de implementación de dispositivos de amortiguamiento DFV, para mejorar el nivel de desempeño estructural. es de **4,432,467.93 nuevos soles**, que consiste en la compra de 88 unidades de DFV y sus respectivas conexiones metálicas para los brazos metálicos y la placa base (plancha gussets), para su instalación en la estructura. El % de incidencia del presupuesto de esta propuesta frente al presupuesto total del mega laboratorio clínico universitario es de 14.52%. este valor es menor a lo que se obtendría por costos de reparación (15 – 20 %). Esta propuesta de mejora se aprecia en el capítulo de recomendaciones.



VI. RECOMENDACIONES

El diseño por desempeño es una metodología relativamente nueva en el Perú, motivo por el cual sus especificaciones y características deben implementarse en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Conciliando con la arquitectura, en las edificaciones futuras se recomienda alejar los dispositivos de fluido-viscoso del centro de masa; de modo tal que trabajarían en la zona de máximas velocidades, logrando una mayor efectividad y eficacia.

Concertando con la arquitectura, se recomienda adoptar los pórticos de mayor luz posible en caso de disposiciones en diagonal o doble diagonal para lograr mayor efectividad en el uso de los disipadores DFV.

Las conexiones deben ser evaluadas, considerando el criterio de diseño por resistencia y que deben ser diseñadas para que resistan las fuerzas, desplazamientos y velocidades del máximo sismo esperado, igual a 1,5 del sismo de diseño. Para el diseño de las conexiones considerar algunos elementos proporcionados por el proveedor al comprar el disipador viscoso; sin embargo, los demás elementos deben ser diseñados. Tomar en cuenta como referencia el libro, Edificaciones con Disipadores Viscosos del Ph.D. Genner Villarreal Castro (2016).

Se recomienda que, dadas las condiciones del mega laboratorio de salud humana UNA PUNO; siendo este diseñado con la norma anterior, su importancia por ser una edificación esencial y su posibilidad de daño severo ante un evento sísmico, éste sea reforzado con disipadores de energía sísmica del tipo fluido viscoso. Como se presenta a continuación, la propuesta de mejora con sistemas de protección sísmica con disipadores de energía sísmica de tipo fluido viscoso (DFV):



5. PROPUESTA DE MEJORA CON SISTEMA DE PROTECCIÓN SÍSMICA CON DISIPADORES SÍSMICOS DE ENERGÍA

6. PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE DFV.

6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO.

El expediente técnico se realizó en el año 2013, la concepción de este proyecto ambicioso la de un Hospital universitario se da con el objetivo primordial de que los estudiantes del área de medicina de las distintas escuelas profesionales puedan realizar sus prácticas pre profesionales en un ambiente provisto de alta tecnología avanzada para la formación profesional e investigación. Y, en segundo lugar; siendo la Universidad Nacional del Altiplano, unas las instituciones pioneras a nivel regional, en ese entonces no contaba con una Infraestructura de servicio de salud, para los estudiantes; quienes siendo los de mayor afluencia de las provincias de la región de Puno, quienes cuentan con ingresos económicos escasos y muchos provenientes de familias de extrema pobreza. Así mismo brindar servicio de salud a docentes y personal administrativo; por lo que han considerado las autoridades dentro de su plan operativo, proyectar un Mega laboratorio Clínico Universitario la cual sería una institución de salud que brinde servicio de salud, asistencia, docencia e investigación médica para el desarrollo social de la Región de Puno.

El anhelo en un inicio siempre fue la de un Hospital denominada en su momento “Hospital Universitario”, pero no sería posible su construcción en primer momento debido a que surgieron algunos inconvenientes e impedimentos como en primer lugar la no viabilidad del proyecto por parte del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) el SNIP no lo permitía; ya que las universidades tienen fines académicos mas no de brindar servicios de atención médica y que los proyectos solo tenían un monto tope de 10 millones para su ejecución. Es así que en recurren a la Asamblea Nacional de Rectores



(ANR) para que mediante el informe técnico N° 027-2013/OPI-ANR, se dé la **Declaratoria de Viabilidad** del proyecto en la fecha 16/07/2013 con el código SNIP 259520; con el nombre del proyecto de: “Mega laboratorio clínico universitario” pero que en el fondo solo se ha camuflado el nombre así como lo menciona el Arq. Iván Ramos Cruz (integrante del equipo técnico encargado de la realización del estudio de pre factibilidad y estudio definitivo del proyecto de la OAC, actual trabajador del mismo); “si hubiéramos sacado con el nombre de hospital universitario nunca se hubiera sacado este proyecto porque el MEF no nos permitía”. se realizó el proyecto con la convicción de que en el fondo es un Hospital y que más adelante así se hará realidad, razón por la cual su diseño arquitectónico y estructural tienen todas las instalaciones, ambientes y requerimientos y/o especificaciones de un hospital. También se decide su construcción por etapas ya que el presupuesto es con Recursos Ordinarios de la UNAP.

El mega laboratorio clasifica como Hospital II-1 Establecimientos del sector salud del segundo nivel de atención, de categoría II-1(Establecimiento de salud de Atención General), “establecimientos de salud del Segundo Nivel de Atención con capacidad resolutive para satisfacer las necesidades de salud de la población, a través de atención ambulatoria, de emergencia y de hospitalización”; según lo normado por el Ministerio de Salud. N.T.S. N° 021-MINSA/DGSP-V.03-2011 (p.36); CATEGORÍAS DE ESTABLECIMIENTOS DEL SECTOR SALUD.

6.1.1 Antecedentes.

La Universidad Nacional del Altiplano, dentro de los planes de modernización, eficiencia y competitividad, ha considerado para el presente año la Creación del Servicio de Mega laboratorio Clínico Universitario, asignado con el código SNIP N° 259520, denominado “CREACIÓN DEL SERVICIO DE MEGA LABORATORIO CLÍNICO

UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA EN ALTURA PARA LA FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO”.

El Proyecto definitivo ha sido desarrollado por la Unidad de Estudios y Proyectos, OAC UNA - PUNO”.

El inicio de obra del proyecto, fue el 08 de agosto del 2013, con un plazo de ejecución de la obra es de 720 días calendario (24 meses), debido al tema presupuestal esta obra ha tenido varios paralizaciones la última fue aproximadamente de 2 años.

El reinicio de obra se dio el mes de setiembre del año 2021, por supuesto con adicionales de presupuesto que hasta el día de hoy se viene con la construcción.

6.1.2 Situación Actual del Proyecto.

Actualmente el proyecto del mega laboratorio clínico universitario se encuentra en su etapa de construcción, se retomaron los trabajos después de aproximadamente 2 años de paralización por temas presupuestales. Al momento tiene un avance del 87% de ejecución física de la primera etapa al mes de octubre del año 2021; donde los sectores A, B y C están culminados al 100%, como se aprecia en la Figura 155:

Figura 155

Vista principal del Mega Laboratorio (sector A, B y C)



Nota. Fotografía del megalaboratorio, fecha:20/11/2021. Elaborado por el equipo de trabajo.

Actualmente el sector A, viene ya funcionando como Unidad de Laboratorios de Consulta Externa y el sector B como Unidad de Docencia e Investigación para los estudiantes de la escuela profesional de Medicina Humana. Y los sectores H, F, y G también están por concluirse solo ya falta las instalaciones eléctricas. Los sectores D, E, H y E-F, también están en plena construcción, teniéndose en cuenta que actualmente se tiene adicionales para la construcción de planta generadora de oxígeno tipo PSA y adquisición de equipamiento de ambientes complementarios.

6.1.3 Ubicación del Proyecto

- Ubicación Geográfica

El nuevo Mega laboratorio Clínico Universitario cuenta con un área de terreno de 12,100.81 m². El proyecto se encuentra emplazado dentro de los límites de la Ciudad Universitaria, propiedad de la Universidad Nacional del Altiplano, indica la Tabla 19.

- Ubicación Política

Tabla 187:

Ubicación

Departamento:	Puno
Provincia:	Puno
Distrito:	Puno
Lugar:	Ciudad Universitaria - UNA

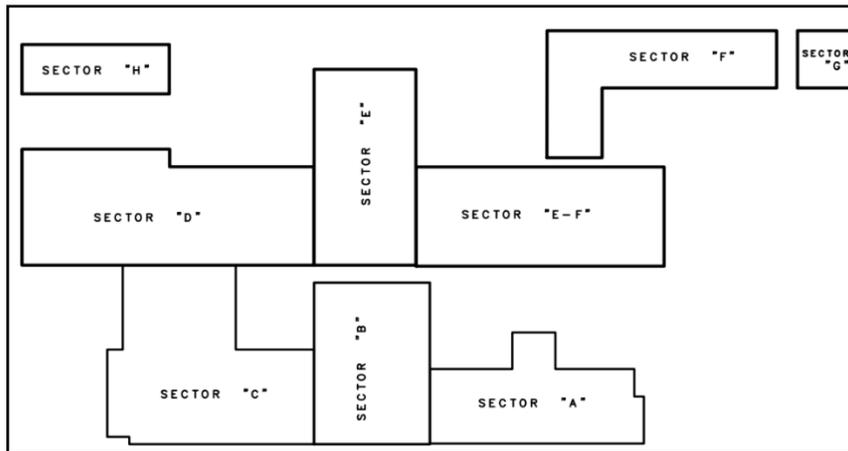
Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

6.1.4 Sectorización.

El Conjunto del Mega laboratorio Clínico Universitario está conformado por 9 sectores o bloques los que responden a su nivel de atención. se muestran en la Tabla 188:

Figura 156

Sectores del Mega Laboratorio



Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

En la Fig. 156, se muestra los 9 sectores, de los cuales los sectores H, F, y G, no serán objeto de estudio para la presente investigación, debido a que son de un solo nivel.

Tabla 188:

Sectorización

Sector	Unidad
Sector A	Unidad de Laboratorios de Consulta Externa
Sector B	Unidad de Docencia e Investigación y Unidad de Administración
Sector C	Unidad de Laboratorios de Ayuda al Diagnóstico y Unidad de Laboratorios de Emergencia
Sector D	Unidad de Laboratorios del Centro Quirúrgico y UCI
Sector E	Unidad de Laboratorios de Medicina y Cirugía General
Sector E-F	Unidad de Laboratorios de Medicina y Cirugía General y Servicios Generales
Sector F	Unidad de Servicios Generales
Sector G	Desechos de Megalaboratorio
Sector H	Unidad de Laboratorios de Anatomía Patológica y Servicios complementarios

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

6.1.5 Datos Financieros y de Ejecución

- **Nota De Financiamiento** Recursos Determinados
- **Entidad Gestora** Universidad Nacional del Altiplano
- **Ejecución** Oficina de Arquitectura y Construcciones
- **Código SNIP** **259520**
- **Presupuesto Total** **S/. 30'518,250.53 Nuevos Soles**

6.1.6 Presupuesto Total

El presupuesto solo de la construcción en un inicio era de S/. 16'544,537.01 nuevos soles (solo la infraestructura), debido a ampliaciones de plazo y adicionales se fue incrementando el costo de ejecución hasta superar los 20 millones de nuevos soles actualmente. como se aprecia en la Tabla 189; actualmente ya se viene ejecutando los componentes de Implementación de Equipos médicos, mobiliario y capacitación a personal encargado de laboratorios, según la fuente; de la página web de consulta amigable del MEF (Formato N°08-A Registros en la Fase de Ejecución).

Tabla 189:

Presupuesto total del Proyecto.

Proyecto Mega laboratorio Clínico (S/.)	Monto (S/.)
- Ejecución de Infraestructura I Etapa (S/.)	20,805,858.00
- Implementación de Equipos médicos (S/.)	7,505,259.14
- Implementación de Mobiliario (S/.)	226,357.00
- Capacitación personal médico, docente y Técnicos(S/.)	31,682.00
- Capacitación a técnicos encargados de laboratorio (S/.)	22,350.00
- Gestión del Proyecto (S/.)	1,314,652.38
- Costo de expediente técnico (S/.)	101,277.14
- Costo de supervisión (S/.)	430,668.49
- Costo de liquidación (S/.)	80,146.38
PRESUPUESTO TOTAL (S/.)	30,518,250.53

Nota. Informacion de OEI-UNAP y Formato N°08-A Registros en la Fase de Ejecución (MEF).

6.2 PROPUESTA DE MEJORA - IMPLEMENTACIÓN DE DFV.

Para el presente trabajo de investigación se analizan los sectores A, B, C, D, E, y E-F; del mega laboratorio clínico universitario de salud humana, de la UNA-PUNO, en cada sector se propone implementar estos dispositivos de amortiguamiento, los cuales permitirán mejorar el nivel de desempeño estructural de estas edificaciones como inicialmente nos planteamos en nuestros objetivos de desempeño, el nivel de desempeño esperado con la implementación es operacional, lo que significa que tendrá un nivel de daño leve en los elementos estructurales y daño moderado en los elementos no estructural,

logrando derivas de entrepiso inferiores a 4.62%, lo que en efecto podemos afirmar que existirá daños ligeros, Las instalaciones y servicios están operativos o podrían estar parcialmente interrumpidos, pero de fácil recuperación. Y se detalla en las Tabla 190.

Tabla 190:

Unidades De Estudio

Sector	Unidad	Ocupacion
A	Unidad de Laboratorios de Consulta Externa	Primer Nivel: cuenta con atención, admisión, archivo de historias clínicas, tópico, asimismo con consultorios de medicina familiar, ginecología, obstetricia, pediatría y ecografía. Segundo Nivel: consultorios dentales, oftalmológico, neumología, cardiológico, medicina interna, urología, psiquiatría y cirugía
B	Unidad de Docencia, Investigación y Administración	Primer Nivel: Se ubica en el acceso principal, cuenta con un hall de recepción, sala de espera, una sala de usos múltiples y servicios higiénicos de uso público. Segundo Nivel: Corresponde a la Unidad de Docencia e Investigación. Tercer Nivel: dos aulas pedagógicas audiovisuales, dos aulas de especialización, un área de estudio, un laboratorio multiuso y ss.hh. Cuarto Nivel: Corresponde a la Unidad de Administración, cuenta con un aula magna, secretaria, dirección administrativa, etc
C	U.Laboratorios de Ayuda al Diagnóstico	Primer Nivel: Laboratorio Clínico y de bioquímica, inmunología, etc. Segundo Nivel: Laboratorios de Diagnóstico por Imágenes, ambientes de rayos X, tomografía, ecografía
D	U. Laboratorios del Centro Quirúrgico y UCI	Primer - Tercer nivel: Cuenta con una escalera y una caja de ascensor para uso de pacientes y personal que conecta el primer y segundo nivel de los Laboratorios de Centro Quirurgico y Centro Obstetrico
E	Unidad de Laboratorios de Hospitalización	Primer - Tercer Nivel: Unidad de Laboratorios de Hospitalización de Medicina y Cirugía General, se ubica contiguo al sector D Cuenta con una caja de escalera y ascensor para uso de pacientes y personal que conecta con el segundo y tercer nivel
E-F	U.Laboratorios deHospitalización	Primer - Tercer Nivel: Hospitalización de Medicina y Cirugía General

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC.

En la Tabla 191, se presenta las areas techadas torales de cada sector de estudio y la vez descrito el número de niveles de las mismas.

Tabla 191:

Área y número de pisos de los sectores

Sector	Area (m2)	Nº de Pisos
A	929.00	2
B	1827.83	4
C	1206.75	2
D	1698.15	3
E	1507.95	3
E-F	1796.34	3

Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC.

6.2.1 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

6.2.1.1 Normas Empleadas.

- NTP E.020 (2006).
- NTP E.030 (2020)
- NTP E.031 (2019)
- NTP E.060 (2009).
- ASCE SEI 7-16 (2016)
- FEMA-HAZUS 99 (2003).
- SEAOC-Comité Visión 2000 (1999).

6.2.1.2 Parámetros Geotécnicos.

Los parámetros geotécnicos según el estudio de suelo para el diseño estructural del Proyecto. “CREACIÓN DEL SERVICIO DE MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA EN ALTURA PARA LA FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNA.”, Revisando los perfiles estratigráficos y la Tabla 22, se puede apreciar que los tipos de suelos predominantes son arena limosa y arcillosa (arena fina), grava bien graduada y arcillosa y limo inorgánico con baja plasticidad (SM-SC y GM-GC); el suelo clasifica como un perfil de suelo tipo S3 “suelo blando”. El cual se detallan a continuación:

Tabla 192:

Parámetros Geotécnicos

Item	Simbolo	Valor
Zona	-	3
Factor de Zona	Z	0.35
Factor de suelo	S	1.2
Periodo corto	T _p	1
Periodo largo	T _L	1.6
Capacidad portante del suelo	q _{adm}	0.95 kg/cm ²
Profundidad de desplante	D _f	2.50 m.
Densidad Natural del Suelo	Y _{nat.}	1.64 gr/cm ³

Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC.

6.2.1.3 Cargas Actuantes.

La asignación de cargas se realizó con los mismos valores que la memoria de cálculo (Estudios y Proyectos- OAC- UNAP). Usando la norma E-020, Tabla 193, 194:

Tabla 193:

Cargas Muertas y Vivas

Cargas	Piso Tipico	Azotea	und
WD (carga muerta)			
peso propio de losa (25 cm)	350		kg/m ²
Piso Terminado	100	100	kg/m ²
Tabiquería	100		kg/m ²
WL (carga viva)			
Oficinas	250		kg/m ²
consultorios	300		kg/m ²
laboratorio	300		kg/m ²
sala de operación	300		kg/m ²
corredores y escaleras	400		kg/m ²
S/C azotea		100	kg/m ²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 194:

carga de muros y ventanas

Muro	kg/m ²	Incluye
muro de soga (e=0.15m)	290	incluye tarrajeo
muro de cabeza (e=0.25m)	520	incluye tarrajeo
ventanas	30	incluye marco*

Nota. * las ventanas incluyen vidrio y marco. Elaborado por el equipo de trabajo

6.2.1.4 Parámetros de Diseño Sismorresistente.

- Categoría de la Edificación

La categoría está referida al uso que se le dará a la edificación, estableciéndose esto como el grado de importancia que adquiere la edificación en su desempeño frente a un evento sísmico para los ocupantes, la categoría de la edificación implica salvaguardar la integridad física de los ocupantes. Es decir, la edificación debe ser segura en un evento sísmico para los ocupantes y brindar la continuidad de los servicios básicos después de ocurrido el evento, sin llegar a colapsar la estructura y minimizando los daños a la propiedad. De acuerdo a la norma E.030, se muestra en al Tabla 195.

Tabla 195:

Categoría de la Edificación del proyecto

Categoría	Descripción	Factor: U
A	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5 U=1.5
	EDIFICACIONES ESCENCIALES	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: Edificaciones cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como: Centrales de Comunicaciones, Cuarteles de Bomberos y Policías, Sub estaciones Eléctricas, Reservorios de Agua, Centros Educativos. etc. 1.5

Nota. Norma E.030 (2020).

- Configuración Estructural

La configuración estructural está referida a la distribución de los elementos estructurales resistentes a las cargas verticales y horizontales, el criterio de la configuración debe basarse en dotar una distribución adecuada de los elementos resistentes, dando rigidez a la estructura en ambas direcciones horizontales. Por lo general la configuración de una edificación debe ser regular, a fin de dotar un comportamiento adecuado en un evento sísmico. Una estructura regular se refiere a aquellas que no tienen discontinuidades significativas horizontales y verticales en su configuración resistente a cargas laterales. Para la verificación de irregularidades revisar en anexos, debido a que todas las estructuras son irregulares según la norma E.030(2020).

- Parámetros Sísmicos

Los parámetros sísmicos están referidos a aquellos factores que afectan el comportamiento de la edificación en un evento sísmico, como muestra la Tabla 196:

Tabla 196:

Parámetros sísmicos

Descripción	Z	U	C	S	T _p (s)	T _L (s)
Sector: A			De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las expresiones en el Art. 14 de la norma E.030(2020). Donde "C"; depende de T _p , T _L y T	1.2	1	1.6
Sector: B						
Sector: C						
Sector: D	0.35	1.5				
Sector: E						
Sector: E-F						

Nota. Norma E.030 (2020).

- Sistema Estructural

Está definido el sistema estructural, según los materiales usados y elementos resistentes predominantes en cada dirección planteada para la edificación. El comportamiento de la edificación en un evento sísmico dependerá de los elementos verticales resistentes que controlen la fuerza sísmica, en razón a dichos elementos resistentes verticales es adoptado los valores de reducción sísmica (R), ver la Tabla 197.

Tabla 197:

Sistema Estructural

Descripción	R*	Sistema Estructural
Sector: A	7	Concreto Armado: Dual
Sector: B	7	Concreto Armado: Dual
Sector: C	8	Concreto Armado: Pórticos
Sector: D	7	Concreto Armado: Dual
Sector: E	7	Concreto Armado: Dual
Sector: E-F	7	Concreto Armado: Dual

Nota. *R: coeficiente de reducción sísmica. Norma E.030 (2020).

6.2.1.5 Estructuración.

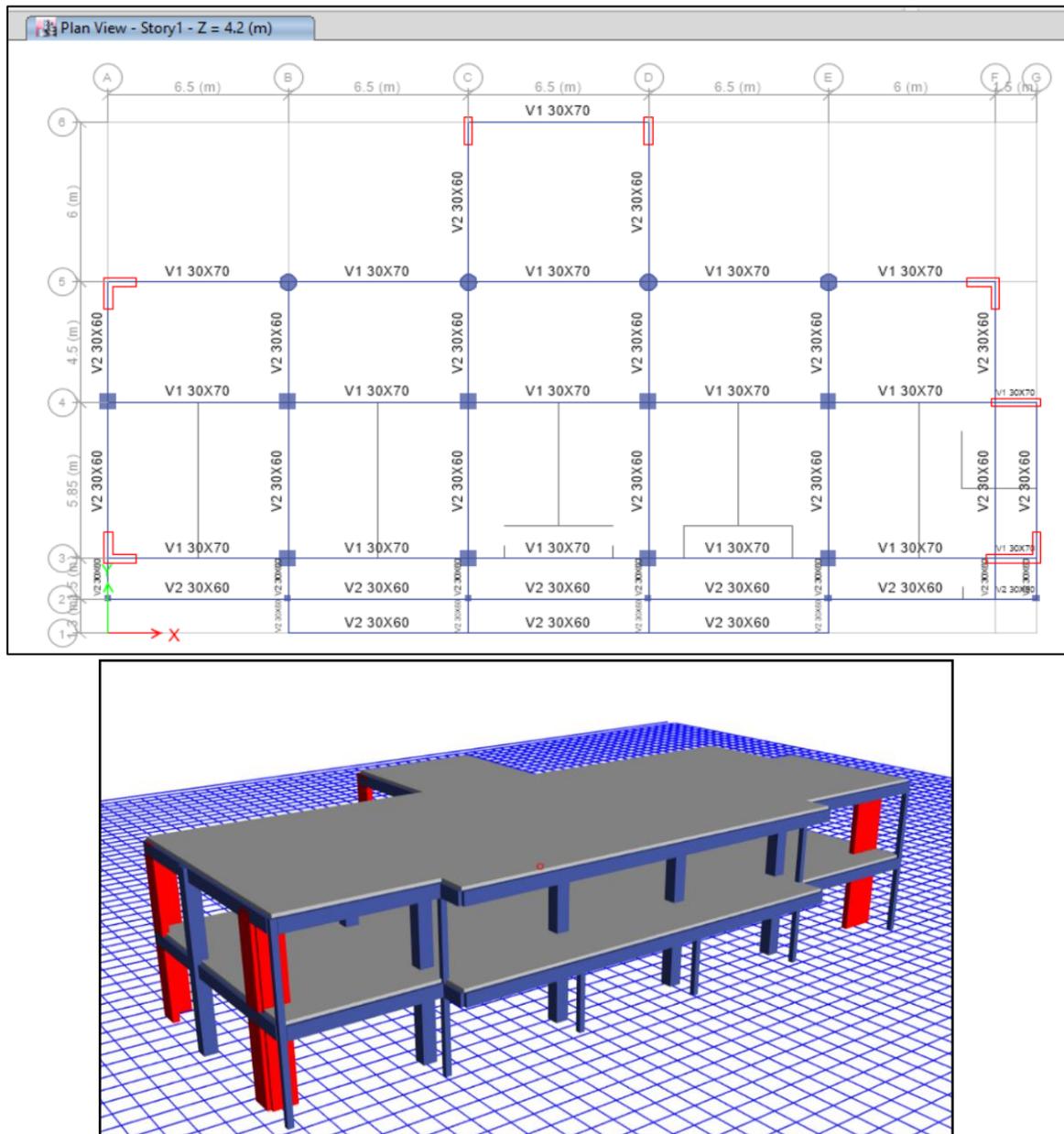
El criterio de la estructuración implica la distribución de los elementos verticales (columnas, placas) y horizontales (vigas) Resistentes a las cargas sísmicas con sus

respectivas características geométricas. La estructuración adoptada para la edificación consiste en columnas, placas y vigas adecuadamente ubicadas y conectadas entre sí.

a) **Sector: A**

Figura 157

Sectores del Mega Laboratorio

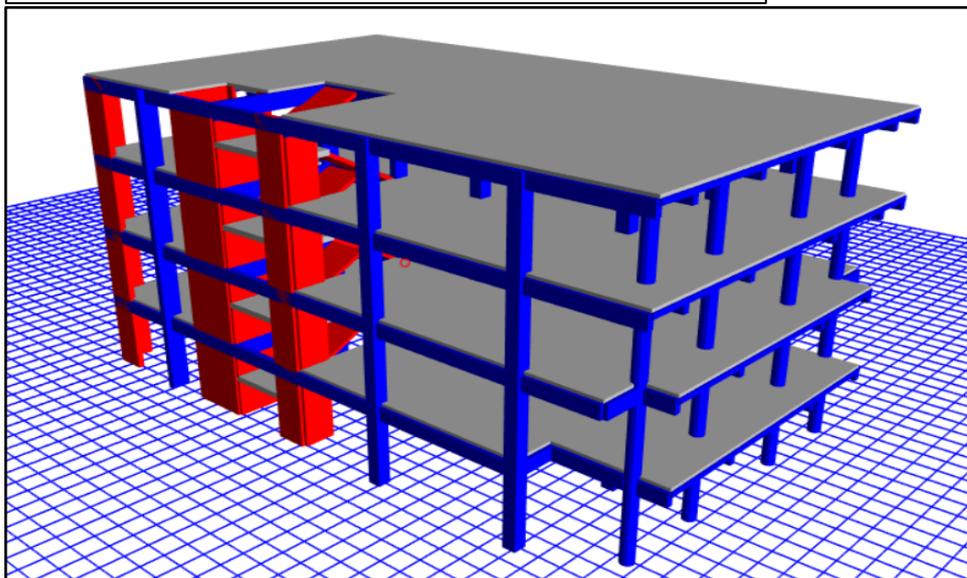
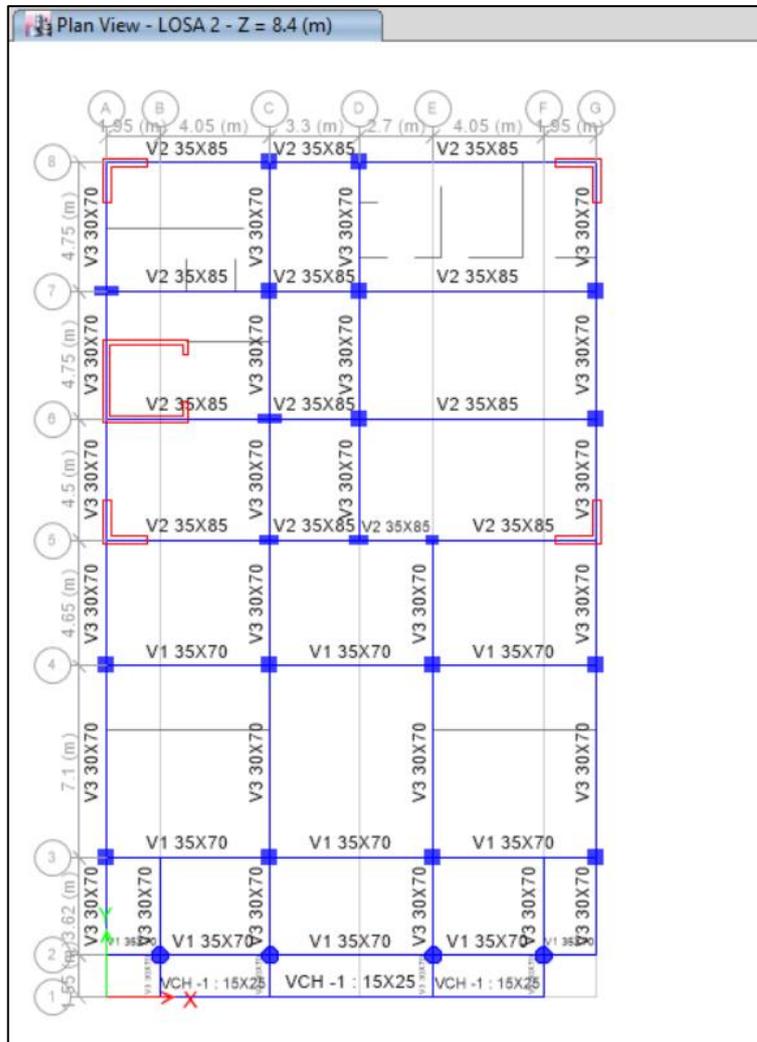


Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC-Software Etabs.

b) **Sector: B**

Figura 158

Sectores del Mega Laboratorio

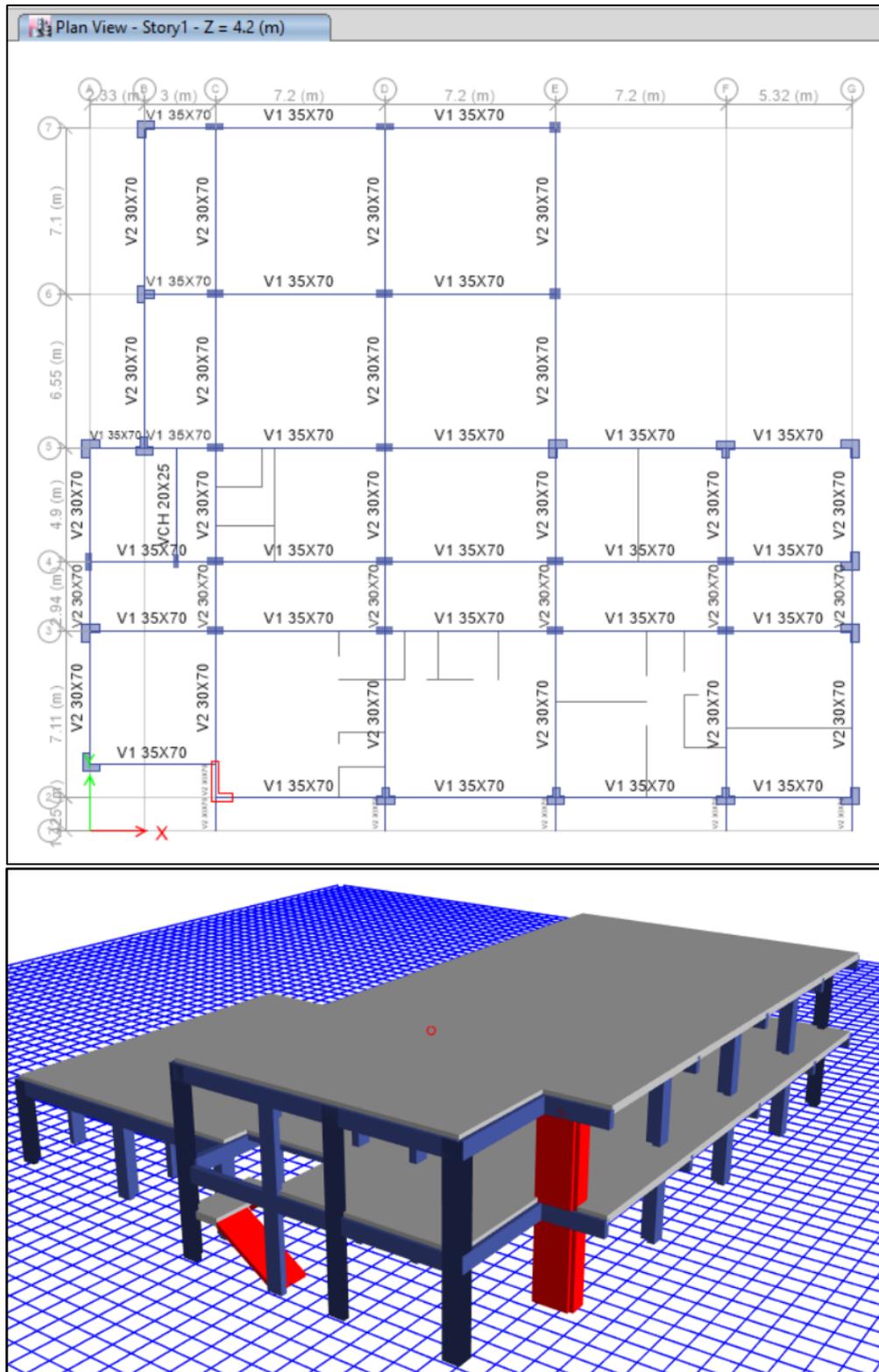


Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC- Software Etabs.

c) **Sector: C**

Figura 159

Sectores del Mega Laboratorio

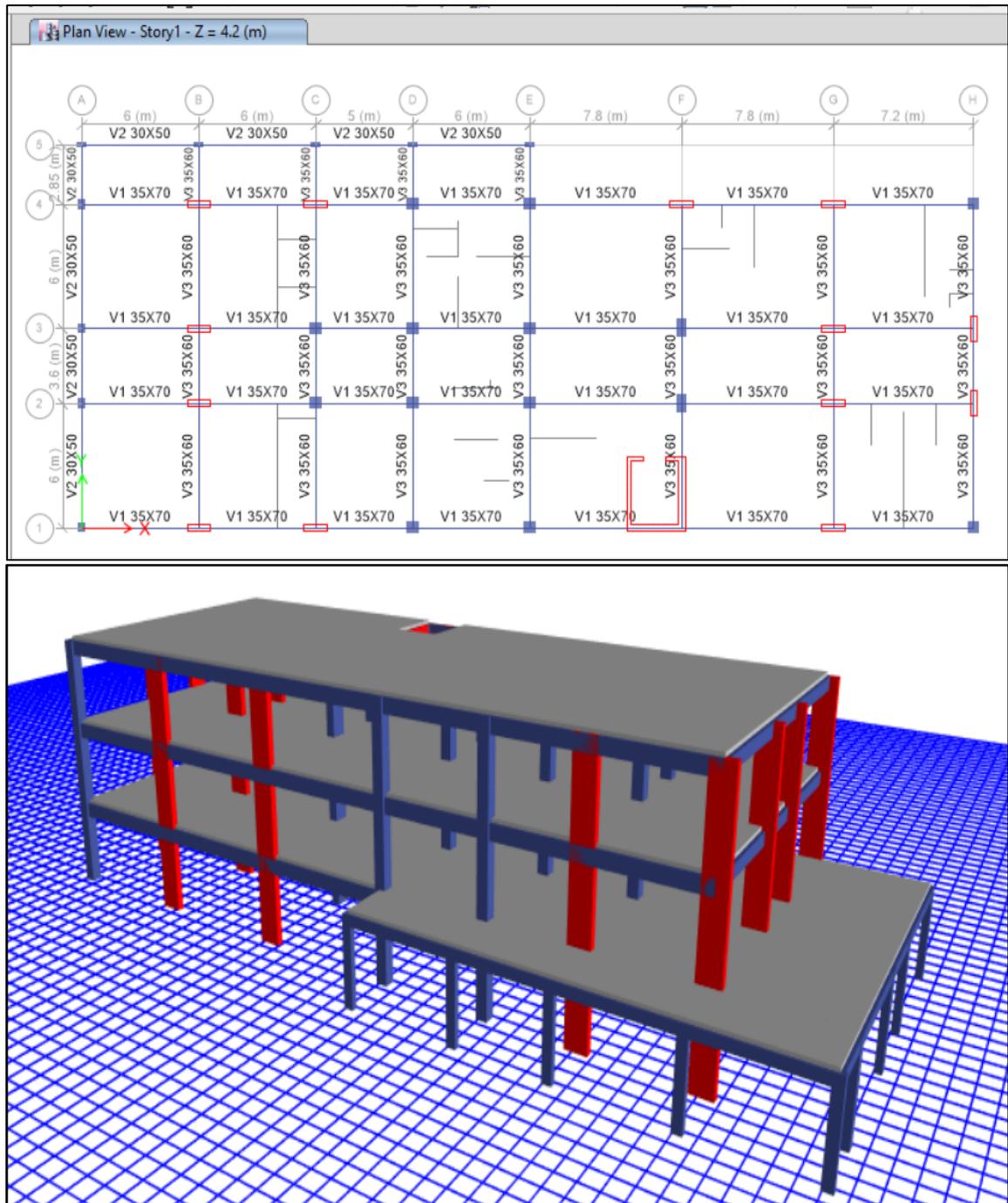


Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC- Software Etabs.

d) **Sector: D**

Figura 160

Sectores del Mega Laboratorio

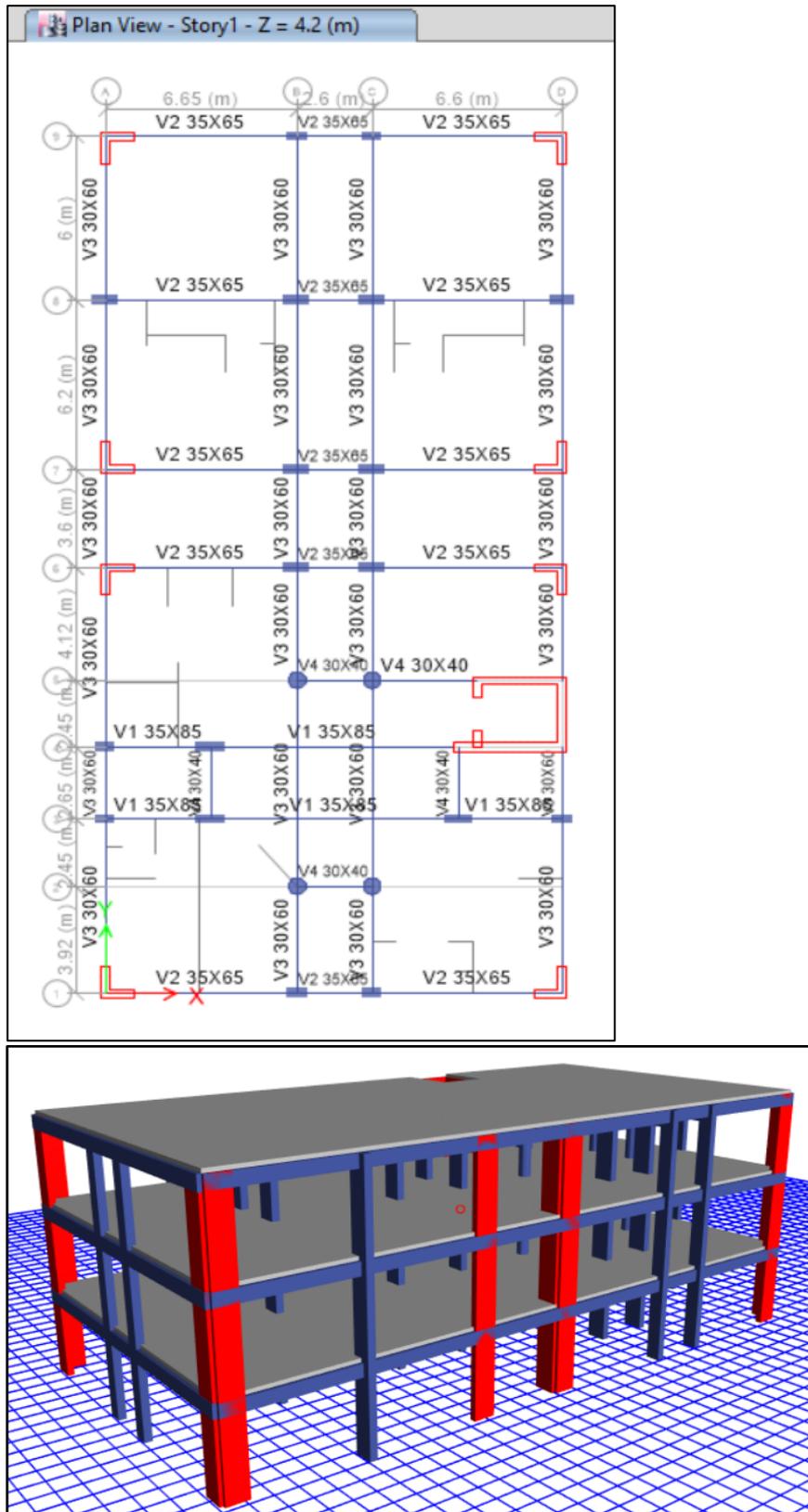


Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC- Software Etabs.

e) **Sector: E**

Figura 161

Sectores del Mega Laboratorio

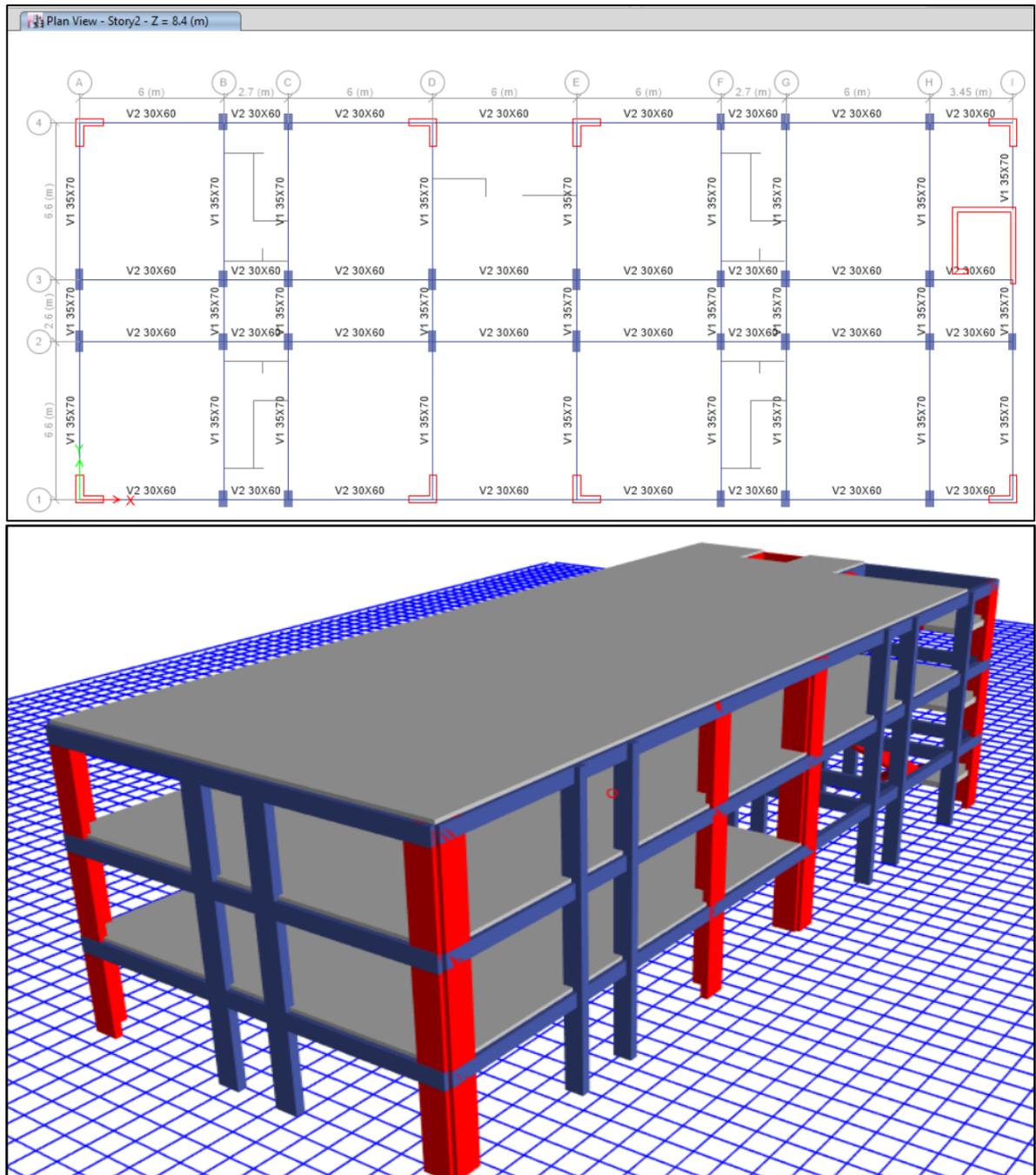


Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC- Software Etabs.

f) **Sector: E-F**

Figura 162

Sectores del Mega Laboratorio



Nota. Reproducida de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC- Software Etabs.

6.2.1.6 Dimensiones de los Elementos Estructurales.

El pre-dimensionamiento consiste en establecer sus características geométricas, referidos a las dimensiones de la sección transversal de la viga, columnas, placas y losas, es decir establecer de manera preliminar la altura y el ancho de los elementos estructurales.

En la siguiente sección presentaremos todas las dimensiones de las secciones de los elementos estructurales involucrados en la estructura, el cual lo obtenemos de la memoria de cálculo del diseño estructural del expediente técnico (Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC). El Predimensionamiento lo realizaron con la norma rectora RNE E-060 (2009). Los cuales se muestran a continuación en las Tablas 198,199 y 200:

Tabla 198:

Predimensionamiento de Losa Aligerada

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA						
Descripción	Entre Ejes:	S/C(kg/m ²)	Luz(m)	Coef.:1 y 2	Hcalc.	H. adop.
Sector: A	A-B y 7-8	400.00	L = 7.15	25	0.286	0.25 m
Sector: B	A-B y 7-8	300.00	L = 7.10	25	0.284	0.25 m
Sector: C	A-B y 2-3	300.00	L = 5.85	25	0.234	0.25 m
Sector: D	A-B y 18-19	300.00	L = 6.00	25	0.24	0.25 m
Sector: E	A-B y 18-19	300.00	L = 6.58	25	0.263	0.25 m
Sector: E - F	A-B y 7-8	300.00	L = 6.00	25	0.24	0.25 m

Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Tabla 199:

Predimensionamiento de Vigas Principales

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES									
Sector	S/C(kg/m ²)	Luz(m)	BT(m)	Coef. "α"	Coef.:2	B1.	H1.	B.adop.	H. adop.
A	400.00	L = 6.50	4.75	10.50	20.00	0.24	0.62	0.30 m	0.70 m
B	300.00	L = 8.70	5.88	10.50	20.00	0.29	0.79	0.35 m	0.80 m
C	300.00	L = 7.20	6.89	10.50	20.00	0.34	0.68	0.30 m	0.70 m
D	300.00	L = 7.80	4.80	10.50	20.00	0.24	0.71	0.35 m	0.70 m
E	300.00	L = 6.65	4.55	10.50	20.00	0.23	0.63	0.35 m	0.65 m
E-F	300.00	L = 6.60	6.00	10.50	20.00	0.30	0.63	0.35 m	0.70 m

Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

Tabla 200:

Predimensionamiento de Vigas Secundarias

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS SECUNDARIAS									
Sector	S/C(kg/m ²)	Luz(m)	BT(m)	Coef. "β"	Coef.:2	B1.	H1.	B.adop.	H. adop.
A	300.00	L = 5.85	6.50	12.00	20.00	0.33	0.49	0.30 m	0.60 m
B	300.00	L = 7.10	6.00	12.00	20.00	0.30	0.59	0.30 m	0.70 m
C	300.00	L = 7.15	7.20	12.00	20.00	0.36	0.60	0.30 m	0.70 m
D	300.00	L = 6.00	7.70	12.00	20.00	0.39	0.50	0.35 m	0.60 m
E	300.00	L = 6.58	6.10	12.00	20.00	0.31	0.55	0.30 m	0.60 m
E-F	300.00	L = 6.00	4.55	12.00	20.00	0.23	0.50	0.30 m	0.60 m

Nota. Adaptada de Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC.

6.2.1.7 Registros Sísmicos.

Según la norma ASCE 7-16 (2016), nos pide un mínimo de 3 registros sísmicos como mínimo, y cada una de estas incluirá dos componentes en direcciones ortogonales como así también lo especifica RNE-E030 (2020). En esta investigación se utilizaron los registros sísmicos correspondientes a los años 1974, 2001 y 2007 en sus dos direcciones X e Y, como se aprecia en la Tabla 201. Los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 201:

Registros de Aceleración Sísmica Usados

FECHA	Ubicación Estacion sísmica	Código de Estacion	Componen te	Duracion (seg)	Intervalo de tiempo Δt (seg)	Magnitud del sismo	Aceleracion Maxima PGA (cm/s ²)
03 de octubre 1974	Lima	PRQ	E-W N-S	97.94	0.020	8.1Mw	-194.205 180.090
23 de junio 2001	Moquegua	MOQ01	E-W N-S	198.90	0.010	8.4Mw	-295.150 219.990
15 de agosto 2007	Ica	ICA002	E-W N-S	218.06	0.010	8.0Mw	-272.820 333.660

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

6.2.1.8 Objetivo de Desempeño.

Elegimos el nivel desempeño, el nivel de amenaza sísmica y el nivel de daño esperado, que vienen a ser los objetivos de desempeño. Según la importancia de la edificación, establecido por el SEAOC de la propuesta del Comité VISION 2000, y también la norma Peruana E.030; nuestra estructura califica como una **edificación Esencial**.

- **El nivel de amenaza sísmica, es para los sismos raros** (475 años de periodo de retorno), se elige porque nuestra norma E.030 contempla su espectro de respuesta, para los sismos raros (ver Tabla 13).
- **El nivel de desempeño es operacional**, se elige porque se propone que estas edificaciones tengan un funcionamiento inmediato después de los eventos sísmicos.

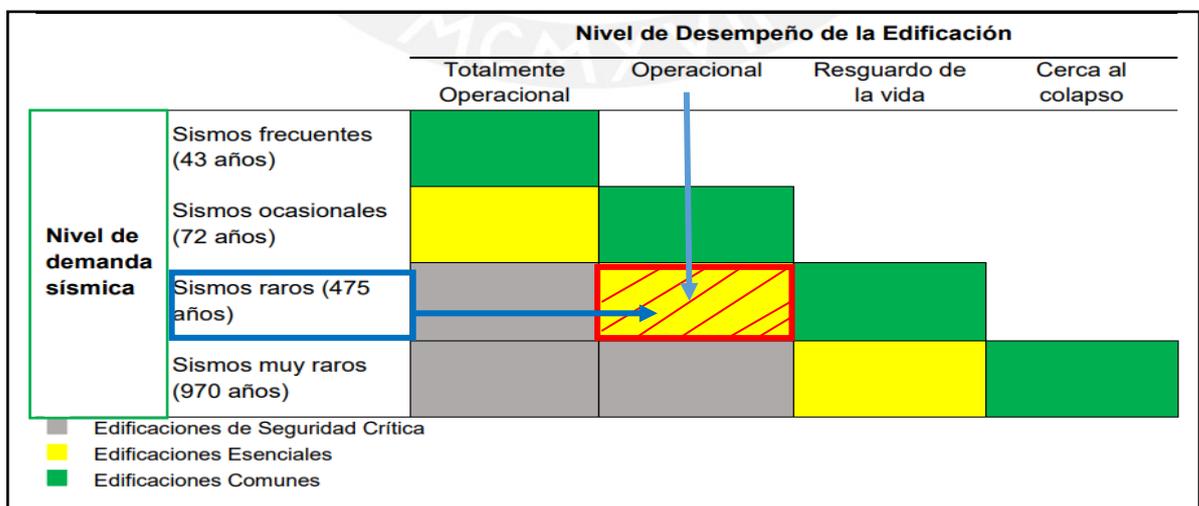
Las instalaciones y servicios están operativos o podrían estar parcialmente interrumpidos, pero de fácil recuperación (ver Tabla 14).

- **El nivel de daño leve – moderado**, se debe a que se espera daños leves en los elementos estructurales y daños moderados en los elementos no estructurales, y equipamiento médico (ver Tabla 14).

los objetivos de desempeño se relacionan entre sí mediante la denominada matriz de desempeño, como se puede visualizar en la Figura 163:

Figura 163:

Matriz de Desempeño – SEAOC (1999)



Nota. Adaptado de SEAOC (1999)-Comité Vision 2000

Por lo tanto, se tiene los objetivos de desempeño para esta propuesta de mejora de su desempeño estructural del proyecto, por supuesto esto solo se logrará empleando estos amortiguadores de energía sísmica, permitiendo que las edificaciones o sectores estén operativos inmediatamente después de pasar un sismo severo. Se resume en la Tabla 202:

Tabla 202:

Objetivos de Desempeño

Nivel de amenaza sísmica	475 años periodo de retorno
Nivel de desempeño	operacional
Nivel de daño esperado	Daño leve - moderado

Nota. Adaptado de SEAOC.

6.2.1.9 Objetivos de diseño.

A. Deriva Objetivo:

Para la elección de la deriva objetivo, en primer lugar, se determina el código de designación para cada edificación según el sistema estructural y el número de pisos (la altura de la estructura). En base a lo propuesto por HAZUS, como muestra la Tabla 203

Tabla 203:

Sistemas Estructurales HAZUS 99

Descripción	Sistema Estructural	N° de pisos	Código (HAZUS)*
Sector: A	Concreto Armado: Dual	2	C2L
Sector: B	Concreto Armado: Dual	4	C2M
Sector: C	Concreto Armado: Pórticos	2	C1L
Sector: D	Concreto Armado: Dual	3	C2L
Sector: E	Concreto Armado: Dual	3	C2L
Sector: E-F	Concreto Armado: Dual	3	C2L

Nota. * Ver tabla 15. HAZUS 99 (2003).

La deriva objetiva que se propone lograra con la implementación de estos dispositivos disipadores de energía sísmica es de: 4.60%. en la Tabla 204 se muestra las derivas máximas permisibles por la norma norteamericana FEMA –HAZUS 99.

$$\text{Deriva de entrepiso } (\Delta_i / h_{ei}) = 4.60\%.$$

Tabla 204:

Distorsiones Máximas Permisibles - HAZUS 99

Nivel de diseño sísmico	Designación	Deriva de entrepiso para un límite de daño estructural en edificios de C°A°			
		Daño leve	Daño moderado	Daño severo	Daño completo o colapso
Moderado	C1L	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
	C1M	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
	C1H	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
	C2L	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
	C2M	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
	C2H	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300
	C2H	0.0020	0.0038	0.0099	0.0250

Nota. HAZUS 99 (2003), P.213-216

6.2.1.10 *Análisis Dinámico no Lineal Tiempo-Historia rápido (FNA).*

Para el análisis de las estructuras con disipadores fluido viscosos (DFV), se empleará el análisis ADNLTH-FNA. Según, CSI (2016) el análisis dinámico no lineal tiempo historia rápido (FNA) es un método de análisis modal útil para la evaluación estática o dinámica de sistemas estructurales lineales o no lineales. Debido a su formulación computacionalmente eficiente, FNA es muy adecuado para el análisis de la historia del tiempo y a menudo se recomienda sobre las aplicaciones de integración directa. Durante la aplicación dinámica-no lineal de FNA, los modelos analíticos deben:

- Ser principalmente elástico lineal.
- Tener un número limitado de miembros no lineales predefinidos (amortiguadores representados por elementos link en ETABS).
- el análisis es de manera rápido, debido a que, a la estructura, solo se le analiza linealmente y a los DFV si se realiza el análisis no lineal (como elementos link).

6.2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Significa todos los requerimientos y estándares de ejecución que se aplican a la adquisición de estos dispositivos de amortiguamiento disipadores de energía fluido viscosos (DFV) y al servicio de instalación en la estructura de los mismos.

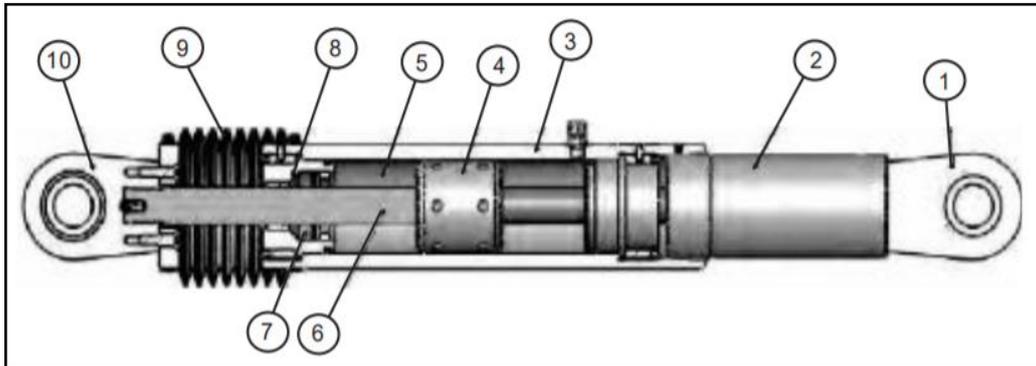
01.00.0 Disipador Fluido Viscoso (DFV).

01.01.0 Características y propiedades físicas y mecánicas.

Para la presente propuesta, se propone sistemas de protección sísmica pasiva como los disipadores de energía sísmica de tipo fluido-viscoso (DFV), es dispositivo que consiste de un cilindro metálico lleno de un líquido viscoso, como aceite o silicona, y una cabeza de pistón con orificios que separa al cilindro en dos cámaras. Una de las cámaras posee un acumulador que compensa el cambio de volumen del fluido debido al posicionamiento del pistón durante el movimiento. Como se muestra en LA Figura 164.

Figura 164:

Componentes de los Disipadores Viscosos



Nota. Villarreal & Oviedo (2008).

Donde:

1. Horquilla final con tratamiento térmico de aleaciones de acero con protección contra la corrosión.
2. Acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión.
3. Cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
4. Cabeza del pistón de acero sólido o de bronce.
5. Fluido viscoso, silicona incompresible.
6. Vástago de acero inoxidable.
7. Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas.
8. Tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
9. Fuelle, nylon reforzado de neopreno.
10. Cojinete esférico forjado con aleación de calidad aeronáutica.

Presión De Funcionamiento

La presión de funcionamiento de los amortiguadores (DFV), para esta propuesta están diseñados para operar a una presión máxima de **5,000 - 8,000 psi**. Capaces de resistir los sobrecalentamientos del fluido de amortiguación y los sellos dinámicos.



Material de fábrica de DFV

Los materiales de fábrica son esencialmente mecanismos llenos de fluido que deben ser capaces de soportar esfuerzos altos, un servicio a largo plazo sin mantenimiento y además de requerir materiales que sean inherentemente resistentes a la corrosión

- **Vástago de émbolo:** Acero inoxidable 15-5PH, barra forjada, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 160 ksi
- **Cilindro:** Tubería AISI 4340, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 120 ksi
- **Cabeza de pistón:** Cojinete de bronce, material en barra, Esfuerzo de rendimiento mínimo de 50 ksi
- **Retenedor de sello:** Barra Forjada AISI 4340, Esfuerzo de rendimiento mínimo 120 ksi

Criterios de Ubicación

Los criterios de ubicación son muy importantes al momento de realizar los cálculos estructurales, una de las limitantes viene a ser la arquitectura y su distribución, los dispositivos serán ubicadas en las zonas más alejadas posible del centro de rigidez de las estructuras. se sugiere ubicarlos inicialmente en las zonas de velocidades máximas y en los entresijos que experimentan mayor desplazamiento relativo. La ubicación óptima de los amortiguadores se logrará mediante un proceso iterativo. También es importante señalar que el uso del edificio y la arquitectura del mismo son factores que influyen significativamente en la ubicación de los amortiguadores.

Fabricantes

La compra de estos DFV, se realizará a pedido a la empresa CDV Ingeniería Antisísmica la cual es representante de Taylor Devices Inc. en Perú. Sabiendo que es el principal fabricante de estos dispositivos de origen estadounidense, y líder mundial desde 1954 en la producción de elementos de absorción de shocks por medio de la compresión

y control de fluidos que permiten la disipación de energía. la empresa CDV Ingeniería Antisísmica, la cual es representante de Taylor Devices en Perú.

Propiedades del DFV no Lineal

En la Tabla 205 y 206, se aprecia las características y especificación técnicas de los disipadores de energía sísmica DFV propuestos para la implementación como parte del mejoramiento de su desempeño estructural de las edificaciones que componen el mega laboratorio clínico universitario, estas especificaciones son todos los datos necesarios para realizar la cotización, la adquisición y compra de los dispositivos DFV. Estos amortiguadores se hacen el requerimiento por pedido a las empresas. Por lo cual las especificaciones técnicas que se presentan en las Tablas viene a ser la propuesta de diseño final de DFV, como una medida de mejora de su desempeño estructural.

- **Coefficiente de no Linealidad “ α ”:**

El exponente de velocidad “ α ”. Para la presente propuesta emplearemos disipadores DFV no lineales, y se considerará un “ $\alpha = 0.5$ ”. La eficiencia del disipador viscoso no lineal ($\alpha < 1$) es mayor, ya que para pequeñas velocidades relativas, puede desarrollar una mayor fuerza de amortiguamiento en comparación a los otros DFV.

- **Coefficiente de Amortiguamiento “C”:**

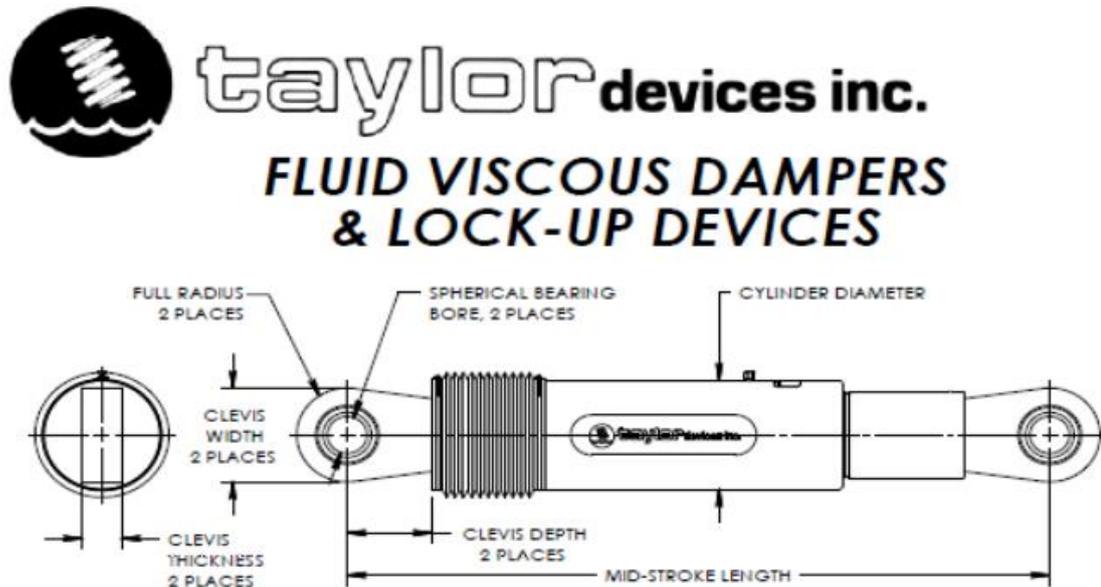
El coeficiente de amortiguamiento, se pre dimensiona, pero debe tener muy en cuenta que después del análisis con el software Etabs, muchas veces no se cumple la deriva objetivo, y por tal razón se reasigna de modo iterativo hasta lograr la deriva objetivo, generalmente disminuye el valor “C”.

- **Fuerza axial y máximo stroke:**

La máxima fuerza que desarrollan los disipadores No lineales y el máximo desplazamiento (stroke) que obtenemos en los dispositivos, este último dato es empleado para el diseño de la cámara de acumulación, como se aprecia en la Figura 165.

Figura 165:

Componentes de los Disipadores Viscosos DFV



FORCE	SPHERICAL BEARING BORE DIA. (INCHES)	MID-STROKE LENGTH (INCHES)	STROKE (INCHES)	CLEVIS THICKNESS (INCHES)	CLEVIS WIDTH (INCHES)	CLEVIS DEPTH (INCHES)	CYLINDER DIA. (INCHES)	WEIGHT (lbs.)
55 KIP	1.50	34.13	±3	1.63	4 MAX.	3.25	4-1/2 MAX.	90
110 KIP	2.00	42.00	±4	2.13	4-3/4 MAX.	4.00	5-3/4 MAX.	185
165 KIP	2.25	47.00	±4	2.25	6 MAX.	5.10	7-1/4 MAX.	300
220 KIP	2.75	48.75	±4	2.75	7-1/2 MAX.	5.88	8-1/4 MAX.	425
330 KIP	3.00	51.75	±4	3.00	8 MAX.	6.38	9-1/2 MAX.	600
440 KIP	3.50	62.00	±5	3.50	9 MAX.	7.50	11-1/4 MAX.	900
675 KIP	4.00	62.00	±5	4.50	12-3/4 MAX.	8.00	13-3/4 MAX.	1300
900 KIP	5.00	74.00	±5	5.50	12-3/4 MAX.	10.75	16-3/4 MAX.	2650
1450 KIP	6.00	84.00	±5	6.00	13-3/4 MAX.	12.00	20-1/4 MAX.	4100
1800 KIP	7.00	88.25	±5	7.00	16-1/4 MAX.	12.50	22-1/4 MAX.	5500

NOTE: VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ±2 TO ±36 INCHES. FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES MID-STROKE LENGTH BY FIVE INCHES PER ±1 INCH OF STROKE.

Nota. Adaptado de Taylor Devices Inc.

En la Fig. 165, se muestra los 4 tipos de disipadores a emplear en esta propuesta DFV con capacidad de fuerza axial de 110kip (50 ton), 165kip (75 ton), 220kip (100 ton) y 330kip (150 ton).

A continuación, se presenta el consolidado de propiedades y especificaciones técnicas de los DFV detallado para cada sector, en cada dirección y por niveles, estos son datos que se tendrán que emplear para el requerimiento y compra de los dispositivos, como una propuesta de mejora en su desempeño estructural del proyecto mega laboratorio clínico universitario, se presenta en las Tablas 205 y 206.

Tabla 205:

Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “X”

Sector	N° de Nivel	CARACTERÍSTICAS DE DISIPADORES DE ENERGÍA DFV							
		“C” (ton- s/m)	(α)	Max.Energía Disipada (%)	Fuerza Axial (Kip)	Maximo Stroke (cm)	Velocidad Máxima (cm)	Arreglo de DFV	N° DFV (und)
A	1° - 2°	-	-	-	-	-	-	-	-
B	1° - 2°	200.00	0.50	71.24%	220.00	2.03	0.249	Chevron	8
	3° - 4°	150.00	0.50		165.00	1.65	0.249	Chevron	8
C	1° - 2°	-	-	-	-	-	-	-	-
D	1° - 3°	80.00	0.50	65.29%	110.00	2.12	0.389	Diagonal	6
E	1° - 3°	80.00	0.50	59.48%	110.00	1.96	0.389	Diagonal	6
E-F	1° - 3°	220.00	0.50	62.13%	330.00	2.01	0.463	Diagonal	6

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 206:

Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección “Y”

Sector	N° de Nivel	CARACTERÍSTICAS DE DISIPADORES DE ENERGÍA DFV							
		“C” (ton- s/m)	(α)	Max.Energía Disipada (%)	Fuerza Axial (Kip)	Maximo Stroke (cm)	Velocidad Máxima (cm)	Arreglo de DFV	N° DFV (und)
A	1° - 2°	100.00	0.50	38.67%	110.00	1.52	0.249	Diagonal	4
B	1° - 2°	150.00	0.50	71.24%	165.00	1.97	0.249	Chevron	8
	3° - 4°	80.00	0.50		110.00	1.60	0.389	Chevron	8
C	1° - 2°	250.00	0.50	37.05%	330.00	1.99	0.359	Diagonal	4
D	1° - 3°	150.00	0.50	65.29%	220.00	1.96	0.443	Diagonal	12
E	1° - 3°	180.00	0.50	59.48%	220.00	1.45	0.307	D.Diagonal	12
E-F	1° - 3°	280.00	0.50	62.13%	330.00	2.25	0.286	Diagonal	6

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

02.01.0 Brazo Metálico (DFV).

el brazo metálico que lo conecta a la estructura principal o pórticos. Esto debido a que la rigidez axial del dispositivo es mucho menor a la del brazo, con el objeto de que primero falle el disipador antes que el brazo metálico.

02.01.01 Características y propiedades físicas y mecánicas (DFV).

Respecto al brazo metálico se elige un perfil metálico el acero A36 del tipo ROUND HSS (Acero estructural A36 de tubo metálico circular), norma ASTM A36, distribuidas en los distintos sectores. Así como Como se muestran en la Figura 166, los perfiles para esta propuesta están enmarcados (color rojo). También se aprecia todas las propiedades geométricas como mecánicas de los tubos metálicos.

Figura 166:

Componentes de los Disipadores Viscosos DFV

DIMENSIONS
AND SECTION
PROPERTIES OF
ROUND HSS

Shape	Design Wall Thickness, t in.	Nominal Wt lb/ft	Area, A in. ²	D/t	I in. ⁴	S in. ³	r in.	Z in. ³	Torsion	
									J	C
									in. ⁴	in. ³
HSS9.625X0.500	0.500	48.77	14.3	19.2	150	31.1	3.23	41.7	299	61.9
X0.375	0.375	37.08	10.9	25.7	117	24.3	3.27	32.1	233	48.4
X0.312	0.312	31.06	9.13	30.8	99.1	20.6	3.29	27.1	198	41.1
X0.250	0.250	25.06	7.36	38.5	81.0	16.8	3.32	22.0	162	33.6
X0.188	0.188	18.97	5.57	51.2	62.1	12.9	3.34	16.7	124	25.8
HSS8.625X0.625	0.625	53.45	15.7	13.8	126	29.3	2.84	40.1	253	58.0
X0.500	0.500	43.43	12.8	17.2	106	24.5	2.88	33.0	211	48.7
X0.375	0.375	33.07	9.72	23.0	82.9	19.2	2.92	25.5	166	38.3
X0.322	0.322	28.58	8.40	26.8	72.6	16.8	2.94	22.2	145	33.5
X0.250	0.250	22.38	6.58	34.5	57.7	13.4	2.96	17.5	115	26.7
X0.188	0.188	16.96	4.98	45.9	44.4	10.3	2.98	13.4	88.7	20.6
HSS7.625X0.375	0.375	29.06	8.54	20.3	56.3	14.8	2.57	19.7	113	29.4
0.328	0.328	25.59	7.52	23.2	50.1	13.2	2.58	17.5	100	26.2
HSS7.5X0.500	0.500	37.42	11.0	15.0	67.7	18.1	2.48	24.5	135	35.8
X0.375	0.375	28.56	8.39	20.0	53.4	14.2	2.52	19.1	107	28.4
X0.312	0.312	23.97	7.05	24.0	45.6	12.2	2.54	16.1	91.2	24.2
X0.250	0.250	19.38	5.69	30.0	37.5	9.99	2.56	13.1	74.9	19.9
X0.188	0.188	14.70	4.32	39.9	28.9	7.70	2.59	10.1	57.8	15.4
HSS7X0.500	0.500	34.74	10.2	14.0	54.2	15.5	2.30	21.2	108	30.7
X0.375	0.375	26.56	7.80	18.7	43.0	12.3	2.35	16.5	85.9	24.4
X0.312	0.312	22.31	6.56	22.4	36.7	10.5	2.37	14.0	73.5	20.9
X0.250	0.250	18.04	5.30	28.0	30.2	8.64	2.39	11.4	60.5	17.2
X0.188	0.188	13.69	4.02	37.2	23.4	6.67	2.41	8.73	46.7	13.3
HSS6.875X0.500	0.500	34.07	10.0	13.8	51.2	14.9	2.26	20.4	102	29.5
X0.375	0.375	26.06	7.66	18.3	40.6	11.8	2.30	15.9	81.2	23.5
X0.312	0.312	21.89	6.43	22.0	34.7	10.1	2.32	13.4	69.4	20.1
X0.250	0.250	17.71	5.20	27.5	28.6	8.32	2.34	11.0	57.2	16.6
X0.188	0.188	13.44	3.95	36.6	22.1	6.43	2.37	8.41	44.2	12.8

DIMENSIONS
AND SECTION
PROPERTIES OF
ROUND HSS

Shape	Design Wall Thickness, t in.	Nominal Wt lb/ft	Area, A in. ²	D/t	I in. ⁴	S in. ³	r in.	Z in. ³	Torsion	
									J	C
									in. ⁴	in. ³
HSS6.625X0.500	0.500	32.74	9.62	13.2	45.4	13.7	2.17	18.8	90.8	27.1
X0.432	0.432	28.60	8.40	15.3	40.5	12.2	2.19	16.6	81.0	24.2
X0.375	0.375	25.06	7.36	17.7	36.1	10.9	2.21	14.7	72.2	21.6
X0.312	0.312	21.06	6.19	21.2	30.9	9.33	2.23	12.4	61.8	18.6
X0.280	0.280	18.99	5.58	23.7	28.1	8.50	2.25	11.3	56.3	16.9
X0.250	0.250	17.04	5.01	26.5	25.5	7.69	2.26	10.2	50.9	15.3
X0.188	0.188	12.94	3.80	35.2	19.7	5.95	2.28	7.79	39.4	11.9
HSS6X0.500	0.500	29.40	8.64	12.0	32.9	11.0	1.95	15.2	65.9	21.6
X0.375	0.375	22.55	6.63	16.0	26.3	8.78	1.99	11.9	52.7	17.4
X0.312	0.312	18.97	5.58	19.2	22.6	7.54	2.01	10.1	45.2	15.0
X0.280	0.280	17.12	5.03	21.4	20.6	6.88	2.02	9.17	41.3	13.7
X0.250	0.250	15.37	4.52	24.0	18.7	6.23	2.03	8.27	37.4	12.4
X0.188	0.188	11.68	3.43	31.9	14.5	4.84	2.06	6.35	29.0	9.66
HSS5.563X0.500	0.500	27.06	7.95	11.1	25.7	9.25	1.80	12.9	51.5	18.2
X0.375	0.375	20.80	6.11	14.8	20.7	7.43	1.84	10.1	41.3	14.7
X0.258	0.258	14.63	4.30	21.6	15.2	5.45	1.88	7.27	30.3	10.9
X0.188	0.188	10.80	3.17	29.6	11.5	4.13	1.90	5.43	23.0	8.24
HSS5.5X0.500	0.500	26.73	7.85	11.0	24.8	9.01	1.78	12.5	49.6	17.7
X0.375	0.375	20.55	6.04	14.7	19.9	7.25	1.82	9.87	39.9	14.4
X0.258	0.258	14.46	4.25	21.3	14.6	5.32	1.86	7.10	29.3	10.6
HSS5X0.500	0.500	24.05	7.07	10.0	18.1	7.25	1.60	10.2	36.2	14.2
X0.375	0.375	18.54	5.45	13.3	14.7	5.87	1.64	8.04	29.3	11.6
X0.312	0.312	15.64	4.6	16.0	12.7	5.07	1.66	6.87	25.4	10.1
X0.258	0.258	13.08	3.84	19.4	10.8	4.33	1.68	5.81	21.7	8.62
X0.250	0.250	12.69	3.73	20.0	10.6	4.22	1.68	5.65	21.1	8.40
X0.188	0.188	9.67	2.84	26.6	8.24	3.30	1.70	4.36	16.5	6.57

Nota. Adaptado de Taylor Devices Inc.

Propiedades geométricas ROUND HSS (extraído de “AISC Steel construction manual 13th”).

A continuación, se presenta el consolidado de propiedades y especificaciones técnicas de los brazos metálicos para la instalación de los DFV en las estructuras, quedando detallado para cada sector, en cada dirección y por niveles, estos son datos que se tendrán que emplear para el requerimiento y compra de los tubos metálicos estructurales HSS ROUND, como una propuesta de mejora en su desempeño estructural del proyecto mega laboratorio clínico, se presenta en las Tablas 207 y 208.

Tabla 207:

Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección "X"

Sector	N° de Nivel	Arreglo de DFV	N° DFV (und)	Perfil brazo Metálico (plg)	Longitud de brazo Metálico (m)	Módulo de Elasticidad (ksi)	Esfuerzo de fluencia (ksi)
A	1° - 2°	-	-	-	-	-	-
B	1° - 2°	Chevron	8	HSS 7.5x 0.500	4.76	29000.00	36.00
	3° - 4°	Chevron	8	HSS 7.5x 0.375	4.81	29000.00	36.00
C	1° - 2°	-	-	-	-	-	-
D	1° - 3°	Diagonal	6	HSS 7.5x 0.375	7.27	29000.00	36.00
E	1° - 3°	Diagonal	6	HSS 7.5x 0.312	6.76	29000.00	36.00
E-F	1° - 3°	Diagonal	6	HSS 8.625x 0.500	6.01	29000.00	36.00

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 208:

Propuesta de Diseño Final de DFV Dirección "Y"

Sector	N° de Nivel	Arreglo de DFV	N° DFV (und)	Perfil brazo Metálico (plg)	Longitud de brazo Metálico (m)	Módulo de Elasticidad (ksi)	Esfuerzo de fluencia (ksi)
A	1° - 2°	Diagonal	4	HSS 6x 0.500	6.13	29000.00	36.00
B	1° - 2°	Chevron	8	HSS 7.5x 0.375	5.91	29000.00	36.00
	3° - 4°	Chevron	8	HSS 7.5x 0.312	6.03	29000.00	36.00
C	1° - 2°	Diagonal	4	HSS 8.625x 0.625	5.14	29000.00	36.00
D	1° - 3°	Diagonal	12	HSS 7.5x 0.500	6.09	29000.00	36.00
E	1° - 3°	D.Diagonal	12	HSS 7.5x 0.500	6.09	29000.00	36.00
E-F	1° - 3°	Diagonal	6	HSS 8.625x 0.500	6.51	29000.00	36.00

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

6.2.3 METRADOS.

En la Tabla 209, se presenta los metrados de los DFV y los brazos metálicos, las áreas de las secciones son recabados del AISC, así como se muestran en las Figura 165:

Tabla 209:

Metrado de DFV y brazo metálico

Metrado Implementación de DFV - Mega Laboratorio Clínico Universitario								
Item	Descripción	Perfil brazo Metálico	Und.	N° de elementos	Medida		Metrado	
					Largo (m)	Peso/ml (lb/pulg)	Parcial (kg)	Subtotal
01.00	DISIPADORES DE ENERGÍA (88 DFV)		UND					88.00
01.01	DFV F=110 kips (24 DFV)		Und	24	-	-	24.00	
01.02	DFV F=165 kips (16 DFV)		Und	16	-	-	16.00	
01.03	DFV F=220 kips (32 DFV)		Und	32	-	-	32.00	
01.04	DFV F=330 kips (16 DFV)		Und	16	-	-	16.00	
02.00	CONEXIONES METALICAS - TUBO HSS ROUND, Fy =36 KSI		Kg.					317879.59
02.02	SECTOR B - "X"	HSS 7.5x 0.500	Kg.	8.00	4.76	37.42	25447.15	
02.03	SECTOR B - "X"	HSS 7.5x 0.375	Kg.	8.00	4.81	28.56	19626.00	
02.05	SECTOR D - "X"	HSS 7.5x 0.375	Kg.	6.00	7.27	28.56	22247.56	
02.06	SECTOR E - "X"	HSS 7.5x 0.312	Kg.	6.00	6.76	23.97	17362.19	
02.07	SECTOR E-F - "X"	HSS 8.625x 0.500	Kg.	6.00	6.01	43.43	27967.52	
02.08	SECTOR A - "Y"	HSS 6x 0.500	Kg.	4.00	6.13	29.4	12873.79	
02.09	SECTOR B - "Y"	HSS 7.5x 0.375	Kg.	8.00	5.91	28.56	24114.27	
02.10	SECTOR B - "Y"	HSS 7.5x 0.312	Kg.	8.00	6.03	23.97	20649.70	
02.11	SECTOR C - "Y"	HSS 8.625x 0.625	Kg.	4.00	5.14	53.45	19624.98	
02.12	SECTOR D - "Y"	HSS 7.5x 0.500	Kg.	12.00	6.09	37.42	48836.08	
02.13	SECTOR E - "Y"	HSS 7.5x 0.500	Kg.	12.00	6.09	37.42	48836.08	
02.14	SECTOR E-F - "Y"	HSS 8.625x 0.500	Kg.	6.00	6.51	43.43	30294.27	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

6.2.4 PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DE DFV.

Para estimar el costo de los disipadores se solicitó una cotización a la empresa CDV ingeniería antisísmica, la cual es representante de Taylor Devices en Perú. Para realizar la cotización se brindó como información las características obtenidas en el diseño de los disipadores DFV (Tabla 205 y 206).

Los costos unitarios fueron obtenidos; para el costo de los DFV, se tiene de la cotización como se muestra en las Figura 167 y 168, que nos da un costo en global (por los 88 DFV, de 4 fuerzas), para las conexiones metálicas como el brazo metálico y la placa base (plancha gussets), se obtiene de la investigación del autor; Guevara & Torres (2012) al realizar la evaluación de costos. Los costos indicados no incluyen el IGV.

Tabla 210:*Presupuesto de Implementación de DFV*

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio US\$.	Parcial US\$.
01.00	DISIPADORES DE ENERGÍA (88 DFV)				880,000.00
01.01	Disipadores Sísmicos Taylor F=110 kips (24 DFV)				
01.02	Disipadores Sísmicos Taylor F=165 kips (16 DFV)				
01.03	Disipadores Sísmicos Taylor F=220 kips (32 DFV)	GLB	1.00	880,000.00	880,000.00
01.04	Disipadores Sísmicos Taylor F=330 kips (16 DFV)				
02.00	CONEXIONES METALICAS - TUBO HSS ROUND, Fy =36				236,490.66
02.01	CONEXIONES METALICAS ACERO HSS ASTM A36	Kg.	295613.33	0.80	236,490.66
Costo Directo (US\$):					1,116,490.66
PRESUPUESTO TOTAL					
(S/.):					4,432,467.93

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

En la tabla 210, se presenta el presupuesto estimado para la implementación del sistema de protección sísmica con DFV, para lograr en las edificaciones un desempeño operacional, que después de sismo severo el mega laboratorio sufrirá daños leves los elementos estructurales y daños moderados en los elementos no estructurales. El presupuesto total, es de; **4,432,467.93 nuevos soles** (no incluye el IGV), en este presupuesto el dolar americano, a la fecha 06/12/2021 es de: 1 US\$ =3.97 s/. el precio del acero estructural HSS A36 por Kg., se consiguió de la página de internet Alibaba.com y Amazon, donde nos presentan el precio por tonelada de peso.

% de Incidencia de la propuesta de implementación de DFV.

La incidencia del costo de implementación de DFV frente al presupuesto total del proyecto, se muestra en la Tabla 211, el % de incidencia de los DFV es de: 14.52%. Para determinar la incidencia, los montos se extrajeron del expediente técnico del proyecto (Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC). Este valor de incidencia del 14.52 %, este valor es menor a lo que se obtendría por costos de reparación (15 – 20 %), este % de incidencia es cercano a lo que se presenta en edificaciones con amortiguadores de fluido-viscoso en otros países.

Tabla 211:*Presupuesto de Implementación de DFV*

Proyecto Megalaboratorio Clinico	Monto (S/.)
- Ejecucion de Infraestructura I Etapa (S/.)	20,805,858.00
- Implementacion de Equipos medicos (S/.)	7,505,259.14
- Implemmetacion de Mobiliario (S/.)	226,357.00
- Capacitacion personal medico, docente y Tecnicos(S/.)	31,682.00
- Capacitacion a técnicos encargados de laboratorio (S/.)	22,350.00
- Gestion del proyecto (S/.)	1,314,652.38
- Costo de expediente tecnico (S/.)	101,277.14
- Costo de supervision (S/.)	430,668.49
- Costo de liquidacion (S/.)	80,146.38
PRESUPUESTO TOTAL (S/.)	30,518,250.53
Implementacion de Disipadores sismicos (DFV) S/.	4,432,467.93
% de incidencia de DFV	14.52%

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Así como lo dicen otros autores; Guevara & Torres (2012) obtuvo una incidencia del 6.92 %, valor mucho menor a lo que se obtendría por costos de reparación (15 – 20 %). El precio por metro cuadrado (30.1 \$/m²) es cercano a lo que se presenta en edificaciones con amortiguadores de fluido-viscoso en otros países (20 – 30 \$/m²). Además, debemos considerar que este proyecto albergara equipos médicos costosos y mobiliario, etc. Que son indispensables para su el normal funcionamiento inmediato después de que ocurra un sismo.

En las Figuras 167 y 168, se presentan los documentos de cotización a la empresa CDV Ingeniería Antisísmica.

Figura 167:

Cotización de los precios de los DFV-1.

Te acompañamos
EN CADA ETAPA DE TU PROYECTO



INGENIERÍA
ANTISISMICA

INFORMACIÓN CON FINES ACADÉMICOS

Lima, 26 de noviembre del 2021

PARA : JHON JESUS QUISPE BEJAR
ALUMNO UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

ATENCIÓN : (ASESOR)

24 DISIPADORES SÍSMICOS TAYLOR F=110 kips; C= variable; alpha=0.50...
16 DISIPADORES SÍSMICOS TAYLOR F=165 kips; C= variable; alpha=0.50...
32 DISIPADORES SÍSMICOS TAYLOR F=220 kips; C= variable; alpha=0.50...
16 DISIPADORES SÍSMICOS TAYLOR F=330 kips; C= variable; alpha=0.50...

PRECIO GLOBAL: 880 000.00 DOLARES USA

CONSIDERACIONES:

1. La presente información se entrega para fines de desarrollo del proyecto de investigación: "Evaluación del desempeño estructural del megalaboratorio clínico universitario de salud humana y propuesta de mejora con sistemas de protección sísmica de disipadores de energía sísmica".
2. CDV está colaborando con el presente trabajo mediante la emisión de costos referenciales de los dispositivos previamente diseñados por el estudiante. CDV no asume ninguna responsabilidad por el diseño y las metodologías empleadas en el desarrollo de la misma.
3. El precio de los disipadores varía en función a las cantidades que se requieren.
4. Estos precios no son fijos en el tiempo, por lo tanto, no podrán ser usados para trabajos académicos posteriores a estas fechas. La actualización de precios se da mensualmente.
5. La información presentada es únicamente para fines académicos, no podrá ser usada como referencia oficial por alguna empresa o entidad, tampoco para el desarrollo de otra investigación. Se prohíbe la difusión cuyo objetivo sea diferente a los fines de la presente investigación.

NOTAS:

6. Precios dados en US\$ dólares USA
7. Amortiguadores Sísmicos fabricados en su totalidad en EE.UU. por TAYLOR DEVICES INC.
8. Los precios incluyen ensayos a todos los amortiguadores, requeridos de acuerdo a Norma ASCE 7-16, Capítulo 18.

Teléfono: (01) 346 1002 | WhatsApp: (+51) 914 681 053 - (+51) 946 099 135
Correo: cdv@cdvperu.com | Web: www.cdvperu.com



Nota. CDV Ingeniería Antisísmica. Cotización de precio de DFV.

Figura 168:

Cotización de los precios de los DFV-2.

Te acompañamos
EN CADA ETAPA DE TU PROYECTO

CDV INGENIERÍA
ANTISISMICA

9. Las cantidades y características de los amortiguadores usadas para la presente cotización fueron tomadas en base a *INFORMACIÓN ENTREGADA POR EL(LOS) INVESTIGADOR (ES)*.

10. El producto se entrega en Obra.

11. El presente costo está referido a suministro, no considera costos de instalación ni de materiales complementarios que se requieran.

ALUMNO UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

Ing. Diego Taboada S. | Jefe Departamento de Ingeniería – Unidad de Negocios
Protección Antisísmica | C. 99415*2116 T. 346 1002

Teléfono: (01) 346 1002 | WhatsApp: (+51) 914 681 053 - (+51) 946 099 135
Correo: cdv@cdvperu.com | Web: www.cdvperu.com

Nota. CDV Ingeniería Antisísmica. Cotización de precio de DFV.

6.2.5 PLANOS.

LOS PLANOS SE PRESENTAN EN LA SECCIÓN DEL ANEXOS VIII.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A. (2012). Criterios Sismológicos para seleccionar acelerogramas reales de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia para su uso en Análisis Dinámicos. *Revista EIA*, 14, p.57–70.
- Ancasi, A. (2019). Propuesta de un Método para el Diseño de Edificios con Disipadores Pasivos de Energía Utilizando Registros Sísmicos Peruanos (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Aguiar, R., & Barbat, A. (1997). Daño sísmico en estructuras de Hormigón Armado. Escuela Politécnica del Ejército, Centro de Investigaciones Científicas. Valle de los Chillos, Ecuador.
- Aguiar, R., Rodríguez, M., & Mora, D. (2016). Análisis sísmico de estructuras con disipadores de energía ADAS o TADAS. Barcelona: Monografías de Ingeniería Sísmica
- ASCE/SEI 7-16. (2016). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Reston, Virginia, EEUU: Published by American Society of Civil Engineers.
- Bozzo, L. y Barbat, A. (1999). Diseño sismorresistente de Edificios. Barcelona: Reverte S.A.
- Bazan, E. y Meli, R. (2012). Diseño Sísmico de Edificios. Mexico: L. N. Editores.
- Blanco, A. (2006). Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado. Capítulo de Ingeniería Civil. Consejo Departamental de Lima.
- Boza, Z. y Galán, D. (2013). Diseño de un Edificio Aporticado con Disipadores en Arreglo Chevron (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Chopra, A. (2014). Dinámica de Estructuras (cuarta ed., traducido inglés -español). México: Pearson Education.



- Constantinou, M. C. & Symans, M. D. (1992). Experimental and analytical investigation of seismic. (SF)
- Cheng, F., Jiang, H. & Lou, K. (2008). Smart Structures – Innovative Systems for Seismic Response Control. *Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida*: ISBN 978-0-8493
- Computers and Structures Inc. (2005). CSI Analysis Reference Manual. California, USA.
- Chacón, R. y Ramirez, J. (2014). Análisis de una edificación de 4 pisos con Disipadores de Fluido Viscoso (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Caxi, B. (2018). La Eficiencia de los Aisladores Sísmicos Aplicado en el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción. (2012). Protección Sísmica de Estructuras (Sistemas de aislación Sísmica y Disipación de Energía). Trama Impresores S.A. Disponible en: www.cdt.cl
- Delgado, G. (2011). Dinámica Estructural (1ra ed.). Lima: EDICIVIL S.R. Ltda.
- Enciso, F. (2019). Análisis Comparativo del Diseño Sísmico de una Estructura con Muros Continuos y con Muros Desacoplados Incorporando Disipadores SLB en la ciudad de Huancayo (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- FEMA (1997). Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – *NEHRP.Report No 273/274*. Building Seismic Safety Council. Washington, D.C.
- FEMA (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. *NEHRP Report 356*, Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.



- FEMA. (2003). Multihazard Loss Estimation Methodology. HAZUS-MH MR4 Earthquake Technical Manual, Federal Emergency Management Agency & National Institute of Buildings Sciences. Washington, D.C.
- Fuentes, J. (2015). Análisis Sísmico de una Edificación con Disipadores de Fluido Viscoso (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Guevara, D. y Torres, P. (2012). Diseño de un Edificio Aporticado con amortiguadores de fluido-viscoso en Disposición Diagonal (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Lin, W. & Chopra, A. (2002). Earthquake response of elastic SDF systems with non-linear fluid viscous dampers, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 3.
- Marín, F (2012). Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de la ciudad de Huánuco (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- MINSA. (2011). Categorías de Establecimientos de la Salud. *N.T.S. N° 021-MINSA/DGSP -V.03-2011*. (p.36)
- Morales, R. (2006). Predimensionamiento de vigas y columnas, concreto armado II.
- Morales, R. (2006). Diseño en Concreto Armado (3ra ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Morales, L. y Contreras, J. (2012). Protección de una edificación existente con Disipadores de Energía (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Oviedo, R. (2004). Análisis inelástico y control de la respuesta sísmica de edificios utilizando disipadores de energía (tesis de segunda especialidad). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.



- Pardo J. (2007). Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal. Universidad Austral de Chile.
- RNE E-020. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.020 Cargas. Resolución Ministerial N° 156-2016-PRODUCE, 1, 88. Extraído de: <https://doi.org/D.S 0032008-MINAM>
- RNE E-030. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones -Norma E.030 Diseño Sismo resistente. Reglamento Nacional de Edificaciones, 32.
- RNE E-060. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones -Norma E.060: Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificación.
- Ramirez, O. M. *et al.* (2001). Development and Evaluation of Simplified Procedures for Analysis and Design of Buildings with Passive Energy Dissipation System. University of New York at Buffalo. EEUU.
- REDACIS. Disponible en: <http://ceмос.cismid-uni.org>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (6° Ed.). Santa Fe, México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- San Bartolomé, A. (1998). Análisis de Edificios. Lima: Fondo Editorial de la PUCP. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Symans, M. (2002). Seismic Protective Systems: Passive Energy Dissipation. Rensselaer Polytechnic Institute.
- Soong, T. T., Constantinou, M. C & Dargush, G. F. (1997). Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering. New York, USA.
- Sáez, A. A. (2014). Evaluación del método de análisis modal espectral para edificios con sistemas pasivos de disipación de energía utilizando registros sísmicos chilenos (tesis de maestría). Universidad de Chile. Santiago de Chile.



- Structural Engineers Association of California SEAOC. (1999). Recommended Lateral Force Requirements and Commentary (The Blue Book), (7ma ed.). California.
- Shin Hwang, J. (1992). Seismic desing of structures with viscous dampers.
- Taylor Devices Inc. (2013). Disponible en: www.taylordevices.com
- Taylor, D. (1999), Buildings: Design for Damping, Taylor Devices Inc. North Tonawanda, New York.
- Taylor, D. P.& Constantinou, M. C., 1996. Fluid dampers for applications of seismic energy dissipation and seismic isolation. Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. Acapulco. México.
- Villarreal, G. y La rosa, M. (2016). Edificaciones con Disipadores viscosos. Trujillo: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- Villarreal, G. y Oviedo, R. (2008). Edificaciones con Disipadores de Energía. Asamblea Nacional de Rectores. Lima – Perú.



ANEXOS

ANEXO I: ESPECTROS

ANEXO II: SISTEMA ESTRUCTURAL

ANEXO III: IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL

ANEXO IV: RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN (f_c).

ANEXO V: PERFIL ESTRATIGRÁFICO - EMS

ANEXO VI: VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE COLUMNA

ANEXO VII: ASPECTOS DEL MODELAMIENTO - Etabs v.16.2

ANEXO VIII: PLANOS DE PROPUESTA DE MEJORA CON DFV



1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL SIN DFV

ANEXO I: ESPECTROS.

Tabla A.1

Espectro E.030 - Sector A

ESPECTRO "X"			ESPECTRO "Y"		
T	C	Sa/g	T	C	Sa/g
0.00	2.500	0.250	0.00	2.500	0.265
0.02	2.500	0.250	0.02	2.500	0.265
0.04	2.500	0.250	0.04	2.500	0.265
0.06	2.500	0.250	0.06	2.500	0.265
0.08	2.500	0.250	0.08	2.500	0.265
0.10	2.500	0.250	0.10	2.500	0.265
0.12	2.500	0.250	0.12	2.500	0.265
0.14	2.500	0.250	0.14	2.500	0.265
0.16	2.500	0.250	0.16	2.500	0.265
0.18	2.500	0.250	0.18	2.500	0.265
0.20	2.500	0.250	0.20	2.500	0.265
0.25	2.500	0.250	0.25	2.500	0.265
0.30	2.500	0.250	0.30	2.500	0.265
0.35	2.500	0.250	0.35	2.500	0.265
0.40	2.500	0.250	0.40	2.500	0.265
0.45	2.500	0.250	0.45	2.500	0.265
0.50	2.500	0.250	0.50	2.500	0.265
0.55	2.500	0.250	0.55	2.500	0.265
0.60	2.500	0.250	0.60	2.500	0.265
0.65	2.500	0.250	0.65	2.500	0.265
0.70	2.500	0.250	0.70	2.500	0.265
0.75	2.500	0.250	0.75	2.500	0.265
0.80	2.500	0.250	0.80	2.500	0.265
0.85	2.500	0.250	0.85	2.500	0.265
0.90	2.500	0.250	0.90	2.500	0.265
0.95	2.500	0.250	0.95	2.500	0.265
1.00	2.500	0.250	1.00	2.500	0.265
1.10	2.273	0.227	1.10	2.273	0.241
1.20	2.083	0.208	1.20	2.083	0.221
1.30	1.923	0.192	1.30	1.923	0.204
1.40	1.786	0.179	1.40	1.786	0.189
1.50	1.667	0.167	1.50	1.667	0.176
1.60	1.563	0.156	1.60	1.563	0.165
1.70	1.384	0.138	1.70	1.384	0.147
1.80	1.235	0.123	1.80	1.235	0.131
1.90	1.108	0.111	1.90	1.108	0.117
2.00	1.000	0.100	2.00	1.000	0.106
3.00	0.444	0.044	3.00	0.444	0.047
4.00	0.250	0.025	4.00	0.250	0.026
5.00	0.160	0.016	5.00	0.160	0.017
6.00	0.111	0.011	6.00	0.111	0.012
7.00	0.082	0.008	7.00	0.082	0.009
8.00	0.063	0.006	8.00	0.063	0.007
9.00	0.049	0.005	9.00	0.049	0.005
10.00	0.040	0.004	10.00	0.040	0.004

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla A.2

Espectro E.030 - Sector B

ESPECTRO "X"			ESPECTRO "Y"		
T	C	Sa/g	T	C	Sa/g
0.00	2.500	0.3000	0.00	2.500	0.2250
0.02	2.500	0.3000	0.02	2.500	0.2250
0.04	2.500	0.3000	0.04	2.500	0.2250
0.06	2.500	0.3000	0.06	2.500	0.2250
0.08	2.500	0.3000	0.08	2.500	0.2250
0.10	2.500	0.3000	0.10	2.500	0.2250
0.12	2.500	0.3000	0.12	2.500	0.2250
0.14	2.500	0.3000	0.14	2.500	0.2250
0.16	2.500	0.3000	0.16	2.500	0.2250
0.18	2.500	0.3000	0.18	2.500	0.2250
0.20	2.500	0.3000	0.20	2.500	0.2250
0.25	2.500	0.3000	0.25	2.500	0.2250
0.30	2.500	0.3000	0.30	2.500	0.2250
0.35	2.500	0.3000	0.35	2.500	0.2250
0.40	2.500	0.3000	0.40	2.500	0.2250
0.45	2.500	0.3000	0.45	2.500	0.2250
0.50	2.500	0.3000	0.50	2.500	0.2250
0.55	2.500	0.3000	0.55	2.500	0.2250
0.60	2.500	0.3000	0.60	2.500	0.2250
0.65	2.500	0.3000	0.65	2.500	0.2250
0.70	2.500	0.3000	0.70	2.500	0.2250
0.75	2.500	0.3000	0.75	2.500	0.2250
0.80	2.500	0.3000	0.80	2.500	0.2250
0.85	2.500	0.3000	0.85	2.500	0.2250
0.90	2.500	0.3000	0.90	2.500	0.2250
0.95	2.500	0.3000	0.95	2.500	0.2250
1.00	2.500	0.3000	1.00	2.500	0.2250
1.10	2.273	0.2727	1.10	2.273	0.2045
1.20	2.083	0.2500	1.20	2.083	0.1875
1.30	1.923	0.2308	1.30	1.923	0.1731
1.40	1.786	0.2143	1.40	1.786	0.1607
1.50	1.667	0.2000	1.50	1.667	0.1500
1.60	1.563	0.1875	1.60	1.563	0.1406
1.70	1.384	0.1661	1.70	1.384	0.1246
1.80	1.235	0.1481	1.80	1.235	0.1111
1.90	1.108	0.1330	1.90	1.108	0.0997
2.00	1.000	0.1200	2.00	1.000	0.0900
3.00	0.444	0.0533	3.00	0.444	0.0400
4.00	0.250	0.0300	4.00	0.250	0.0225
5.00	0.160	0.0192	5.00	0.160	0.0144
6.00	0.111	0.0133	6.00	0.111	0.0100
7.00	0.082	0.0098	7.00	0.082	0.0073
8.00	0.063	0.0075	8.00	0.063	0.0056
9.00	0.049	0.0059	9.00	0.049	0.0044
10.00	0.040	0.0048	10.00	0.040	0.0036

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla A.3

Espectro E.030 - Sector C

ESPECTRO "X"			ESPECTRO "Y"		
T	C	Sa/g	T	C	Sa/g
0.00	2.500	0.219	0.00	2.500	0.243
0.02	2.500	0.219	0.02	2.500	0.243
0.04	2.500	0.219	0.04	2.500	0.243
0.06	2.500	0.219	0.06	2.500	0.243
0.08	2.500	0.219	0.08	2.500	0.243
0.10	2.500	0.219	0.10	2.500	0.243
0.12	2.500	0.219	0.12	2.500	0.243
0.14	2.500	0.219	0.14	2.500	0.243
0.16	2.500	0.219	0.16	2.500	0.243
0.18	2.500	0.219	0.18	2.500	0.243
0.20	2.500	0.219	0.20	2.500	0.243
0.25	2.500	0.219	0.25	2.500	0.243
0.30	2.500	0.219	0.30	2.500	0.243
0.35	2.500	0.219	0.35	2.500	0.243
0.40	2.500	0.219	0.40	2.500	0.243
0.45	2.500	0.219	0.45	2.500	0.243
0.50	2.500	0.219	0.50	2.500	0.243
0.55	2.500	0.219	0.55	2.500	0.243
0.60	2.500	0.219	0.60	2.500	0.243
0.65	2.500	0.219	0.65	2.500	0.243
0.70	2.500	0.219	0.70	2.500	0.243
0.75	2.500	0.219	0.75	2.500	0.243
0.80	2.500	0.219	0.80	2.500	0.243
0.85	2.500	0.219	0.85	2.500	0.243
0.90	2.500	0.219	0.90	2.500	0.243
0.95	2.500	0.219	0.95	2.500	0.243
1.00	2.500	0.219	1.00	2.500	0.243
1.10	2.273	0.199	1.10	2.273	0.221
1.20	2.083	0.182	1.20	2.083	0.203
1.30	1.923	0.168	1.30	1.923	0.187
1.40	1.786	0.156	1.40	1.786	0.174
1.50	1.667	0.146	1.50	1.667	0.162
1.60	1.563	0.137	1.60	1.563	0.152
1.70	1.384	0.121	1.70	1.384	0.135
1.80	1.235	0.108	1.80	1.235	0.120
1.90	1.108	0.097	1.90	1.108	0.108
2.00	1.000	0.087	2.00	1.000	0.097
3.00	0.444	0.039	3.00	0.444	0.043
4.00	0.250	0.022	4.00	0.250	0.024
5.00	0.160	0.014	5.00	0.160	0.016
6.00	0.111	0.010	6.00	0.111	0.011
7.00	0.082	0.007	7.00	0.082	0.008
8.00	0.063	0.005	8.00	0.063	0.006
9.00	0.049	0.0043	9.00	0.049	0.005
10.00	0.040	0.0035	10.00	0.040	0.004

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla A.4

Espectro E.030 - Sector D

ESPECTRO "X"			ESPECTRO "Y"		
T	C	Sa/g	T	C	Sa/g
0.00	2.500	0.250	0.00	2.500	0.225
0.02	2.500	0.250	0.02	2.500	0.225
0.04	2.500	0.250	0.04	2.500	0.225
0.06	2.500	0.250	0.06	2.500	0.225
0.08	2.500	0.250	0.08	2.500	0.225
0.10	2.500	0.250	0.10	2.500	0.225
0.12	2.500	0.250	0.12	2.500	0.225
0.14	2.500	0.250	0.14	2.500	0.225
0.16	2.500	0.250	0.16	2.500	0.225
0.18	2.500	0.250	0.18	2.500	0.225
0.20	2.500	0.250	0.20	2.500	0.225
0.25	2.500	0.250	0.25	2.500	0.225
0.30	2.500	0.250	0.30	2.500	0.225
0.35	2.500	0.250	0.35	2.500	0.225
0.40	2.500	0.250	0.40	2.500	0.225
0.45	2.500	0.250	0.45	2.500	0.225
0.50	2.500	0.250	0.50	2.500	0.225
0.55	2.500	0.250	0.55	2.500	0.225
0.60	2.500	0.250	0.60	2.500	0.225
0.65	2.500	0.250	0.65	2.500	0.225
0.70	2.500	0.250	0.70	2.500	0.225
0.75	2.500	0.250	0.75	2.500	0.225
0.80	2.500	0.250	0.80	2.500	0.225
0.85	2.500	0.250	0.85	2.500	0.225
0.90	2.500	0.250	0.90	2.500	0.225
0.95	2.500	0.250	0.95	2.500	0.225
1.00	2.500	0.250	1.00	2.500	0.225
1.10	2.273	0.227	1.10	2.273	0.205
1.20	2.083	0.208	1.20	2.083	0.188
1.30	1.923	0.192	1.30	1.923	0.173
1.40	1.786	0.179	1.40	1.786	0.161
1.50	1.667	0.167	1.50	1.667	0.150
1.60	1.563	0.156	1.60	1.563	0.141
1.70	1.384	0.138	1.70	1.384	0.125
1.80	1.235	0.123	1.80	1.235	0.111
1.90	1.108	0.111	1.90	1.108	0.100
2.00	1.000	0.100	2.00	1.000	0.090
3.00	0.444	0.044	3.00	0.444	0.040
4.00	0.250	0.025	4.00	0.250	0.023
5.00	0.160	0.016	5.00	0.160	0.014
6.00	0.111	0.011	6.00	0.111	0.010
7.00	0.082	0.008	7.00	0.082	0.007
8.00	0.063	0.006	8.00	0.063	0.006
9.00	0.049	0.0049	9.00	0.049	0.004
10.00	0.040	0.0040	10.00	0.040	0.004

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla A.5

Espectro E.030 - Sector E

ESPECTRO "X"			ESPECTRO "Y"		
T	C	Sa/g	T	C	Sa/g
0.00	2.500	0.3000	0.00	2.500	0.225
0.02	2.500	0.3000	0.02	2.500	0.225
0.04	2.500	0.3000	0.04	2.500	0.225
0.06	2.500	0.3000	0.06	2.500	0.225
0.08	2.500	0.3000	0.08	2.500	0.225
0.10	2.500	0.3000	0.10	2.500	0.225
0.12	2.500	0.3000	0.12	2.500	0.225
0.14	2.500	0.3000	0.14	2.500	0.225
0.16	2.500	0.3000	0.16	2.500	0.225
0.18	2.500	0.3000	0.18	2.500	0.225
0.20	2.500	0.3000	0.20	2.500	0.225
0.25	2.500	0.3000	0.25	2.500	0.225
0.30	2.500	0.3000	0.30	2.500	0.225
0.35	2.500	0.3000	0.35	2.500	0.225
0.40	2.500	0.3000	0.40	2.500	0.225
0.45	2.500	0.3000	0.45	2.500	0.225
0.50	2.500	0.3000	0.50	2.500	0.225
0.55	2.500	0.3000	0.55	2.500	0.225
0.60	2.500	0.3000	0.60	2.500	0.225
0.65	2.500	0.3000	0.65	2.500	0.225
0.70	2.500	0.3000	0.70	2.500	0.225
0.75	2.500	0.3000	0.75	2.500	0.225
0.80	2.500	0.3000	0.80	2.500	0.225
0.85	2.500	0.3000	0.85	2.500	0.225
0.90	2.500	0.3000	0.90	2.500	0.225
0.95	2.500	0.3000	0.95	2.500	0.225
1.00	2.500	0.3000	1.00	2.500	0.225
1.10	2.273	0.2727	1.10	2.273	0.205
1.20	2.083	0.2500	1.20	2.083	0.188
1.30	1.923	0.2308	1.30	1.923	0.173
1.40	1.786	0.2143	1.40	1.786	0.161
1.50	1.667	0.2000	1.50	1.667	0.150
1.60	1.563	0.1875	1.60	1.563	0.141
1.70	1.384	0.1661	1.70	1.384	0.125
1.80	1.235	0.1481	1.80	1.235	0.111
1.90	1.108	0.1330	1.90	1.108	0.100
2.00	1.000	0.1200	2.00	1.000	0.090
3.00	0.444	0.0533	3.00	0.444	0.040
4.00	0.250	0.0300	4.00	0.250	0.023
5.00	0.160	0.0192	5.00	0.160	0.014
6.00	0.111	0.0133	6.00	0.111	0.010
7.00	0.082	0.0098	7.00	0.082	0.007
8.00	0.063	0.0075	8.00	0.063	0.006
9.00	0.049	0.0059	9.00	0.049	0.004
10.00	0.040	0.0048	10.00	0.040	0.004

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.



Tabla A.6

Espectro E.030 - Sector E-F

ESPECTRO "X"			ESPECTRO "Y"		
T	C	Sa/g	T	C	Sa/g
0.00	2.500	0.2250	0.00	2.500	0.300
0.02	2.500	0.2250	0.02	2.500	0.300
0.04	2.500	0.2250	0.04	2.500	0.300
0.06	2.500	0.2250	0.06	2.500	0.300
0.08	2.500	0.2250	0.08	2.500	0.300
0.10	2.500	0.2250	0.10	2.500	0.300
0.12	2.500	0.2250	0.12	2.500	0.300
0.14	2.500	0.2250	0.14	2.500	0.300
0.16	2.500	0.2250	0.16	2.500	0.300
0.18	2.500	0.2250	0.18	2.500	0.300
0.20	2.500	0.2250	0.20	2.500	0.300
0.25	2.500	0.2250	0.25	2.500	0.300
0.30	2.500	0.2250	0.30	2.500	0.300
0.35	2.500	0.2250	0.35	2.500	0.300
0.40	2.500	0.2250	0.40	2.500	0.300
0.45	2.500	0.2250	0.45	2.500	0.300
0.50	2.500	0.2250	0.50	2.500	0.300
0.55	2.500	0.2250	0.55	2.500	0.300
0.60	2.500	0.2250	0.60	2.500	0.300
0.65	2.500	0.2250	0.65	2.500	0.300
0.70	2.500	0.2250	0.70	2.500	0.300
0.75	2.500	0.2250	0.75	2.500	0.300
0.80	2.500	0.2250	0.80	2.500	0.300
0.85	2.500	0.2250	0.85	2.500	0.300
0.90	2.500	0.2250	0.90	2.500	0.300
0.95	2.500	0.2250	0.95	2.500	0.300
1.00	2.500	0.2250	1.00	2.500	0.300
1.10	2.273	0.2045	1.10	2.273	0.273
1.20	2.083	0.1875	1.20	2.083	0.250
1.30	1.923	0.1731	1.30	1.923	0.231
1.40	1.786	0.1607	1.40	1.786	0.214
1.50	1.667	0.1500	1.50	1.667	0.200
1.60	1.563	0.1406	1.60	1.563	0.188
1.70	1.384	0.1246	1.70	1.384	0.166
1.80	1.235	0.1111	1.80	1.235	0.148
1.90	1.108	0.0997	1.90	1.108	0.133
2.00	1.000	0.0900	2.00	1.000	0.120
3.00	0.444	0.0400	3.00	0.444	0.053
4.00	0.250	0.0225	4.00	0.250	0.030
5.00	0.160	0.0144	5.00	0.160	0.019
6.00	0.111	0.0100	6.00	0.111	0.013
7.00	0.082	0.0073	7.00	0.082	0.010
8.00	0.063	0.0056	8.00	0.063	0.008
9.00	0.049	0.0044	9.00	0.049	0.006
10.00	0.040	0.0036	10.00	0.040	0.005

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

ANEXO II: SISTEMA ESTRUCTURAL.

Para clasificar según su sistema estructural a las estructuras se debe cumplir con la norma E.030 (Artículo 16), como se resume en la Tabla A.7:

Tabla A.7

Clasificación de Sistema Estructural

Sistema Estructural		
% de Cortante Absorbido	Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción "R _o "
$\%VP \geq 80\%V$	Sistema Aporticado	8
$\%VM \geq 70\%V$	Muro Estructural	6
$20\%V < \%VM < 70\%V$	Sistema Dual	7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.8

Sistema Estructural - Sector B

Item		EJE X-X	EJE Y-Y
Fuerza Cortante:	V:	730.39	547.79
F.C. Resistido por Columnas	P:	258.24	165.19
F.C. Resistido por Muros	M:	472.15	382.60
Porcentaje Absorbido por Columnas:	$\%VP = \frac{P}{V}$	35.36%	30.16%
Porcentaje Absorbido por Muros:	$\%VM = \frac{M}{V}$	64.64%	69.84%
Sistema Estructural :		Dual	Dual
Coefficiente " R_o ":		7	7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.9

Sistema Estructural - Sector C

Item		EJE X-X	EJE Y-Y
Fuerza Cortante:	V:	313.30	348.10
F.C. Resistido por Columnas	P:	270.94	294.13
F.C. Resistido por Muros	M:	41.29	53.30
Porcentaje Absorbido por Columnas:	$\%VP = \frac{P}{V}$	86.48%	84.50%
Porcentaje Absorbido por Muros:	$\%VM = \frac{M}{V}$	13.18%	15.31%

Sistema Estructural :	Aporticado	Aporticado
Coefficiente " R_o ":	8	8

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.10

Sistema Estructural - Sector D

Item		EJE X-X	EJE Y-Y
Fuerza Cortante:	V:	560.88	504.80
F.C. Resistido por Columnas	P:	174.62	161.70
F.C. Resistido por Muros	M:	386.26	343.10
Porcentaje Absorbido por Columnas:	$\%VP = \frac{P}{V}$	31.13%	32.03%
Porcentaje Absorbido por Muros:	$\%VM = \frac{M}{V}$	68.87%	67.97%
Sistema Estructural :		Dual	Dual
Coefficiente " R_o ":		7	7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.11

Sistema Estructural - Sector E

Item		EJE X-X	EJE Y-Y
Fuerza Cortante:	V:	518.58	388.93
F.C. Resistido por Columnas	P:	176.18	124.78
F.C. Resistido por Muros	M:	342.40	264.15
Porcentaje Absorbido por Columnas:	$\%VP = \frac{P}{V}$	33.97%	32.08%
Porcentaje Absorbido por Muros:	$\%VM = \frac{M}{V}$	66.03%	67.92%
Sistema Estructural :		Dual	Dual
Coefficiente " R_o ":		7	7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.12

Sistema Estructural - Sector E-F

Item		EJE X-X	EJE Y-Y
Fuerza Cortante:	V:	439.01	585.35
F.C. Resistido por Columnas	P:	145.88	242.51
F.C. Resistido por Muros	M:	293.13	342.84
Porcentaje Absorbido por Columnas:	$\%VP = \frac{P}{V}$	33.23%	41.43%
Porcentaje Absorbido por Muros:	$\%VM = \frac{M}{V}$	66.77%	58.57%
Sistema Estructural :		Dual	Dual

Coefficiente " R_o ":

7

7

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

ANEXO III: IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL.

Este anexo resume las irregularidades que existe en cada estructura de cada sector:

Tabla A.13

Irregularidad Estructural - Sector A

Irregularidad en Altura	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad Torsional	1.00	1.00
Irregularidades Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	0.90	0.90
Discontinuidad del Diafragma	1.00	0.85
Sistemas no Paralelos	1.00	1.00

Resumen de Irregularidades - Analisis Estatico		Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad en Altura	I _a	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	I _p	0.90	0.85

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.14

Irregularidad Estructural - Sector B

Irregularidad en Altura	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad Torsional	0.75	1.00
Irregularidades Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	1.00

Resumen de Irregularidades -Análisis Estático		Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad en Altura	Ia	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	Ip	0.75	1.00

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.15

Irregularidad Estructural - Sector C

Irregularidad en Altura	Iax	Iay
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	0.90
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	Iax	Iay
Irregularidad Torsional	1.00	1.00
Irregularidades Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	0.90	0.90
Discontinuidad del Diafragma	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	1.00

Resumen de Irregularidades -Análisis Estático		Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad en Altura	Ia	1.00	0.90
Irregularidad en Planta	Ip	0.90	0.90

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.16

Irregularidad Estructural - Sector D

Irregularidad en Altura	Iax	Iay
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	Iax	Iay
Irregularidad Torsional	1.00	1.00
Irregularidades Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	0.90	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	1.00

Resumen de Irregularidades -Análisis Estático		Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad en Altura	Ia	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	Ip	0.90	1.00

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.17

Irregularidad Estructural - Sector E

Irregularidad en Altura	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad Torsional	0.75	1.00
Irregularidades Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)	0.75	1.00
Esquinas Entrantes	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	1.00

Resumen de Irregularidades -Análisis Estático		Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad en Altura	I _a	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	I _p	0.75	1.00

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.18

Irregularidad Estructural - Sector E-F

Irregularidad en Altura	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	I_{ax}	I_{ay}
Irregularidad Torsional	1.00	0.75
Irregularidades Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	1.00

Resumen de Irregularidades -Análisis Estático		Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad en Altura	I _a	1.00	1.00
Irregularidad en Planta	I _p	1.00	0.75

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

ANEXO IV: RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN ($f'c$).

Figura B. 1

Resistencia del Concreto a la Compresión ($f'c$) - Zapatas

"MEGALABORATORIO CLÍNICO EN LAS ÁREAS DE BIOMÉDICAS PARA FINES DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CIUDAD UNIVERSITARIA"

07.01.00 ZAPATAS AISLADAS
Generalidades:
Constituyen la base de las columnas y se encuentran empotradas en el suelo de fundación, las zapatas deben estar necesariamente apoyados sobre terreno natural, en ningún caso se desplantara la zapata sobre relleno (concordancia: E-050 Suelos y Cimentaciones; Reglamento Nacional de Edificaciones). Su ubicación y dimensiones están determinadas en los planos de cimentaciones.

07.01.01 CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Descripción
Diseñadas para transmitir las cargas provenientes de las columnas al terreno de fundación, las zapatas sirven de base de las columnas, estas pueden ser unidas por vigas de cimentación o simplemente aisladas, de manera que se utilice de soporte de las columnas.

07.03.00 ZAPATAS COMBINADAS
07.03.01 CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Descripción
Diseñadas para transmitir las cargas provenientes de las columnas al terreno de fundación, las zapatas sirven de base de las columnas, estas pueden soportar las cargas que transmite una o varias columnas, de manera que se utilice de soporte de las columnas.

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC

Figura B. 2

Resistencia del Concreto a la Compresión ($f'c$) - Columnas

"MEGALABORATORIO CLÍNICO EN LAS ÁREAS DE BIOMÉDICAS PARA FINES DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CIUDAD UNIVERSITARIA"

07.06.00 COLUMNAS
07.06.01 CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Descripción
Esta partida corresponde a las estructuras de columnas de concreto armado, que soportan cargas de la estructura y que transmiten a las estructuras de cimentación (zapatas aisladas, combinadas y platea). La forma, medidas y ubicación de cada uno de éstos elementos estructurales se encuentran indicados en los planos de estructuras.

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC

Figura B. 3

Resistencia del Concreto a la Compresión ($f'c$) - Placas

"MEGALABORATORIO CLÍNICO EN LAS ÁREAS DE BIOMÉDICAS PARA FINES DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CIUDAD UNIVERSITARIA"

07.08.00 PLACAS INCLINADAS
07.08.01 CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Descripción
Esta partida corresponde a las estructuras inclinadas de concreto armado, que no soportan cargas de la estructura. Su construcción se sustenta básicamente con fines arquitectónicos; La forma, medidas y ubicación de cada uno de éstos elementos estructurales se encuentran indicados en los planos respectivos

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC

Figura B. 4

Resistencia del Concreto a la Compresión ($f'c$) - Vigas

"MEGALABORATORIO CLÍNICO EN LAS ÁREAS DE BIOMÉDICAS PARA FINES DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CIUDAD UNIVERSITARIA"

07.09.00 VIGAS
07.09.01 CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$

Descripción:

Esta partida corresponde a las estructuras horizontales de concreto armado, que soportan cargas de la estructura. La forma, medidas y ubicación de cada uno de éstos elementos estructurales se encuentran indicados en los planos respectivos.

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC

Figura B. 5

Resistencia del Concreto a la Compresión ($f'c$) – Losa Aligerada

"MEGALABORATORIO CLÍNICO EN LAS ÁREAS DE BIOMÉDICAS PARA FINES DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CIUDAD UNIVERSITARIA"

07.10.00 LOSA ALIGERADA H=0.20 m
07.11.00 LOSA ALIGERADA H=0.25 m
07.10.01 CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ (losa aligerada: H=0.20m.)
07.11.01 CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ (losa aligerada: H=0.25m.)

Descripción

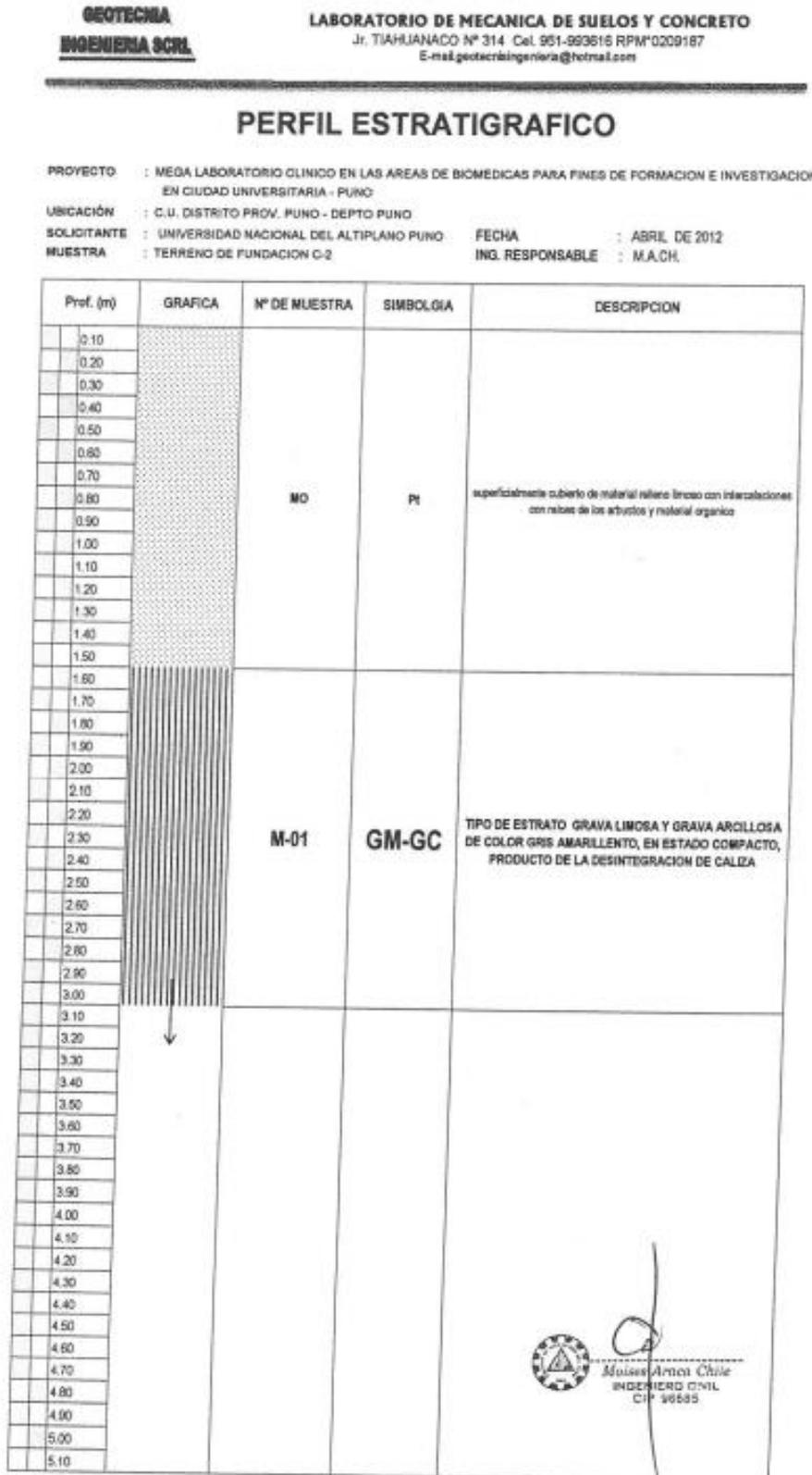
Esta partida corresponde a las estructuras tipo membranas horizontales de dimensiones considerables, que conforman las estructuras de concreto armado. La forma, medidas y ubicación de éstos elementos estructurales se encuentran indicados en los planos respectivos.

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

ANEXO V: PERFIL ESTRATIGRÁFICO - EMS.

Figura B. 6

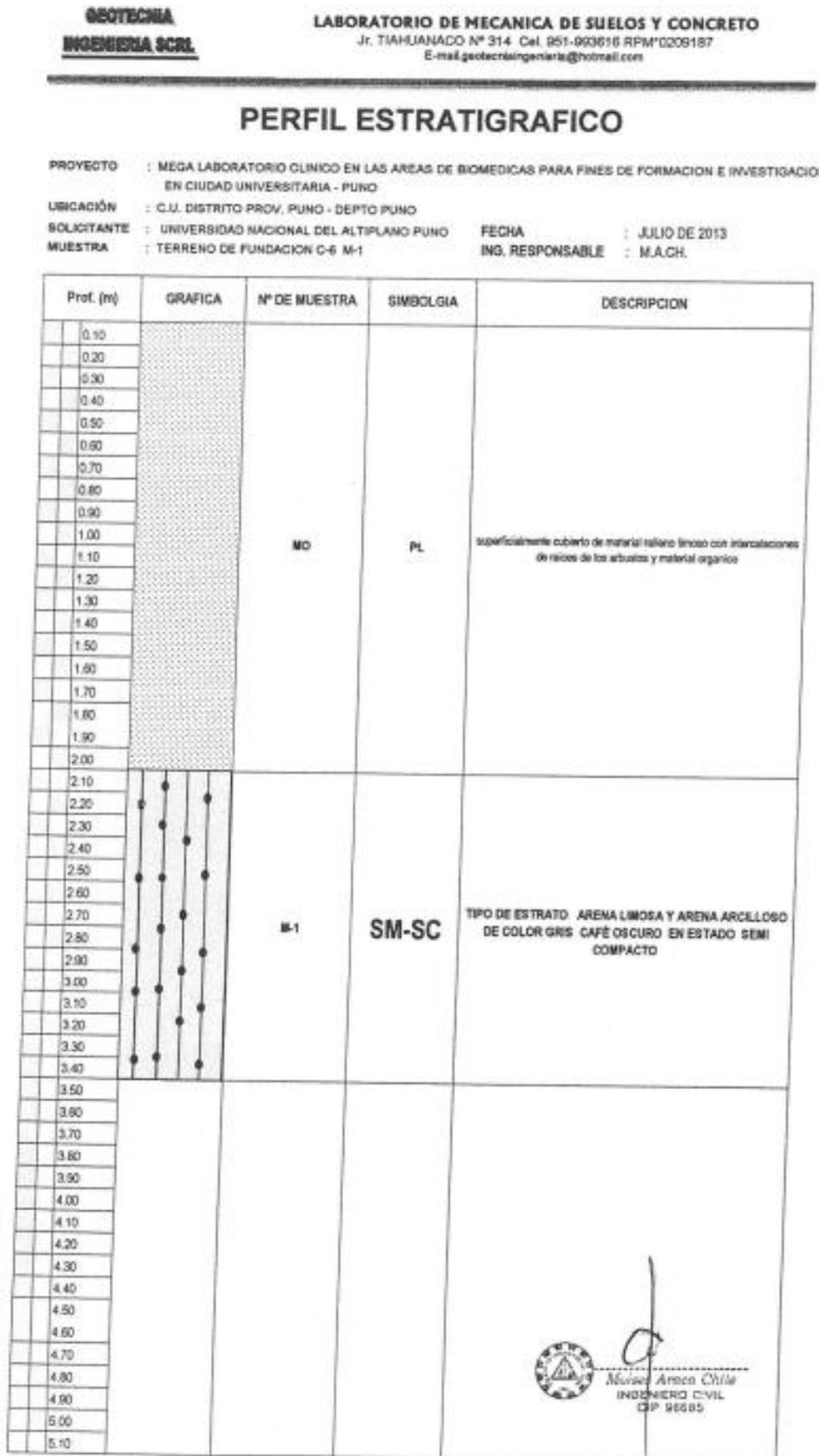
Perfil estratigráfico de Calicata N° 2 – EMS



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

Figura B. 7

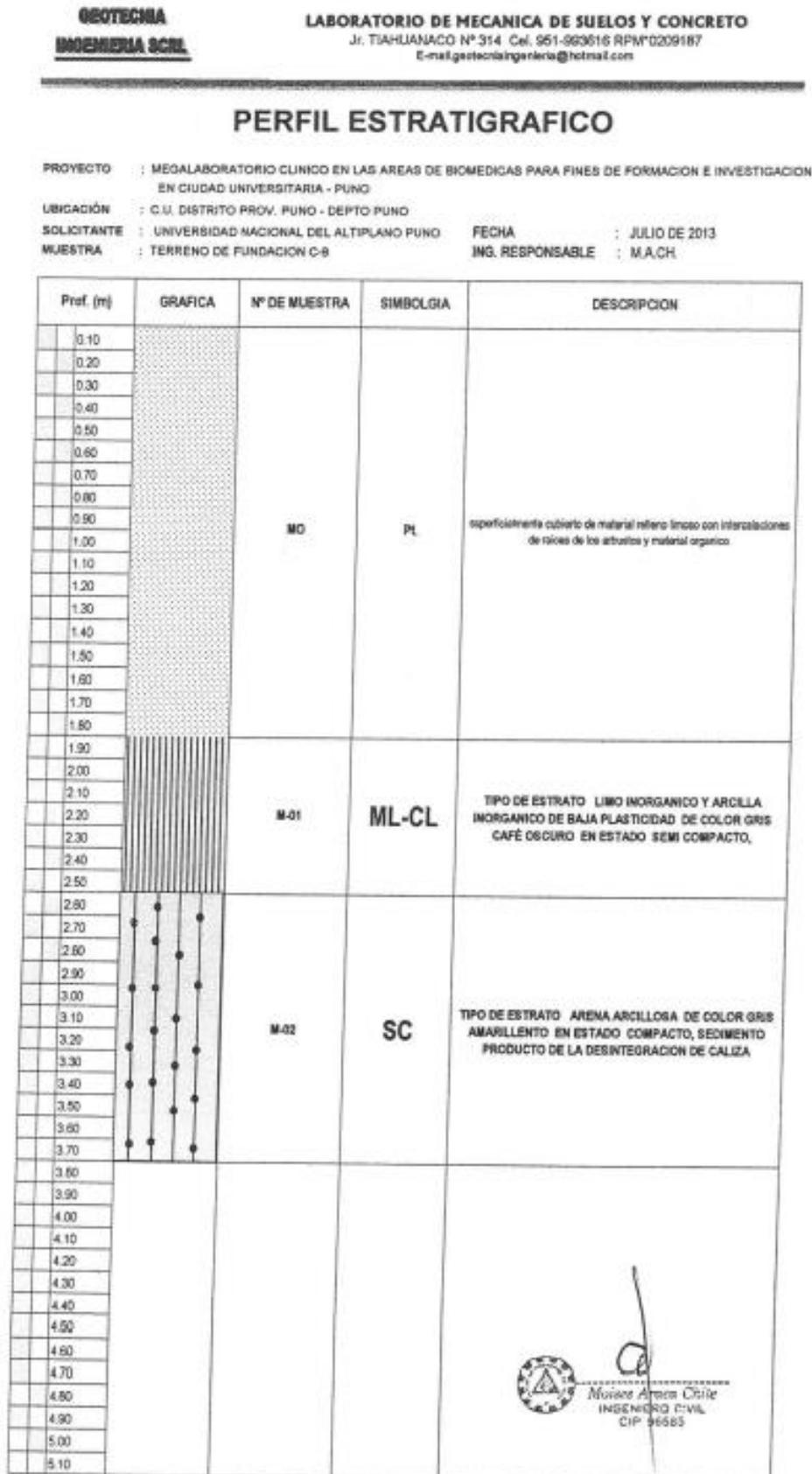
Perfil estratigráfico de Calicata N° 6 - EMS



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

Figura B. 8

Perfil estratigráfico de Calicata N° 9 - EMS



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC



Figura B. 9

Ensayo de Corte Directo N° 1 - EMS

**GEOTECNIA
INGENIERIA SRL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
Jr. TIAHUANACO N° 314 TELF. 355238 Cel. 951-929816 RPM°0209187
E-mail: geotecniaingenieria@hotmail.com

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(NORMA ASTM D3080 - 98)**

PROYECTO	: MEGA LABORATORIO CLINICO EN LAS AREAS DE BIOMEDICAS PARA FINES DE FORMACION E INVESTIGACION EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA - PUNO		
UBICACIÓN	: C.U. - DISTR. PROV. PUNO - DEPTO PUNO		
SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		
MUESTRA	: TERRENO DE FUNDACION C-01 M-1		
FECHA	: 26 DE JUNIO DE 2013	UBIC. MUESTRA	: C-1 M-1

Profundidad de la muestra(m)	:	1.50 AL 3.10 metros
Clasificación (SUCS)	:	SM-SC
Estado de la muestra de suelo	:	MUESTRA INALTERADA
Veloc. de Ensayo (mm/min)	:	0.5

Datos	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Altura (h) (cm)		2.20		2.20		2.20
Díametro (Ø) (cm)		5.00		5.00		5.00
Volumen (cm ³)		43.20		43.20		43.20
peso (gr)		93.90		94.50		94.20
peso específico de la masa (gr/cm ³)		2.17		2.19		2.18
Humedad (w) (%)		20.45		20.65		20.68
peso específico seco (gr/cm ³)		1.80		1.81		1.81

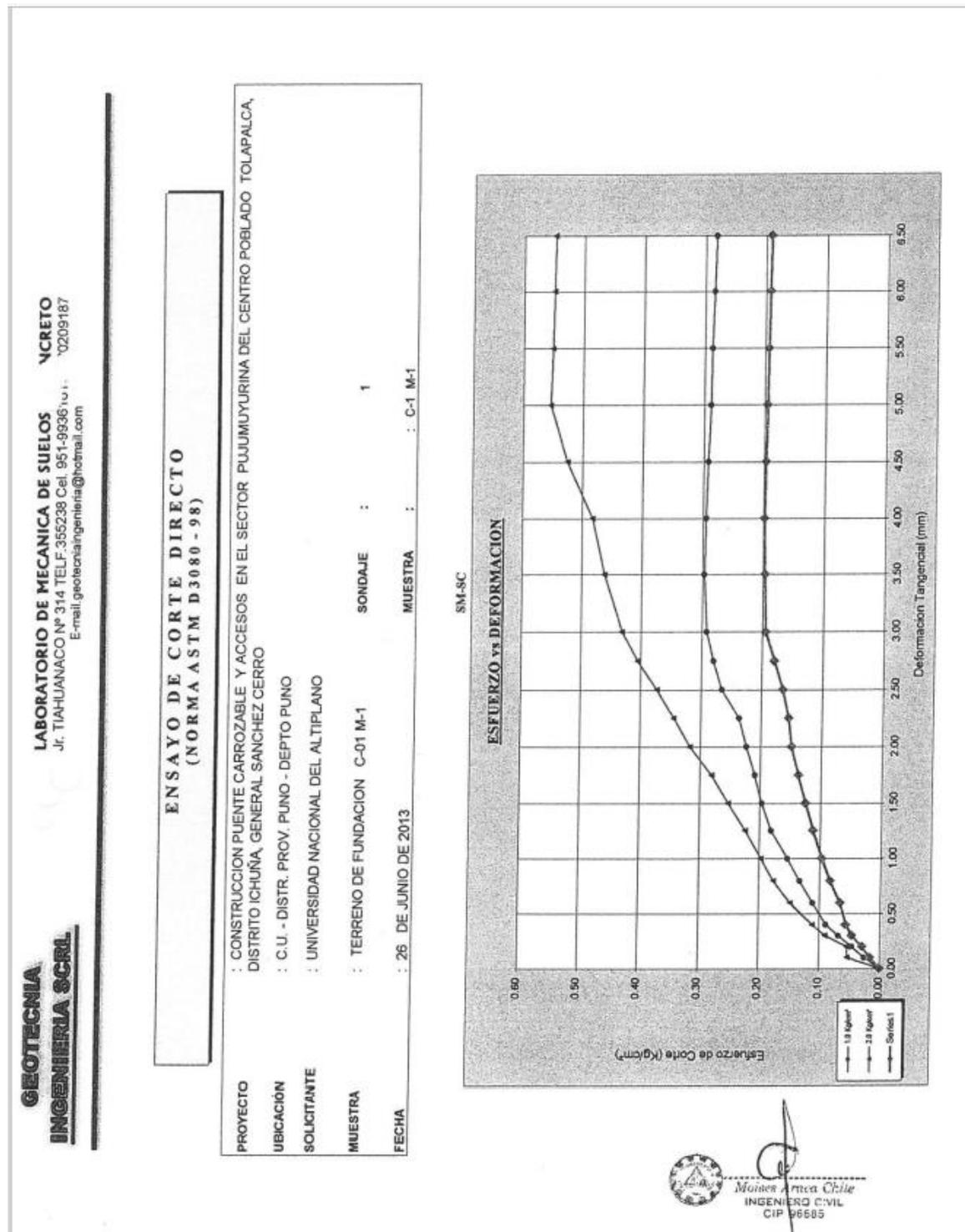
Esfuerzo Normal kg/cm ² 0.50				Esfuerzo Normal kg/cm ² 1.00				Esfuerzo Normal kg/cm ² 2.00			
Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	2.30	0.322	0.016	0.10	3.60	0.505	0.026	0.10	7.50	1.052	0.054
0.20	4.10	0.575	0.029	0.20	6.50	0.911	0.046	0.20	7.50	1.052	0.054
0.30	6.50	0.911	0.046	0.30	9.60	1.346	0.069	0.30	12.60	1.767	0.090
0.40	7.90	1.108	0.056	0.40	12.50	1.753	0.089	0.40	15.60	2.187	0.111
0.60	9.20	1.290	0.066	0.60	15.60	2.187	0.111	0.60	20.70	2.902	0.148
0.80	11.60	1.626	0.083	0.80	18.60	2.608	0.133	0.80	24.70	3.463	0.176
1.00	13.60	1.907	0.097	1.00	21.50	3.014	0.154	1.00	27.60	3.870	0.197
1.25	15.70	2.201	0.112	1.25	25.40	3.561	0.181	1.25	31.40	4.402	0.224
1.50	17.50	2.454	0.125	1.50	27.60	3.870	0.197	1.50	35.40	4.963	0.253
1.75	19.20	2.692	0.137	1.75	29.30	4.108	0.209	1.75	38.50	5.506	0.280
2.00	20.90	2.930	0.149	2.00	31.40	4.402	0.224	2.00	43.50	6.221	0.317
2.25	21.70	3.042	0.155	2.25	33.20	4.655	0.237	2.25	47.30	6.764	0.344
2.50	23.10	3.239	0.165	2.50	36.50	5.220	0.266	2.50	51.20	7.322	0.373
2.75	25.20	3.533	0.180	2.75	38.50	5.506	0.280	2.75	55.60	7.951	0.405
3.00	27.30	3.827	0.195	3.00	40.10	5.734	0.292	3.00	59.30	8.480	0.432
3.50	27.60	3.870	0.197	3.50	40.80	5.834	0.297	3.50	63.50	9.081	0.462
4.00	27.80	3.898	0.199	4.00	40.50	5.792	0.295	4.00	66.30	9.481	0.483
4.50	27.60	3.870	0.197	4.50	40.20	5.749	0.293	4.50	71.50	10.332	0.526
5.00	27.40	3.841	0.196	5.00	39.70	5.677	0.289	5.00	75.40	10.895	0.555
5.50	27.20	3.813	0.194	5.50	39.50	5.649	0.288	5.50	75.00	10.838	0.552
6.00	27.00	3.785	0.193	6.00	39.10	5.591	0.285	6.00	74.70	10.794	0.550
6.50	26.80	3.757	0.191	6.50	38.80	5.548	0.283	6.50	74.50	10.765	0.548

Maito Arceza Chile
INGENIERO CIVIL
CIP 96685

Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

Figura B. 10

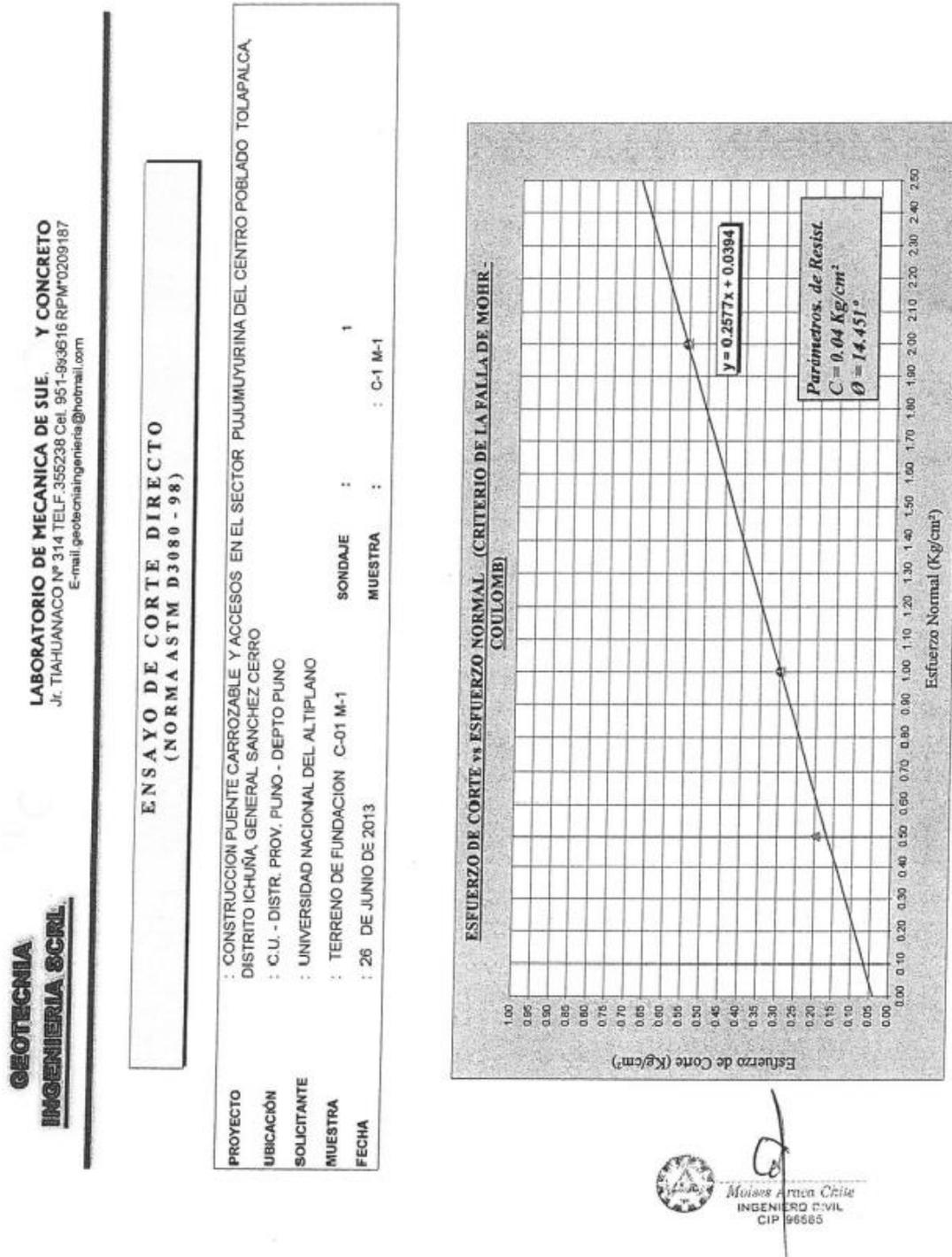
Ensayo de Corte Directo N° 1 - EMS



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

Figura B. 11

Ensayo de Corte Directo N° 1 - EMS



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno – OAC

2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON DFV

ANEXO VI: VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA DE COLUMNA.

Tabla A.19

Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas –Sector B

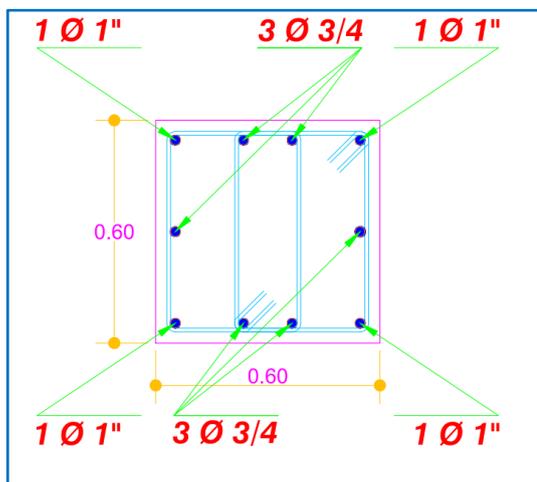
Comparacion de Fuerzas Axiales en Columnas con DFV					Dirección X y Y	
Columna	"Pu" Tracción (tn)		"Pu" Compresión (tn)		F.A. "A" (P _u cd /P _u sd)	
	sin DFV	con DFV	sin DFV	con DFV	Tracción	Compresión
C5	198.90	17.34	198.90	161.77	0.09	0.81
C8	206.02	28.01	233.67	196.64	0.14	0.84
C9	92.66	6.61	92.66	166.13	0.07	1.79
C12	84.67	36.10	84.65	155.44	0.43	1.84
Máximo:					0.43	1.84
Factor de Amplificación de Carga Axial Columnas "A"					1.84	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Después de procesar para una cuantía de 1% (36 cm² de área de acero), se tiene el siguiente reforzamiento (plano estructural del expediente técnico)

Figura B. 12

Reforzo de Columna para Cuantía de 1% - Sector B



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Tabla A.20

Área de Acero de Refuerzo - Sector B

As. Ø	Área Varilla(mm ²)	Nº de Varillas	Cantidad de Acero (cm ²)
3/8"	71.00	0	0
1/2"	127.00	0	0
5/8"	198.00	0	0
3/4"	285.00	6	17.1
1"	507.00	4	20.28
Total:			37.38 cm²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.21

Fuerza de Diseño Amplificado –Sector B

Columna	Caso de Carga	P (Tn) ^a	F.A. "A"	P*A ^b (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)	Mt (Ton.m)
C9	1.4CM+1.7CV	133.53	1.84	245.19	0.81	3.82	-0.001
	1.25(CM+CV)+CSy	127.42	1.84	233.97	-14.08	-5.59	-0.459
C12	1.4CM+1.7CV	136.57	1.84	250.78	0.88	-5.28	-0.001
	1.25(CM+CV)+CSy	129.26	1.84	237.35	-6.68	-14.59	-0.535

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura B. 13

Diagrama de Interacción "X" - Sector B

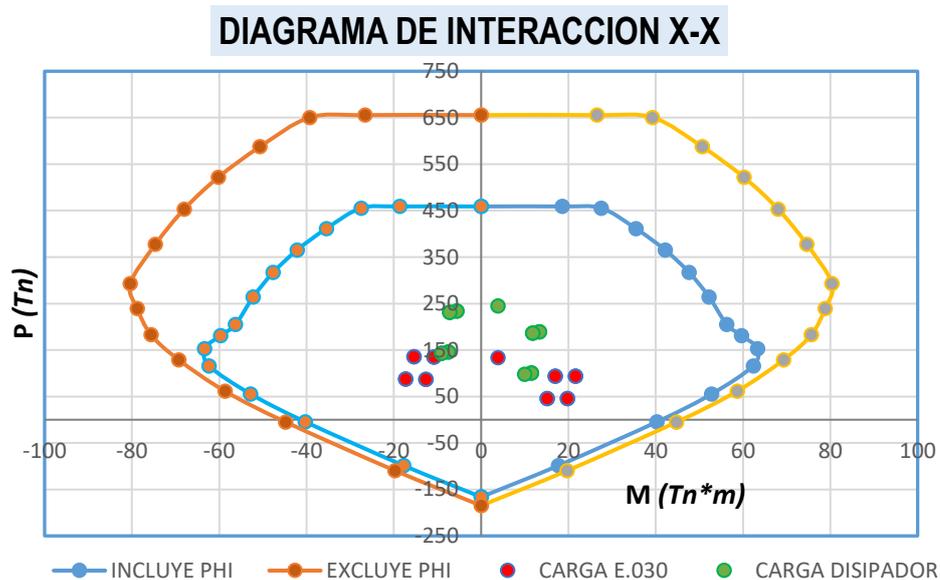
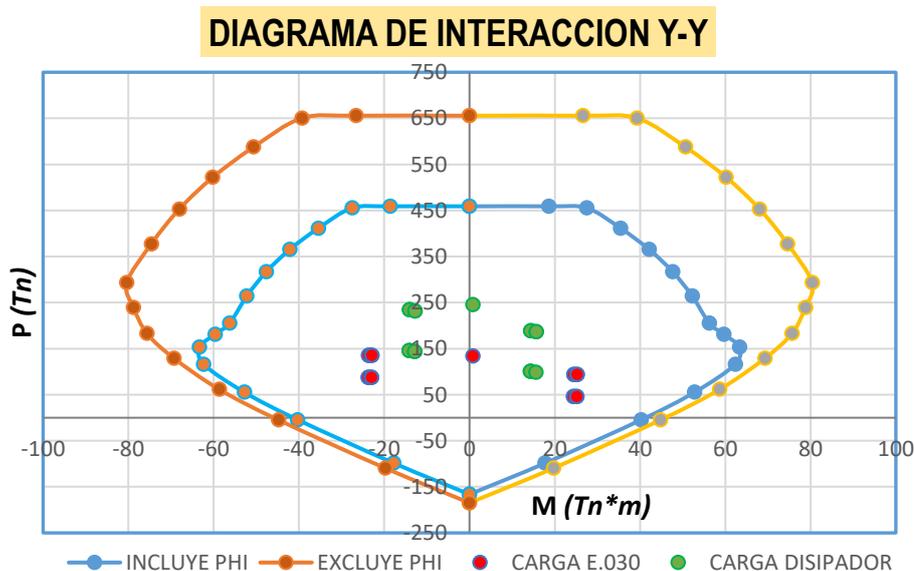


Figura B. 14

Diagrama de Interacción "Y" - Sector B



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.22

Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas –Sector C

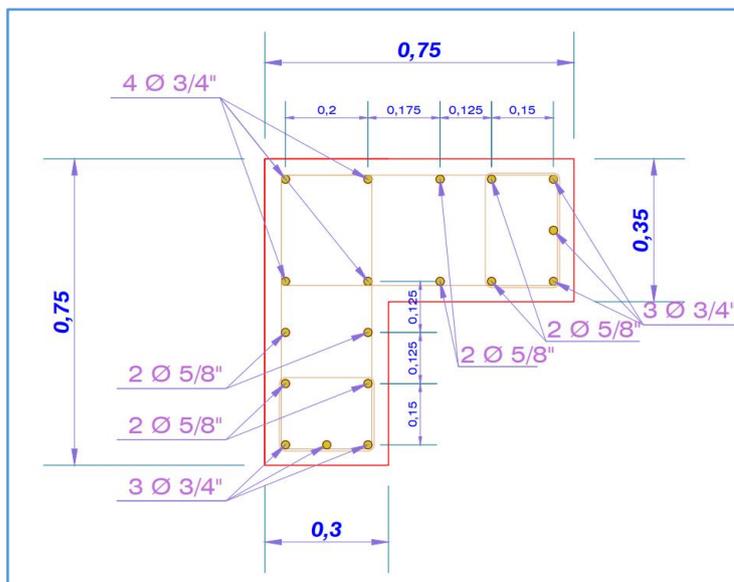
Comparacion de Fuerzas Axiales en Columnas con DFV					Dirección X y Y	
Columna	"Pu" Tracción (tn)		"Pu" Compresión (tn)		F.A. "A" (P _u cd /P _u sd)	
	sin DFV	con DFV	sin DFV	con DFV	Tracción	Compresión
C29	92.33	71.96	-161.44	-128.73	0.78	0.80
C32	63.99	51.05	-146.98	-102.14	0.80	0.69
C38	160.72	24.96	-109.61	-70.20	0.16	0.64
C36	150.14	43.61	-76.46	-101.20	0.29	1.32
Máximo:					0.80	1.32
Factor de Amplificación de Carga Axial Columnas "A"					1.32	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Después de procesar para una cuantía de 1.6% (42 cm² de área de acero), se tiene el siguiente reforzamiento (plano estructural del expediente técnico)

Figura B. 15

Reforzo de Columna para Cuantía de 1.6% - Sector C



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Tabla A.23

Área de Acero de Refuerzo - Sector C

As. Ø	Área Varilla(mm ²)	N° de Varillas	Cantidad de Acero (cm ²)
3/8"	71.00	0	0
1/2"	127.00	0	0
5/8"	198.00	8	15.84
3/4"	285.00	10	22.8
1"	507.00	0	0
Total:			44.34 cm²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.24

Fuerza de Diseño Amplificado –Sector C

Columna	Caso de Carga	P (Tn) ^a	F.A. "A"	P*A ^b (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)	Mt (Ton.m)
C29	1,4CM+1,7CV	50.98	1.32	67.47	3.05	-0.85	-0.007
	1.25(CM+CV)+CSx	58.29	1.32	77.15	23.00	19.88	0.285
C38	1.25(CM+CV)+CSy	56.33	1.32	74.56	-11.54	-18.16	-0.396
	1.25(CM+CV)+CSx	47.30	1.32	62.60	-20.37	-14.36	-0.296

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura B. 16

Diagrama de Interacción "X" - Sector C

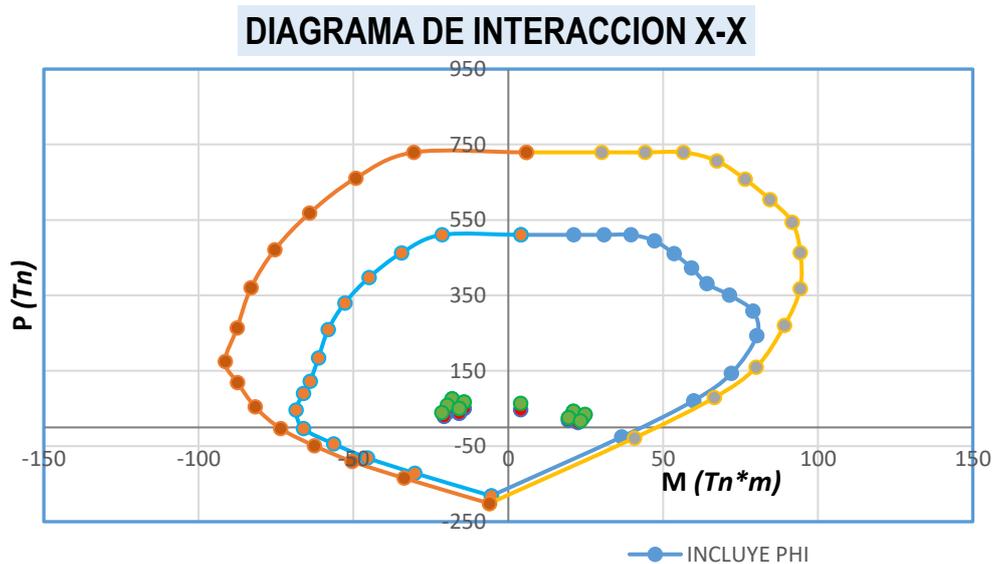
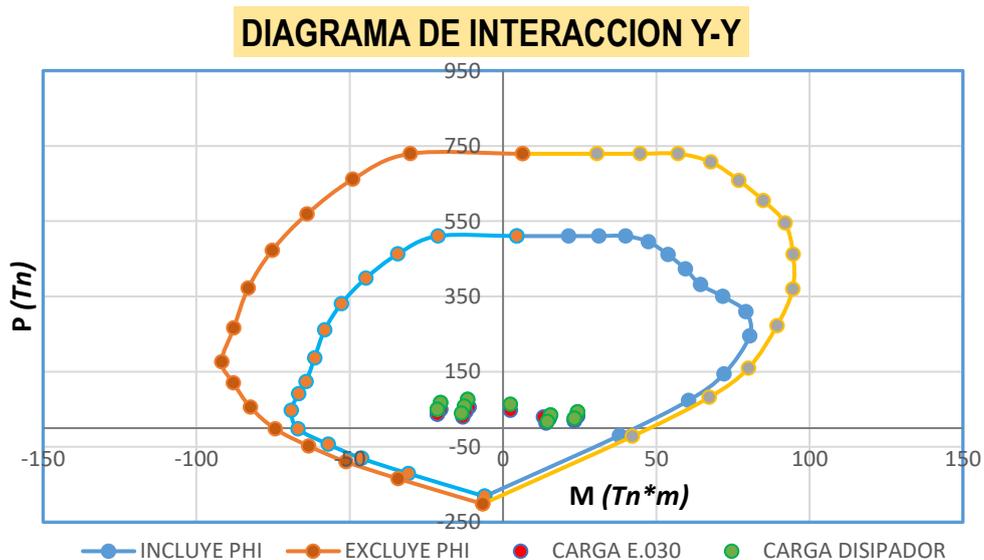


Figura B. 17

Diagrama de Interacción "Y" - Sector C



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.25

Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas –Sector D

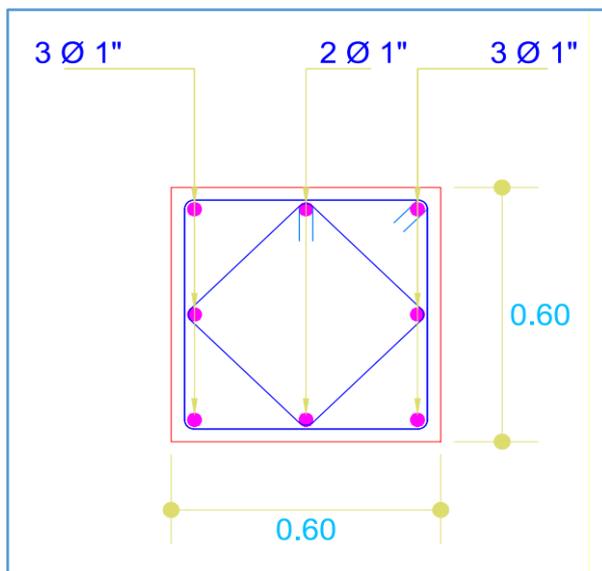
Comparacion de Fuerzas Axiales en Columnas con DFV					Dirección X y Y	
Columna	"Pu" Tracción (tn)		"Pu" Compresión (tn)		F.A. "A" ($P_{u,c,d} / P_{u,s,d}$)	
	sin DFV	con DFV	sin DFV	con DFV	Tracción	Compresión
C1	14.63	7.7473	-16.22	-26.39	0.53	1.63
C2	21.25	7.5367	-20.41	-32.29	0.35	1.58
C3	20.77	2.1152	-20.80	-26.49	0.10	1.27
C4	36.79	15.0892	-35.04	-37.05	0.41	1.06
C20	100.20	26.8434	-91.10	-124.22	0.27	1.36
C21	55.35	-15.4618	-61.58	-101.01	-0.28	1.64
Máximo:					0.53	1.64
Factor de Amplificación de Carga Axial Columnas "A"					1.64	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Después de procesar para una cuantía de 1% (36 cm² de área de acero), se tiene el siguiente reforzamiento (plano estructural del expediente técnico)

Figura B. 18

Reforzamiento de Columna para Cuantía de 1% - Sector D



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Tabla A.26

Área de Acero de Refuerzo - Sector D

As. Ø	Área Varilla(mm ²)	Nº de Varillas	Cantidad de Acero (cm ²)
3/8"	71.00	0	0
1/2"	127.00	0	0
5/8"	198.00	0	0
3/4"	285.00	0	0
1"	507.00	8	40.56
Total:			40.56 cm²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.27

Fuerza de Diseño Amplificado –Sector D

Columna	Caso de Carga	P (Tn) ^a	F.A. "A"	P*A ^b (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)	Mt (Ton.m)
C20	1.4CM+1.7CV	185.79	1.64	304.77	-16.23	-0.68	0.045
	1.25(CM+CV)+CSx	57.96	1.64	95.08	4.66	10.54	0.528
C21	1.4CM+1.7CV	185.79	1.64	304.77	-12.77	6.05	0.045
	1.25(CM+CV)+CSx	63.58	1.64	104.30	7.71	13.60	0.528

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura B. 19

Diagrama de Interacción "X" - Sector D

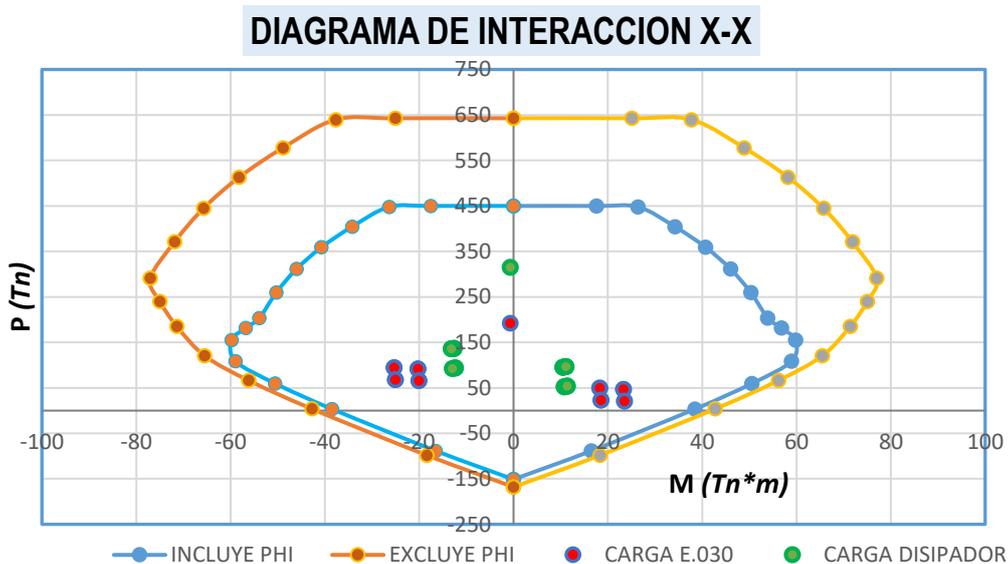
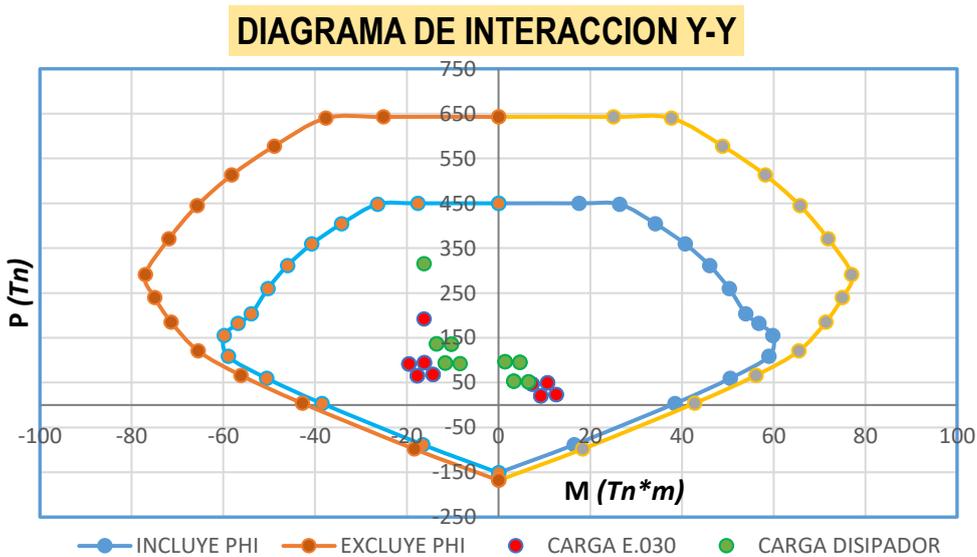


Figura B. 20

Diagrama de Interacción "Y" - Sector D



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.28

Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas –Sector E

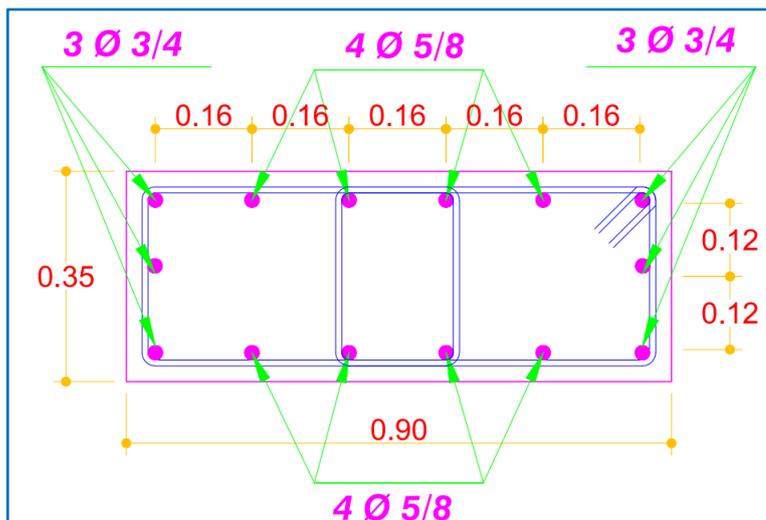
Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas con DFV					Dirección X y Y	
Columna	"Pu" Tracción (tn)		"Pu" Compresión (tn)		F.A. "A" (P _u cd /P _u sd)	
	sin DFV	con DFV	sin DFV	con DFV	Tracción	Compresión
C5	89.47	6.12	-83.44	-99.37	0.07	1.19
C7	137.34	26.99	-146.84	-123.74	0.20	0.84
C18	94.66	15.17	-88.30	-109.39	0.16	1.24
C19	95.44	9.26	-101.77	-119.89	0.10	1.18
Máximo:					0.20	1.24
Factor de Amplificación de Carga Axial Columnas "A"					1.24	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Después de procesar para una cuantía de 1% (31.5 cm² de área de acero), se tiene el siguiente reforzamiento (plano estructural del expediente técnico)

Figura B. 21

Reforzamiento de Columna para Cuantía de 1% - Sector E



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Tabla A.29

Área de Acero de Refuerzo - Sector B

As. Ø	Área Varilla(mm ²)	Nº de Varillas	Cantidad de Acero (cm ²)
3/8"	71.00	0	0
1/2"	127.00	0	0
5/8"	198.00	8	15.84
3/4"	285.00	6	17.1
1"	507.00	0	0
Total:			32.94 cm²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.30

Fuerza de Diseño Amplificado –Sector E

Columna	Caso de Carga	P (Tn) ^a	F.A. "A"	P*A ^b (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)	Mt (Ton.m)
C18	1.4CM+1.7CV	98.55	1.24	122.09	0.16	-5.273	0.002
	1.25(CM+CV)+CSx	91.64	1.24	113.52	-1.96	-5.273	-0.152
C19	1.4CM+1.7CV	99.71	1.24	123.53	0.13	5.843	0.002
	1.25(CM+CV)+CSx	79.27	1.24	98.20	1.74	16.145	0.156

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura B. 22

Diagrama de Interacción "X" - Sector E

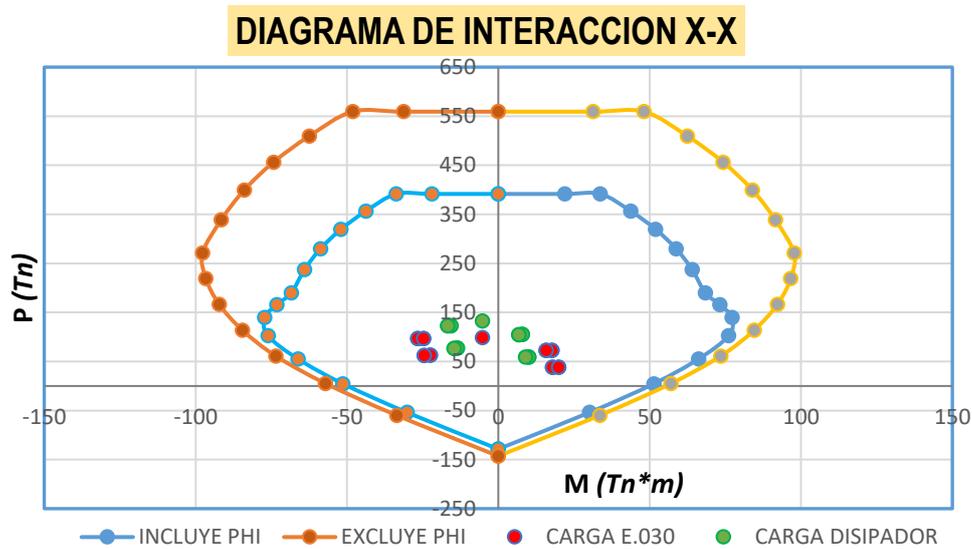
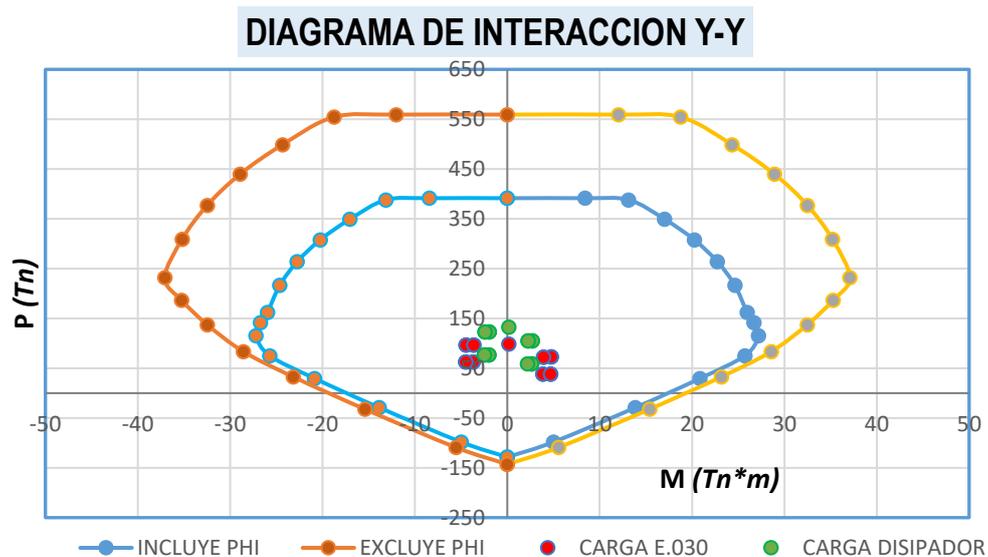


Figura B. 23

Diagrama de Interacción "Y" - Sector E



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.31

Comparación de Fuerzas Axiales en Columnas –Sector E-F

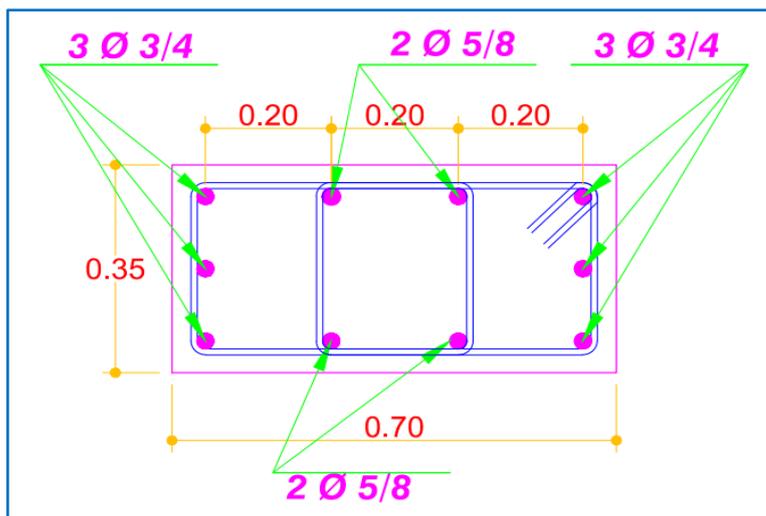
Comparacion de Fuerzas Axiales en Columnas con DFV					Dirección X y Y	
Columna	"Pu" Tracción (tn)		"Pu" Compresión (tn)		F.A. "A" (P _u cd /P _u sd)	
	sin DFV	con DFV	sin DFV	con DFV	Tracción	Compresión
C2	282.71	129.04	-315.15	-253.17	0.46	0.80
C12	87.44	12.94	-80.02	-108.14	0.15	1.35
C15	79.18	-2.41	-67.90	-100.23	-0.03	1.48
C26	102.26	14.02	-189.79	-154.94	0.14	0.82
C27	167.60	53.06	-111.93	-154.48	0.32	1.38
Máximo:					0.46	1.48
Factor de Amplificación de Carga Axial Columnas "A"					1.48	

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Después de procesar para una cuantía de 1% (24.5 cm² de área de acero), se tiene el siguiente reforzamiento (plano estructural del expediente técnico)

Figura B. 24

Reforzo de Columna para Cuantía de 1% - Sector E-F



Nota. Estudios y Proyectos UNA Puno - OAC.

Tabla A.32

Área de Acero de Refuerzo - Sector E-F

As. Ø	Área Varilla(mm ²)	N° de Varillas	Cantidad de Acero (cm ²)
3/8"	71.00	0	0
1/2"	127.00	0	0
5/8"	198.00	4	7.92
3/4"	285.00	6	17.1
1"	507.00	0	0
Total:			25.02 cm²

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla A.33

Fuerza de Diseño Amplificado –Sector E-F

Columna	Caso de Carga	P (Tn) ^a	F.A. "A"	P*A ^b (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)	Mt (Ton.m)
C15	1.4CM+1.7CV	84.59	1.24	104.80	-0.16	5.547	-0.008
	1.25(CM+CV)+CSy	80.88	1.24	100.20	-1.32	-4.991	-0.114
C27	1.25(CM+CV)+CSx	78.13	1.24	96.79	-2.87	2.424	-0.036
	1.4CM+1.7CV	76.17	1.24	94.36	0.55	4.033	-0.008

Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

Figura B. 25

Diagrama de Interacción "X" - Sector E-F

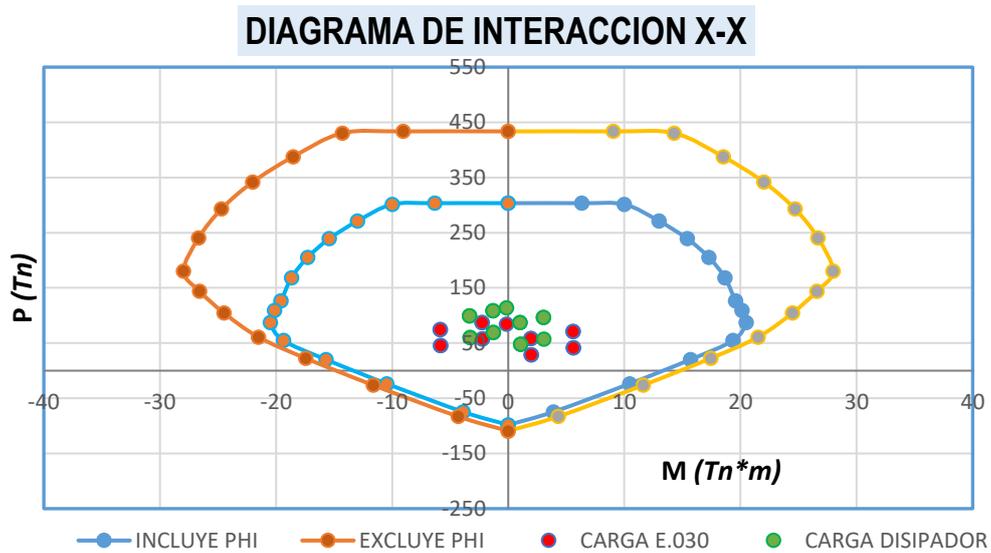
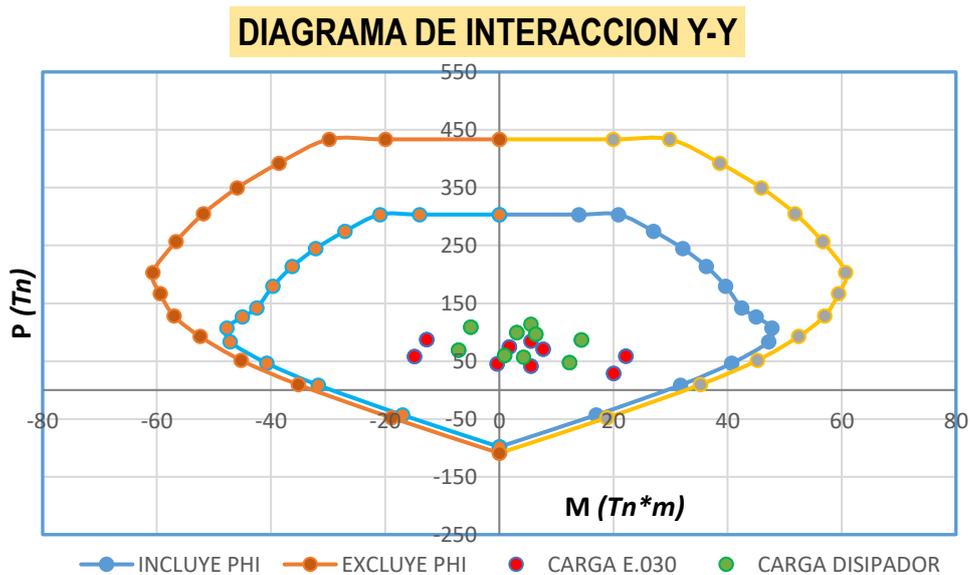


Figura B. 26

Diagrama de Interacción "Y" - Sector E-F



Nota. Elaborado por el equipo de trabajo.

ANEXO VII: ASPECTOS DEL MODELAMIENTO - Etabs v.16.2.

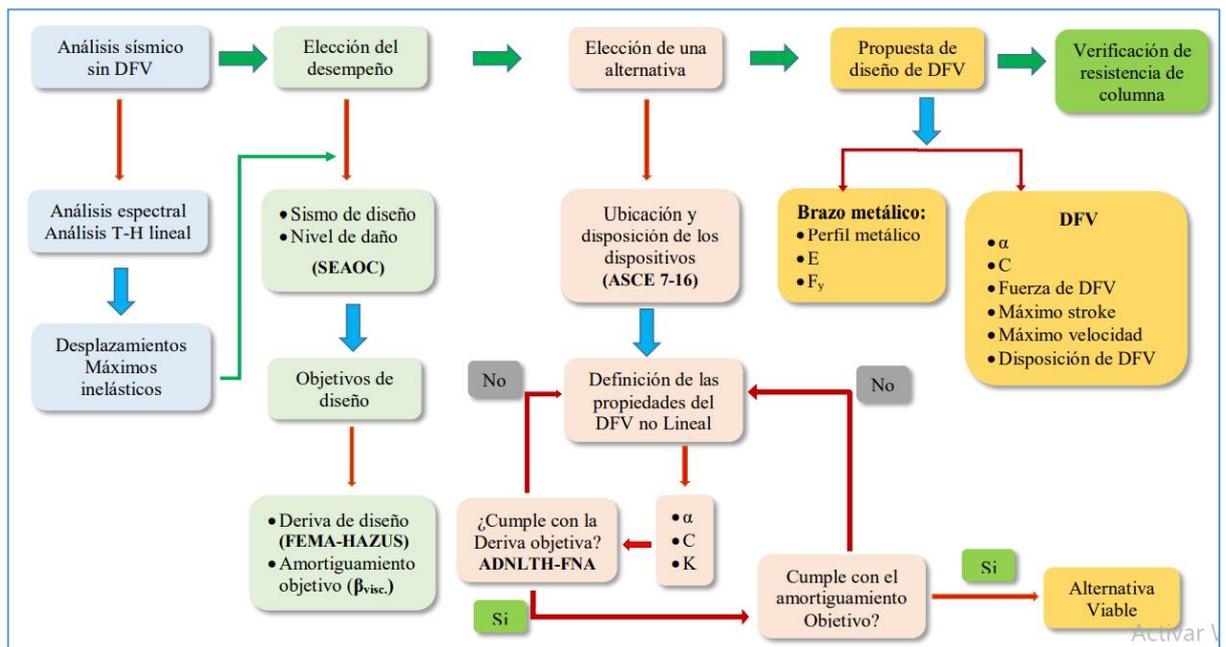
A continuación, realizaremos el procedimiento y las consideraciones principales y necesarios para la modelación y análisis estructural con sistemas de disipadores de energía sísmica fluido viscoso. Para lo cual en la presente investigación se usó el software Etabs v.16.2.0 También se recomienda la siguiente fuente para su entendimiento:

- Villarreal, G. y La rosa, M. (2016). Edificaciones con Disipadores viscosos. Trujillo, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L. Calle.
- Acosta, D. (2016). análisis estructural con Etabs, aplicando reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Santo Tomas Facultad de Ingeniería Civil.

En la Figura B.27 se muestra el flujograma de análisis y diseño con DFV:

Figura B. 27

Flujograma de la metodología de análisis y diseño con DFV



Nota. Etabs v.16.2.

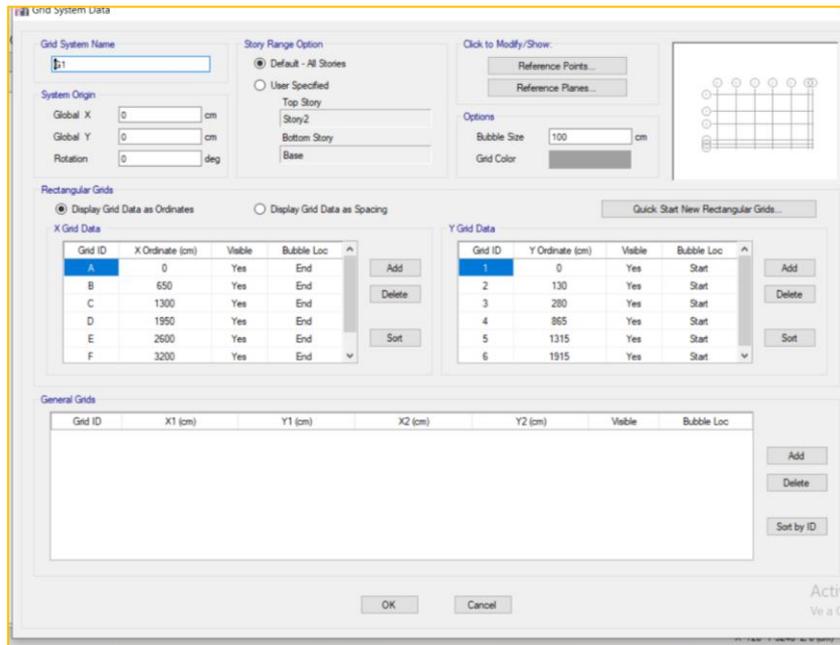
1.- ANÁLISIS DINÁMICO LINEAL MODAL ESPECTRAL

❖ Definición de Materiales y Secciones

Primeramente, definimos las grillas, los ejes y el número de pisos de la estructura, así como las unidades a usar como se muestra en la figura siguiente:

Figura B. 28

Definición de Ejes

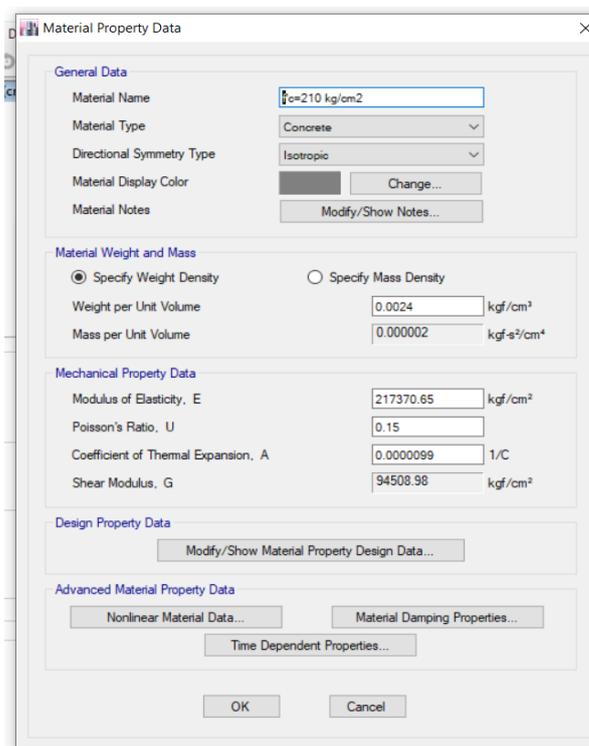


Nota. Etabs v.16.2.

Luego definimos los materiales tales como el concreto y el acero, las características de resistencia del concreto y acero están en el ítem 3.1.2; se muestra:

Figura B. 29

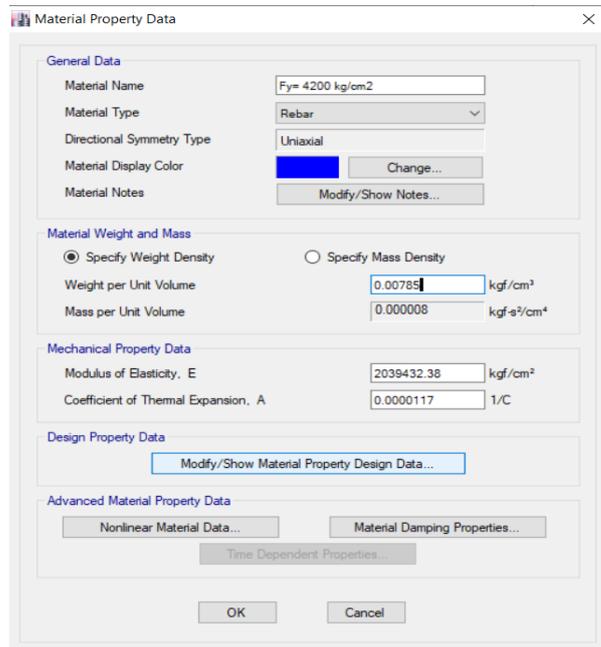
Definición del Concreto



Nota. Etabs v.16.2.

Figura B. 30

Definición del Acero



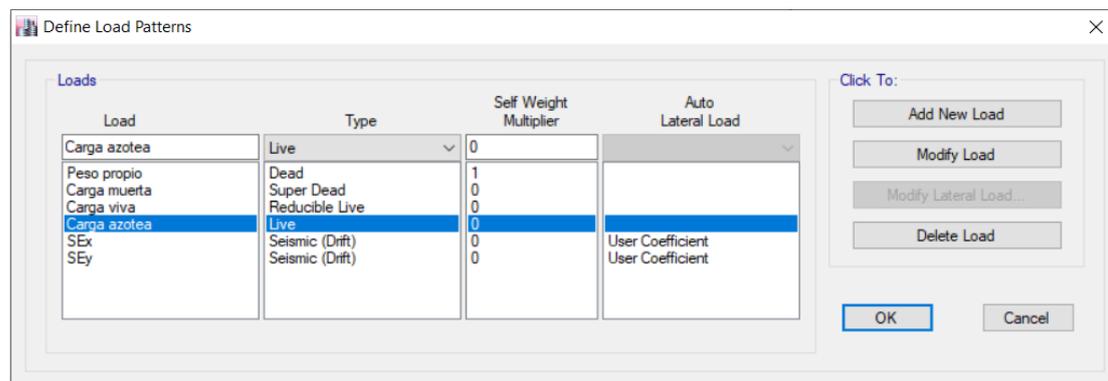
Nota. Etabs v.16.2.

❖ **Definición de Cargas**

Luego de dibujar el modelo estructural se continua con la definición los patrones de carga, tales como carga muerta y carga viva. En caso de esta investigación la carga muerta viene a ser la sobrecarga por piso terminado y tabiquería.

Figura B. 31

Definición de patrones de carga



Nota. Etabs v.16.2.

❖ **Asignación de Cargas**

Seguidamente se asigna las carga vivas y muertas en la siguiente figura se observa la asignación de carga distribuida linealmente (kg/ml) producto del peso de la tabiquería.

Figura B. 32

Asignación de cargas

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name:

Load Type and Direction: Forces Moments
Direction of Load Application:

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.75"/>	<input type="text" value="1"/>
Load	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kgf/m

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Uniform Load: kgf/m

Buttons: OK, Close, Apply

Nota. Etabs v.16.2.

❖ **Asignación de Brazos Rígidos**

a continuación, se asigna los brazos rígidos con factor de zona rígida de 0.5.

Figura B. 33

Factor de zona Rígida

Frame Assignment - End Length Offsets

End Offset Along Length: Automatic from Connectivity Define Lengths
End-I: m
End-J: m
Rigid-zone factor:

Frame Self Weight Option: Auto Weight Based on Full Length Weight Based on Clear Length

Buttons: OK, Close, Apply

Nota. Etabs v.16.2.

❖ Asignación de Masa

A continuación, se asigna la masa de acuerdo a lo que indica la norma (Tabla 11).

Figura B. 34

Estimación de Peso

Nota. Etabs v.16.2.

❖ Definición de Casos Modales

Seguidamente se define los modos de vibración, verificando que se cumpla el 90% de porcentaje de masa en cada dirección y que los primeros modos sean en la dirección “X” o “Y”, tomando en cuenta la cantidad de 3 modos por piso.

Figura B. 35

Modos de Vibracion

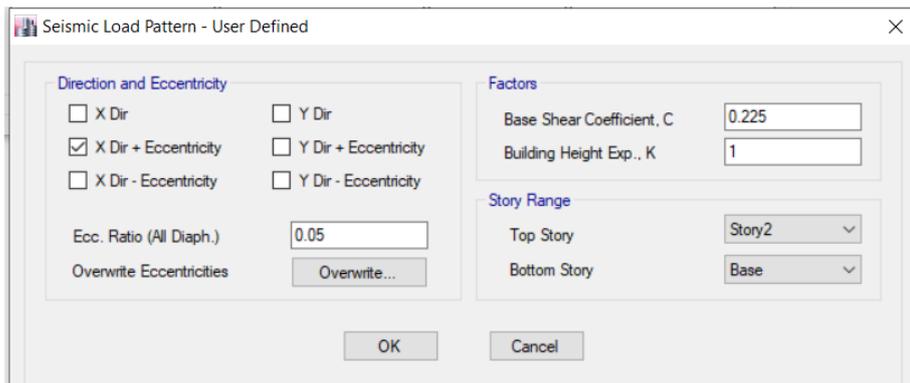
Nota. Etabs v.16.2.

❖ Definición de Carga Estática

Seguidamente se define la carga estática previo a ello se determina el coeficiente de cortante basal y el factor “k”.

Figura B. 36

Modos de Vibracion



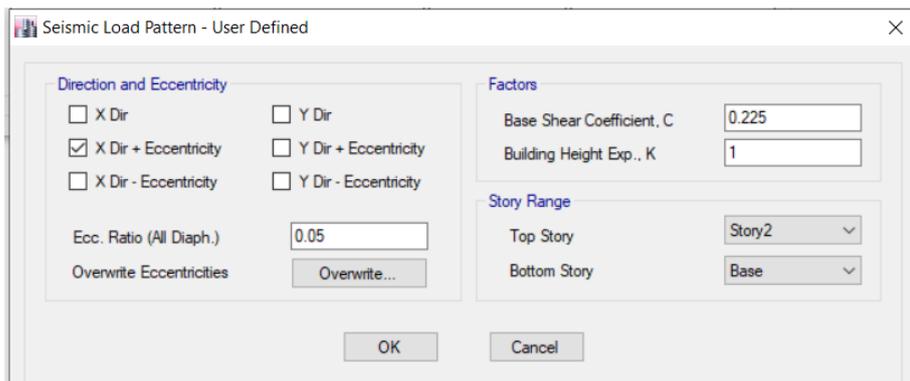
Nota. Etabs v.16.2.

❖ Definición de Carga Estática

Seguidamente se define la carga estática previo a ello se determina el coeficiente de cortante basal y el factor “k”. lo parámetros sísmicos en el Ítem 3.5

Figura B. 37

Definición de carga estatica



Nota. Etabs v.16.2.

❖ Análisis Estático

Seguidamente se procesa para que realice el cálculo el software para posteriormente verificar el cumplimiento del 90% de masa como mínimo y si es así determinamos el sistema estructural.

Figura B. 38

Definición de carga etsatica

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
Modal	4	0.085	0	0.0008	0	0.7121	0.7087	0	0.0017	0	0.1563
Modal	5	0.083	0	0.1557	0	0.7121	0.8644	0	0.3385	0	0.0007
Modal	6	0.083	0.181	0	0	0.8931	0.8644	0	0	0.3769	0
Modal	7	0.074	0	1.028E-06	0	0.8931	0.8644	0	7.243E-07	0	0.0058
Modal	8	0.071	0	0.0269	0	0.8931	0.8912	0	0.0327	0	5.784E-06
Modal	9	0.064	0.0038	0	0	0.8969	0.8912	0	0	0.007	0
Modal	10	0.059	4.841E-06	0	0	0.897	0.8912	0	0	0.0001	0
Modal	11	0.054	0	3.954E-05	0	0.897	0.8913	0	0.0001	0	0.0367
Modal	12	0.053	5.499E-07	0	0	0.897	0.8913	0	0	1.982E-06	0
Modal	13	0.051	0.0045	0	0	0.9014	0.8913	0	0	0.0108	0
Modal	14	0.05	0.0001	0	0	0.9015	0.8913	0	0	0.0002	0
Modal	15	0.05	0	0.0054	0	0.9015	0.8966	0	0.0097	0	8.297E-06
Modal	16	0.049	0	0.014	0	0.9015	0.9106	0	0.0343	0	0.0001
Modal	17	0.046	0	0.0002	0	0.9015	0.9108	0	0.0006	0	3.347E-05
Modal	18	0.046	7.91E-06	0	0	0.9015	0.9108	0	0	1.784E-05	0

Nota. Etabs v.16.2.

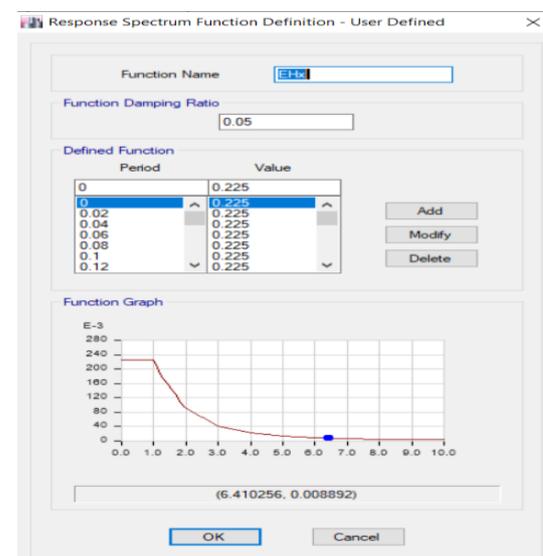
En la Figura B.38 se puede mostrar que, si supera el 90 % de las masas, por lo cual no es necesario aumentar los casos modales. Y seguidamente se determina el sistema estructural comparando las cortantes de piso, según como indica la norma en la tabla 7.

❖ Análisis Modal Espectral

Primeramente, se determina el espectro de respuesta sísmica, De acuerdo a lo dispuesto en el reglamento colombiano de construcción sismorresistente de la norma revisar Ítem 2.6.1.4.; seguidamente definimos el espectro en el software Etabs como función espectral.

Figura B. 39

Definición de Espectro E.030

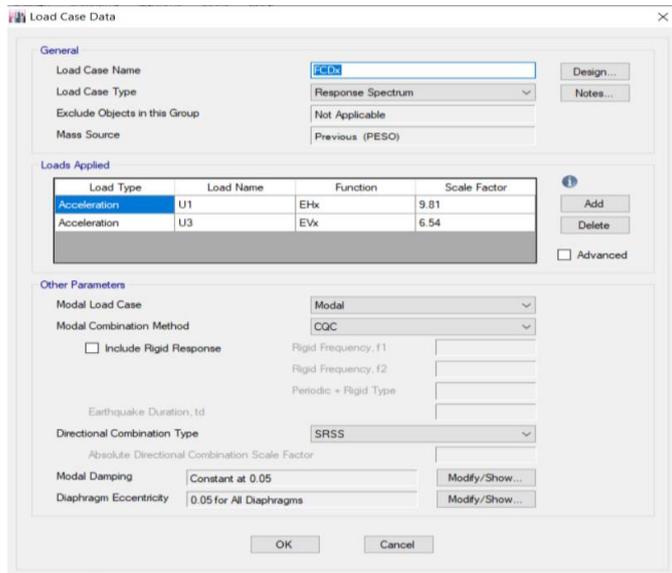


Nota. Etabs v.16.2.

en segundo lugar, creamos los casos de carga fuerza cortante dinámica.

Figura B. 40

Definición de Espectro E.030

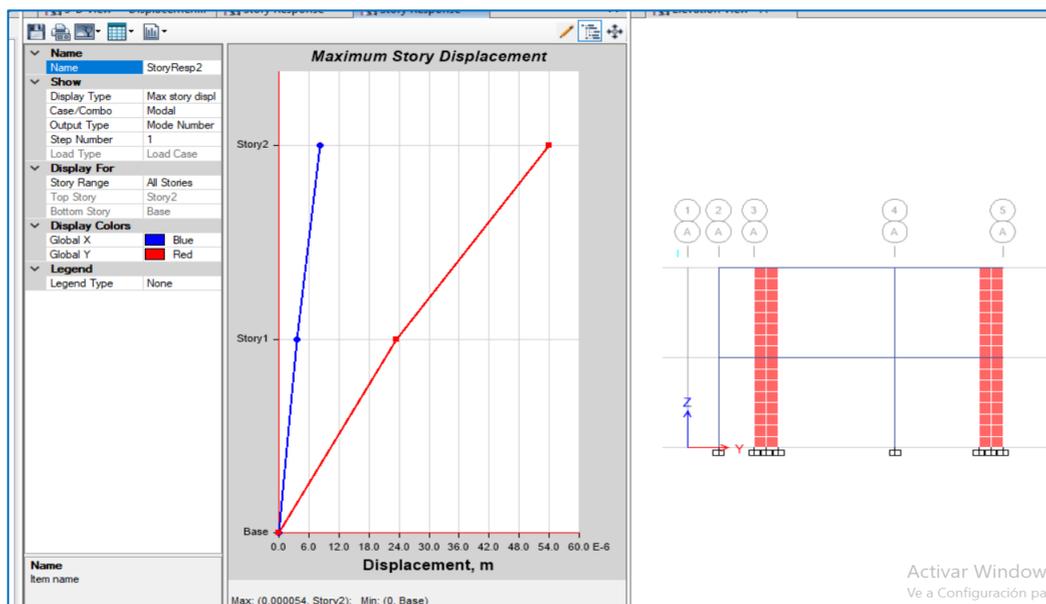


Nota. Etabs v.16.2.

Y finalmente en tercer lugar procesamos el programa para verificar las derivas de entrepiso. En nuestro caso de estudio solo tomamos los resultados tratando de una evaluación de una edificación ya construida, pero para casos de diseño estructural se debe cumplir con lo dispuesto por la norma según la tabla 12.

Figura B. 41

Verificación de derivas



Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

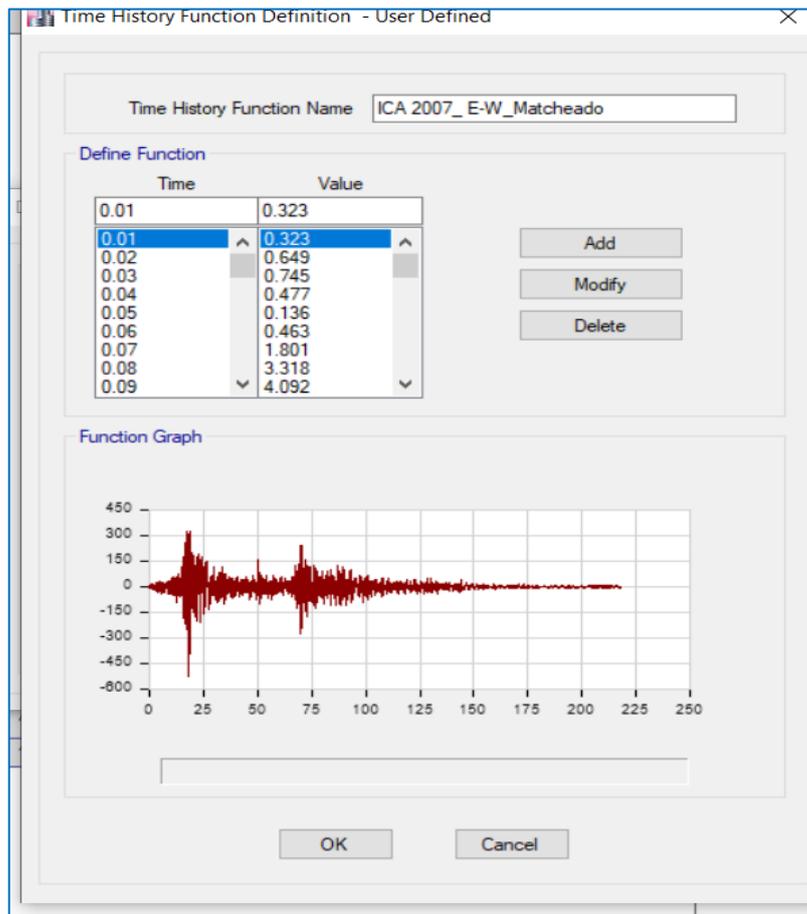
2.- ANÁLISIS LINEAL TIEMPO HISTORIA

Una vez que tengamos nuestros 3 acelerogramas escalados al espectro de diseño en sus dos componentes podremos realizar el Análisis Dinámico Tiempo Historia, para obtener los registros sísmicos y su tratamiento y escalado seguir el procedimiento y las pautas según el ítem **2.8.1** y **3.4.1 (registros sísmicos)**; además revisar el libro del Ing. Genner Villareal de “Edificaciones con Disipadores viscosos. 2016”.

En seguida pasamos a importar al software Etabs los registros sísmicos con sus 2 componentes (E-W y N-S) debidamente escalados al espectro objetivo ($R=1$).

Figura B. 42

importando registro sismico - Ica 2007_E-W



Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

❖ Definición de caso de carga

A continuación, definimos el caso de carga de tipo tiempo historia para cada aceleración y para cada componente del registro sísmico, según tabla 31.

Figura B. 43

Definición de caso de carga T-H - Ica 2007_E-W

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	LIMA 1974_E-W_M...	0.01
Acceleration	U2	LIMA 1974_N-S_Ma...	0.01

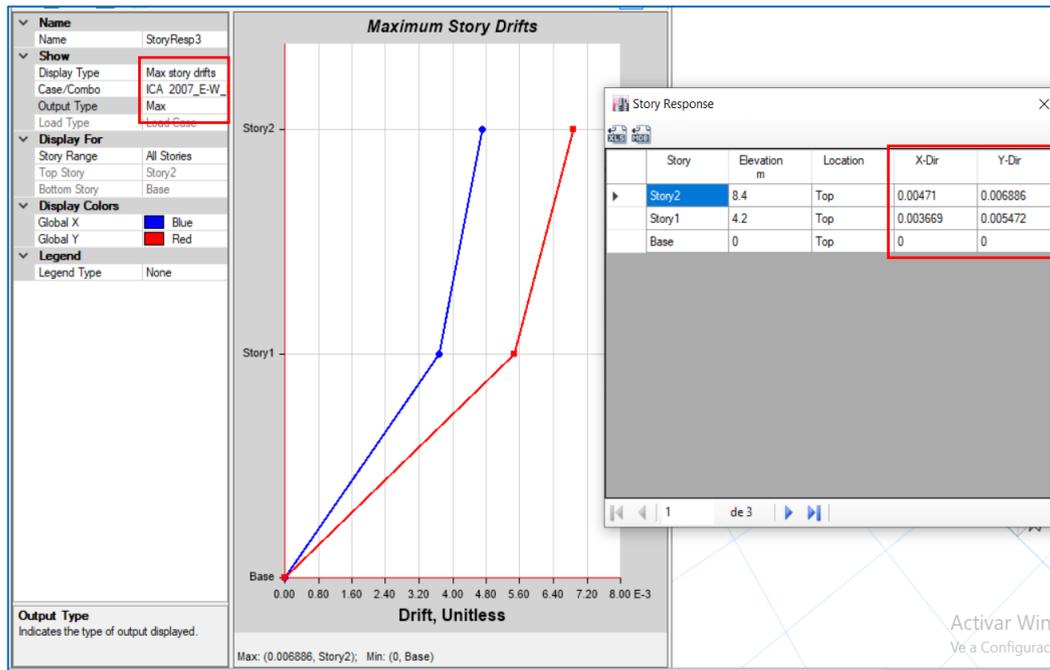
Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

❖ Verificación de derivas T-H lineal

Seguidamente procesamos el programa Etabs, con la finalidad de determinar las derivas fruto del análisis T-H con los 3 registros sísmicos y sus 2 componentes.

Figura B. 44

Determinación de derivas T-H - Ica 2007_E-W



Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

En la Figura B.44 se muestra los resultados de derivas para el sismo de Ica 2007 en el componente E-W en la dirección X y Y. en este caso para las derivas máximas. Es así que se tiene para la dirección X:

- 3 pares de registros sismos con sus respectivas componentes E-W y N-S, dicho de otra manera 6 sismos de análisis.
- Ahora los resultados se presentan con derivas máximas y mínimos para cada uno de los 6 sismos. Con lo cual se va tener 12 resultados de derivas para el eje X.

De modo similar para el eje Y, para seleccionar las derivas se dan a partir de las derivas de valores máximos. Como lo indica la norma E.030 art. 30.3.1 “Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso son evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis”, (Ítem 2.6.1.5.b).

3.- ANÁLISIS LINEAL TIEMPO HISTORIA NO LINEAL -FNA

Para realizar el análisis lineal tiempo historia no lineal –FNA, primeramente, establecemos nuestros objetivos de desempeño, el cual nos permitirá en efecto proponer en primer lugar nuestra deriva objetiva para lograr lo dicho; seguidamente como segundo

lugar determinamos el amortiguamiento efectivo objetivo de la estructura que se debe de lograr con la adición de los disipadores DFV. En tercer lugar, definimos el coeficiente de velocidad o llamado también coeficiente de no linealidad (para nuestro caso $\alpha = 0.5$), como se puede revisar el ítem 3.6.1. de la presente tesis.

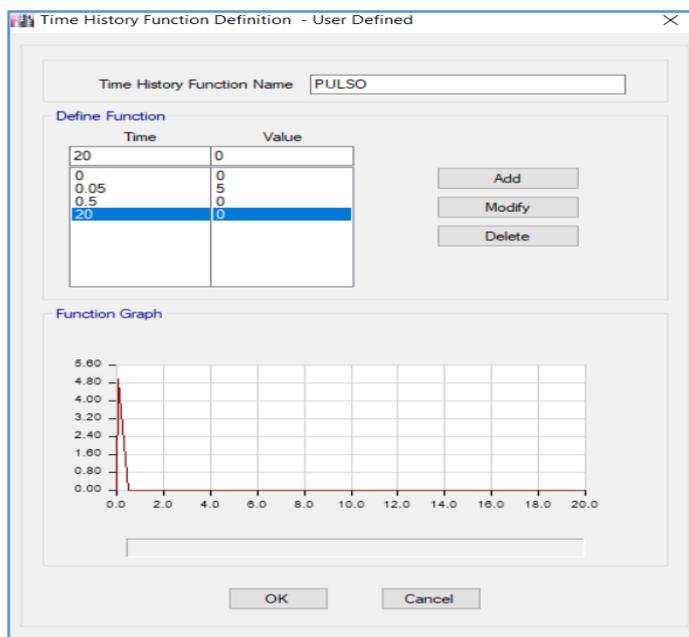
Como cuarto lugar con los datos ya obtenidos anteriormente mencionados se calcula el coeficiente de amortiguamiento “C” del disipador DFV. revisar el ítem 3.6.1.3

❖ Definición de función pulso

En primer lugar, definimos una función pulso para posteriormente verificar el amortiguamiento viscoso añadido a la estructura, mediante una ecuación de vibración libre. Los resultados se muestran en el ítem 4.2.1.2 así como el resto de sectores.

Figura B. 45

Definición de función pulso



Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

❖ Definición de casos modales

Seguidamente también definimos los casos modales para el análisis FNA cambiamos el tipo de casos modales de vectores Eigen a vectores Ritz para que el proceso de cálculo sea más rápido.

Figura B. 46

Definición de casos modales

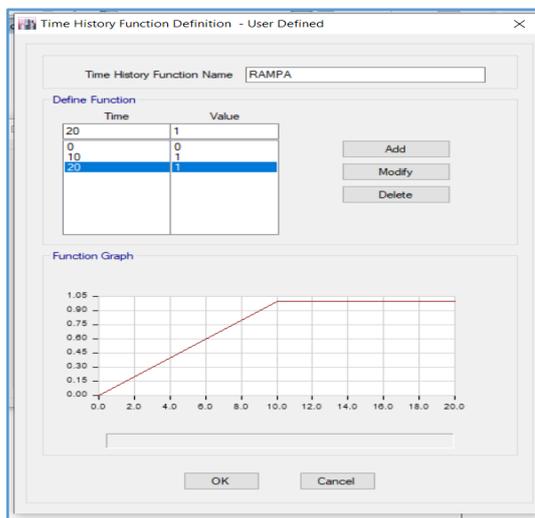
Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dyn. Par. Ratio, %
Load Pattern	carga muerta	0	99
Load Pattern	carga viva	0	99
Load Pattern	carga azotea	0	99

Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

A continuación, también definimos una función rampa, artificio que se hace para que la aceleración de la estructura ascienda hasta un punto y luego se mantenga constante.

Figura B. 47

Definición de Función Rampa



Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

❖ Definición de casos de carga

seguidamente se define el caso de carga GRAVEDAD, para el análisis no lineal de las señales sísmicas. donde se considera el peso de la estructura para realizar el análisis FNA, a partir de la función rampa que se ha creado previamente.

Figura B. 48

Definición del caso de carga Gravedad

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Load Pattern	peso propio	RAMPA	1
Load Pattern	carga muerta	RAMPA	1
Load Pattern	carga viva	RAMPA	0.5
Load Pattern	carga azotea	RAMPA	0.25

Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

También seguidamente se genera el caso de carga PULSAR, que se la carga para calcular el amortiguamiento viscoso añadido, que será a partir de la carga gravedad:

Figura B. 49

Definición del caso de carga Pulsar

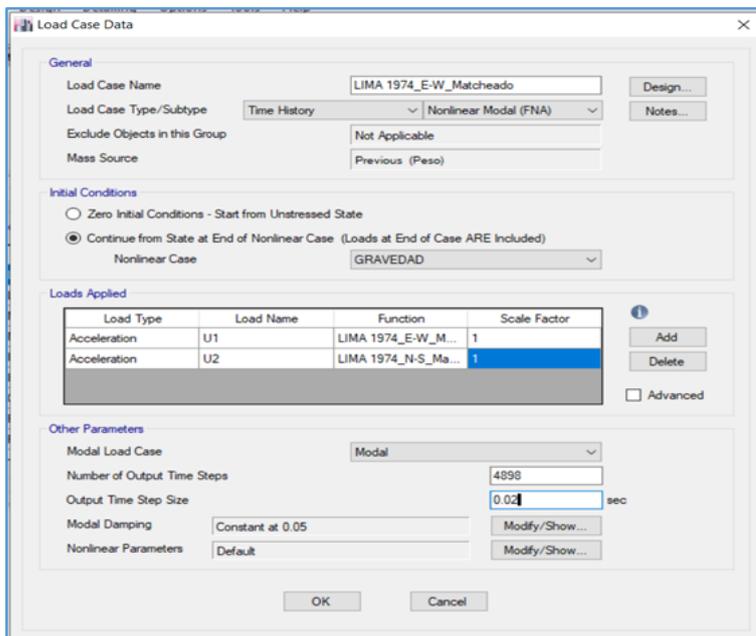
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	PULSO	1

Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

Finalmente generamos los casos de carga sísmica para el análisis FNA; para lo cual cambiamos los casos de carga de las señales sísmicas T-H lineales, a tipo de carga T-H no lineal FNA. esto para incluir la no linealidad de los DFV en el análisis FNA.

Figura B. 50

Definición del caso de carga T-H no Lineal FNA



Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

❖ Definición de disipadores DFV en el modelo.

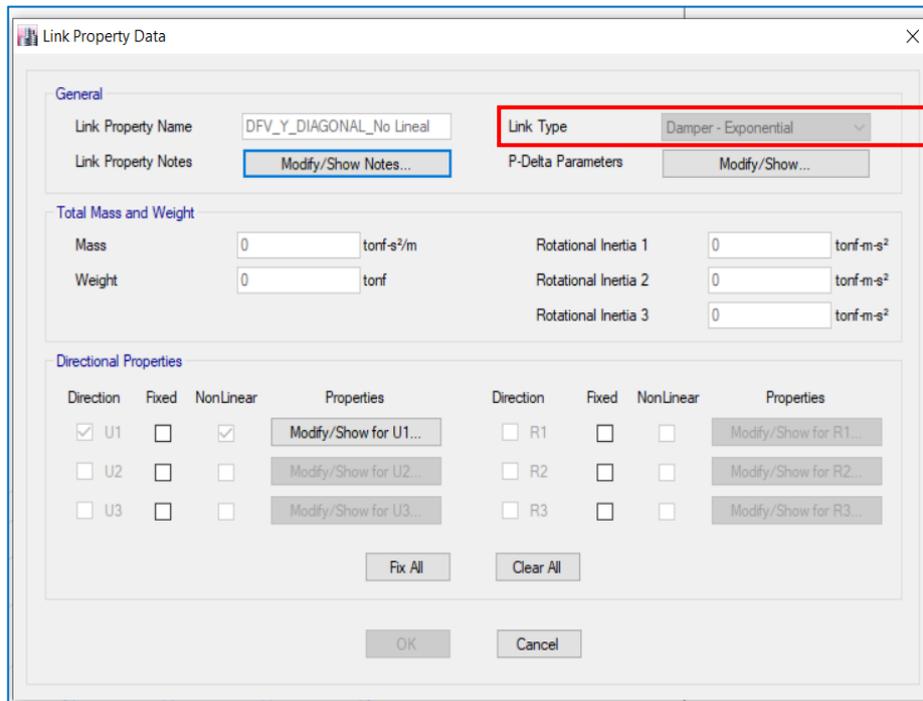
Para realizar el análisis FNA: los disipadores DFV deben contar con 3 datos principales que obviamente nos pide el software Etabs, para realizar los cálculos, y son:

- coeficiente de velocidad ($\alpha = 0.5$)
- coeficiente de amortiguamiento “C” (para cada sector)
- rigidez del brazo metálico “K” (rigidez preliminar)

la rigidez del brazo metálico se define como dato preliminar en función a las dimensiones del pórtico y el módulo de elasticidad del tubo metálico que en nuestro estudio se usó el perfil metálico HSS ROUND A36. para luego posteriormente realizarse su diseño respectivo una vez definido el disipador DFV optimo y eficiente para la estructura respectiva. revisar el ítem 3.6.1.5.

Figura B. 51

Definición del tipo de DFV

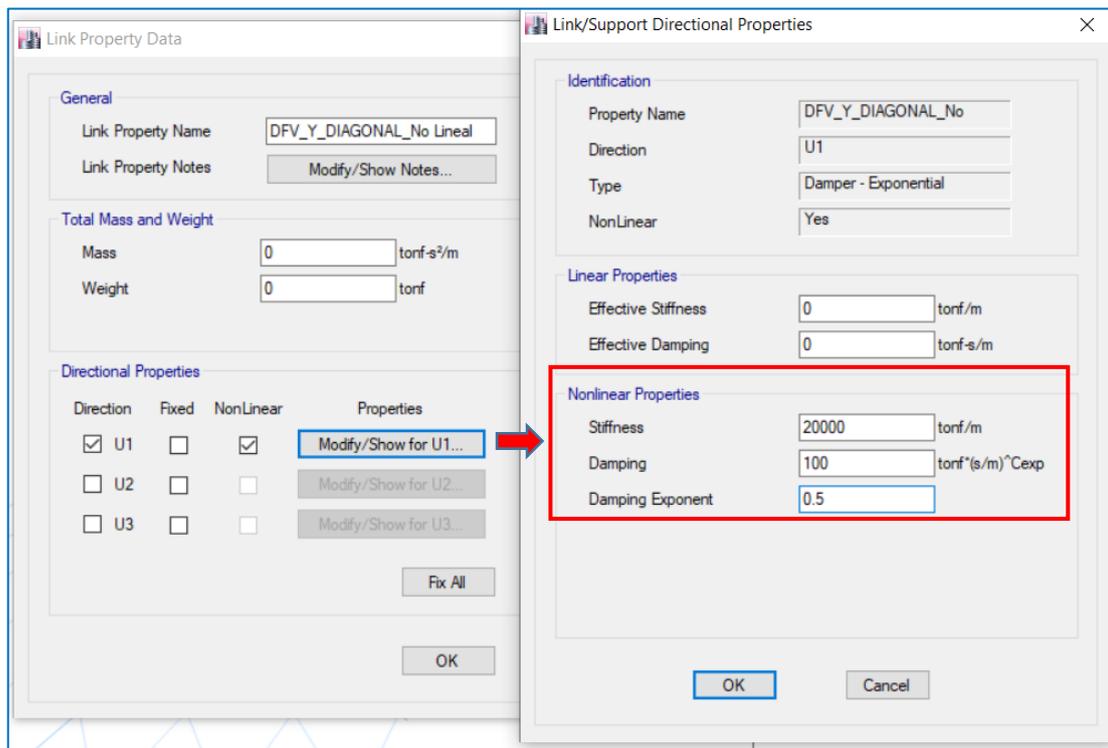


Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

En la Figura B.51, se puede ver que se selecciona el tipo de disipador exponencial. En la figura se puede apreciar los 3 valores previamente determinados según el procedimiento seguido se define en el software. Esta la rigidez del brazo metálico “K” (stiffness), luego el coeficiente de amortiguamiento “C” (Damping) finalmente el exponente de velocidad o no linealidad (damping exponent).

Figura B. 52

Definición de características de DFV



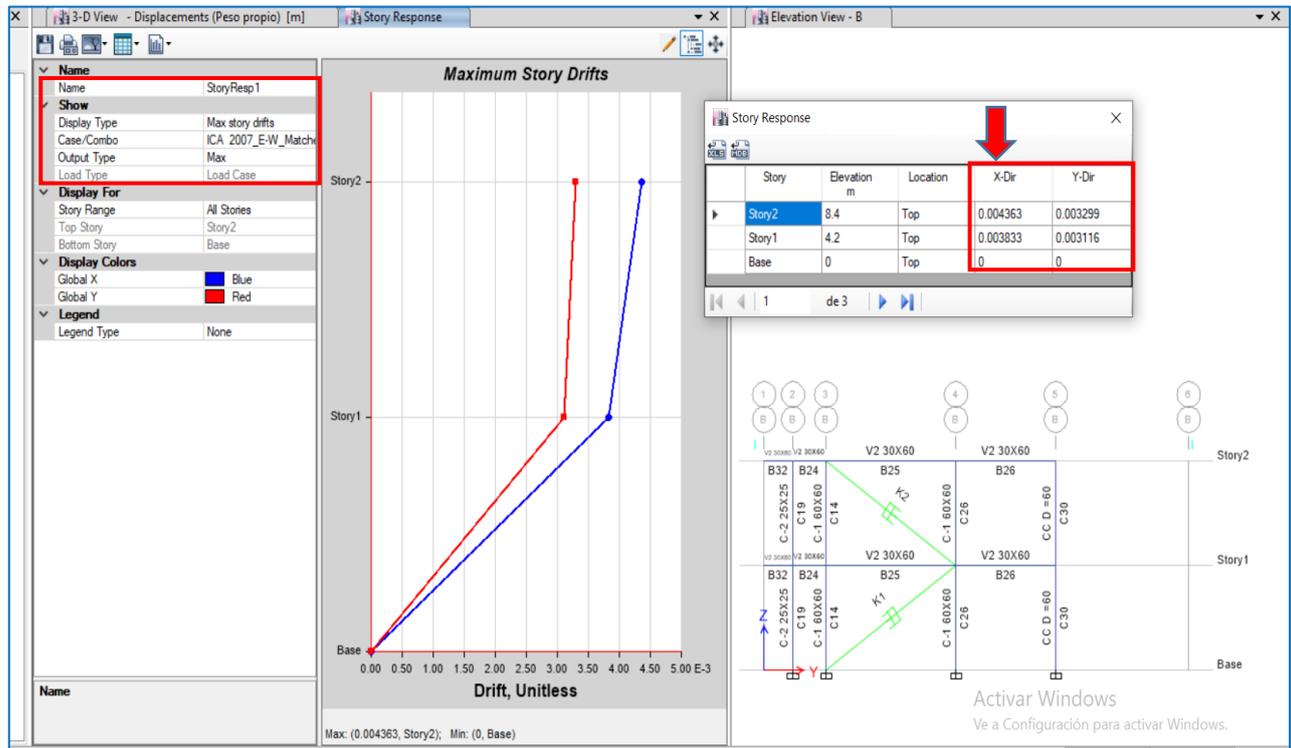
Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

❖ **Verificación de derivas.**

a continuación, verificamos las derivas como resultado de la adición de los disipadores estas derivas deben cumplir con nuestra deriva objetivo de no cumplirse se aumenta el coeficiente de amortiguamiento o si no proponer otra ubicación de los mismos y también cambiar el tipo de configuración de manera que todos los disipadores trabajen de manera optimo y eficiente. De ese modo iterativamente realizar el análisis y modelamiento hasta lograr la deriva objetiva, también seguidamente corroborar el amortiguamiento objetivo propuesto que por su puesto debe de estar dentro de los rangos previamente calculados (que por razones de ubicación respecto a su centro geométrico se modifican). Se puede verificar para la deriva máxima los resultados que si cumplen con nuestra deriva objetiva (4.60%).

Figura B. 53

Definición de características de DFV



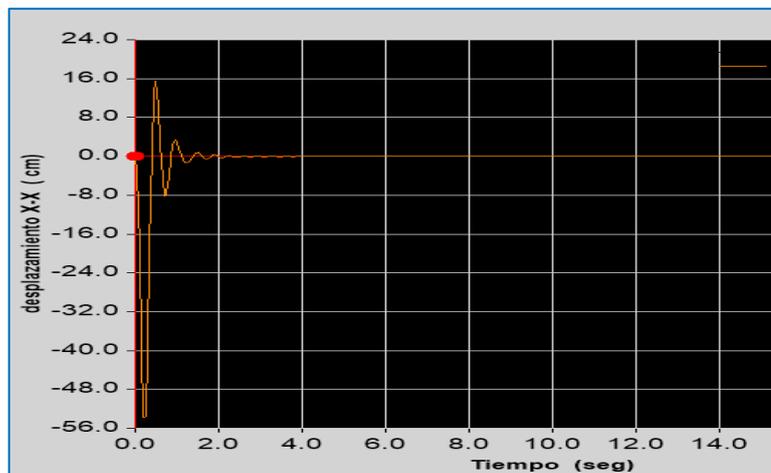
Nota. Etabs v.16.2. Sector A.

❖ **Verificación de amortiguamiento viscoso.**

Y por último corroborar el amortiguamiento viscoso que provee la estructura con los DFV, tiene que estar dentro de los rangos de amortiguamiento viscoso objetivo propuesto, para el cual se usa la ecuación de vibración libre. Revisar tabla 110.

Figura B. 54

Verificación de amortiguamiento viscoso



Nota. Etabs v.16.2. Sector A.



ANEXO VIII: PLANOS DE PROPUESTA DE MEJORA CON DFV.

A. PLANOS EN PLANTA

- SECTOR A – 1° NIVEL
- SECTOR A – 2° NIVEL
- SECTOR B – 1° NIVEL
- SECTOR B – 2° NIVEL
- SECTOR B – 3° NIVEL
- SECTOR B – 4° NIVEL
- SECTOR C – 1° NIVEL
- SECTOR C – 2° NIVEL
- SECTOR D – 1° NIVEL
- SECTOR D – 2° y 3° NIVEL
- SECTOR E – 1°, 2° y 3° NIVEL
- SECTOR E-F – 1° NIVEL
- SECTOR E-F – 2° NIVEL
- SECTOR E-F – 3° NIVEL

B. PLANOS EN ELEVACIÓN

- SECTOR A – ELEVACIÓN 1°
- SECTOR B – ELEVACIÓN 1°
- SECTOR B – ELEVACIÓN 2°
- SECTOR C – ELEVACIÓN 1°
- SECTOR D – ELEVACIÓN 1°
- SECTOR D – ELEVACIÓN 2°
- SECTOR E – ELEVACIÓN 1°
- SECTOR E – ELEVACIÓN 2°
- SECTOR E-F – ELEVACIÓN 1°
- SECTOR E -F– ELEVACIÓN 2°