



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores
sísmicos para el desempeño estructural de una edificación de 9
niveles - ciudad de Puno, 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Esquivel Mansilla, Michael Alexander (ORCID: 0000-0002-2864-8787)

ASESOR:

Mg. Franco Alvarado, Freddy Manuel (ORCID: 0000-0002-6488-3661)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, a mi familia que siempre han estado dando su apoyo incondicional y también a todas las personas que me apoyaron para lograr.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a mi madre, quien a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	xi
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Definición del problema de investigación	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Limitaciones del problema de investigación	3
1.3.1. Delimitación del problema de investigación	3
1.4. Justificación del problema de investigación	3
1.5. Objetivos de investigación	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivo específico	4
1.6. Hipótesis	4
1.6.1. Hipótesis general	4
1.6.2. Hipótesis específicas	4
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. Sistemas de protección antisísmica en el mundo	5
2.1.1.1. Disipadores sísmicos	5
2.1.1.2. Aislamiento sísmico	6
2.1.2. Sistemas de protección antisísmica en el Perú	6
2.1.2.1. Disipadores sísmicos	7
2.1.2.2. Aislamiento sísmico	8
2.2. Evolución del diseño sísmico y bases del diseño sísmico	10

2.2.1. Filosofía del diseño sísmico	11
2.2.2. Origen de los sismos.....	12
2.2.3. Los sismos en el Perú	12
2.2.4. Los sismos en Puno.....	14
2.2.5. Sistemas de protección antisísmica	16
2.2.5.1. Sistema convencional.....	16
2.2.5.2. Sistemas pasivos de protección antisísmica.....	18
2.2.6. Criterios de ubicación de los dispositivos	36
2.2.7. Aisladores sísmicos.....	36
2.2.8. Los disipadores	36
2.3. Balance energético en estructuras.....	36
2.4. Normatividad de diseño	37
2.4.1. Norma nacional de referencia para el análisis y diseño	37
2.4.1.1. Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):.....	37
2.4.2. Normas técnicas extranjeras de referencia para el análisis y diseño.....	37
2.4.2.1. Federal Emergency Management Agency.....	37
2.4.2.2. Comité Vision 2000 (Seac 1995).....	40
2.4.2.3. Código de American Society of Civil Engineers Asce/Sei 7- 10 y 7-16 - Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (American Society of Civil Engineers, 2010,2016). capítulo 16.....	40
2.4.2.4. Norma, NCH2745 (2013) - (Instituto Nacional de Normalización, 2013)	42
III. METODOLOGÍA	43
3.1. Tipo y diseño de investigación	43
3.2. Características de la investigación.....	43
3.3. Variables y operacionalización.....	44
3.3.1. Variable independiente:.....	44
3.3.2. Variable dependiente:.....	44
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	44
3.4.1. Técnica.....	44
3.4.2. Instrumento	45

3.4.3. Validez y confiabilidad	46
3.5. Procedimientos	46
3.6. Método de análisis de datos	47
3.7. Aspectos éticos.....	47
3.8. Población, muestra y muestreo.....	48
3.8.1. Población de estudio.....	48
3.8.2. Muestra	49
3.8.3. Unidad de análisis	51
IV. RESULTADOS	51
4.1. Ubicación de la edificación y diseño arquitectónico	51
4.1.1. Descripción de la zona	51
4.1.1.1. Características del terreno:	52
4.1.2. Diseño arquitectónico de la edificación	53
4.1.2.1. Distribución en corte.....	53
4.1.2.2. Distribución en planta	53
4.1.3. Procedimientos generales para la estructuración de la edificación:.....	56
4.1.3.1. Predimensionamiento de elementos estructurales	56
4.2. Análisis sísmico estático y dinámico de la edificación.....	67
4.2.1. Consideraciones iniciales para el análisis.....	67
4.2.2. Configuración geométrica y modelamiento estructural:.....	68
4.2.1.1. Unidades:.....	70
4.2.1.2. Configuración de materiales y elementos estructurales...72	
4.2.1.3. Cargas que afectan al sistema:	84
4.2.1.4. Asignación de condiciones:.....	88
4.2.1.5. Centros de masas:.....	90
4.2.2. Análisis sísmico del sistema estructural.....	91
4.2.2.1. Análisis sísmico estático:	91
4.2.2.2. Factor exponencial de distribución de fuerzas en altura base.....	102
4.2.2.3. Distribución de fuerza sísmica en altura.....	103
4.2.2.4. Límites estaticos para la distorsión del entrepiso desplazamientos y derivas (drifts) de piso según e.030 (5.2)	107

4.2.3. Análisis sísmico dinámico:.....	110
4.2.4. Cálculo de espectro de pseudo-aceleraciones.....	110
4.2.4.1. Incorporación de Espectro de Pseudo - aceleraciones ..	111
4.2.4.2. Criterio de aplicación de Espectro de Pseudo – aceleraciones (CRITERIO de 100 – 30).....	112
4.2.4.3. Carga dinámica:.....	113
4.2.4.4. Límites dinámicos para la distorsión del entrepiso desplazamientos y derivas (drifts).....	117
4.3. Verificación de irregularidad torsional moderada.....	125
4.4. Verificación irregularidad torsional extrema	127
4.4.1. Resultados parciales.....	130
4.5. Análisis sísmico tiempo historia de la edificación.....	130
4.5.1. Criterios para el análisis tiempo historia.....	130
4.5.1.1. Nivel de amenaza sísmica.....	131
4.5.1.2. Nivel de comportamiento sísmico esperado.....	131
4.5.2. Determinación de espectro para análisis tiempo historia.....	132
4.5.3. Análisis sísmico del sistema estructural ante el espectro máximo considerado $r=1$ (R.N.E. y ASCE-7).....	133
4.5.3.1. Análisis dinámico	135
4.5.3.2. Desplazamientos laterales y control de derivas	139
4.5.4. Selección y tratamiento de acelero gramas.....	142
4.5.5. Creación de acelero gramas sintéticos.....	144
4.5.6. Escalamiento de acelero gramas.....	147
4.5.7. Determinación de sismo máximo de diseño.....	150
4.5.8. Análisis sísmico del sistema estructural ante el sismo máximo considerado.....	157
4.5.9. Resultados parciales.....	160
4.6. Análisis sísmico con la aplicación de disipadores de energía de fluido viscoso.....	160
4.6.1. Evaluación arquitectónica y ubicación de dispositivos.....	160
4.6.2. Criterios para aplicación de los dispositivos.....	160
4.6.2.1. Angulo de inclinación del dispositivo.....	160
4.6.2.2. Configuración chevron mejorada	161

4.6.3. Diseño por desempeño de los disipadores de energía.....	162
4.6.3.1. Factor de reducción de respuesta (b)	162
4.6.3.2. Amortiguamiento efectivo (β_{eff})	162
4.6.3.3. Rigidez del brazo metalico (k).....	163
4.6.3.4. Exponente de velocidad (α).....	165
4.6.3.5. Coeficiente de amortiguamiento (c).....	165
4.6.4. Análisis sísmico del sistema estructural ante el sismo máximo considerado.....	170
4.6.4.1. Análisis dinámico	170
4.6.5. Resultados parciales.....	175
4.7. Análisis sísmico con la aplicación de aisladores sísmicos HDR.....	175
4.7.1. Evaluación arquitectónica y pre dimensionamiento interfaz de aislamiento	176
4.7.2. Criterios para aplicación de los dispositivos.....	177
4.7.3. Combinaciones de cargas para el diseño de sistema de aislamiento sísmico	177
4.7.4. Análisis preliminar y pre dimensionamiento de elementos.....	179
4.7.5. Diseño de los dispositivos de aislamiento hdr	181
4.7.6. Análisis de fuerza lateral equivalente.....	190
4.7.7. Análisis sísmico del sistema estructural ante el sismo máximo considerado.....	196
4.7.7.1. Introducción de datos.....	196
4.7.7.1. Desplazamientos laterales y control de derivas	200
4.7.8. Resultados parciales.....	205
V. DISCUSIÓN	207
VI. CONCLUSIONES.....	211
VII.RECOMENDACIONES.....	212
REFERENCIAS	213
ANEXOS.....	220

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Edificaciones y proyectos a nivel internacional.....	6
Tabla 2: Edificaciones y proyectos a nivel nacional.....	8
Tabla 3: Edificaciones y proyectos a nivel nacional.....	10
Tabla 4: Reporte Sísmico en la Región de Puno 2011 – 2019	15
Tabla 5: Índice de aplastamiento.	60
Tabla 6: Pesos Sísmicos efectivos por piso (MDL).....	100
Tabla 7: Distribución de Fuerza Sísmica en el Centro de Masa en X (MDL). Eje X	103
Tabla 8: Distribución de Fuerza Sísmica en el Centro de Masa en Y (MDL) Eje Y .	105
Tabla 9: Desplazamientos U_x (m).....	107
Tabla 10: Manual etabs	108
Tabla 11: Manual etabs fuerza cortante.....	118
Tabla 12: Derivas Máximas, Sismo Dinámico XX, YY	119
Tabla 13: Verificación de dirección X.....	122
Tabla 14: Verificación de dirección Y.....	123
Tabla 15: Verificación de irregularidad extrema de rigidez - piso blando.....	123
Tabla 16: Verificación de dirección Y.....	124
Tabla 17: Irregularidades en planta - Desplazamientos y fuerzas cortantes de piso según espectro.....	124
Tabla 18: Verificación de dirección X.....	126
Tabla 19: Verificación de dirección Y.....	126
Tabla 20: Verificación de dirección X.....	127
Tabla 21: Verificación de dirección Y.....	128
Tabla 22: Factos de escala.....	129
Tabla 23: Verificación de coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas , según e.030-2016 (3.4)	129
Tabla 24: Movimiento sísmico de diseño	131
Tabla 25: Manual etabs	139
Tabla 26: Derivas Máximas, Sismo Dinámico XX, YY	140
Tabla 27: Derivas de piso, caso 1 y 2.....	151
Tabla 28: Derivas de piso, caso 3 y 4.....	152

Tabla 29: Derivas de piso, caso 5 y 6.....	153
Tabla 30: Derivas de piso, caso 7 y 8.....	153
Tabla 31: Derivas de piso, caso 9 y 10.....	154
Tabla 32: Derivas de piso, caso 11 y 12.....	154
Tabla 33: Derivas de piso, caso 13 y 14.....	155
Tabla 34: Derivas de piso, caso 15 y 16.....	155
Tabla 35: Manual etabs	157
Tabla 36: Acoplamiento, espectro de diseño x	158
Tabla 37: Acoplamiento, espectro de diseño y	159
Tabla 38: Coeficiente de amortiguamiento	167
Tabla 39: Amplitud de desplazamiento del modo 1 relativo - Max desplazamiento en el modo 1	168
Tabla 40: Desplazamiento máximo en el pórtico (A) Eje Y-Y	168
Tabla 41: Resumen	170
Tabla 42: Desplazamientos producidos por el sismo de diseño con aplicación de disipadores (sismo raro $t_r= 475$ años)	172
Tabla 43: Cargas de la super estructura para dimensionamiento.....	178
Tabla 44: Cargas de la super estructura para dimensionamiento.....	178
Tabla 45: Límite inferior	180
Tabla 46: Límite superior	181
Tabla 47: Diseño del sistema.....	181
Tabla 48: Módulo de corte de la goma.....	183
Tabla 49: Diseño del aislador HDR.....	183
Tabla 50: Dimensiones finales para un aislador	183
Tabla 51: Propiedades lineales del aislador	184
Tabla 52: Verificación del aislador	185
Tabla 53: Resumen	187
Tabla 54: Dimensiones propuestas de aislador HDR 1	188
Tabla 55: Dimensiones propuestas de aislador HDR 2	188
Tabla 56: Dimensiones propuestas de aislador HDR 3	188
Tabla 57: Dimensiones propuestas de aislador HDR 4	189
Tabla 58: Resumen de resultados de los aisladores	189
Tabla 59: Fuerza sísmica lateral en la sup estructura	195

Tabla 60: Fuerza sísmica lateral en la sup estructura	196
Tabla 61: Propiedades bilineales y parametros a utilizar en programas de computo del aislador H D R 1.....	196
Tabla 62: Dimensiones del aislador.....	197
Tabla 63: Propiedades bilineales y parámetros a utilizar en programas de computo del aislador H D R 2.....	197
Tabla 64: Dimensiones del aislador.....	198
Tabla 65: Propiedades bilineales y parametros a utilizar en programas de computo del aislador H D R 3.....	198
Tabla 66: Dimensiones del aislador.....	199
Tabla 67: Límite superior	201
Tabla 68: Límite inferior	203
Tabla 69: Exel etabs	203

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Mapa conceptual del sistema de protección sísmica	11
Figura 2: Esquema de sismos	12
Figura 3: Distribución de la sismicidad en Perú.....	13
Figura 4: Sismos esperados en la zona de subducción de Perú.....	14
Figura 5: Mapa conceptual de objetivos de diseño sísmico	16
Figura 6: Disipador sísmico	19
Figura 7: Disipador sísmico metálico tipo ADAS	20
Figura 8: Disipadores Pall	21
Figura 9: Disipador Viscoelástico tipo 3M.....	22
Figura 10: Muro Disipadores WVD (Wall Viscous Damper)	22
Figura 11: Disipadores de fluido viscoso. (Maurer Sohne).....	23
Figura 12: Partes de un edificio aislado sísmicamente	24
Figura 13: Partes de un edificio aislado sísmicamente	24
Figura 14: Espectros De Respuesta.....	25
Figura 15: Efecto de la aislación en el comportamiento dinámico.....	26
Figura 16: Aisladores con Núcleo de Plomo (LRB)	27
Figura 17: Componentes del LRB	28
Figura 18: Gráfico de fuerza de corte y vs deformación lateral para un ciclo.....	28
Figura 19: Aislador estalomérico	30
Figura 20: Componentes del LRD	31
Figura 21: Gráfico de fuerza de corte versus deformación lateral para un ciclo..	31
Figura 22: Componentes del HLRD	32
Figura 23: Gráfico fuerza de corte vs deformación lateral.....	32
Figura 24: Curvas histeréticas de los LDRB, LRB y HDRB para un mismo desplazamiento (Symans)	33
Figura 25: Componentes del FPS.	34
Figura 26: Componentes del FPS	35
Figura 27: Ilustración Corte Aislador Tipo Friccional.....	35
Figura 28: Ilustración Corte Aislador Tipo Péndulo Friccional.....	35
Figura 29: Áreas urbanas de la ciudad de Puno	48

Figura 30: Zonificación de la ciudad de Puno.....	49
Figura 31: Zona urbana de la ciudad de Puno	49
Figura 32: Mapa de zonas urbanas de la ciudad de Puno	52
Figura 33: Modelo arquitectónico de una edificación	53
Figura 34: Distribución de planta.....	54
Figura 35: Distribución de planta.....	55
Figura 36: Distribución de planta.....	55
Figura 37: Columnas en área	60
Figura 38: Inicialización de modelo	67
Figura 39: Nuevo modelo	68
Figura 40: Sistema deta	69
Figura 41: Visualización 3D.....	70
Figura 42: Unidades mostradas	71
Figura 43: Datos de propiedad del material.....	72
Figura 44: Datos de propiedad del material.....	73
Figura 45: Datos de propiedad del material.....	74
Figura 46: Datos de propiedad de losa.....	75
Figura 47: Datos de propiedad de la sección del marco.....	76
Figura 48: Datos de refuerzo de propiedades de sección de marco	77
Figura 49: Datos de propiedad de la sección del marco.....	77
Figura 50: Datos de propiedad de la sección del marco.....	78
Figura 51: Datos de refuerzo de propiedades de sección de marco	78
Figura 52: Datos de propiedades de sección de marco	79
Figura 53: Datos de refuerzo de propiedades de sección de marco	79
Figura 54: Datos de propiedad de la sección del marco.....	80
Figura 55: Datos de propiedad de la sección del marco.....	80
Figura 56: Datos de propiedad de losa.....	82
Figura 57: Visualización del plan en 3D	84
Figura 58: Patrones de carga por gravedad (MDL)	85
Figura 59: Entrada de datos para el calculo de Peso Sismico (MDL).	85
Figura 60: Información de losas	87
Figura 61: Información del haz.....	88
Figura 62: Asignación de fotogramas.....	89

Figura 63: Asignación de fotogramas.....	89
Figura 64: Asignación de shell	90
Figura 65: Asignación de diafragma rígido (MDL).....	91
Figura 66: Casos modales.....	92
Figura 67: Definición de los modos de vibrar (MDL).....	92
Figura 68: Factor de irregularidad	97
Figura 69: Esquema de esquina entrante.....	98
Figura 70: Esquema de discontinuidad del diafragma.....	98
Figura 71: Esquema de sistemas no paralelos.....	99
Figura 72: Patrones de Carga Sísmico Estático X&Y (MDL).....	102
Figura 73: Intensidad.....	104
Figura 74: Distribución de fuerza según altura	104
Figura 75: Intensidad.....	106
Figura 76: Distribución de fuerza según altura	106
Figura 77: Derivas inelásticas	109
Figura 78: Desplazamientos.....	110
Figura 79: Espectro de sismo de diseño	111
Figura 80: Definir las funciones del espectro de respuesta.....	111
Figura 81: Definir las funciones del espectro de respuesta.....	112
Figura 82: Sismo x, y.....	113
Figura 83: Visualización de casos de Carga Dinámica (MDL).....	114
Figura 84: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL).....	114
Figura 85: Casos de carga	116
Figura 86: Carga de datos de combinación.....	117
Figura 87: Derivas inestáticas	120
Figura 88: Derivas inestáticas	121
Figura 89: Derivas inestáticas	121
Figura 90: Verificación de irregularidades	122
Figura 91: Derivas inestáticas	125
Figura 92: Verificación irregularidad.....	127
Figura 93: Nivel de comportamiento sísmico esperado.....	132
Figura 94: Nivel de comportamiento sísmico esperado.....	135
Figura 95: Visualización de casos de carga dinámica (MDL).....	136

Figura 96: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL). ..	136
Figura 97: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL). ..	138
Figura 98: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL). ..	139
Figura 99: Derivas	141
Figura 100: Desplazamientos.....	142
Figura 101: Sismo del 01 de marzo del 2019 est. unap (cm/seg ²)	143
Figura 102: Parámetros del archivo de entrada	144
Figura 103: Parámetros del archivo de entrada (selección de espectro)	145
Figura 104: Parámetros del archivo de entrada	146
Figura 105: Parámetros de acelerograma.....	147
Figura 106: Revisión de resultados	147
Figura 107: Seismomatch.....	148
Figura 108: Cargar los sismos.....	148
Figura 109: Seleccionar el espectro a escalar.....	149
Figura 110: Escalamos.....	149
Figura 111: Revisión.....	149
Figura 112: Guardado	150
Figura 113: Derivas en x	156
Figura 114: Derivas en y	157
Figura 115: Derivas	159
Figura 116: Evaluación arquitectónica.....	160
Figura 117: Configuración chevron mejorada.....	161
Figura 118: Gráfico de disipadores	161
Figura 119: Relación velocidad vs fuerza del disipador.....	165
Figura 120: Valores de parámetro.....	165
Figura 121: Definición del Angulo y desplazamiento relativo del disipador.	166
Figura 122: Definición del Angulo y desplazamiento relativo del disipador.	171
Figura 123: Derivas con sismo de diceño.....	173
Figura 124: Relación fuerza vs desplazamiento (curva histerética) de un disipador viscoso.	173
Figura 125: Fuerza del disipador.....	174
Figura 126: Disipadores y entrada	175
Figura 127: Resortes articulados, vista 3D.....	176

Figura 128: Estructura e interfaz	176
Figura 129: Placa	177
Figura 130: Aislador	184
Figura 131: Lineales de aislador	185
Figura 132: Fuerza lateral equivalente	191
Figura 133: Fuerza lateral equivalente	193
Figura 134: Parámetros bilineales	197
Figura 135: Parámetros bilineales	198
Figura 136: Parámetros bilineales	199
Figura 137: Apoyo de propiedades direccionales	200
Figura 138: Derivas con sismo de diceño	202
Figura 139: Estructura, aisladores, HDR potencial.....	202
Figura 140: Derivas con sismo de diceño.....	204
Figura 141: Aislador HDR estructuar, potencial, sinetic.....	204

RESUMEN

En la ciudad de Puno la presencia de sismos de baja a mediana intensidad debilitan las estructuras más comunes provocando rajaduras y agrietamientos de los mismos es por ello que se elabora el presente trabajo de investigación siendo lo más real posible a la zona y tratando de aplicar los dispositivos de protección antisísmica más representativos y modelados acordes a la realidad sin el uso de catálogos y el uso justificado de la normativa norteamericana ASCE 7

El presente proyecto da a conocer como una edificación de uso común con un buen sistema de estructuración obtiene un buen desempeño frente a un sismo histórico simulado con un desplazamiento aceptado por el reglamento nacional de edificaciones (deriva máxima de 7%) pero muy deficiente frente al reglamento norteamericano ASCE-7 (deriva máxima 0.42%)

La aplicación de disipadores sísmicos favorece a la estructura al absorber dicha energía sin embargo los aisladores sísmicos al desviar la energía del sismo son más favorables para la estructura

Palabras claves: “aisladores sísmicos” “disipadores de energía” “análisis tiempo historia” “diseño estructural.”

ABSTRACT

In the city of Puno, the presence of earthquakes of low to medium intensity weaken the most common structures causing cracks and cracks of the same, which is why this research work is prepared being as real as possible to the area and trying to apply the most representative anti-seismic protection devices and modeled according to reality without the use of catalogs and the justified use of the North American standard asce 7

This project reveals how a building for common use with a good structuring system performs well in the face of a simulated historical earthquake with a displacement accepted by the national building regulations (maximum drift of 7%) but very deficient compared to the North American regulation ASCE-7 (maximum drift 0.42%)

The application of seismic dissipators favors the structure by absorbing said energy, however seismic insulators by diverting the energy of the earthquake are more favorable for the structure

Keywords: "seismic isolators" "energy dissipaters" "time-history analysis" "structural design."

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la región de Puno presenta gran actividad sísmica a lo largo de la historia dándose varios sismos con magnitudes variables en escala de Richter siendo los más resientes en Puno como es el distrito de Lampa, "Si bien ha sido de una magnitud considerable, de 7.1, la profundidad de 270 kilómetros ha hecho que en la zona del epicentro no se haya sentido tanto. Su repercusión ha sido en Brasil, Bolivia, Chile, y en regiones [del Perú] como Puno, Arequipa, Cusco, Moquegua, Apurímac, dijo a *RPP Noticias* el general **Ricardo Seijas**, coordinador del Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN)". El cual fue el más dañino para las estructuras de toda la región provocando daños considerables en todo tipo de edificaciones siendo las más afectadas las viviendas de gran altura.

En la ciudad de Puno el aumento de población ocasiona la construcción de edificaciones de manera informal sin el apoyo de un especialista y las construcciones que cuenta con una licencia la Municipalidad no son evaluadas por un especialista en su campo, esto es corroborado por Defensa Civil del Gobierno Regional de Puno quien afirma que un sismo se traería abajo un 80% de casas en Puno por no tener forma de afrontar un sismo de gran a mediana intensidad.

Por otra parte recientes estudios han mostrado que las edificaciones construidas de acuerdo con la nueva versión del reglamento nacional de edificaciones proveen una buena respuesta frente al sismo pero con mucho mayor dimensiones de elementos estructurales, esto se puede solucionar aplicando mayor tecnología a las edificaciones con menos o igual inversión ya que al utilizar esta tecnología antisísmica la edificación presentara mayor disipación la energía frente a un sismo lo cual conllevaría a minorar dimensiones de los elementos dicha estructura.

1.2. Definición del problema de investigación

En la región de puno existen existencia múltiples sismos de mediana y gran magnitud, así como también edificios de mediana a gran magnitud que no llevan un sistema de disipación símica adecuado ni certificado por un especialista, siendo una gran amenaza a la seguridad frente a un sismo

Por lo cual la aplicación de más tecnología en dichas edificaciones mejorar la respuesta símica de la estructura (sistemas de protección antisísmica), Estos sistemas de protección antisísmica se pueden colocar incluso después concluido una edificación.

1.2.1. Problema general

La investigación está orientada por la siguiente interrogante:

- ¿Cómo la respuesta símica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos mejora al desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno?

1.2.2. Problemas específicos

La investigación está orientada por las siguientes interrogantes específicas:

- ¿Cuál es el desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno frente a la acción de un sismo máximo considerado?
- ¿Cuál respuesta símica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos favorece más a los desplazamientos y derivas máximas frente a la acción de un sismo máximo considerado?
- ¿Cuál respuesta símica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos absorbe o desvía más energía símica frente a la acción de un sismo máximo considerado?

1.3. Limitaciones del problema de investigación

El presente trabajo de Investigación se limita netamente por no tener antecedentes locales ya que se trata de una tecnología nueva que se encuentra en constante evolución, así como también no posee una normativa acorde a la realidad ni mucho menos de la zona.

1.3.1. Delimitación del problema de investigación

A lo largo de la investigación se describirá, modelará y comparará el desempeño de una edificación convencional en la ciudad de Puno en el año 2021 con la aplicación de aisladores y disipadores sísmicos. Donde se observará las variaciones que presenta la respuesta sísmica con la aplicación de disipadores y aisladores sísmicos con lo cual se determinará el porcentaje de mejora en el comportamiento de la estructura

1.4. Justificación del problema de investigación

En la región de Puno se tiene la presencia de sismos de mediana a considerable intensidad que provocan daños a la mayoría de estructuras de la región, siendo la perjudicial la registrada en la ciudad de Lampa con una magnitud de 7.1 en la escala de Richter, las edificaciones de la región de Puno fueron las más afectadas ya que provocó daños a dichas estructuras y el colapso de algunas de ellas, en el caso de las edificaciones de gran magnitud provocó grandes desplazamientos horizontales, estos desplazamientos son perjudiciales a las edificaciones vecinas provocando fallas considerables en los elementos estructurales (Vigas y Columnas, desprendimiento de parapetos, etc.) así como también destrozó vidrios entre otros

Desde hace ya bastantes años existe una tecnología que protege las construcciones alrededor del mundo de los sismos, estos actúan disipando y absorbiendo la energía provocada por los sismos, así mismo esta tecnología es utilizada por países como Japón, Estados Unidos, Italia, Nueva Zelanda, Colombia, Chile entre otros logrando que la sensación y movimiento del sismo en la zona se reduzca hasta en un 90% , Aplicar esta tecnología no solo

beneficiara a las edificaciones que la usen sino también al mismo lugar donde se edificó la edificación.

1.5. Objetivos de investigación

1.5.1. Objetivo general

- Definir la respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos frente al desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno

1.5.2. Objetivo específico

- Determinar el desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno frente a la acción de un sismo máximo considerado
- Determinar cuál respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos es más favorable para los desplazamientos y derivas máximas frente a la acción de un sismo máximo considerado
- Definir cuál respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos absorber o desvía más energía sísmica frente a la acción de un sismo máximo considerado

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- La respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos mejora notablemente al desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno.

1.6.2. Hipótesis específicas

- El desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno será poco eficiente frente a la acción de un sismo máximo considerado

- La respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos favorece notablemente a los desplazamientos y derivas máximas frente a la acción de un sismo máximo considerado
- Existe una gran diferencia entre la respuesta sísmica de disipadores de energía y aisladores sísmicos al absorber o desvía notablemente la energía sísmica frente a la acción de un sismo máximo considerado

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Sistemas de protección antisísmica en el mundo

El sistema de protección antisísmica (aislamiento sísmico) de edificaciones se comenzó a aplicar en mayor número a partir de los años 80 en ciudades como Japón, En el sismo de Kobe en 1995 se observó la efectividad los sistemas de protección antisísmica. Esto motivó a que en Japón a partir de 1995 se incremente significativamente el número de edificios con estos sistemas de protección (aproximadamente 150 por año) Por otra parte los primeros edificios con estos sistemas de protección antisísmica en Sudamérica se comenzaron a construir en Chile.

2.1.1.1. Disipadores sísmicos

Atraves del mundo los disipadores sísmicos son una buena forma de mejorar el comportamiento estructural de una edificación es afirmado por Arturo Tena Colunga (2020) en su trabajo "Rehabilitación de estructuras en México Utilizando Disipadores Pasivos de Energía", donde evalúa los daños estructurales en edificios de mediana altura en la ciudad de México durante los sismos de ocurridos en septiembre de 1985 dando como mejor resultado la implantación de los dispositivos para mejorar la dispersión de energía, las conclusiones más importantes a las que se llegó son: reducir la vulnerabilidad de estructuras de la ciudad de

México y otras ciudades mexicanas localizadas en zonas de alto riesgo y peligro sísmicos.

A continuación, se muestran algunas edificaciones con este sistema en el mundo:

Tabla 1: Edificaciones y proyectos a nivel internacional

PROYECTO	UBICACIÓN
Centro Cívico San Francisco	EEUU
Edificio Torre Mayor	México
Edificación Patio Mayor	Chile
Edificación las Condes	Chile
Torres Petronas	Malasia
Tauranga Harbour puente enlace	Nueva Zelanda
Hospital de Tokio	Japón
Edificio Yokohama	Japón

2.1.1.2. Aislamiento sísmico

En la actualidad se está buscado diversos métodos que colaboren para desmontar a la estructura del suelo con el objetivo de reducir las fuerzas con el fin de reducir los daños. En 1996 James M. Kelly da a conocer tres modelos de edificios aislados. Dos de ellos fueron construidos sobre esferas, uno en Ucrania y un edificio de cinco pisos en México; el tercero, un edificio de cuatro pisos para el observatorio sísmológico del estado de Beijing sobre una capa de arena.

La primera edificación aislado en los Estados Unidos es Foothills Communities Law and Justice Center (FCLJC) ubicado en Los Ángeles. Esta edificación construida a principios de 1984 fue hecha sobre aisladores elaborados con caucho natural de alto amortiguamiento. Por otra parte, Sudamérica, el país de Chile ha sido el uno de los primeros en adicionar aisladores sísmicos a sus

estructuras, quienes además cuentan una norma sismo resistente NCh2745 –2003 para el análisis de estas edificaciones, este reglamento fue el obtenido acorde a la problemática chilena del código UBC (Uniform Building Code) del año 1997 y su compatibilización con la norma chilena NCh433.Of1996. Entre los edificios actualmente aislados en Chile se tienen: el conjunto habitacional Comunidad Andalucía construido entre los años 1991 y 1992 para un estudio hecho por la Universidad Católica de Chile, el centro médico San Carlos de Apoquindo de la Universidad Católica de Chile construido en el año 2000 y el Hospital Militar inaugurado en el año 2008.

2.1.2. Sistemas de protección antisísmica en el Perú

En el Perú ya se optó por la utilización estos sistemas de protección antisísmicos. Tales como en hospitales y clínicas para proteger vidas e instrumentos, así como equipos son necesarios e irremplazables.

el usar uno u otro tipo de dispositivo de protección antisísmica depende del período fundamental de la estructura y por ende de la estructuración así como también número de pisos; por otra parte. En la actualidad en el Perú ya se consta con edificaciones con estos sistemas de protección antisísmicos para edificaciones tipo C, los cuales apoyan al desempeño de la estructura y, por ende, ayudan con el comportamiento de la estructura.

2.1.2.1. Disipadores sísmicos

Tafur (2018) en la tesis para obtener el título profesional. Título: “Análisis Sísmico Comparativo del Pabellón de Aulas de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, con y sin Disipadores de Fluido Viscoso, Chachapoyas – 2017”, tuno como resultado hasta un 53.25% de mejora estructural por parte de los disipadores de energía, por otra parte, Casana (2018) en la tesis de grado. Título:

“Desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con disipadores de energía en la ciudad de Tumbes - 2018”, corrobora con su investigación que al aplicar de manera adecuada dichos dispositivos una disminución de deriva máxima hasta un 48% esto solo hace corroborar la investigación echa por el Dr. Genner Villarreal Castro - M.Sc. Ricardo Oviedo Sarmiento (2008), en su libro “Edificaciones con Disipadores de Energía”, quienes evalúa un edificación con los diferentes tipos de disipadores de energía (Disipadores de fluido viscoso, disipadores por fricción, disipadores viscoelásticos sólidos y los disipadores por la plastificación de materiales) de acuerdo a los resultados obtenidos por los diversos análisis y la comparación de los mismos afirman que los depósitos de disipación de energía mejoran a al comportamiento estructural de las edificación en las cuales se aplican. A continuación, se muestran algunas edificaciones con este sistema en nuestro país:

Tabla 2: Edificaciones y proyectos a nivel nacional

Nombre del proyecto	Ubicación	Tipo de aislador	N° de edificios	N° de dispositivos	N° de pisos	N° de sótanos	Estado
Edificio el Reducto	Lima	viscosos	1	30	12	8	Construido
Aeropuerto Jorge Chavez	Lima	viscosos	1	42	10	0	Construido
Hotel Costa del Sol	Lima	viscosos	1	16	7	0	Construido
Nueva sede Banco de la Nación	Lima	viscosos	1	16	30	2	Construido
Torre República de Panamá	Lima	viscosos	1	48	15	3	Construido
Panorama Plaza de Negocios	Lima	viscosos	1	39	19	9	Construido
T-Tower	Lima	viscosos	1	80	24	10	Construido

2.1.2.2. Aislamiento sísmico

Es un sistema de protección sísmica que recién se está implementando en el Perú. Desde hace unos años, la obligatoriedad de la implementación de sistemas de aislamiento sísmico para edificaciones esenciales y por presentar una mejora significativa en el comportamiento estructural esto es corroborado por diversos estudios tales como los elaborados por Chipana y Huillca (2019) en su investigación tuvieron como objetivo realizar un análisis y diseño del edificio Montoya Salazar de concreto armado de 1 semisótano + 6 pisos en Arequipa interactuando los programas Revit y Robot structural analysis, adopta la idea que al rigidizar más las edificaciones éstas tendrán un mejor desempeño estructural frente a un sismo, sin embargo. Desde otro punto de vista Pretell (2018) en su proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar las características sismorresistentes del edificio multifamiliar de 9 pisos con su diseño convencional y con la implementación de aisladores sísmicos, dando como resultado una gran mejora al edificio multifamiliar de 9 pisos al aplicar los aisladores de tipo HDR dichos resultados solo corroboran la investigación que se van efectuando día con día sobre los dispositivos de protección antisísmica en el cual indica que la forma más recomendable de contra restar una fuerza sísmica es canalizarla .

Por lo cual a hoy en día se tiene una normatividad de aislamiento sísmico denominado E-031, la cual es una traducción de las normas norteamericanas ASCE 7-16. a continuación, se muestran algunas edificaciones con este sistema en nuestro país:

Tabla 3: Edificaciones y proyectos a nivel nacional

Nombre del proyecto	Ubicación	Tipo de aislador	N° de edificios	N° de dispositivos	N° de pisos	N° de sótanos	Estado
Sede Corporativa GyM	Lima capital	LRB	1	32	7	4	Construido
Universidad PUCP - Aulario	Lima capital	HDR	1	28	7	3	Construido
Universidad PUCP - Biblioteca	Lima Capital	HDR + LRB	1	45	4	2	Construido
Edificio Multifamiliar Atlantik Ocean Tower	Lima Capital	HDR	1	41	15	4	Construido
Edificio Multifamiliar Madre	Lima capital	LRB	1	54	17	6	Construido
Edificio Paseo Colonial	Lima Capital	LRB	1	72	15	2	Construido
Complejo de Ciencias Sociales PUCP	Lima capital	LRB	1	40	9	3	Construido
Centro Empresarial Cortijo	Lima capital	HDR	1	29	13	10	Proyecto

2.2. Evolución del diseño sísmico y bases del diseño sísmico

En el Perú, los reglamentos y códigos referidos a estructuras no están debidamente elaborados, en consecuencia, los diseños y obras estructurales como viviendas se realizan simulacros o aplicando normatividad de extranjeros y colaboraciones de normativas de Europa y Estadunidenses.

La primera normatividad peruana para el diseño antisísmico es de 1967 y su última actualización corresponde al año 2019 la cual se sigue basándose en reglamentos y normas extranjeras.

Por lo cual no se cuenta con un código el cual guie el armado de un sistema avanzado contra los sismos en el Perú, por lo tanto, todos los estudios son tomados de normas extranjeras y avances de otros países



Figura 1: Mapa conceptual del sistema de protección sísmica

2.2.1. Filosofía del diseño sísmico

Toda normativa sísmica considera que:

- Salvaguardar vidas
- Priorizar el funcionamiento de los servicios básicos
- Minimizar los daños a la propiedad

Con lo antes mencionado se establece los principios de diseño siguientes:

- Evitar los daños a edificaciones y/o colapsos debido a movimientos sísmicos que ocurran en la zona.

- Las edificaciones deberán soportar sismos de mediana intensidad que puedan ocurrir a lo largo de la vida útil de la edificación dentro de los márgenes aceptables en el R.N.E.

2.2.2. Origen de los sismos

Dichos movimientos son ocasionados en medio de los estratos de la tierra provocando movimientos telúricos y son la primera causa de grande s y medianos sismos.

En el siguiente esquema se resume los sismos

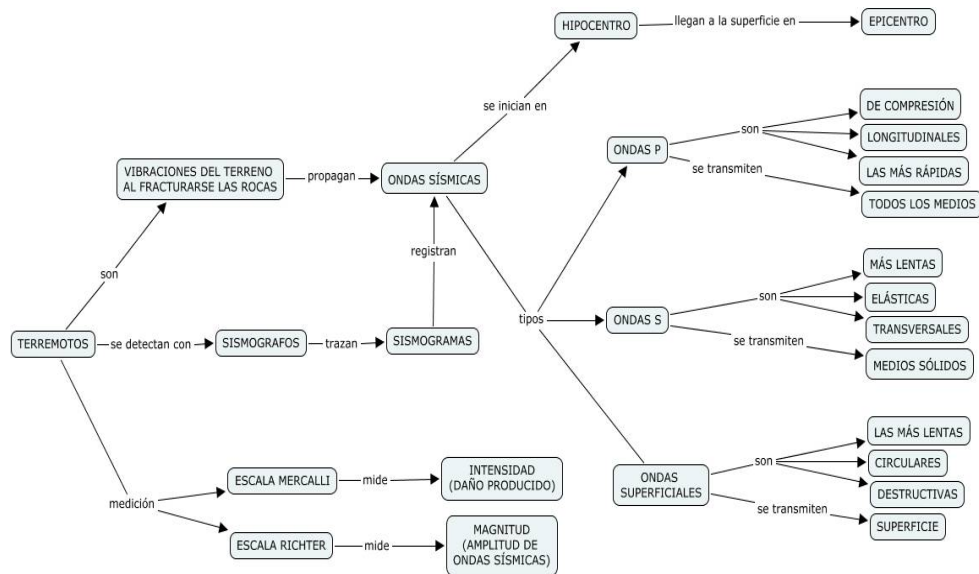


Figura 2: Esquema de sismos

2.2.3. Los sismos en el Perú

En el Perú los sismos son provocados por la fricción de dos placas tectónicas importantes como es la placa de Nazca tiene una velocidad aproximadamente de 8-10 cm/año y la placa continental tiene una velocidad de 4 cm/año en sentido contrario. Posteriormente, esta energía se libera en forma de perturbaciones tectónicas denominadas sismos o erupciones volcánicas

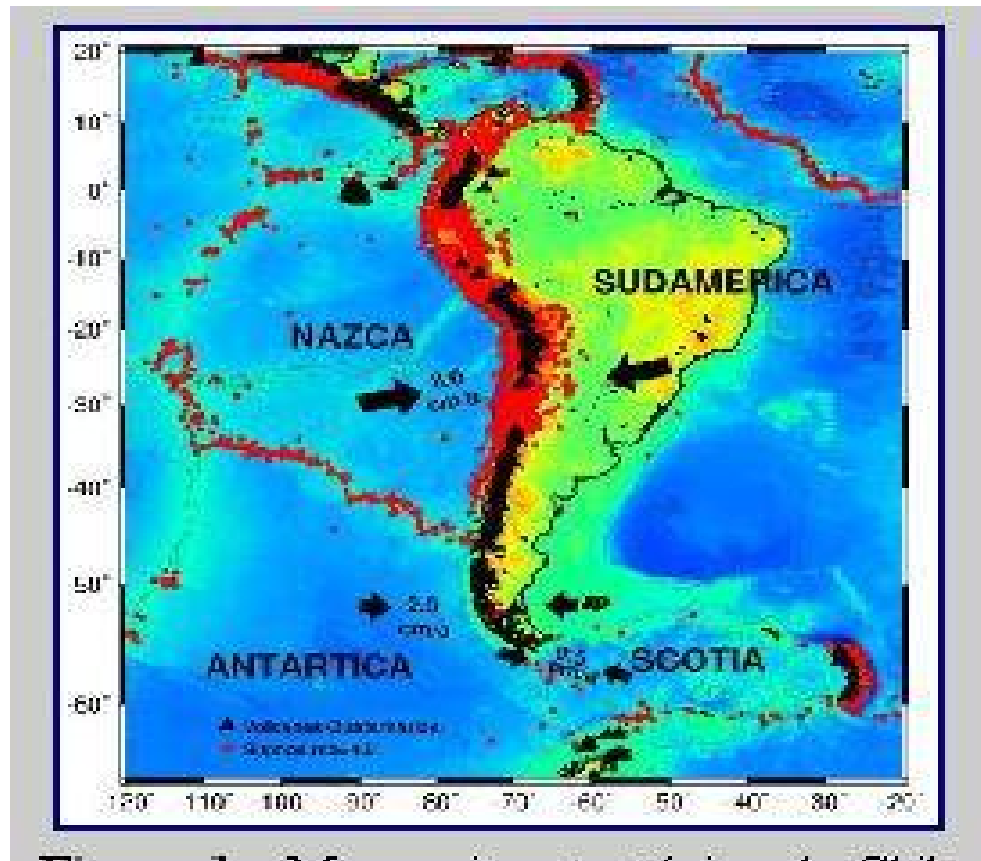


Figura 3: Distribución de la sismicidad en Perú

El principal origen de sismos ocurre mayor mente en choque de placas:

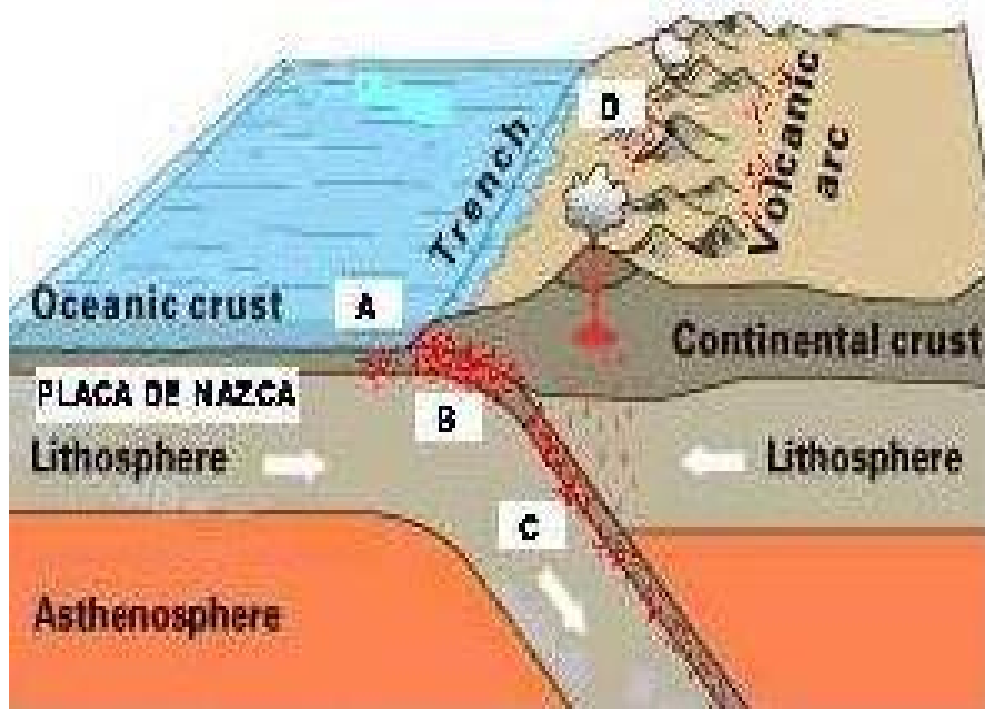


Figura 4: Sismos esperados en la zona de subducción de Perú

Fuente: <https://www.construyendoseguro.com/peru-pais-sismico/#>

2.2.4. Los sismos en Puno.

En la región de Puno se encuentra en una zona sísmica de alta intensidad, teniendo una serie de sismos de pequeña intensidad con perturbaciones cada cierto tiempo de mayor intensidad como lo suscitado el 01 de marzo del 2019 con una magnitud de 7.1, con epicentro ubicado 08 km al noroeste del distrito de Azángaro, departamento de Puno, y 270 km de profundidad, según información proporcionada por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

A pesar de lo escasos acelerógrafos ubicados en la región de Puno se tiene el siguiente registro histórico de sismos más importantes ocurridos en a la fecha:

Tabla 4: Reporte Sísmico en la Región de Puno 2011 – 2019

N°	PROVINCIA	DISTRITO	FECHA DE EVENTO	MAGNITUD (RICHTER)	FUENTE
1	El Collao	Conduriri	8-Jun-11	4.6	IGP, USGS
2	Chucuito	Desaguadero	25-Jun-11	4.5	USGS
3	Puno	Santa Lucia	8-Oct-11	4.6	USGS
4	Lampa	Lampa	28-Dic-11	4.7	IGP
5	Lampa	Santa Lucia	5-Feb-12	4.7	IGP, USGS
6	Puno	Mañazo	13-Mar-12	4.7	USGS
7	Lampa	Paratia	24-Mar-12	4.6	USGS
8	El Collao	Ilave	14-Jun-12	4.4	IGP
9	Carabaya	Macusani	16-Oct-12	4.6	IGP
10	Melgar	Umachiri	15-Ene-13	4.7	USGS
11	Melgar	Cupi	16-Ene-13	4.5	USGS
12	El Collao	Capaso	25-May-13	5.3	USGS
13	Puno	Plateria	29-Jun-13	4.5	IGP
14	Puno	Acora	6-Oct-13	4.5	USGS
15	Chucuito	Zepita	2-Jun-14	4.6	USGS
16	San Román	Cabana	31-Jul-14	4.5	IGP-USGS
17	El Collao	Capazo	15-Nov-14	5	USGS
18	Chucuito	Juli	13-Mar-15	4.7	IGP
19	El Collao	Santa Rosa	28-Ago-15	4.9	IGP, USGS
20	Puno	Acora	8-Oct-15	4.9	IGP, USGS
21	Carabaya	Macusani	28-Feb-16	4.9	IGP
22	El Collao	Capazo	16-Mar-16	4.6	IGP, USGS
23	Chucuito	Juli	22-Mar-16	4.6	IGP
24	El Collao	Capaso	3-Abr-16	5.1	IGP
25	Lampa	Lampa	16-Jun-16	4.6	IGP
26	Lampa	Santa Lucia	9-Set-16	4.6	IGP
27	SAN GABAN	Puno	28-Ago-17	4.7	IGP
28	CONDURIRI	Puno	6-Oct-17	4.8	IGP
29	CAPASO	Puno	30-Nov-17	4.6	IGP
30	JULIACA	San Roman	17-Ago-18	4.6	IGP, USGS
31	LAMPA	Lampa	13-Set-18	5	IGP, USGS
32	AZANGARO	Azangaro	1-Mar-19	7.1	IGP, USGS
33	SANTA LUCIA	Lampa	20-Mar-19	4.6	IGP
34	LAMPA	Lampa	12-Nov-19	5.1	IGP, USGS

Fuente: USGS (United States Geological Survey): Servicio Geológico de Estados Unidos - IGP: Instituto Geofísico del Perú - COER: Centro de Operaciones de Emergencia Regional-Gobierno Regional Puno.

2.2.5. Sistemas de protección antisísmica

2.2.5.1. Sistema convencional

La filosofía del diseño antisísmico de estructuras en el Perú, establece como objetivos la protección de vida y la continuidad de la operación en la industria. El cumplimiento de estas exigencias no garantiza la ausencia de daño estructural frente a un evento sísmico mediano e importante. Esta situación dado como consecuencia procesos legales entre inversionistas, empresas constructoras y consultoras de ingeniería estructural, por rason a las diferentes expectativas que tienen en términos de desempeño y daño estructural.

La filosofía u objetivos de diseño sísmico pueden resumirse mediante el siguiente esquema.

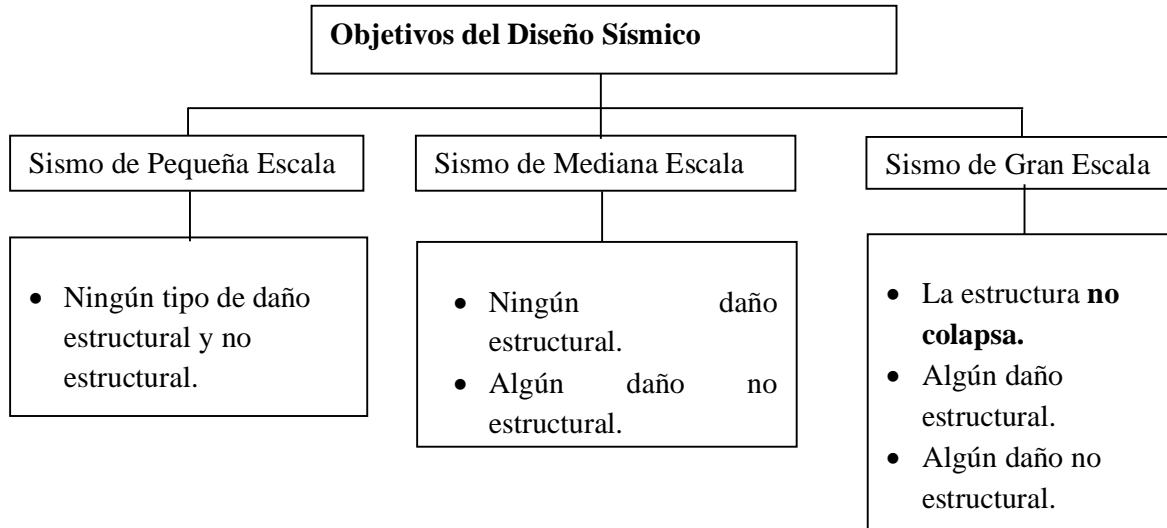


Figura 5: Mapa conceptual de objetivos de diseño sísmico

Fuente: Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente (NTE E.030, 2016). Y Saavedra, Marcelo. Sistemas innovadores usados para el diseño sísmico. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile, 2005.

El aumento de la solidez y la flexibilidad de la estructura incrementando con esto la disipación de la energía por deformación inelástica (EH) generando mayor costo y sobre dimensionamiento de los elementos de la estructura creando un diseño que facilita un grado de daño a la edificación, sin que llegue al colapso.

La energía que libera un sismo puede ser soportada por una edificación de tres maneras diferentes:

- Por resistencia: Consiste en diseñar elementos estructurales que puedan tener la capacidad de resistencia para soportar el impacto que generan las cargas sísmicas sin sufrir daños. Esta forma requiere un sobredimensionamiento bastante importante de los elementos estructurales y esta propenso a riesgos de rotura frágil.
- Por ductilidad: está basado básicamente en diseñar los elementos estructurales de tal manera que la mayor parte de la energía del sismo se disipe por las deformaciones plásticas de los elementos estructurales. Esto implica que la estructura se deforme con el sismo, sin llegar a colapsar controlando la rotura por fragilidad, esto implica que la dimensión de los elementos estructurales sea bastante menor y no es recomendable.
- Por disipación: Consiste en el planteando un sistema de disipación sísmica esto Incrementara el amortiguamiento interno de la estructura ($E\varepsilon$) por la implementación de dispositivos adicionales ubicados en lugares específicos con el propósito de maximizar el amortiguamiento del sistema, reduciendo a la par la energía inelasticidad (EH) en los diferentes elementos estructurales tales como columnas o placas ,evitando así posibles fallas o daños en los mismos , estos elementos cuyo fin eliminar la mayoría de energía producida por un sismo no tienen una función resistente durante el resto de la vida normal del edificio. Existen principalmente dos tipos de sistemas pasivos de protección antisísmica:

- Aislamiento sísmico: Se denomina así a separar a una edificación del suelo, esto provocara que la energía proveniente del sismo no afecte a la edificación absorbiéndola.
- Disipadores de energía: se denomina a colocar dispositivos sísmicos a lo largo de la edificación la cual darán un amortiguamiento suplementario a la edificación que absorben la energía de un sismo, evitando que ésta dañe al edificio. En algunos casos los amortiguadores tienen que ser sustituidos y revisados tras un impacto sísmico.
- Una edificación puede mezclar varias tecnologías para soportar un sismo.

2.2.5.2. Sistemas pasivos de protección antisísmica

Los sistemas de protección sísmica son aquellos sistemas que se encargan de absorber o disipar la energía producida por los movimientos sísmicos sobre las edificaciones, estos sistemas se vienen desarrollando en todo el mundo y algunos son más complejos que otros.

2.2.5.2.1. Dispositivos de protección antisísmica

Estos sistemas de protección sísmica mejoran la respuesta sísmica de las edificaciones ante eventos sísmicos. En los últimos años entre la comunidad de la construcción en nuestro país ha llamado la atención dos tipos de sistemas de protección sísmica, (Aisladores de base y los disipadores sísmicos).

2.2.5.2.2. Los disipadores sísmicos de energía

Son dispositivos que se colocan a lo largo de la estructura con la misión de oponerse al movimiento del sísmico y absorber las fuerzas producidas por el mismo. “Con esto se logra el aumento del amortiguamiento pues se reducen las fuerzas sísmicas y los desplazamientos.



Figura 6: Disipador sísmico

Los disipadores sísmicos tienen la característica fundamental de no proporcionar resistencia a la edificación más bien absorber el movimiento que presenta una edificación frente a un sismo, en cuanto a la máxima deformación de la edificación estos elementos trabajan con su mínimo esfuerzo. Por eso cuando sucede un sismo severo son muy favorables, dando a lograr un equilibrio bastante compensando”.

Tipos de disipadores de energía

- **Disipadores histéricos**

Los dispositivos histéricos son aquellos cuyo funcionamiento está basado en desplazamientos relativos de entrepiso. Estos proporcionan más rigidez a la edificación. A continuación, se presentan los diversos tipos de disipadores histéricos.

Por fluencia de materiales disipador adas (added damping and stiffness).

Estos disipadores de energía transforman la energía sísmica por acción de fluencia de los metales que contiene dicho disipador, esto debido que ante la presencia de un sísmico los metales que constituyen el disipador se encuentran sometidos a esfuerzos de flexión y corte (Added Damping/Added Stiffness)

Es un dispositivo formado por un conjunto variable de láminas en paralelo. El cual es ajustable a las necesidades de la estructura por lo cual se añade cada placa de acuerdo al desplazamiento relativo provocando una distribución de momentos flectores lineales, simétricos y con doble curvatura.

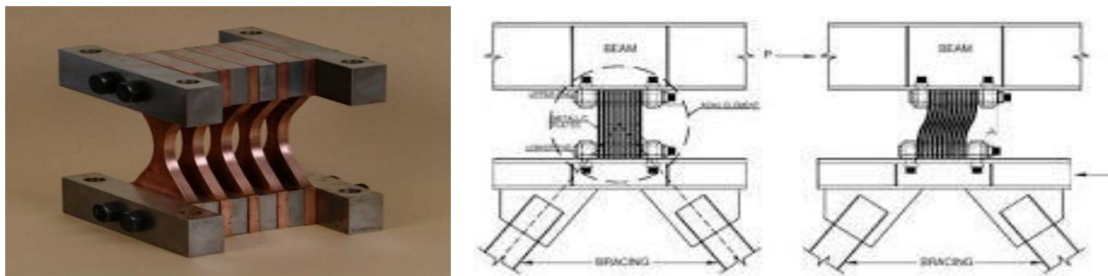


Figura 7: Disipador sísmico metálico tipo ADAS

Fuente. Cámara Chilena de la Construcción.

- **Fricionantes (disipadores pall)**

Los disipadores friccionantes son dispositivos que se basan en dos placas unidas con una resistencia considerable, las cuales son modeladas en base al desplazamiento relativo de 2 placas que están unidas con pernos de alta resistencia. Son diseñados para disipar la energía por acción de una fuerza establecida para delimitar la intensidad de energía que accesa a la edificación este dispositivo se llama también Pall Dinamycs

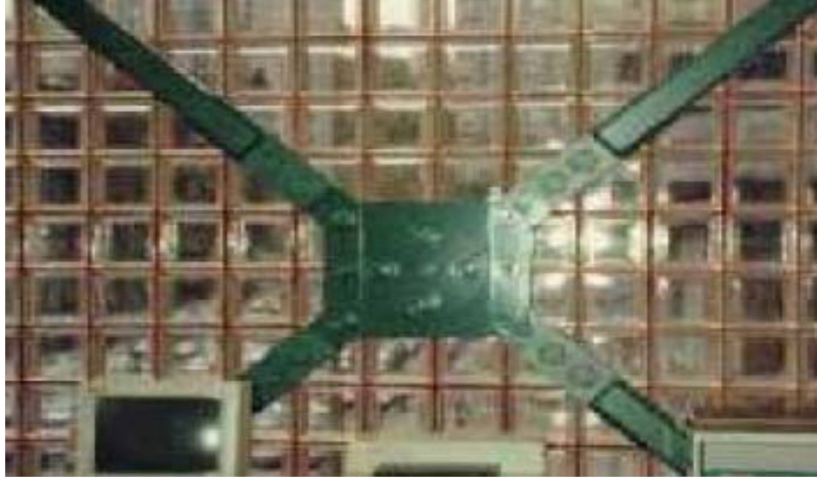


Figura 8: Disipadores Pall

Fuente. Instituto del cemento y el hormigón de Chile.

- **Disipadores viscoelásticos (wvd y tipo 3m)**

Son dispositivos cuyo funcionamiento depende de la velocidad y del desplazamiento. Disipando la energía producida por un sismo a través del corte por deformación de un material viscoelástico.

Estos dispositivos pueden ser de polímeros o caucho, que consisten en una almohadilla sólida unida con placas de acero. Las mismas están instaladas en la estructura con una disposición tipo 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.

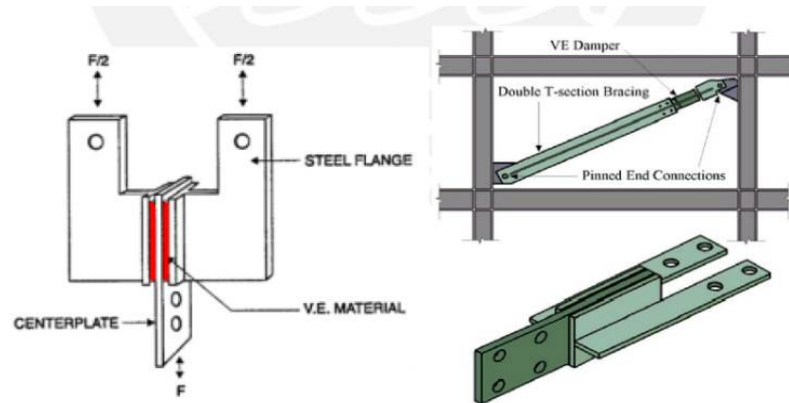


Figura 9: Disipador Viscoelástico tipo 3M

Fuente: Dynamic Isolation System



Figura 10: Muro Disipadores WVD (Wall Viscous Damper)

Fuente: Dynamic Isolation System

- **Disipadores de fluido viscoso**

Estos dispositivos generan una fuerza que se encuentra en relación a la velocidad; la disipación de energía se hace por medio de un pistón con el cual se aplica una presión al fluido en su interior; El mismo que circula a altas velocidades generando fuerzas de fricción entre sus partículas y la cabeza del pistón. Dichas fuerzas de fricción dan lugar a la disipación de energía en forma de calor.



Figura 11: Disipadores de fluido viscoso. (Maurer Sohne)

A pesar de que este tipo de disipadores son conocidos como de fluido viscoso, normalmente el fluido tiene una baja densidad

2.2.5.2.3. Los aisladores sísmicos de base

El sistema de aislación o de interface de aislamiento es el un conjunto de elementos tanto como estructurales y no estructurales que transmiten fuerza entre el sistema de aislación y la superestructura de la subestructura; por otra parte La Estructura que se encuentra encima del sistema de aislación se le denomina superestructura y a la que se encuentra debajo subestructura

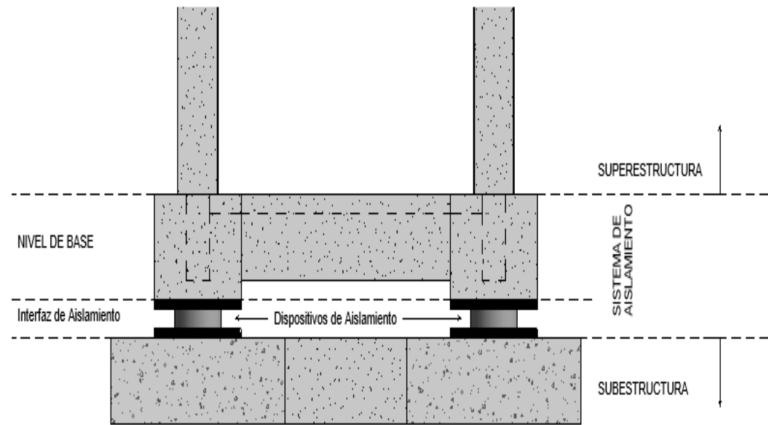


Figura 12: Partes de un edificio aislado sísmicamente



Figura 13: Partes de un edificio aislado sísmicamente

La aislación sísmica se basa en la separación de la estructura del suelo, buscando así desacople de la estructura del suelo en donde esta cimentada. Esta situación es fundamental porque al separar la estructura de su fundación las ondas de movimiento que se propaga a través del suelo por acción de un sismo no afectaran a la estructura;

Para ello se han generado dispositivos que satisfaga con este objetivo, reduciendo radicalmente la rigidez de la estructura y aumentando el valor del periodo fundamental. Diversos estudios anteriores han demostrado un excelente

comportamiento de este sistema de protección de estructuras sometidas a eventos sísmico moderados o severos.

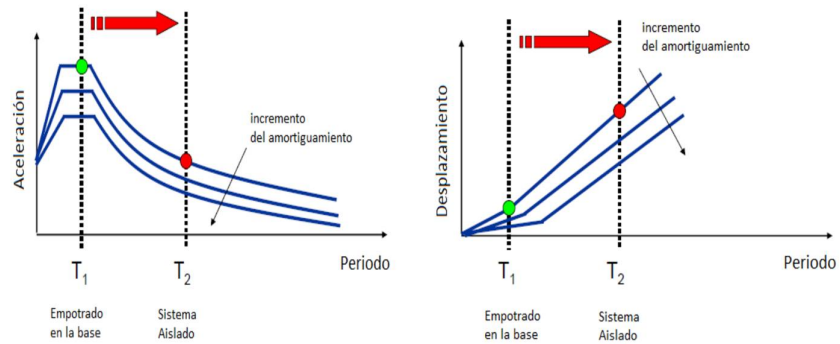


Figura 14: Espectros De Respuesta.

Fuente: Saavedra, Marcelo. Sistemas innovadores usados para el diseño sísmico. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile, 2005

Los aisladores sísmicos se sitúan en el concepto de la desvió de energía de la demanda sísmica, este sistema de protección antisísmica provoca un aumento considerable el periodo fundamental de vibración llevándolo a una zona en donde las aceleraciones espectrales son reducidas y consecuentemente las fuerzas que producen resultan ser menores, consecuentemente efectos dañinos del movimiento del suelo en la estructura son disipadas. Las estructuras más beneficiadas son aquellas con periodos del orden de 1 segundo o un poco menor, o en edificios de ciertas características en donde se acentúa la torsión.

Esta tecnología que protege las construcciones del sismo es utilizada por países como Japón, Estados Unidos, Italia, Nueva Zelanda, Colombia, Chile entre otros logrando que la sensación y movimiento del sismo en la zona aislada se reduzca asta en un 75%. Se puede apreciar con facilidad esta propiedad, pues la inclusión de los aisladores permite modificar el periodo de

vibración. Otra característica a resaltar en una estructura con un sistema de protección aislamiento en la base es que los desplazamientos se incrementan debido a que la base es menos rígida.

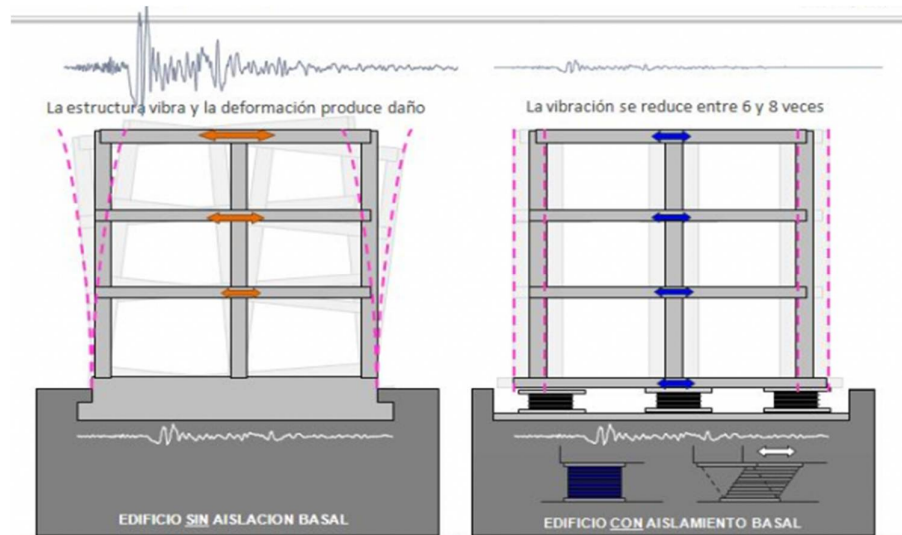


Figura 15: Efecto de la aislación en el comportamiento dinámico

Es indispensable controlar este parámetro pues excesivos desplazamientos relativos de entrepiso ocasionan daños en elementos estructurales y no estructurales así en algunos casos para optimizar el funcionamiento de los aisladores, se utiliza un sistema conjunto con disipadores. En la misma figura se observa también, que el incremento del amortiguamiento permite limitar este desplazamiento.

A partir del concepto de balance de energía, en un evento sísmico una parte de la energía que recibe la estructura se transforma en movimiento provocando el bamboleo en la estructura, otra parte se almacena como energía de deformación irre recuperable provocando agrietamiento destrozos entre otros y el resto de energía se disipa por medio del amortiguamiento en la misma estructura. de la estructura debido a que se reduce la energía total de entrada al edificio.

2.2.5.2.4. Tipos de los aisladores

Los dispositivos de aislación sísmica, también denominados aisladores, son elementos estructurales muy flexibles en la dirección horizontal y sumamente rígidos en la vertical que permiten grandes deformaciones horizontales ante las sollicitaciones sísmicas. Los sistemas de aislación más usado y los dispositivos de aislación pueden variar de acuerdo con las demandas o preferencias del diseñador.

- **Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB):**

Los aisladores con núcleo de plomo (LRB) se construyen generalmente de caucho de bajo amortiguamiento intercalado con láminas de acero y en el centro se lleva una perforación cónica en el que se introduce un cilindro de plomo, que es un poco más ancho que el agujero, bajo presión y se convierten en una unidad.

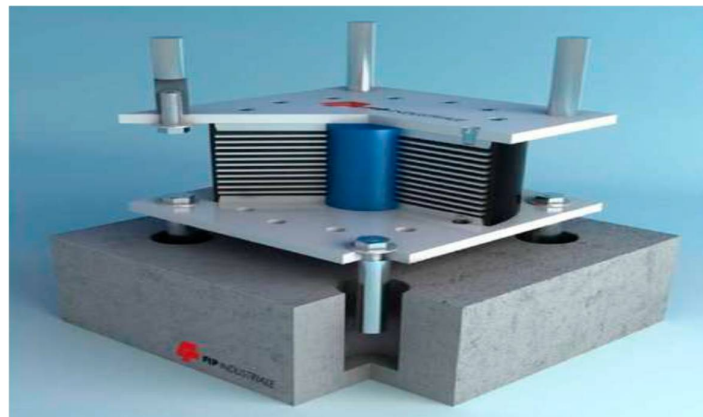


Figura 16: Aisladores con Núcleo de Plomo (LRB)

El núcleo de plomo se coloca para producir numerosos ciclos histeréticos estables ya que este fluye (a una tensión aproximada de 10 MPa) y recrystaliza a temperatura ambiente; esto hace que tenga una buena resistencia a la fatiga. se muestran los componentes del LRB y se observa un ciclo fuerza-deformación del LRB y se distingue que la rigidez inicial es mucho mayor que la del LRD y en consecuencia, el bucle encierra un área mucho mayor. Entre las ventajas del LRB podemos encontrar que el amortiguamiento aumenta con respecto al LRD y varía entre el 15 y 35%. Además produce de forma natural un nivel de rigidez inicial importante para las cargas de servicio o de viento.

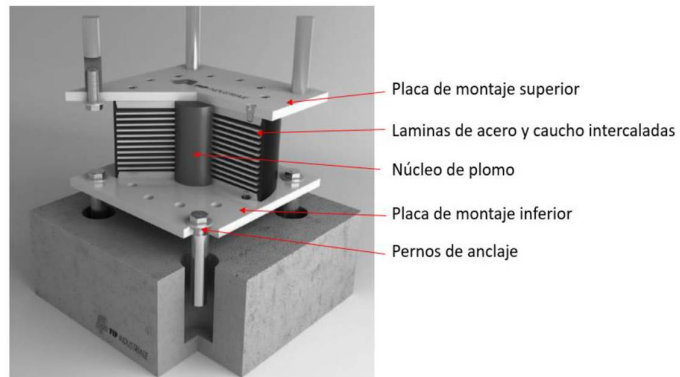


Figura 17: Componentes del LRB

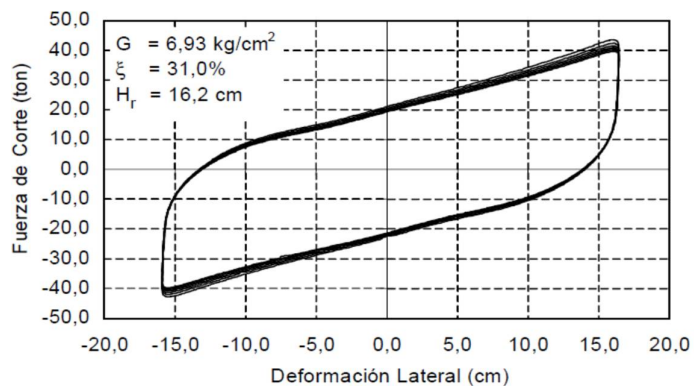


Figura 18: Gráfico de fuerza de corte y vs deformación lateral para un ciclo.

Además, FEMA [10, p. 1983] destaca las siguientes características para los aisladores de núcleo de plomo:

- El cilindro de plomo sólido se encaja a presión en el orificio central del cojinete elastomérico.
- Tensión de rendimiento de plomo = 1500 psi (resulta en una alta rigidez inicial).
- La tensión de rendimiento se reduce con ciclos repetidos debido al aumento de temperatura.
- Inventado en 1975 en Nueva Zelanda y utilizado ampliamente en Nueva Zelanda, Japón y los Estados Unidos.
- Caucho de baja amortiguación combinado con núcleo central de plomo.
- Módulo de corte = 85 a 100 psi al 100% de tensión de corte.
- Tensión máxima de cizallamiento = 125 a 200% (ya que la tensión máxima de cizallamiento suele ser inferior al 200%, las variaciones en las propiedades no son tan significativas como para los rodamientos de goma de alta amortiguación)

- **Aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (lrd) y alto amortiguamiento (hdr):**

También llamados aisladores **elastoméricos** de caucho natural. Al principio fueron usados sin ningún tipo de refuerzo ni placa de conexión; sin embargo, luego se notó que si se deseaba aumentar la rigidez vertical se debía reforzar intercalando láminas de acero con capas de caucho, así se obtenía una rigidez vertical que era cientos de veces la rigidez horizontal. El proceso de fabricación de los LRD consiste en intercalar capas de acero y caucho que se colocan en un molde y se les

aplica presión a una temperatura de 140°C por aproximadamente seis horas. Durante ese tiempo se produce la reacción del epóxico colocado entre las capas y el caucho se vulcaniza y adquiere su propiedad elástica. La adhesión entre el acero y el caucho debe ser tan resistente que antes que falle el pegamento debería fallar la goma.

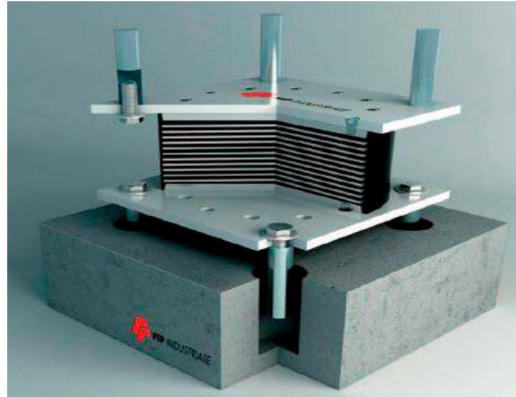


Figura 19: Aislador **estalomérico**

Al intercalar el caucho con el acero la capacidad para resistir cargas de gravedad aumenta y otorga estabilidad a soportes laterales altos ante cargas laterales. Las placas de acero que se colocan en la zona superior e inferior sirven para confinar el núcleo y evitar la compresión del caucho ante cargas de gravedad. se muestran los componentes del LRD. El amortiguamiento de este tipo de aisladores está entre el 5 y 10%, lo cual obliga muchas veces a usar sistemas de amortiguadores adicionales. La fuerza cortante y la deformación lateral tienen una relación lineal. Las principales ventajas de usar este tipo de aisladores es que son fáciles de modelar y fabricar.

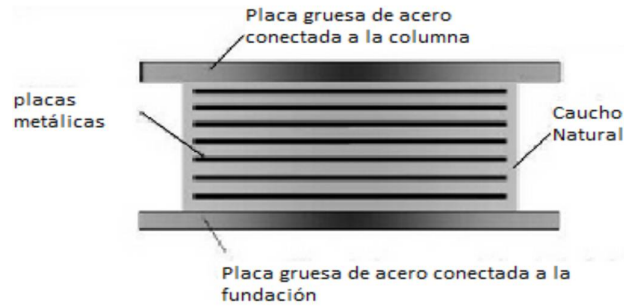


Figura 20: Componentes del LRD

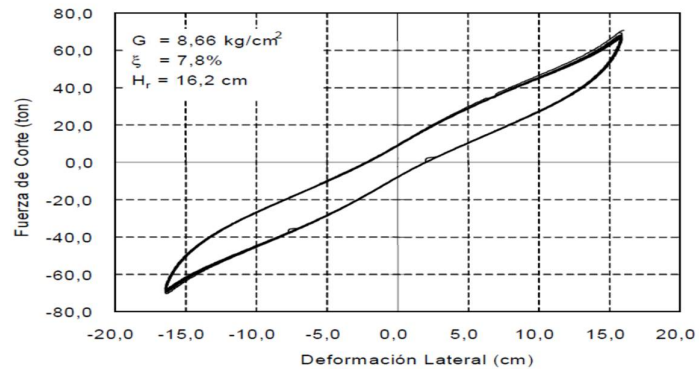


Figura 21: Gráfico de fuerza de corte versus deformación lateral para un ciclo.

Los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDRB) están elaborados de caucho modificado con aditivos (tales como aceites, carbón en polvo, resinas, polímeros u otros elementos que le permiten alcanzar un mayor amortiguamiento por sí solos), intercalado con láminas de acero y en la parte superior e inferior se les coloca una placa de acero para confinar el núcleo. En la Figura 3.2.1.f. se muestran los componentes del HDRB.

El amortiguamiento de este tipo de aisladores varía entre el 10 y 20% para deformaciones angulares menores a ≈ 2 . Para producir ciclos estables pasa por un proceso llamado scragging en el cual se le somete a varios ciclos de deformación y se logran ciclos

estables para deformaciones menores. La relación entre la fuerza cortante y la deformación es lineal como se observa en la Figura 3.2.1.g.; sin embargo, forma un bucle que encierra un área menor a los LRB. Es importante notar que al agregarle aditivos al caucho se le modifican algunas propiedades mecánicas como la elongación a la ruptura. Otra desventaja es que este tipo de aisladores se deterioran más rápidamente.

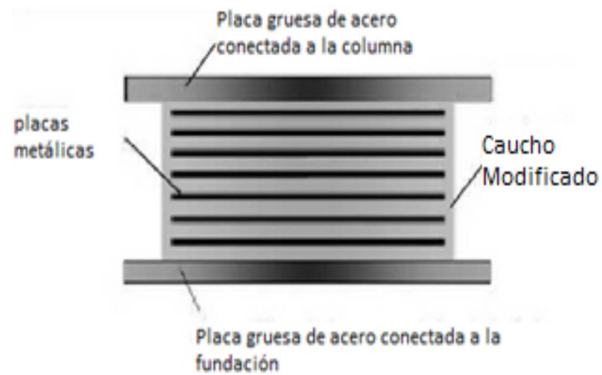


Figura 22: Componentes del HLRD

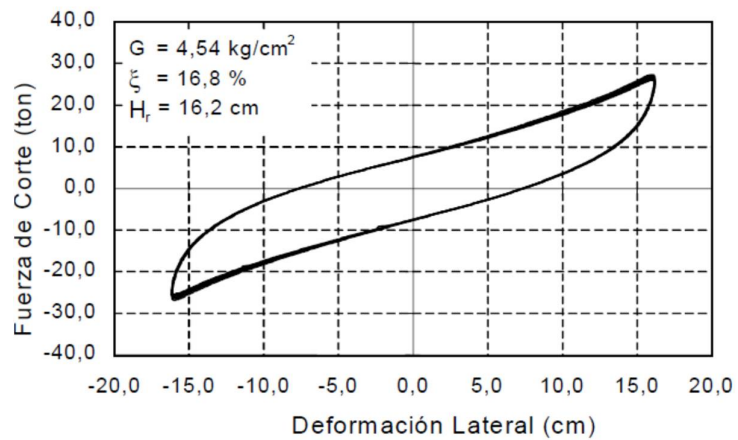


Figura 23: Gráfico fuerza de corte vs deformación lateral.

FEMA [10, p. 1982] destaca las siguientes características para los aisladores:

- Máxima deformación de cortante, de 200 a 350%.
- La amortiguación aumenta al agregar carbón negro extrafino, aceites o resinas, y otros rellenos.
- Razón de amortiguamiento = 10 a 20% a deformaciones de corte del 100%.
- Módulo de corte = 50 a 200 psi.
- La rigidez y la amortiguación efectivas dependen de: elastómero y rellenos, presión de contacto, velocidad de carga, historial de carga (scragging) y temperatura.

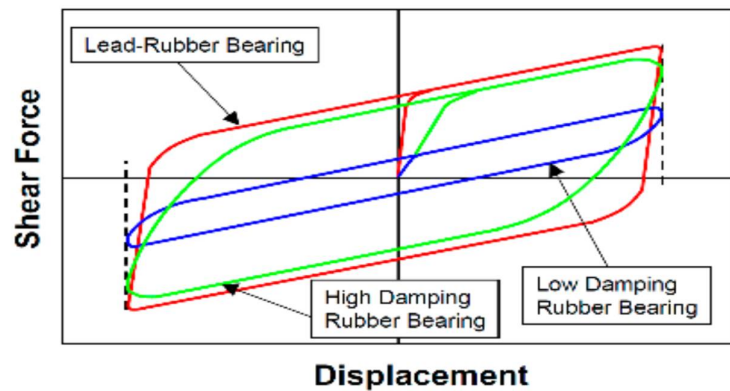


Figura 24: Curvas histeréticas de los LDRB, LRB y HDRB para un mismo desplazamiento (Symans)

La relación de rigideces $K1/K2$ es aproximadamente igual a 10 (Bridgestone, 2013). Mientras que la rigidez $K2$ es fácil de obtener mediante ensayos, es complicado determinar con precisión el valor de $K1$, por lo que se recurre a valores empíricos proporcionados por los fabricantes.

La Figura muestra, a manera de resumen y en forma superpuesta, las curvas de histéresis de los tres aisladores elastoméricos ya descritos. Se observa la

diferencia en la capacidad de disipación de energía de los tres dispositivos.

- **Sistema de péndulo friccional simple de doble y triple curvatura (fps, fpd y fpt):**

Es un sistema de aislamiento que combina el efecto de deslizamiento con una fuerza restitutiva generada por las cargas de gravedad y la geometría. Consiste en un o varios deslizadores conectados a la superestructura que se mueve sobre una superficie cóncava.



Figura 25: Componentes del FPS.

El movimiento que se produce en la base debido al impacto del sismo producirá un desplazamiento en el deslizador, el cual será disipará por fricción eliminando la energía existente debido a la forma cóncava de la superficie de deslizamiento.

La fuerza vertical tendrá un componente tangencial que impulsará al centrado del sistema. La forma del deslizador es lenticular esférico, lo cual permite que un área esté en contacto con la superficie cóncava. El deslizador de acero está recubierto con un fluoro

polímero de alta resistencia lo que le permite trabajar con presiones cercanas a 500 kg/cm².

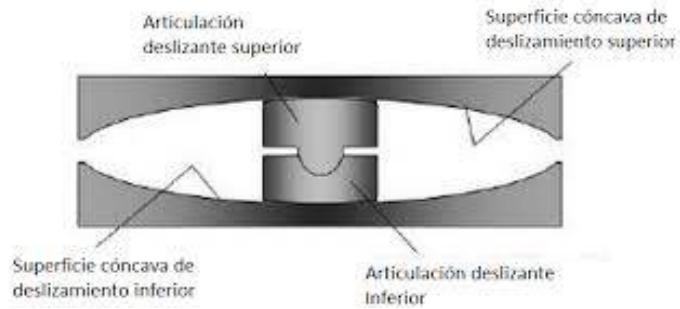


Figura 26: Componentes del FPS

Fuente: Google

A diferencia del sistema de péndulo simple el de doble péndulo como el de triple péndulo presenta más de dos superficies cóncavas en las que el deslizador superior e inferior podrá moverse con mayor amplitud permitiendo que el desplazamiento máximo del aislador sea mayor al del sistema FPS.

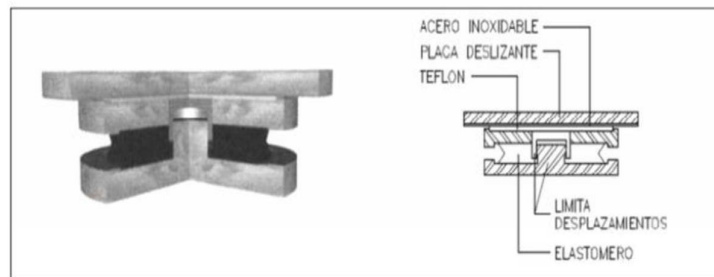


Figura 27: Ilustración Corte Aislador Tipo Friccional

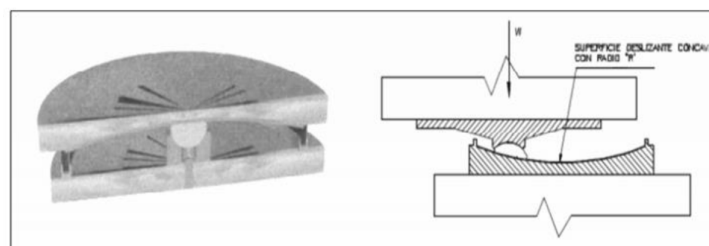


Figura 28: Ilustración Corte Aislador Tipo Péndulo Friccional

2.2.6. Criterios de ubicación de los dispositivos

Para la ubicación de los dispositivos hay que tener en cuenta la influencia arquitectónica como también la disposición y número de dispositivos ya que esto genera una gran influencia en la estructura. Una buena ubicación de los dispositivos genera máximas ventajas y maximizar su efectividad.

2.2.7. Aisladores sísmicos

Los aisladores sísmicos están ubicados en la interfase de aislamiento y sus ubicaciones son influenciadas directamente por su efectividad de disipación

2.2.8. Los disipadores

Los disipadores se recomienda instalarlos en las zonas de altas velocidades y donde se presentan derivas elevadas.

- Disposición Chevron Brace
- Disposición Diagonal

2.3. Balance energético en estructuras.

Para que una edificación sea capaz de soportar un movimiento telúrico de mediana a gran intensidad la energía de respuesta debe superar a la energía de demanda, esto se resume en la siguiente fórmula:

$$E = Ek + ES + EH + E\varepsilon = \text{constante.}$$

Donde:

E: Energía proveniente del sismo.

Ek: Energía cinética es disipada a través de la oposición del movimiento.

ES: Energía Elástica recuperable o Energía potencial, es parte de la energía que se transforma en deformación de los elementos del sistema.

EH: Energía Histórica o inelástica deformación no recuperable es disipada por la deformación los elementos del sistema.

E_ε : Energía Disipada por el amortiguamiento es parte de la energía que es disipada por fuentes de amortiguamiento (la misma que oscila entre 1% y 5% (edificaciones de concreto armado).

Por lo tanto, la energía sísmica entrante a la estructura (E) debe ser absorbida o disipada por la suma de la energía cinética (EK), elástica (ES), de amortiguamiento (E_ε) e inelástica (EH).

Asumiendo que la energía sísmica sea constante el desempeño estructural y la capacidad final de un edificio bien planteado debe de soportar la suma de las energías anteriormente descritas puede ser optimizado planteando

2.4. Normatividad de diseño

2.4.1. Norma nacional de referencia para el análisis y diseño

2.4.1.1. Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

La filosofía de reglamento nacional de edificaciones es de estimar lo más posible el daño esperado en una edificación sometido la a una acción sísmica virtual lo cual nos permitirá la conocer del máximo desplazamiento espectral que sufrirá la estructura que va a experimentar frente a un sismo real.

Para el diseño y análisis de una edificación la normativa peruana nos sugiere una serie de pasos a seguir así también el uso de la normativa extranjera a usarse para el caso de sistemas de protección antisísmica ya que la normativa vigente para sistemas de protección antisísmica no está completa.

2.4.2. Normas técnicas extranjeras de referencia para el análisis y diseño.

2.4.2.1. Federal Emergency Management Agency

En 1997, la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA274) presentó una guía para la implementación y análisis de sistemas pasivos (aislación basal y la disipación sísmica) para la protección

sísmica de las edificaciones, Presentando como una guía detallada y recomendaciones para su utilización. Además, que se incluyen procedimientos para analizar y diseñar estructuras con dispositivos de protección sísmica.

Además, que el FEMA274 presenta el desplazamiento máximo de entrepiso como el principal parámetro a controlar. Sin embargo a diferencia del R.N.E , en vez de enfocarse en el incremento de la rigidez para controlar el desplazamiento lateral se utiliza el amortiguamiento efectivo de la estructura en estudio para poder disminuir dicho desplazamiento, En muchos casos el amortiguamiento del 5% natural de la propia estructura es insuficiente para el desempeño ante eventos sísmicos, siendo así necesaria la utilización de sistemas pasivos de protección antisísmica (aislación basal y la disipación sísmica) para aumentar el amortiguamiento adicional que supere el 5%. del amortiguamiento efectivo de la estructura que resulta de la incorporación del sistema de protección antisísmica (aislación basal y la disipación sísmica) produciendo una disminución de las aceleraciones generadas por acción de un sismo sobre la estructura.

Para poder observar la disminución de las aceleraciones producidas por la acción de un sismo sobre la estructura, el FEMA274 propone un factor BM que está en función del amortiguamiento efectivo, dicho valor (BM) será utilizado para escalar el espectro de aceleraciones de la estructura. Así, mientras mayor sea el factor BM, menores serán las aceleraciones producidas por la acción de un sismo sobre la estructura; y mientras mayor sea el amortiguamiento que proporciona el sistema de protección antisísmica (aislación basal y la disipación sísmica), mejor será el comportamiento de la estructura.

Por último, cabe mencionar que para diseñar un sistema de protección antisísmica (aislación basal y la disipación sísmica), se debe tomar en cuenta un sismo máximo posible, que es 1.5 veces

mayor al utilizado comúnmente en el diseño sismorresistente según el R.N.E. Además, que en estructuras con un sistema de protección antisísmica (aislación basal), la norma limita el valor del factor de reducción de fuerzas sísmicas R a un máximo de 2, con la finalidad de mantener la estructura en el rango elástico.

Además, que La guía del FEMA274 propone dos métodos para el análisis y diseño de estructuras aisladas el primero es el método de la fuerza lateral equivalente el cual es un método estático y se encuentra basado en el desplazamiento de un sistema de un grado de libertad con una rigidez efectiva, por otra parte, el método dinámico esta dividido en dos uno que involucra un diseño dinámico usando un espectro de pseudo aceleraciones y otro que compromete un análisis tiempo-historia.

Las sugerencias especiales del FEMA para este método se refieren al correcto modelamiento y atención a los siguientes puntos:

- Modelar la distribución de los aisladores,
- Considerar los efectos de excentricidad accidental,
- Verificar que no exista tracción, o que los aisladores no estén resistiendo tracción en el modelo,
- Verificar los efectos $P-\Delta$,
- Modelar la posible variabilidad en las propiedades de los aisladores (por el paso del tiempo o uso).

Análisis Tiempo-Historia se recomienda un mínimo de siete pares de sismos reales en ambas direcciones debidamente escaladas a valores específicos.

Nota: El método estático no está recomendado para un diseño final, sólo de para un diseño preliminar y el método dinámico por combinación espectral sólo para algunas estructuras regulares rígidas y de pocos pisos.

2.4.2.2. Comité Vision 2000 (Seaac 1995)

La propuesta del SEAOC fue elaborada en 1995 a través del COMITE VISION 2000 y según esta propuesta, el desempeño de una edificación de igual manera que el R.N.E. establece una importancia a la estructura para la utilización del espectro de diseño y al estado posterior de la estructura después de la acción sísmica. SEAOC clasifica el nivel de desempeño de una edificación en Totalmente Operacional, Operacional, Seguridad y Pre-colapso; Además para escoger el nivel de desempeño se deben clasificar las estructuras según su grado de importancia en Estructuras Críticas, Estructuras Esenciales y Estructuras Básicas

El COMITE VISION 2000. proponen distintos espectros para el diseño de cada tipo de edificación asociando cada tipo de estructura con un sismo esperado ; Cuando una estructura ingresa al rango inelástico por acción de un sismo esperado provoca el incremento masivo de desplazamiento lateral en cada piso dando como resultado un daño severo en toda la estructura este daño puede ser controlado definiendo un desplazamiento objetivo que será la deriva límite que tendrá la estructura luego de introducir un sistema de protección antisísmica

2.4.2.3. Código de American Society of Civil Engineers Asce/Sei 7-10 y 7-16 - Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (American Society of Civil Engineers, 2010,2016). capítulo 16

El reglamento americano en el cual se a vasado el R.N.E. nos sugiere tres procedimientos para el análisis y diseño de estructuras para el caso de uso de disipadores de energía y aisladores sísmicos, los cuales están basados en un análisis estático, uno dinámico espectral y el análisis tiempo-historia el cual se genera con acelerogramas escalados de la zona dichos procedimientos y criterios para

la selección del procedimiento y análisis serán desarrollados más adelante

La visión en la que se enfoca el ASCE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles) se centra en evaluar los desplazamientos y el desempeño de la estructura frente a un sismo, evaluando la capacidad de reacción de la misma para que pueda resistir fuerzas sísmicas sin recibir un daño excesivo.

Al igual que el FEMA274, el código del ASCE plantea propuestas sobre la utilización de sistemas de protección antisísmica brindando métodos para el diseño de los mismos; estos dispositivos aportan un amortiguamiento significativo en la estructura que logra disminuir masivamente las fuerzas sísmicas que ingresan a los elementos estructurales.

a continuación, se detallan los criterios a considerar en el diseño de una estructura con sistema de protección antisísmica:

El capítulo 11 indica un criterio para el diseño sísmico y construcción de edificios, así como la disipación de energía post-elástica en la estructura como también los requisitos mínimos de diseño, detalle y construcción que se debe cumplir la estructuras y sus elementos. Los requisitos mínimos para la garantía de la calidad de los sistemas resistentes a las fuerzas sísmicas se exponen en el Apéndice 11A [18, pp. 57-68].

El capítulo 12 indica los requerimientos de diseño sísmico para estructuras, así como el procedimiento y parámetros de análisis estático - dinámico espectral requeridos para realizar los análisis de fuerza lateral equivalente y respuesta modal, se exponen en el Apéndice normativa [18, pp. 71-80].

El capítulo 17 indica los requerimientos y procedimientos mínimos de diseño y análisis sísmico para estructuras aisladas sísmicamente;

Además describe los requisitos generales de diseño tales como parámetros de aceleración, factor de importancia, configuración del sistema estructural y espectros de diseño; estos parámetros serán provistos para el procedimiento de análisis para fuerza lateral equivalente y análisis dinámicos; pruebas de aisladores sísmicos, entre otros [18, pp. 165-177].

2.4.2.4. Norma, NCH2745 (2013) - (Instituto Nacional de Normalización, 2013)

De igual manera que el R.N.E. la norma chilena es la adaptación del código UBC del año 1997. Esta norma nos brinda unos parámetros para realizar el análisis y diseño de edificaciones, con sistemas de protección antisísmica, así como también un método para el diseño de los elementos no estructurales y los ensayos requeridos para dicho sistema.

En Chile, existen dos normas de diseño sísmico. La primera de ellas es la norma NCh433, que es muy similar al R.N.E. y la segunda es la NCh2745 que hace referencia a los sistemas de protección antisísmica.

La filosofía que lleva la NCh2745 es la reducción de los esfuerzos de la estructura para minimizar los posibles daños producidos ante un sismo y que la estructura siga en funcionamiento después del mismo.

Del mismo modo que el código norteamericano la norma chilena NCh2745 (2013) propone el uso de dos tipos de espectros de diseño siendo la primera de ellas para diseño y un segundo para máximo posible esperado. siendo el primero para aquel sismo con una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años, mientras que el máximo posible esperado una probabilidad de excedencia del 10% en 100 años.

Siendo la parte superior de la estructura (superestructura) la que deberá ser capaz de resistir el sismo de diseño, mientras que en la parte inferior de la estructura (subestructura) deberá resistir el sismo máximo esperado.

Se entiende que todos los Reglamentos y Normas están en vigencia y/o son de la última edición.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto de investigación es de carácter **NO EXPERIMENTAL** por observar los fenómenos tal y como suceden naturalmente sin intervenir en su desarrollo; los cuales comprenden la descripción, registro, análisis e interpretación de resultados del objeto en estudio (una edificación en la ciudad de puno); en nuestro caso será el procedimiento propio que se sigue a lo largo del desarrollo del diseño estructural de una edificación sometido a protección antisísmica sistemas de protección sísmica cuyos parámetros serán restringidos por diferentes tipos de reglamentos y códigos nacionales y extranjeros; los cuales serán necesarios para determina los diferentes tipos de dispositivos de protección antisísmica que se colocara en dicha edificación para con ello saber sus diferencias de desplazamiento y comportamiento sobre la estructura a aplicarse

3.2. Características de la investigación

- El presente proyecto de investigación es de **TIPO APLICADA** porque se basa en la aplicación inmediata de teorías sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.
- La metodología empleada en el presente proyecto de investigación es por medio del método **DESCRIPTIVO – CORRELACIONAL** por describir y analizar sistemáticamente sin la manipulación deliberada de variables la información recopilada por la comparación de los resultados obtenidos.

- El enfoque que se tiene es **CUANTITATIVO**, por la recolección y análisis de resultados obtenidos se contesta las preguntas de la investigación en el proceso de comprobar el hipo tesis planteadas confiando en una medición numérica.
- El área de Investigación a la que pertenece el proyecto es **DICEÑO SISMICO ESTRUCTURAL**, por estar sujeto al mejoramiento de infraestructura para la población, con un fin de implementar y mejorar las infraestructuras.
- La línea de Investigación a la Pertenece el presente proyecto es **PROTECCIÓN ANTISÍSMICA** Estructural, por analizar los diferentes comportamientos dinámicos de una estructura con la aplicación de sistemas de protección sísmica.

3.3. Variables y operacionalización

3.3.1. Variable independiente:

La respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos:

Consiste en conocer la reacción de una estructura equipada con dispositivos de protección antisísmica ante la vibración del suelo (sismo)

3.3.2. Variable dependiente:

Desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de Puno:

Considerado como el estado de la estructura de 9 niveles o edificio después de un evento sísmico en la ciudad de Puno

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos.

3.4.1. Técnica

Para la ejecución de la investigación se utilizó la **TÉCNICA CUALITATIVA** para la recolección de datos con un entorno de **REVISIÓN DE DOCUMENTOS**.

3.4.2. Instrumento

El instrumento empleado fue:

Revisión documentaria:

- Revisión de normatividad local, nacional e internacional: donde se busca averiguar todo tipo de procedimientos y cálculos previos que ayudan con la investigación
 - Reglamento nacional de edificaciones
 - Asce 7
 - Euro código
 - Ubc
 - Nch24
 - Fema
 - Aci 318
- Revisión de trabajos de investigación local, nacional e internacional: se buscó los antecedentes y posibles consecuentes que con llevan dicha investigación
 - Evaluación de tesis de investigación de pre grado y posgrado
 - Libros de aislamiento sísmico y disipación de energía
 - Boletines informativos de la ciudad de puno concernientes a la sismología que presenta dicha ubicación
- Hojas de acceso a la información: donde se a pedido alturas máximas de edificaciones, zonificaciones existentes de estudio de suelos, así como también historial máximo de sismos registrados en la ciudad de puno.
 - Acceso a la información cursada a la municipalidad provincial de Puno
 - Acceso a la información cursada al colegio de ingenieros de la ciudad de Puno

Modelos matemáticos empleados en el software tales como:

- ETABS: Es un software para análisis estructural y dimensionamiento de edificios que ofrece herramientas de modelado y visualización de objetos 3D, que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.
- Microsoft Excel: Es una aplicación de hojas de cálculo con fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación.
- SeismoSignal: Software de terremotos para el procesamiento de señales de datos de movimiento fuerte
- SeismoMatch: es una aplicación capaz de ajustar acelerogramas de terremotos para que coincidan con un espectro de respuesta objetivo específico.
- SeismoArtif: Software de terremotos para la generación de acelerogramas artificiales

Cabe destacar que dichos programas son de uso tipo prueba o con licencia de estudiante.

3.4.3. Validez y confiabilidad

validez y confiabilidad de los formatos y modelos matemáticos estos sujetos a criterios y procedimientos de libros de un mínimo tres ingenieros civiles expertos (**JUICIO DE EXPERTOS**) en el área de la ingeniería estructural y sísmica, para dar inicio a su aplicación.

Cabe resaltar que los formatos y modelos matemáticos elaborados para ingreso de datos a los softwares fueron elaborados por el autor para el presente proyecto de investigación.

3.5. Procedimientos

El presente trabajo de tesis sujeto a tres pasos fundamentales

- El primero será la recolección de información de campo, como es el cursar las solicitudes de acceso a la información a las entidades pertinentes que

cuentan con esta información Finalmente, estudiarán las características generales de la documentación recolectada.

- El segundo paso consistirá en la elección las características y el diseño de la edificación a nivel arquitectónico como también la elección del suelo predominante de la zona así mismo la elección del sismo histórico máximo que se presentó en la zona ya que dichos datos nos servirán como base.
- El tercer paso se generará los espectros artificiales según la zona elegida, Así como también la elaboración de modelos matemáticos de los dispositivos a emplearse finalmete los diferentes modelos matemáticos de la edificación mediante el empleo de un software especializado para el análisis

Final mente se pasará al procesamiento de la información antes mencionada

3.6. Método de análisis de datos

Los métodos e instrumentos usados para el presente trabajo de investigación son descritos a continuación:

- Para la conclusión de la muestra (edificación, tipo de suelo y sismo máximo considerado) se tomará como criterio la más desfavorable encontrado en la recolección de datos.
- Para la elaboración del análisis de los modelos arquitectónicos, así como la simulación de sismos artificiales se empleará el uso de softwares adecuados respectivamente
- Finalmente, para el análisis y procesamiento de los resultados estará basado en los criterios de libros y guías proporcionadas por los especialistas expertos en el tema

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación es de producción original y fiabilidad propia echa por el investigador con un nivel de confiabilidad de máximo, por lo cual la información de terceros se ha citado según la normativa que se está sujeta otorgándose el reconocimiento y crédito a los mismos,

3.8. Población, muestra y muestreo

De la información recolectada en el presente proyecto de investigación no se conoce la población y ni la muestra directamente por ser no cuantificable, solo se conoce la zona específica de ampliación como lo es la ciudad de Puno es por eso que tomaremos una **POBLACIÓN DE INTERÉS** acorde a la población de las edificaciones de la ciudad de Puno.

Por otra parte, la GERENCIA DE DESARROLLO URBANO DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CIUDAD DE PUNO cuenta con un estudio de la población de las edificaciones más predominantes zonificadas por tipos, así como también los tipos de suelos de la ciudad de Puno denominado PLAN DE DESARROLLO URBANO (PDU) en el cual especifica mediante planos las zonas de construcción, así como también los tipos de edificaciones permitidos

En cuanto al sismo máximo considerado se tomará el que más daños ocasiono a la ciudad de Puno del cual se tiene registro:

3.8.1. Población de estudio

De lo antes mencionado la población de interés a la cual se proyectará el siguiente estudio de investigación, está compuesta por:

- **Área urbana de la ciudad de Puno:**

En la siguiente imagen podemos apreciar tanto como las áreas urbanas y las áreas urbanizables de la ciudad de Puno

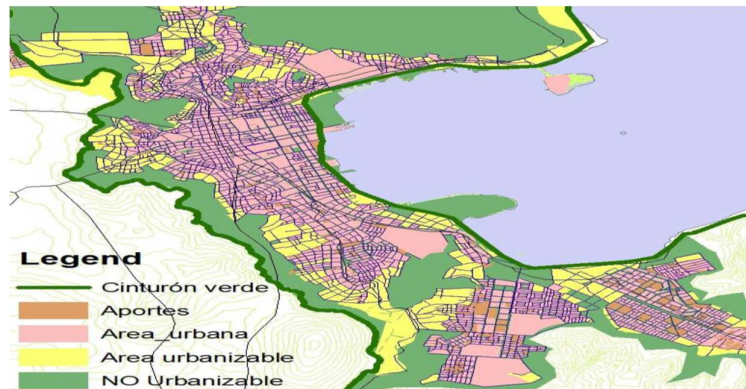


Figura 29: Áreas urbanas de la ciudad de Puno

- **Zona por tipo de uso de la ciudad de puno:**

En la siguiente imagen podemos apreciar que la zona residencial es la predominante sobre la demás zona en la ciudad de puno

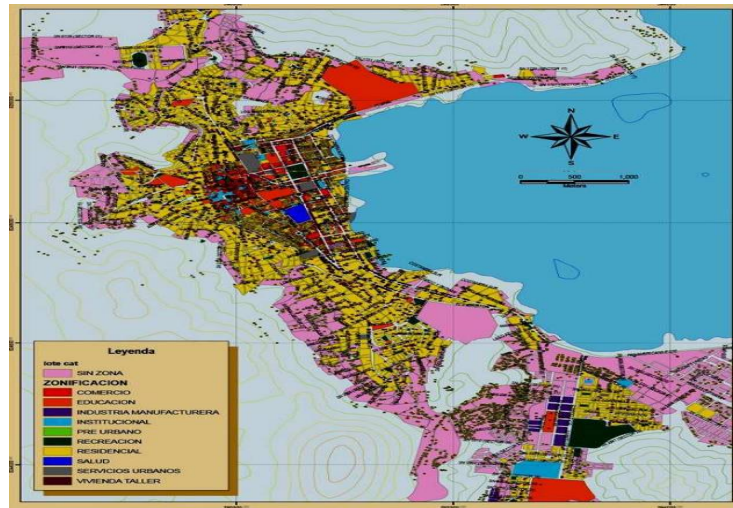


Figura 30: Zonificación de la ciudad de Puno

3.8.2. Muestra

De lo antes mencionado se tomará una ZONA URBANA también considerada en el PDU de la ciudad de puno la cual se subdivide de la siguiente manera y siendo así mismo las más importantes.

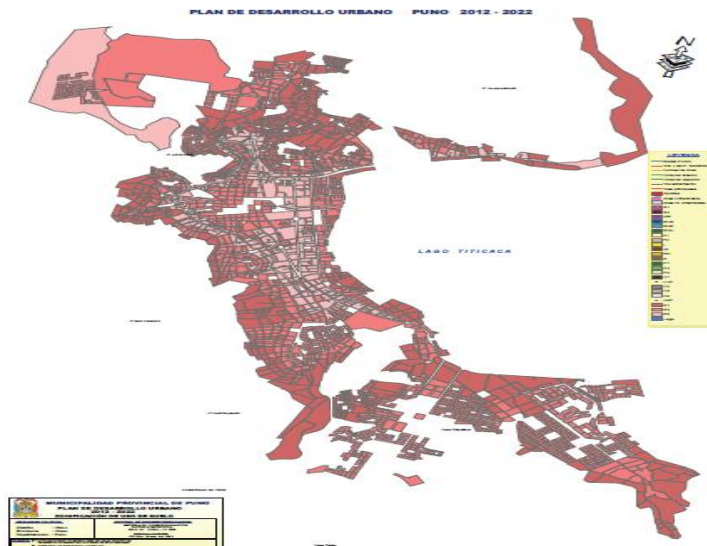


Figura 31: Zona urbana de la ciudad de Puno

- **Zona residencial baja (unifamiliar) –R1**
 - Normas para habilitación
 - Aportes mínimos: Según RNE de acuerdo al área del terreno a habilitar.
 - Lote Normativo mínimo: 90m².
 - Frente Normativo mínimo de Lote: 6 metros lineales
 - Normas para edificación
 - Área Libre: 40%
 - Coeficiente de Edificación: 0.5-1.2
 - Altura máxima de Edificación: 3 PISOS MÁS AZOTEA
 - Estacionamiento mínimo: 1 por cada vehículo

- **Zona residencial media (unifamiliar-bifamiliar) – R2**
 - Normas para habilitación
 - Aportes: Según RNE de acuerdo al área del terreno a habilitar.
 - Lote Normativo mínimo: 100m².
 - Frente Normativo mínimo de Lote: 8-10 metros lineales
 - Normas para edificación
 - Área Libre: 30%
 - Coeficiente de Edificación: 1-2.8
 - En Vías Longitudinales Principales de la ciudad la Altura máxima de Edificación: 10 PISOS + AZOTEA
 - Estacionamiento mínimo: 1 cada 2 vehículos.

- **Zona residencial alta (multifamiliar) – R3**
 - Normas para habilitación
 - Aportes: Según RNE de acuerdo al área del terreno a habilitar.
 - Lote Normativo mínimo: 200m².

- Frente Normativo mínimo de Lote: 15-20 metros lineales
 - Normas para edificación
 - Área Libre: 35%
 - Coeficiente de Edificación: 2.1-6.5 Altura máxima de Edificación: 8 PISOS + AZOTEA.
 - En Vías Longitudinales Principales de la ciudad la Altura máxima de Edificación: 15 PISOS + AZOTEA
 - Estacionamiento mínimo: 1 cada 4 vehículos
 - Los lotes con área menor a 200 metros cuadrados serán aprobados previa comisión

3.8.3. Unidad de análisis

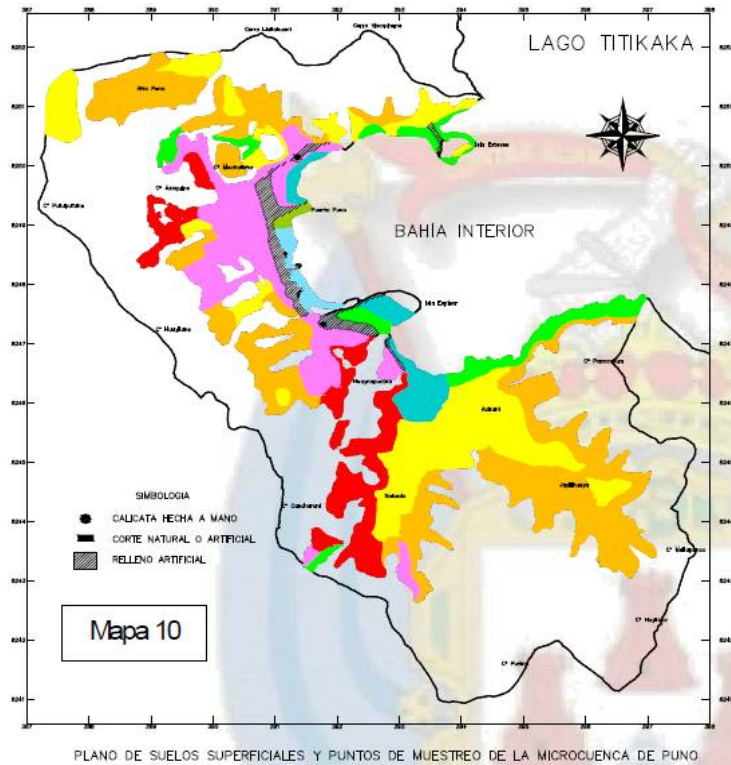
De lo antes mencionado se tomará una EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES como **MUESTRA REPRESENTATIVA HIPOTÉTICA y EJEMPLAR** a la cual se denomina como objeto de estudio.

IV. RESULTADOS

4.1. Ubicación de la edificación y diseño arquitectónico

4.1.1. Descripción de la zona

Para las características del terreno se tomará el suelo predominante sobre la zona urbanas en la ciudad de puno



PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	DESCRIPCIÓN	q _u = kg/cm ²
TIPO	SUBTIPO		
I	la	ML SUELO LIMOSO DE BAJA PLASTICIDAD	0.41–0.61
	lo	CL SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD	0.41–0.70
	lb	CH SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD	0.39–1.15
	la	OH SUELOS LIMOSOS Y ARCILLOSOS DE ALTA PLASTICIDAD	0.50–0.72
II	SC	SUELOS ARENO ARCILLOSOS	0.70–3.71
	SM	SUELOS ARENOLIMOSOS	1.43–3.82
	GC	GRAVAS ARCILLOSAS	2.25–3.60
	GM	GRAVAS LIMOSAS	2.22–4.05
III – IV	ROCA	ROCAS SEDIMENTARIAS, VOLCÁNICAS E INTRUSIVAS	0 k—

Figura 32: Mapa de zonas urbanas de la ciudad de Puno

4.1.1.1. Características del terreno:

Esta edificación se encuentra en la ciudad de Puno con una altitud de 4050 msnm., con los siguientes parámetros en:

- Departamento: Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno

Y las siguientes colindancias, linderos y perímetros

- Por el frente (este): colinda con una propiedad con una longitud en línea recta de 26.00ml.
- Por la derecha entrando (norte): colinda con una propiedad con una longitud en línea recta de 26.00ml.
- Por la izquierda entrando (sur): colinda con una propiedad con una longitud en línea recta de 26.00ml.
- Por el fondo (oeste): colinda con una con una longitud en línea recta de 26.00ml.

4.1.2. Diseño arquitectónico de la edificación



Figura 33: Modelo arquitectónico de una edificación

4.1.2.1. Distribución en corte

La edificación consta de 9 NIVELES + AZOTEA de material noble, el cual está destinado para vivienda multifamiliar. Con una altura de piso a techo de 3.5 m el 1º nivel y de 3 m el 2º nivel siendo la altura típica que llevan los demás niveles.

4.1.2.2. Distribución en planta

- Del Primer Nivel: En el todo el primer nivel se tiene los 2 salones de usos múltiples junto a las escaleras de acceso y el ascensor que conducen a los niveles superiores.

- Del Segundo al cuarto nivel: Consta de Cuatro Departamentos por piso los departamentos están constituido por los siguientes ambientes cada uno: 01 puerta de acceso, 01 sala comedor, 02 terrazas, 01 cocina, 01 patio de servicio, 01 dormitorio con servicio higiénico, 02 dormitorios, 01 servicio higiénico, 01 estudio, 01 hall, a su vez este piso cuenta con 01 caja ascensor, 01 circulación que sirve para los cuatro departamentos, 01 escalera de circulación para los niveles superiores.

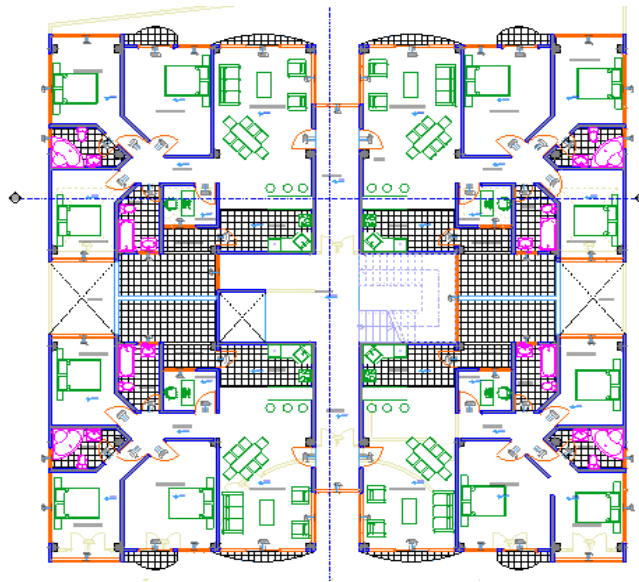


Figura 34: Distribución de planta

- Del Quinto Y Octavo Nivel: Consta de cuatro departamentos divididos en dos niveles (duplex)
- Nivel 1 de dúplex: está constituido por los siguientes ambientes: 01 puerta de acceso, 01 sala comedor, 02 terrazas, 01 cocina, 01 patio de servicio, 01 dormitorio con servicio higiénico, 02 dormitorios, 01 servicio higiénico, 01 estudio, 01 hall, a su vez este piso cuenta con 01 caja ascensor, 01 circulación que sirve para los cuatro departamentos, 01 escalera de circulación para los niveles superiores.

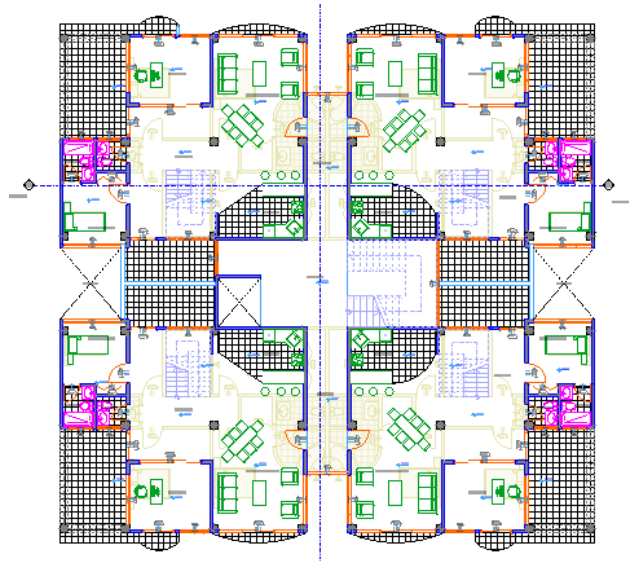


Figura 35: Distribución de planta

- Nivel 2 de dúplex: está constituido por los siguientes ambientes: 01 puerta de acceso, 01 sala comedor, 01 bar con deposito, 03 terrazas, 01 cocina, 01 patio de servicio, 01 dormitorio con servicio higiénico, 01 servicio higiénico, 01 estudio, 01 hall, 01 escaleras para el acceso (segundo dúplex), a su vez este segundo piso cuenta con 01 caja ascensor, 01 circulación que sirve para los cuatro departamentos, 01 escalera de circulación para los niveles superiores

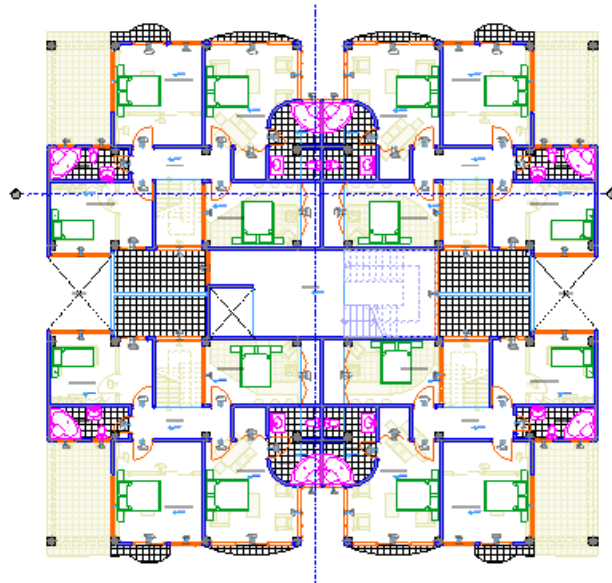


Figura 36: Distribución de planta

- Azotea: este nivel esta básicamente constituido por 04 azoteas que son pertenecientes a los 04 bloques de los departamentos en el cual lleva 1 tanques de almacenamiento de agua a igual que la sala de máquinas (ascensor).

4.1.3. Procedimientos generales para la estructuración de la edificación:

Siguiendo con el criterio de estructuración la edificación tiene las siguientes características estructurales: Un sistema a porticado (losas, columnas y vigas) de C°A° en los dos sentidos, cuyas secciones de los electos estructurales son las siguientes:

4.1.3.1. Pre dimensionamiento de elementos estructurales

En la asignación de dimensiones de los elementos estructurales son basados según el ACI 318-19 y R.N.E. para aproximarlos, dichos elementos varían según sea necesario con forme se desarrolla

- **Pre dimensionamiento de losa aligerada.**

Paras las losas aligeradas en una dirección son dimensionadas mediante el criterio del Reglamento Nacional de Edificaciones la cual propone la división de la máxima luz libre del pórtico.

$$h = \frac{Ln}{18} \qquad h = \frac{Ln}{25}$$

$$L = 5.00 \text{ m}$$

$$L/18 = 0.28 \text{ m}$$

$$L/25 = 0.20 \text{ m}$$

$$H \text{ losa} = 0.25 \text{ m}$$

Nota: Peso según RNE 350 kg/m²

- **Pre dimensionamiento de viga.**

Para el pre - dimensionamiento de vigas se utilizará el método del ACI (American Concrete Institute) y para la base de la viga se utilizará el R.N.E

- **Vigas principales**

$$h = \frac{L}{10} \text{ a } \frac{L}{12}, b = \frac{h}{2} \text{ a } \frac{2h}{3}$$

$$L = 5.00 \text{ m}$$

$$H = 0.46 \text{ m}$$

$$B = 0.27 \text{ m}$$

$$H = 0.50 \text{ m}$$

$$B = 0.50 \text{ m}$$

- **Vigas secundarias**

$$h = \frac{L}{14}, b = \frac{h}{2}$$

$$L = 4.30 \text{ m}$$

$$H = 0.31 \text{ m}$$

$$B = 0.15 \text{ m}$$

$$H = 0.35 \text{ m}$$

$$B = 0.25 \text{ m}$$

- **Predimensionamiento de columnas.**

Las columnas al ser sometidas a cargas axiales de comprensión y momento flector serán dimensionadas considerando el método de áreas tributarias recomendadas por el ACI.318-19 y R.N.E.

Dónde la carga aplicada sobre las columnas será la siguiente:

- **Cargas aplicadas sobre el área tributaria**

CM

LOSA ALIG:

Nivel típico: 350.00 Kg/m²

Ultimo nivel: 350.00 Kg/m²

VIGAS:

Nivel típico: 100.00 Kg/m²

Ultimo nivel: 100.00 Kg/m²

COLUMNAS:

Nivel típico: 60.00 Kg/m²

Ultimo nivel: 30.00 Kg/m²

SCP

TABIQUERIA:

Nivel típico: 301.09 Kg/m²

Ultimo nivel: 150.54 Kg/m2

ACABADOS:

Nivel típico: 80.00 Kg/m2

Ultimo nivel: 80.00 Kg/m2

CV o S/C

vivienda:

Nivel típico: 200.00 Kg/m2

Ultimo nivel: 100.00 Kg/m2

RESUMEN:

CARGA MUERTA

Nivel típico: 891.09 Kg/m2

Ultimo nivel: 710.54 Kg/m2

CARGA VIVA

Nivel típico: 200.00 Kg/m2

Ultimo nivel: 100.00 Kg/m2

$$P = (CM+ SCP) + 25\% CV + 25\% CVT$$

PESO TOTAL

9205.32 Kg/m²

recomendación de ACI

$$bd = \frac{Pe \times At}{n \times f'c}$$

Tabla 5: Índice de aplastamiento.

Tipo C1	Columna interior (N < 3pisos)	Pe = 1.10PG (n =0.30)
Tipo C1'	Columna interior (N > 4pisos)	Pe = 1.10PG (n =0.25)
Tipo C2, C3	Columnas extremas de pórticos interiores	Pe = 1.25PG (n =0.25)
Tipo C4	Columna de esquina	Pe = 1.50PG (n =0.20)

Fuente: (Morales Morales, 2006)

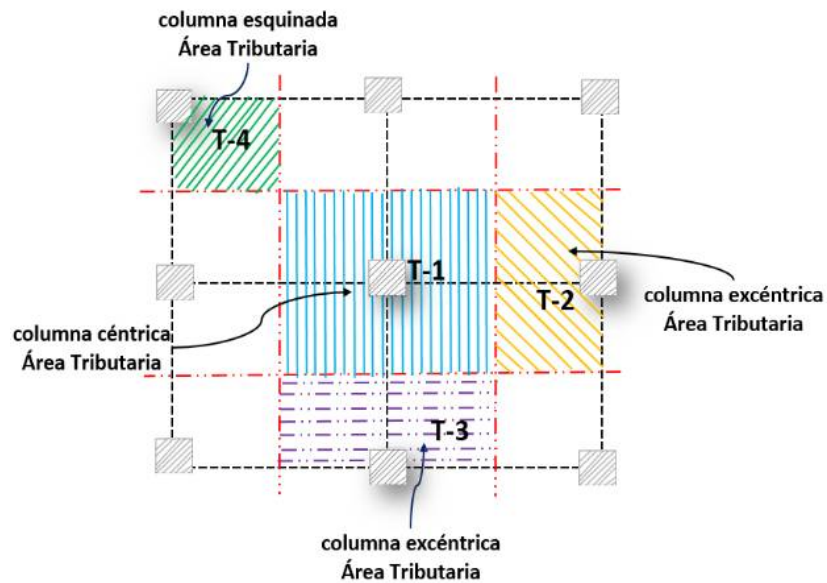


Figura 37: Columnas en área

- **Columna tipo C1**

AREA TRIBUTARIAS = 20.40 m

AREA DE COLUMNA = 2458.88 cm²

B = 0.50 m

R = 0.30 m

- **Columna tipo C1 '**

AREA TRIBUTARIAS = 20.40 m

AREA DE COLUMNA = 2458.88 cm²

B = 0.50 m

R = 0.30 m

- **Columna tipo C2, C3**

AREA TRIBUTARIAS = 15.56 m

AREA DE COLUMNA = 1875.80 cm²

B = 0.45 m

R = 0.25 m

- **Columna tipo C4**

AREA TRIBUTARIAS = 6.35 m

AREA DE COLUMNA = 764.86 cm²

B = 0.30 m

R = 0.20 m

- **Pre dimensionamiento de placas.**

En el caso de las placas que su función principal es de absorber las fuerzas producidas en un sentido más que en el otro frente a un sismo se colocaran según se presente desplazamientos máximos permitidos.

- **Pre dimensionamiento de escaleras**

Se tiene tres tipos de escaleras.

$$e = \frac{L}{20} \quad e = \frac{L}{25}$$

PRIMER NIVEL

PASO = 0.25m

CONTRA PASO = 0.17 m

DESCANSO = 1.00 m

LONGITUD TOTAL $L_o = 4.60$ m

ANCHO DE BASE $B = 1.20$ m

ALTURA 1 $H_1 = 1.85$ m

ALTURA 2 $H_2 = 1.85$ m

GARGANTA PRIMER TRAMO

$L = 4.03$ m

$e_1 = 0.20$ m

$e_2 = 0.16$ m

$$e = 0.20 \text{ m}$$

NUMERO DE ESCALONES

$$N = 14 \text{ und}$$

GARGANTA SEGUNDO TRAMO

$$L = 4.03 \text{ m}$$

$$e_1 = 0.20 \text{ m}$$

$$e_2 = 0.16 \text{ m}$$

$$e = 0.20 \text{ m}$$

NUMERO DE ESCALONES

$$N = 14 \text{ und}$$

SEGUNDO NIVEL (TÍPICO)

$$\text{PASO} = 0.25 \text{ m}$$

$$\text{CONTRA PASO} = 0.17 \text{ m}$$

$$\text{DESCANSO} = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{LONGITUD TOTAL } L_o = 4.60 \text{ m}$$

$$\text{ANCHO DE BASE } B = 1.20 \text{ m}$$

$$\text{ALTURA 1 } H_1 = 1.65 \text{ m}$$

ALTURA 2 H2 = 1.65 m

GARGANTA PRIMER TRAMO

L= 3.96 m

e1= 0.20 m

e2= 0.16 m

e= 0.20 m

NUMERO DE ESCALONES

N = 14 und

GARGANTA SEGUNDO TRAMO

L= 4.03 m

e1= 0.20 m

e2= 0.16 m

e= 0.20 m

NUMERO DE ESCALONES

N = 14

DUPLEX

PASO = 0.25 m

CONTRA PASO = 0.17 m

DESCANSO = 1.00 m

LONGITUD TOTAL $L_o = 4.60$ m

ANCHO DE BASE $B = 1.20$ m

ALTURA 1 $H_1 = 1.65$ m

ALTURA 2 $H_2 = 1.65$ m

GARGANTA PRIMER TRAMO

$L = 3.96$ m

$e_1 = 0.20$ m

$e_2 = 0.16$ m

$e = 0.20$ m

NUMERO DE ESCALONES

$N = 14$ und

GARGANTA SEGUNDO TRAMO

$L = 4.03$ m

$e_1 = 0.20$ m

$e_2 = 0.16$ m

$e = 0.20$ m

NUMERO DE ESCALONES

N = 14 und

- Pre dimensionamiento de cimentación

Para el presente proyecto la estructura será diseñada con una cimentación de tipo superficial, este tipo serán zapatas conectadas a las cuales analizaran de manera independiente a todo el proyecto ya que no influyen en los sistemas de disipación

- Pre dimensionamiento de capiteles para el sistema de aislación

En planta, los capiteles o pedestales donde se ubicarán los aisladores sísmicos deberán tener mayores dimensiones que las vigas; Su altura debe ser mayor que el peralte de las vigas por lo menos 10 cm de más; Por lo cual las dimensiones ideales de los pedestales en planta deberán ser de 1.00 x 1.00 m y su altura es de 1.00 m, de modo que mayor peralte más rigidez.

Capitel

LADO MAYOR = 1 m

LADO MENOR = 1 m

DESCANSOS = 0.75 m

Nota: Para el pre dimensionamiento de zapatas se necesita la información necesaria sobre los parámetros del suelo de fundación (EMS) como dicho lugar es hipotético se tomará en cuenta un suelo con los parámetros generales de la ciudad de Puno

Para la carga Dinámico de la Estructura se utiliza un Espectro de respuesta según la norma sugerida para cada análisis, esto es necesario para comparar la fuerza cortante mínima en la base y compararlos con los resultados de un análisis estático. esto es para cada dirección de la Edificación en planta (X e Y)

4.2. Análisis sísmico estático y dinámico de la edificación.

4.2.1. Consideraciones iniciales para el análisis

Una forma eficaz de realizar el análisis de una edificación es a través del software etabs el cual proporciona un modelo matemático acorde a los requerimientos necesarios por las normas empleadas por lo cual debemos seguir los siguientes pasos para el modelamiento matemático en dicho software:

Para empezar a modelar como en cualquier programa debemos crear un archivo nuevo para esto seguiremos el siguiente paso File seguidamente de New Model y con figuraremos la ventana que aparecerá:

Esta ventana es sobre las condiciones de uso y normas que rigen a nuestra edificación, de entre ellas debemos elegir las características más acordes con nuestras condiciones de nuestra edificación y aceptaremos:

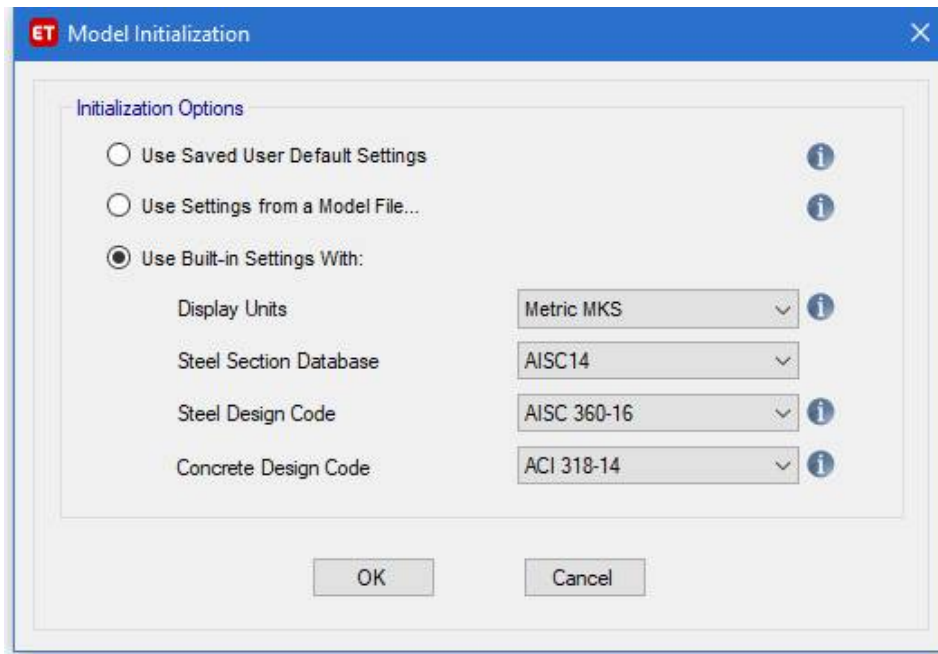


Figura 38: Inicialización de modelo

4.2.2. Configuración geométrica y modelamiento estructural:

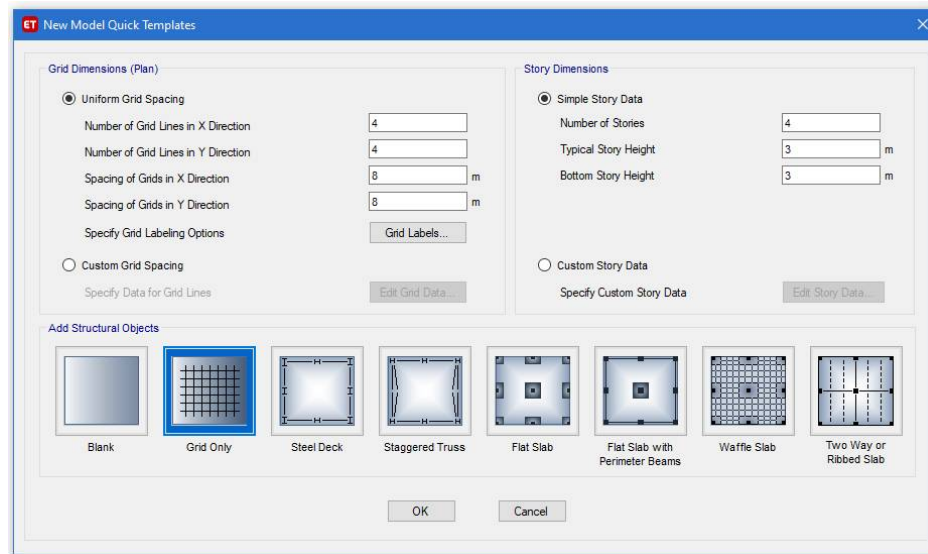


Figura 39: Nuevo modelo

Seguida mente aparecerá una nueva ventana emergente donde ingresaremos las líneas base que estarán dadas por características dimensionales de la estructura (ejes y niveles):

Características dimensionales de la estructura

N° de niveles 9.00 NIVELES + AZOTEA

primer nivel 3.63 ml

nivel típico 3.25 ml

azotea 1.20 ml

ANCHO ENTRE EJES

PORTICO PRINCIPAL

A - B 5.00 ml

B - C 4.60 ml

C - D 4.60 ml

D - E 4.60 m

E - F 5.00 m

PORTICO SECUNDARIO

1 - 2 3.00 m

2 - 3 4.30 m

3 - 4 4.30 m

4 - 5 2.00 m

5 - 6 4.30 m

6 - 7 4.30 m

7 - 8 3.00 m

Para crear la distribución de los ejes tanto en X como en Y usaremos la opción de **Custom Grid Spacing** seguidamente de **Edit Grid Data**. Donde ingresaremos los datos necesarios y aceptaremos

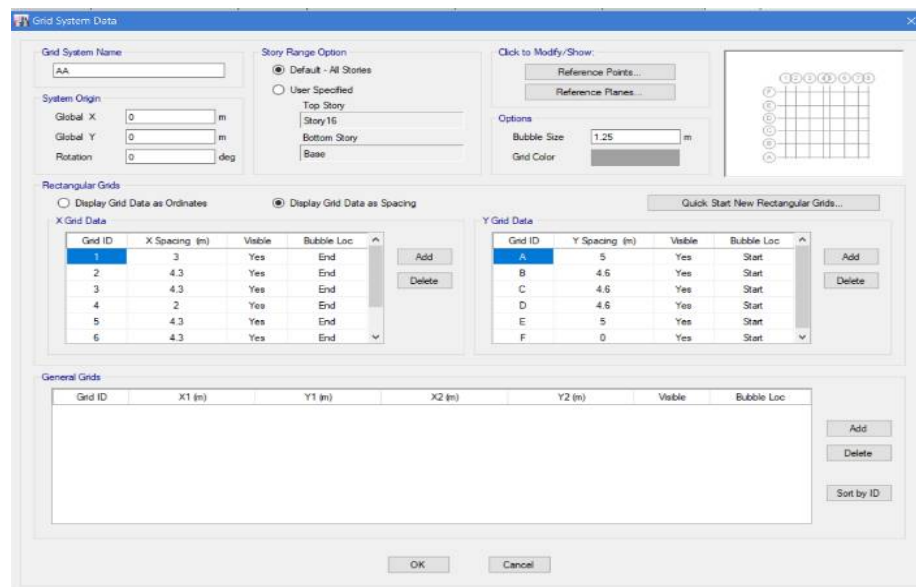


Figura 40: Sistema de datos

Seguidamente regresaremos a la ventana anterior; Para ingresar los niveles de nuestra edificación ingresaremos a Custom Storry Data seguidamente de Edit Estory Data ya que el software por defecto nos da una misma altura para todos los niveles de la edificación.

Es aquí donde ingresaremos los niveles y alturas necesarias de nuestra edificación y aceptaremos

Esto nos devolverá una vez más a la ventana anterior donde ya habiendo configurado los ejes y niveles aceptaremos.

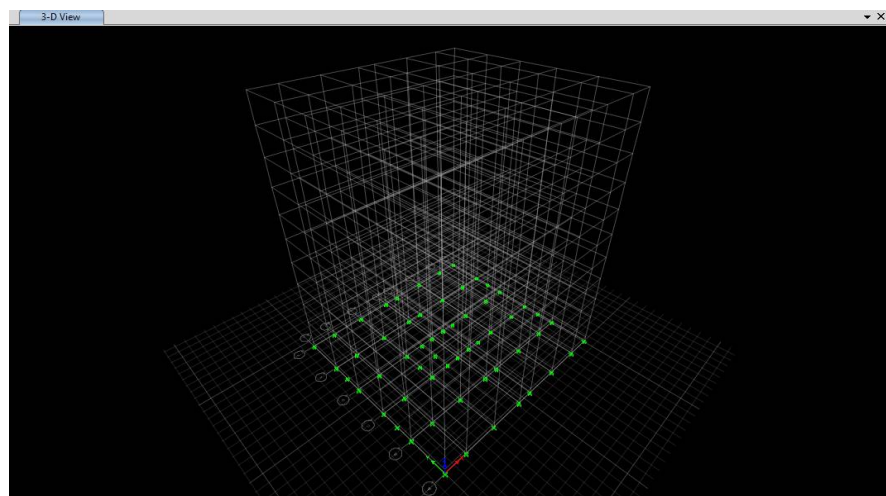


Figura 41: Visualización 3D

4.2.1.1. Unidades:

Para empezar a modelar la estructura y sus elementos que lo componen debemos elegir las unidades y la precisión en el que vamos a trabajar en el software para esto debemos dirigirnos a (Units/ Consistent Units/) y elegir las unidades básicas a utilizar y aceptar, seguidamente ir a (Units/ Show Units Form/) para configurar todos los parámetros necesarios en los que trabajaremos

Item	Length Unit	Force Unit	Temperature Unit	Units Label	Decimal Places	Minimum Significant Figures	Zero Tolerance
Structure Dimensions							
Absolute Distance	m			m	4	1	5E-07
Relative Distance					4	1	5E-07
Structure Area	m			m ²	2	1	5E-05
Angles				deg	3	1	5E-06
Section Dimensions							
Length	m			m	5	1	5E-08
Area	m			m ²	4	1	5E-07
Length ³	m			m ³	6	1	5E-09
Length ⁴	m			m ⁴	6	1	5E-09
Length ⁶	m			m ⁶	3	1	5E-06
Rebar Area	cm			cm ²	6	1	5E-09
Rebar Area/Length	cm			cm ² /cm	5	1	5E-08
Displacements							
Translational Displ	cm			cm	6	1	1E-12
Rotational Displ				rad	6	1	1E-12
Drift					6	1	5E-09
Gen Displ L/Rad	m			m/rad	5	1	5E-08
Gen Displ Rad/L	m			rad/m	3	1	5E-06
Forces							
Force		kgf		kgf	2	1	5E-05
Force/Length	m	kgf		kgf/m	2	1	5E-05
Force/Area	m	kgf		kgf/m ²	2	1	5E-05
Moment	m	kgf		kgf·m	2	1	5E-05
Moment/Length	m	kgf		kgf·m/m	2	1	5E-05
Temperature			C	C	3	1	5E-06
Temperature Change			C	C	3	1	5E-06
Temperature Gradient	m		C	C/m	2	1	5E-05
Stresses							
Modulus	cm	kgf		kgf/cm ²	2	1	5E-05
Stress Input	cm	kgf		kgf/cm ²	2	1	5E-05
Stress Output	cm	kgf		kgf/cm ²	2	1	5E-05
Strain	m			m/m	6	1	5E-09
Stiffness							
Translational Stiffness	m	kgf		kgf/m	2	1	5E-05
Rotational Stiffness	m	kgf		kgf·m/rad	2	1	5E-05
TransRot Coupled Stiff		kgf		kgf/rad	2	1	5E-05
Trans Stiffness/Length	m	kgf		kgf/m/m	2	1	5E-05
Rot Stiffness/Length		kgf		kgf/rad	2	1	5E-05
Trans Stiffness/Area	m	kgf		kgf/m/m ²	2	1	5E-05
Time Related							
Period				sec	3	1	5E-06
Frequency				cyc/sec	3	1	5E-06
Acceleration-Trans	m			m/sec ²	4	1	5E-07
Acceleration-Rot				rad/sec ²	3	1	5E-06
Velocity-Trans	m			m/sec	3	1	5E-06
Velocity-Rot				rad/sec	3	1	5E-06
Other Time (Seconds)				sec	4	2	5E-07
Mass and Weight							
Mass	m	kgf		kgf·s ² /m	2	1	5E-05
Mass/Length	m	kgf		kgf·s ² /m ²	2	1	5E-05
Mass/Area	m	kgf		kgf·s ² /m ³	2	1	5E-05
Mass/Volume	m	kgf		kgf·s ² /m ⁴	3	1	5E-06
Weight		kgf		kgf	2	1	5E-05
Weight/Length	m	kgf		kgf/m	2	1	5E-05
Weight/Area	m	kgf		kgf/m ²	2	1	5E-05
Weight/Volume	m	kgf		kgf/m ³	2	1	5E-05
Weight/Length ²	m	kgf		kgf·m ²	2	1	5E-05
Rotational Inertia	m	kgf		kgf·m·s ²	2	1	5E-05
Length ⁵	m			m ⁵	6	1	5E-09
Modal Factors							
Modal Participation - Trans	m	kgf		kgf·m	6	1	5E-09
Modal Participation - Rot	m	kgf		kgf·m	6	1	5E-09
Modal Stiffness	m	kgf		kgf·m	2	1	5E-05
Participation Mass Ratios					4	1	5E-07
Modal Mass	m	kgf		kgf·m·s ²	4	1	5E-07
Damping Items							
EF Damping - Trans	m	kgf		kgf·s/m	2	1	5E-05
EF Damping - Rot	m	kgf		kgf·s·m/rad	2	1	5E-05
EF Damping - Coupled		kgf		kgf·s/rad	2	1	5E-05
NL Damping - Trans	m	kgf		kgf·(s/m) ² ·Cexp	2	1	5E-05
NL Damping - Rot	m	kgf		kgf·m ² ·(s/rad) ² ·Cexp	2	1	5E-05
EF Damping - Trans/Length	m	kgf		kgf·s/m ²	2	1	5E-05
EF Damping - Trans/Area	m	kgf		kgf·s/m ³	2	1	5E-05
Damping Ratio					4	1	5E-07
Miscellaneous							
1/Length	m			1/m	3	1	5E-06
1/Length ²	m			1/m ²	3	1	5E-06
Price/Weight		kgf		Price/kgf	6	1	5E-09
Energy	m	kgf		kgf·m	2	1	5E-05
Thermal Coefficient			C	1/C	8	1	5E-11
Slider Rate	m			sec/m	3	1	5E-06
Demand Capacity Ratio					3	1	5E-06
Reinforcement Ratio					4	1	5E-07

Expand Form

OK Cancel

Figura 42: Unidades mostradas

4.2.1.2. Configuración de materiales y elementos estructurales

Para crear los materiales con los que trabajaremos debemos seguir la siguiente ruta **Define Material Properties** seguidamente de **Add New Material** donde elegiremos el tipo de material luego de ingresar todos las propiedades de los materiales con los que trabajaremos aceptaremos como se muestra a continuación .

- **Especificaciones de materiales empleados del sistema existente.**

Como se indicó anterior mente, los materiales predominantes en la edificación se muestran a continuación:

CONCRETO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 1

Resistencia	$F'c = 210.00$	Kg/cm ²
Peso específico	P.U. = 2400.00	Kg/m ³
Módulo de elasticidad	$E = 218'819.79$	kg/cm ²
Módulo de Poisson	$U = 0.20$	
Modulo de corte	$Gc = 91'174.91$	Kg/cm ²

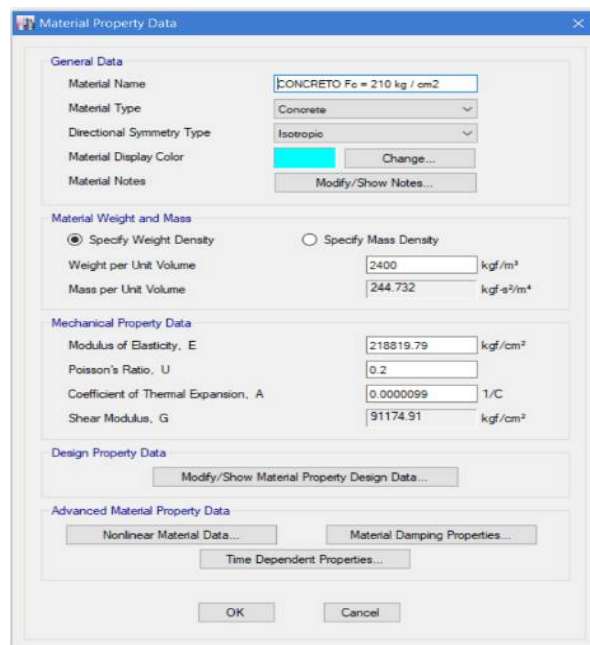


Figura 43: Datos de propiedad del material

CONCRETO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2:

Resistencia	$F'c = 280.00$	Kg/cm ²
Peso específico	P.U. = 2400.00	Kg/m ³
Módulo de elasticidad	$E = 252'671.33$	kg/cm ²
Módulo de Poisson	$U = 0.20$	
Modulo de corte	$Gc = 105'279.72$	Kg/cm ²

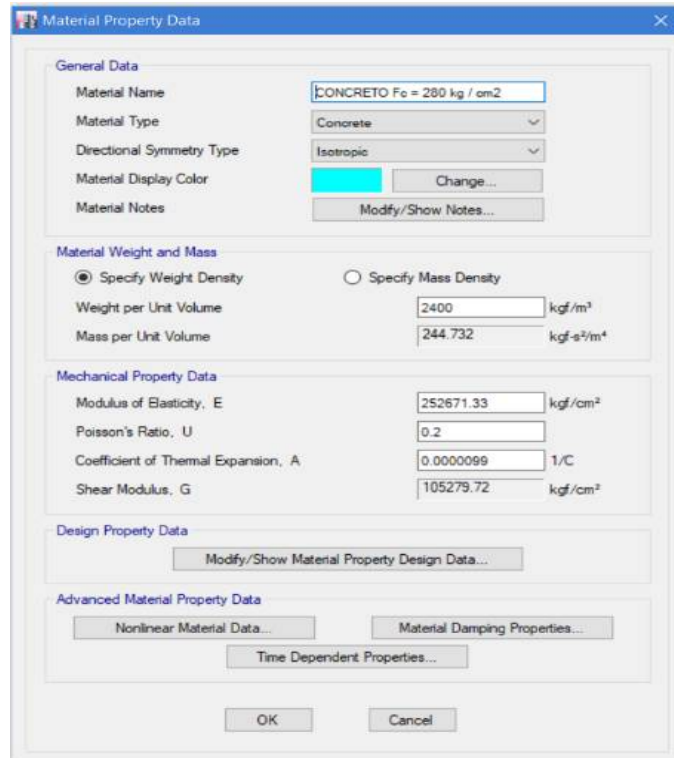


Figura 44: Datos de propiedad del material

ACERO CORRUGADO ASTM A - 615 (G° 60)

Resistencia en fluencia	$F'y = 4200.00$	Kg/cm ²
Peso específico	P.U. = 7849.05	Kg/m ³
Módulo de elasticidad	$E = 2,100'000.00$	kg/cm ²
deformación al inicio de fluencia	$U = 0.0021$	

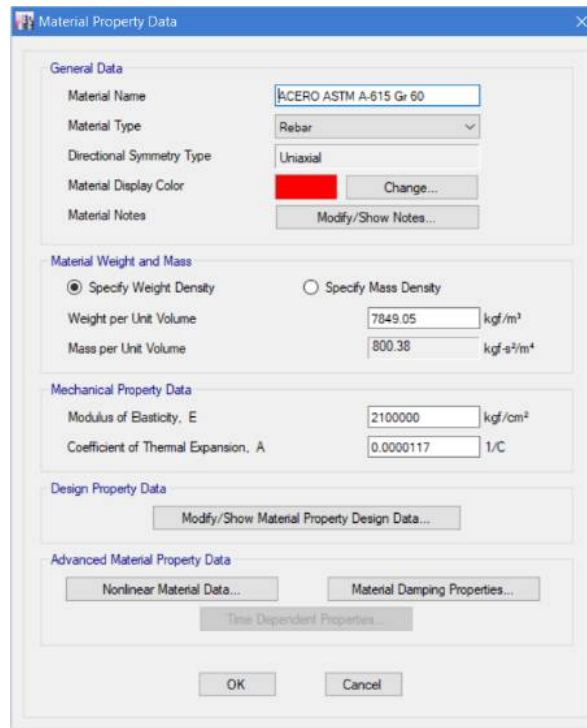


Figura 45: Datos de propiedad del material

- **Elementos estructurales del sistema:**

Para el ingreso de los elementos estructurales previamente dimensionados se realiza de la siguiente manera:

- **Losa Aligerada:** El RNE define la Losa como un elemento estructural, Para la creación de la losa con las características antes mencionadas deberemos hacerlos en Define seguidamente de **Section Properties** a continuación **Deck Sections** y por último en **Add New Property** donde completaremos las propiedades de la sección.

En cual en nuestro caso es de $h = 25$ cm y un peso unitario de 350.00 Kg/m²

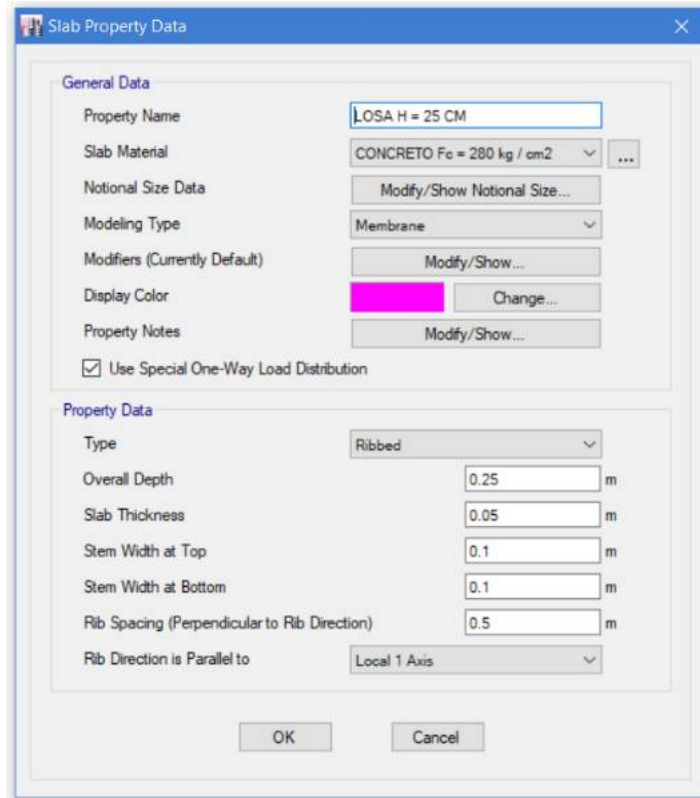
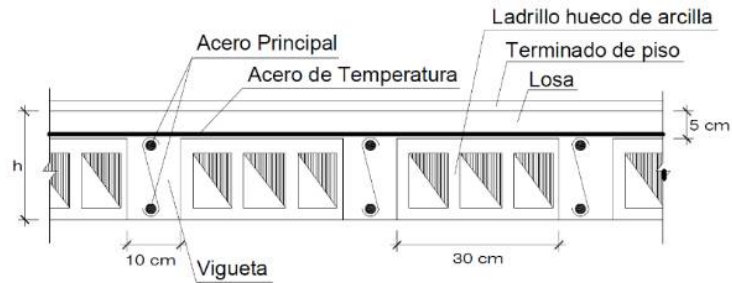


Figura 46: Datos de propiedad de losa

- **Vigas:** El RNE define elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión, donde peralte deberá estar en función de la longitud y la carga en las vigas.

Para la creación de las vigas con las características antes mencionadas deberemos hacerlos en **Define** seguidamente de **Section Properties** luego en **Frame Sections** y por último en **Add New Property** donde seleccionamos el tipo de sección y completaremos las propiedades de la sección.

En cuanto en nuestro caso se tiene:

vigas principales cuyas dimensiones son de $h = 50$ cm y de $b = 50$ cm

vigas secundarias cuyas dimensiones son de $h = 25$ cm y de $b = 40$ cm

vigas bordes cuyas dimensiones son de $h = 25$ cm y de $b = 15$ cm con un peso unitario de 100.00 Kg/m²

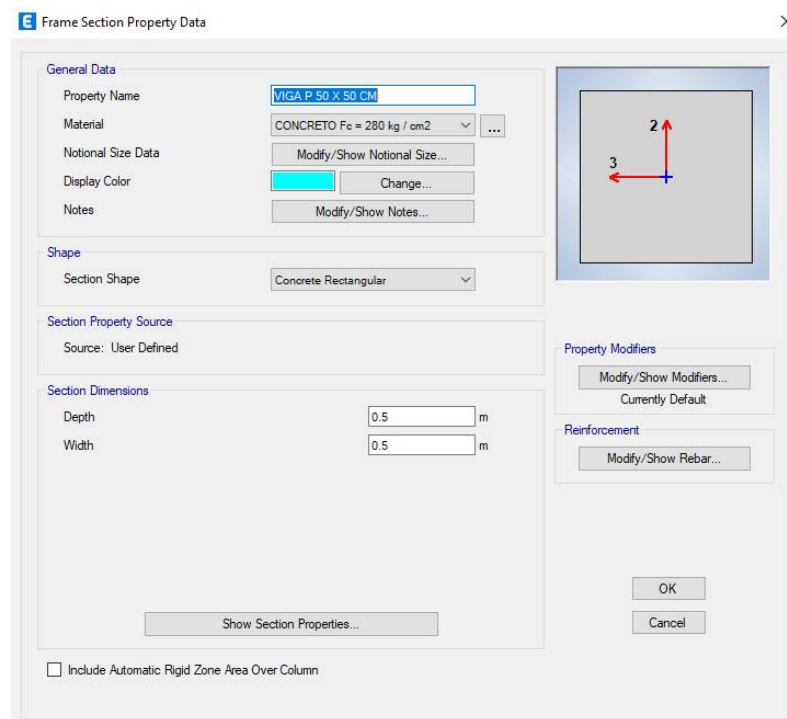


Figura 47: Datos de propiedad de la sección del marco

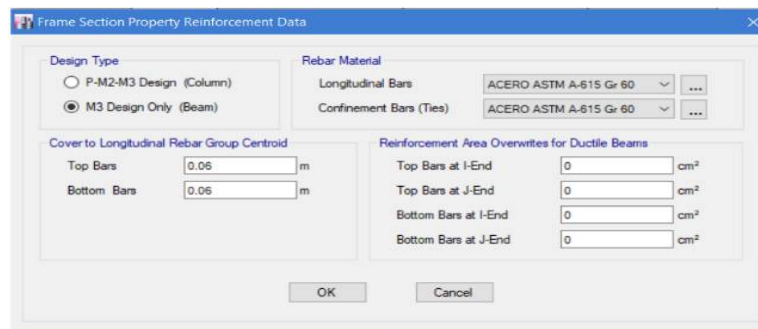


Figura 48: Datos de refuerzo de propiedades de sección de marco

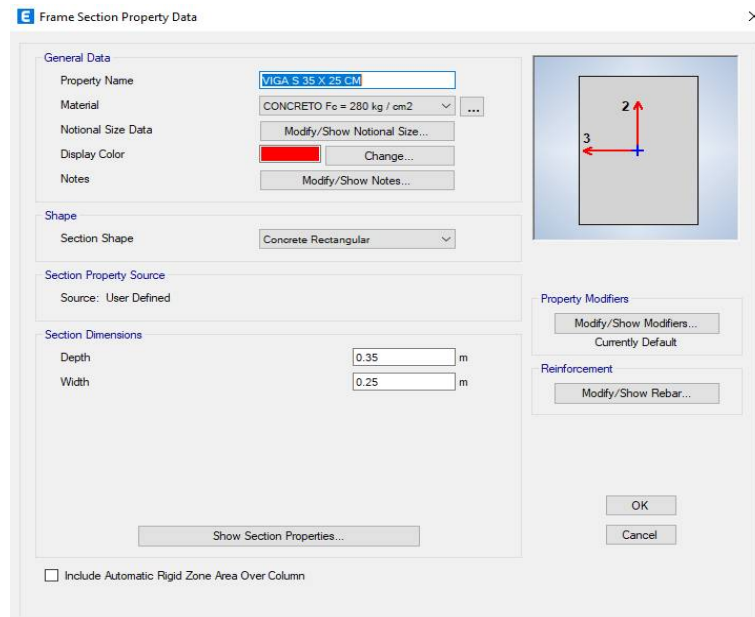


Figura 49: Datos de propiedad de la sección del marco

- **Columnas:** El RNE define como elemento la cual soporta carga puntual de los elementos superiores hasta la base, Compuesto de básicamente de concreto y acero

Para la creación de las columnas con las características antes mencionadas deberemos hacerlos en **Define** seguidamente de **Section Properties** luego en **Frame Sections** y pro último en **Add New Property** donde Seleccionaremos el tipo de sección para luego completar las propiedades de la sección.

En cuanto en nuestro caso se tiene las siguientes columnas cuyas dimensiones son $d = 50$ cm y $b = 50$ cm para C1 y $d = 45$ cm y $b = 45$ cm para C2, C3 cuya diferencia es el acero que llevan interior mente y un peso unitario de 60.00 Kg/m²

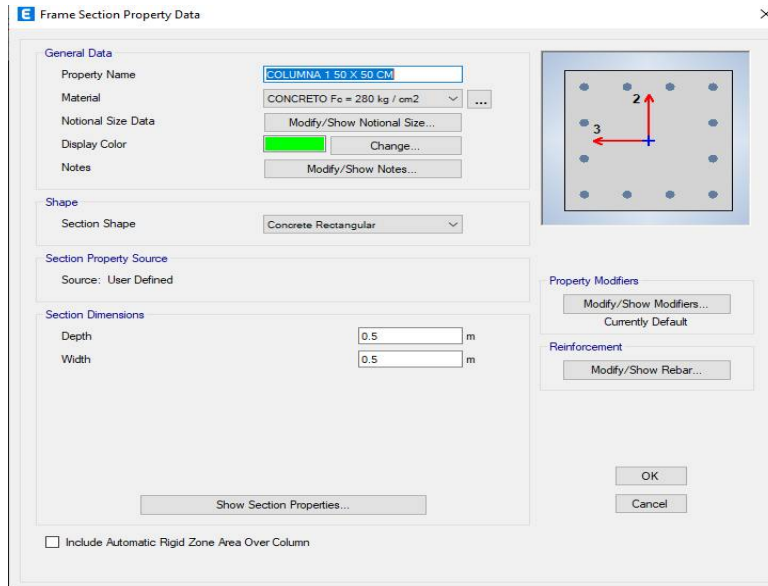


Figura 50: Datos de propiedad de la sección del marco

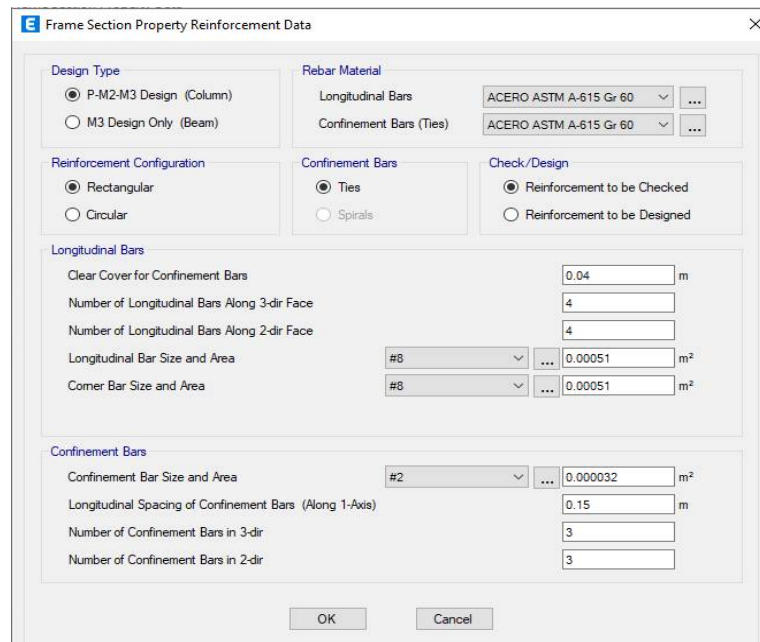


Figura 51: Datos de refuerzo de propiedades de sección de marco

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: COLUMNNA 2.45 X 45 CM

Material: CONCRETO $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.45 m

Width: 0.45 m

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

OK
Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column



Figura 52: Datos de propiedades de sección de marco

E Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: ACERO ASTM A-615 Gr 60

Confinement Bars (Ties): ACERO ASTM A-615 Gr 60

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spirals

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 0.04 m

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 4

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 4

Longitudinal Bar Size and Area: #5, 0.0002 m²

Corner Bar Size and Area: #8, 0.00051 m²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: #2, 0.000032 m²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 0.15 m

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

OK
Cancel

Figura 53: Datos de refuerzo de propiedades de sección de marco

E Frame Section Property Data ✕

General Data

Property Name:

Material: ...

Notional Size Data:

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape:

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: m

Width: m

Property Modifiers

(Currently Default)

Reinforcement

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

✕



Figura 54: Datos de propiedad de la sección del marco

E Frame Section Property Reinforcement Data ✕

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: ...

Confinement Bars (Ties): ...

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spirals

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: m

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face:

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face:

Longitudinal Bar Size and Area: ... m²

Corner Bar Size and Area: ... m²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: ... m²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): m

Number of Confinement Bars in 3-dir:

Number of Confinement Bars in 2-dir:

✕

Figura 55: Datos de propiedad de la sección del marco

- **Placas** : El RNE define que es un elemento arquitectónico vertical u horizontal de forma plana que normalmente tiene funciones estructurales las cuales es de soporte ,Compuesto de básicamente de concreto y acero,

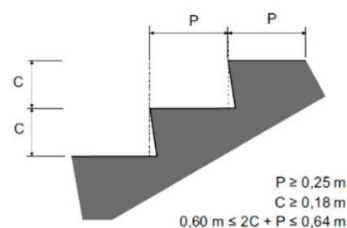
Para la creación de las placas con las características antes mencionadas deberemos hacerlos en **Define** seguidamente de **Section Properties** luego en **Wall Sections** y pro último en **Add New Property** donde completaremos las propiedades de la sección.

En cuanto en nuestro caso se tiene una placa estructural en forma de C que hace de soporte al ascensor cuyas dimensiones son de PL d = 20 cm , Lmin = 2.0 ml y de Lmax = 2.3 ml , además que estos elementos se utilizan para el control torsional de la estructura .

- **Escaleras:** Es una losa maciza inclinada, la cual sirve de acceso de un nivel a otro.

Para la creación de las escaleras con las características antes mencionadas deberemos hacerlos en **Define** seguidamente de **Section Properties** luego en **Slab Sections** y pro último en **Add New Property** donde completaremos las propiedades de la sección.

En cuanto en nuestro caso se tiene dos diferentes tipos de escaleras con las siguientes dimensiones:



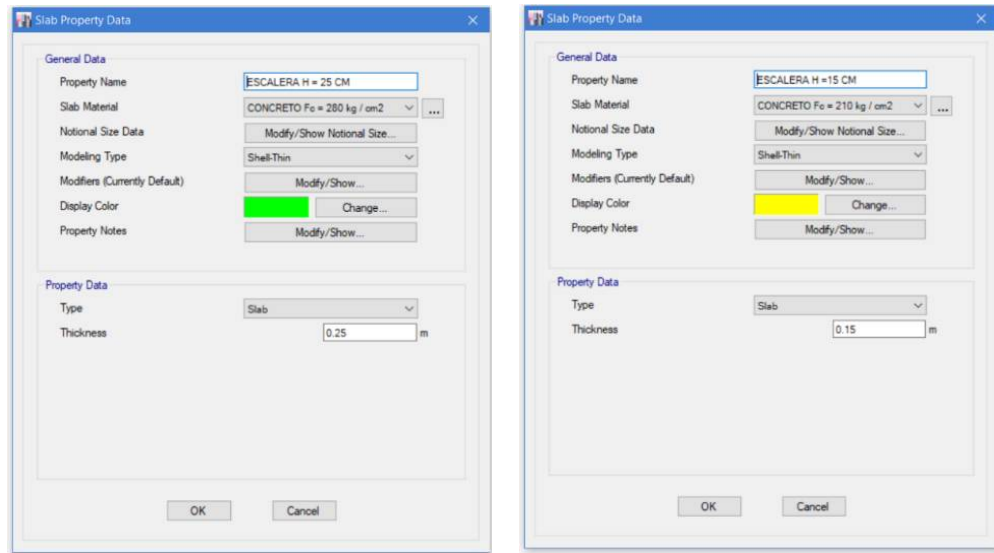


Figura 56: Datos de propiedad de losa

- **Modelamiento del edificio.**

Con los las características dimensionales y elementos estructurales ya realizadas se procederá a modelar la estructura con los pasos siguientes:

- Nos dirigiremos a la parte inferior derecha y elegir Similar Stories seguido de Draw Columns (Plan) y dibujar las columnas del edificio.
- Nos dirigiremos a Draw Walls y dibujar las placas del edificio.
- Nos dirigiremos a Draw Beam y dibujar las vigas del edificio.
- Nos dirigiremos a Draw Rectangular Floor y dibujar las losas del edificio.
- Nos dirigiremos a la parte inferior derecha y elegir One story seguidamente de Base luego seleccionar todos los nudos para luego dirigirnos a Assign seguidamente de Joint por último en Restraints Asignarle todas las restricciones y aceptar.
- Nos dirigiremos al piso superior para luego Eliminar y añadir los elementos necesarios para el techo de escaleras y ascensor.

- Nos dirigiremos a Base seguidamente de Draw para luego ir a Draw Reference Points donde dibujar los puntos necesarios para dibujar la escalera.
- Mostrar la elevación a continuación iremos a Draw para luego ir a Draw Reference Planes para dibujar los planos necesarios para dibujar la escalera.
- Mostrar en ventana izquierda la Base y en la ventana derecha para un diseño más cómodo por lo cual iremos a Reference Plane y en Draw Floor para dibujar el tramo inclinado de la escalera iniciando en la ventana izquierda, pasando por la ventana derecha y terminando en la ventana izquierda. Dibujar los descansos intermedios en la ventana derecha.
- Mostrar en la ventana izquierda el nivel 1 y en la ventana derecha Reference plano 1 luego nos dirigiremos a Draw Floor y dibujar el tramo inclinado de la escalera iniciando en la ventana derecha, pasando por la ventana izquierda y terminando en la ventana derecha.
- Nos dirigiremos a Select luego a Select seguidamente a Properties y por último a Slab Sections donde seleccionaremos el descanso y Tramo Inclinado.
- Haremos click derecho en una ventana seleccionaremos Add Modify Grids seguidamente de Modify Show Grid System por último Reference Points para eliminar todos los puntos de referencia y aceptaremos de la misma manera Reference Planes para eliminar todos los planos de referencia y aceptaremos.
- Finalmente tendremos el modelo:

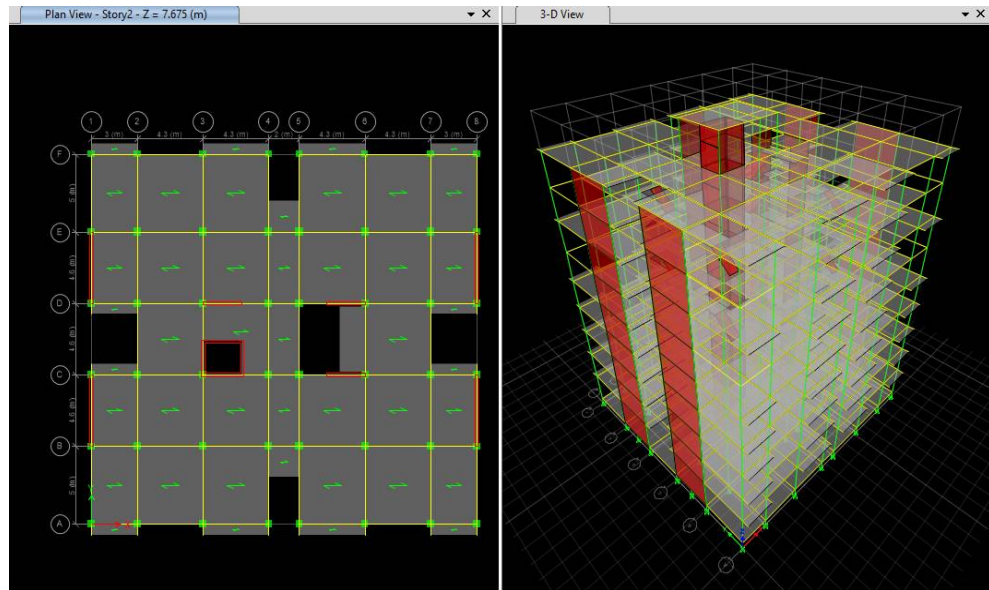


Figura 57: Visualización del plan en 3D

4.2.1.3. Cargas que afectan al sistema:

De la misma forma que se ingresó los elementos al software deberemos ingresar las cargas de los electos no estructurales previamente metradas al modelo matemático.

4.2.1.3.1. Definición de patrones de cargas:

En esta etapa se define los diferentes tipos de carga que va a soportar la estructura como carga viva (CV) , carga muerta (CM) , sobre carga permanente (SCP) y carga viva de techo (CVT) ; Por defecto el software ya contiene la CM y CV para ingresar las cargas faltantes se realizara en **Define** seguidamente de **Load Patterns** donde configuraremos las cargas faltantes

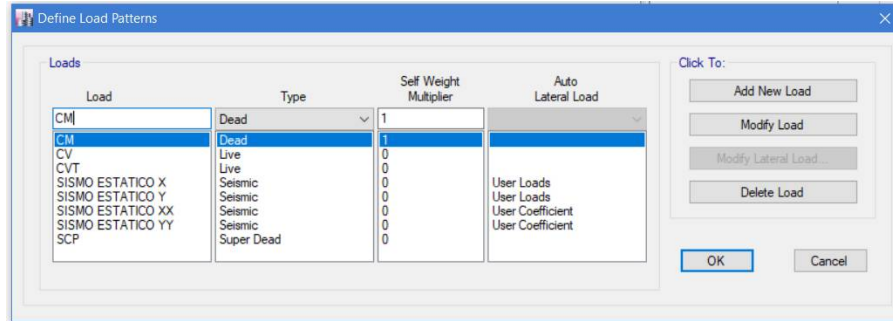


Figura 58: Patrones de carga por gravedad (MDL)

4.2.1.3.2. Peso sísmico:

El RNE proporciona una pequeña combinación de cargas que generaran el peso total de la edificación se denominada como peso sísmico o peso efectivo.

En nuestro caso la edificación es de uso multifamiliar y estará dada por la categoría (C) con el peso sísmico siguiente :

$$P = 100\%S.C.P. + 100\%C.M. + 25\%C.V. + 25\% C.V.T.$$

Este peso sísmico será calculado por el Método de Acoplamiento Cercano de Masas Concentradas.

Para lo cual iremos a Define seguida mente de Mass Source donde completaremos los datos antes mencionados.

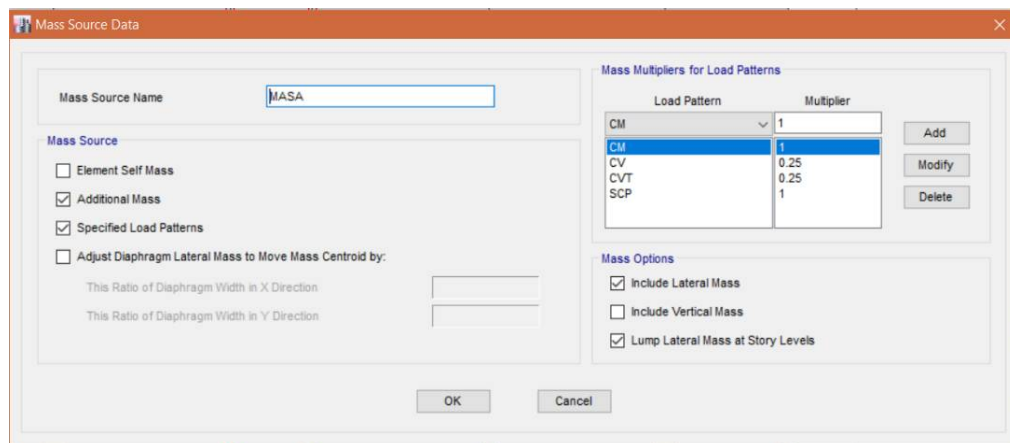


Figura 59: Entrada de datos para el calculo de Peso Sísmico (MDL).

4.2.1.3.3. Tipos de cargas

- **Cargas estáticas:**

Carga muerta (C.M.): es el peso propio de los electos estructurales que conforman la edificación como losas, vigas, escaleras, columnas y placas entre otros elementos estructurales, las cuales el software etabs por defecto lo denomina como de tipo “Dead” para nuestro caso sería el siguiente.

losa aligerada	350.00	Kg/m2
vigas	100.00	Kg/m2
columnas	60.00	Kg/m2
escaleras	100.00	Kg/m2
placas	212.00	Kg/m2

Carga variable o carga viva (C.V. o S/C): son todos los componentes móviles del edificio los cuales no están fijos o en un solo lugar tales como: Maquinaria de ascensor, Muebles, Peso de los habitantes del edificio, etc. las cuales el software etabs por defecto lo denomina como “Live” y se asigna carga viva con en este patrón.

Carga Viva de Techo (C.V.T.): de la misma manera que la carga viva se toma en cuenta una carga viva en el techo menor que la carga viva de entre piso está dada según el RNE para los techos u azoteas. La cual denominaremos como tipo “Live” y se asigna carga con en este patrón, solamente en el techo.

vivienda:	200.00	Kg/m2
escaleras:	200.00	Kg/m2
sala de máquinas ascensor:	1000.00	Kg/m2
azotea (CVT):	100.00	Kg/m2

Una vez identificado las cargas se procederá a asignar las cargas sobre las losa que lo soportaran de acuerdo con el tipo de carga que se tiene, para la asignación de cargas se realizara en la sigue forma primero seleccionaremos las losas nos dirigiremos a **Assign** seguidamente de **Shell Loads** y por último en **Uniform**. Completaremos los datos necesarios y aceptaremos.

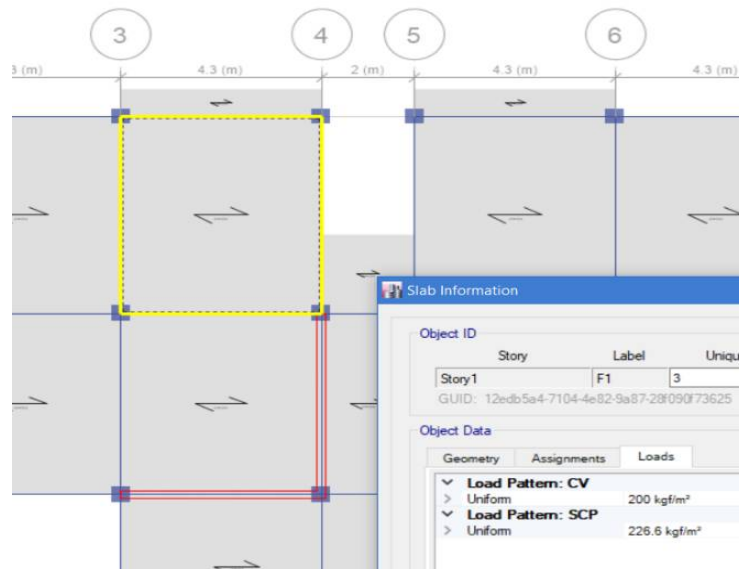


Figura 60: Información de losas

- **Sobrecarga permanente (S.C.P.)**

Son todas aquellas cargas de los elementos no estructurales tales como el peso propio de muros no estructurales (tabiquería), cielorraso, pisos terminados, entre otros La cual denominaremos como tipo “**Super Dead**” y deberán ser asignados según los planos arquitectónicos.

Cielo Raso de 2 cm	20.00 Kg/m ²
piso terminado 2.5 cm	60.00 Kg/m ²
Ventanal	25.00 Kg/m ²
Tecnopor	1.00 Kg/m ³

cerámica para pisos	27.00 Kg/m ²
SCP Para la losa	80.00 Kg/m ²
SCP para escaleras	47.00 Kg/m ²
SCP de muros no estructurales	301.09 Kg/m ²
SCP para tanque elevado	2200.00 Kg/m ²

Para esto deberemos asignar por ejemplo los muros de tabiquería sobre las vigas que soportan de la siguiente manera **Assign** luego en **Frame Loads** seguidamente de **Distributed** para colocar el peso por metro lineal de los parapetos.

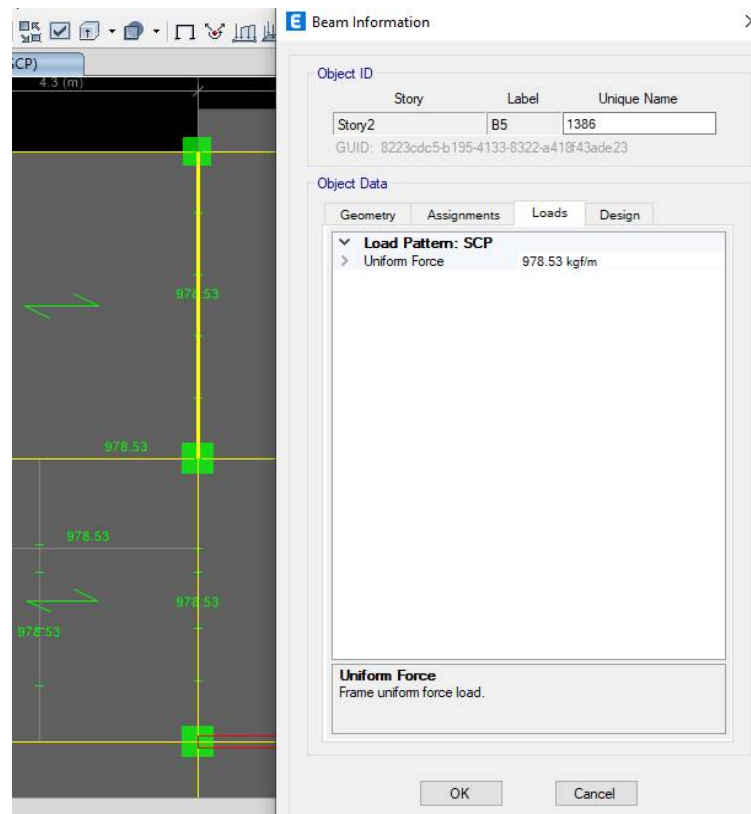


Figura 61: Información del haz

4.2.1.4. Asignación de condiciones:

- **Brazos Rígidos:** esto es para asignar la distancia de unión entre vigas que conforman la losa esto se hará seleccionar todas las vigas para

luego ir a **Assign** seguidamente de **Frame** para luego seleccionar **End Length Offsets** donde completaremos la información y aceptaremos .

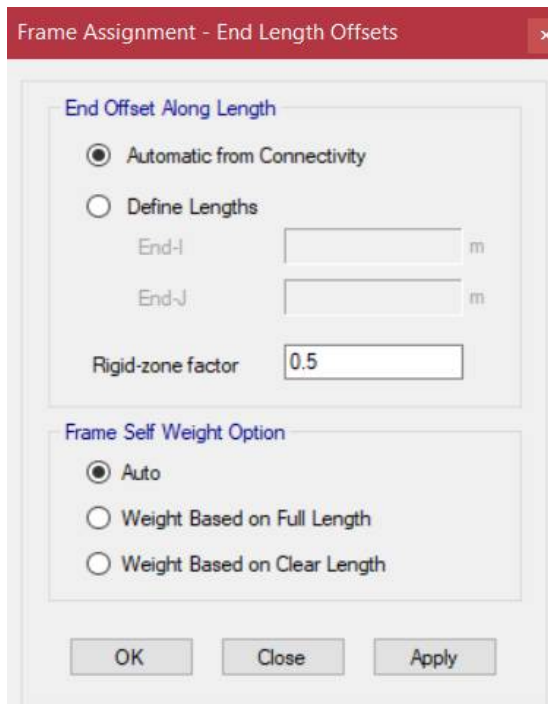


Figura 62: Asignación de fotogramas

- **Ensamblaje entre Losas y Elementos Frame:** esto es para que las losas y las vigas actúe como un solo elemento para esto debemos seleccionamos todo **All** seguidamente de **Assign** para luego seleccionar **Frame** por último seleccionaremos **Frame Floor Meshing Options** (Usar **Lineas** para discretizar pisos) y aceptamos.

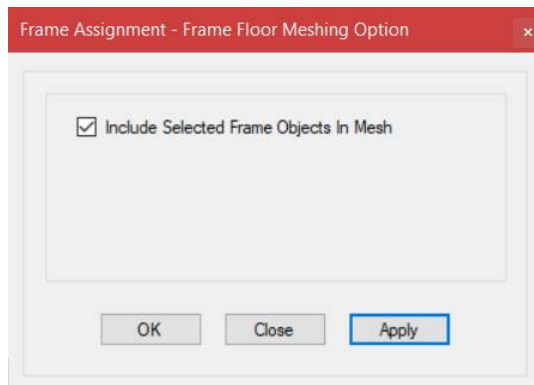


Figura 63: Asignación de fotogramas

- **Ensamblaje Entre Losas Y Muros:** esto es para que las losas, las columnas y placas actúe como un solo elemento para esto debemos seleccionamos todo **All** dirigimos a **Assign** seguidamente ir a **Shell** y por último en **Auto Edge Constraint** (Delimitación automática de borde).

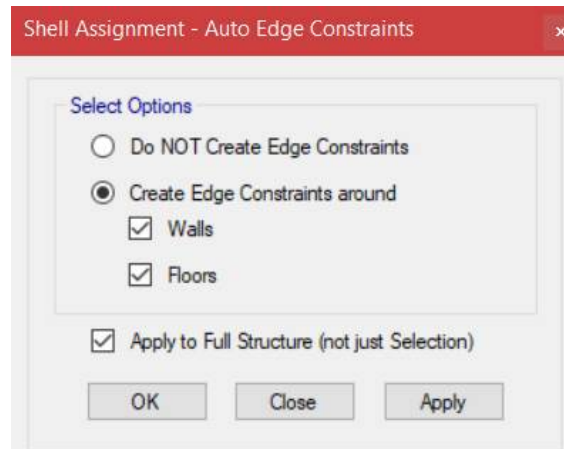


Figura 64: Asignación de shell

4.2.1.5. Centros de masas:

En este proceso asignaremos el Diafragma Rígido para que los diferentes niveles se comporten como un solo bloque estructura ante un sismo. Esto es para que todos los elementos verticales por nivel sufren el mismo Desplazamiento como se tratará de una sola simulando la vida real, esto no incluirá las escaleras, para esto debemos crear los diafragmas dirigiéndonos a **Define** seguidamente de **Diaphragms** donde seleccionaremos **Add New Diaphragm** donde por último en **Rigid** y daremos en aceptar.

Con los diafragmas ya creados debemos asignar por cada piso seleccionando las losas por cada uno de los niveles (no incluir los elementos de escaleras): dirigiendo nos a **Assign** seguidamente de **Joint** para luego ir a **Diaphragms** Asignar el diafragma correspondiente y aceptar.

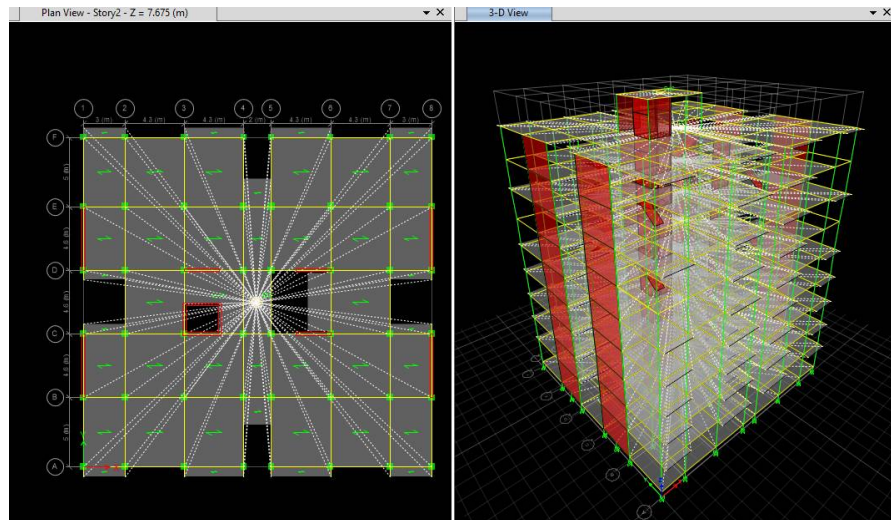


Figura 65: Asignación de diafragma rígido (MDL).

4.2.2. Análisis sísmico del sistema estructural

4.2.2.1. Análisis sísmico estático:

Para el análisis estático se elaborará 2 tipos diferentes de un análisis semi manual elaborado por software y Excel donde se ingresarán las cortantes manual mente y otro por software donde el programa etabs elaborara le calculo automático de las cortantes.

4.2.2.1.1. Modos de vibración:

El edificio en estudio consta de 9 niveles y uno de servicio entonces necesitamos 3 modos por cada uno de ellos siendo un total de 27 modos,

Para asignar los mods de vibración debemos dirigirnos a **Define** luego a Modal **Cases** para por último en **Modify Show Case** Completar la información y aceptaremos.

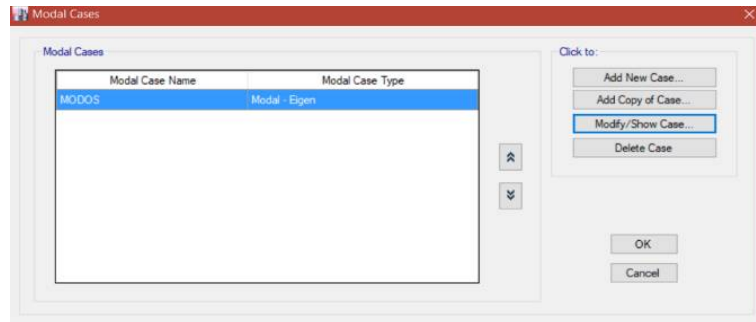


Figura 66: Casos modales

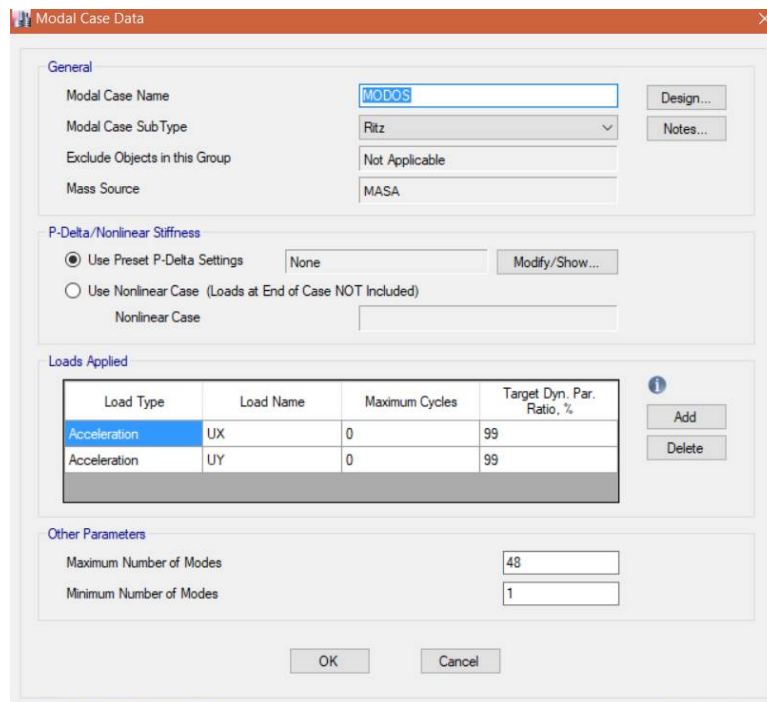


Figura 67: Definición de los modos de vibrar (MDL).

- **Zonificación, según e.030-2016 (2.1)**

Departamento: PUNO
 Provincia: PUNO
 Distrito: PUNO
 Zona Sísmica: 3

- **Parámetros de sitio, según e.030-2016 (2.4)**

La edificación está ubicada en un suelo rígido, por lo que su período de plataforma de suelo (T_p , T_I) y el factor de suelo (S) será las siguientes respectivamente.

Perfil de Suelo Tipo: S1
 $S = 1.00$

Roca o Suelos Muy Rígidos: Roca fracturada, arena muy densa o grava arenosa densa, arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m).

$TP = 0.40$
 $TL = 2.50$
 $V_s = 500 \text{ m/s a } 1500 \text{ m/s}$
 $N_{60} = > 50$
 $S_u = > 100 \text{ kPa}$
 $q_u = 5 \text{ kg/cm}^2 \text{ a } 1 \text{ Kg/cm}^2$

- **Categoría del edificio, según e.030-2016 (3.1)**

La estructura al ser un edificio destinado para viviendas pertenece a la categoría C - edificaciones comunes, por lo que tendrá un factor de uso e importancia « U » de 1.0

Categoría del Edificio: C (Comunes)
 $U = 1.0$

4.2.2.1.2. Restricciones de irregularidad, según e.030-2016 (3.7)

No se permiten irregularidades extremas

- **Factor de amplificación sísmica, según e.030-2016 (2.5)**

Se define como la respuesta de la estructura ante la aceleración en su cimentación, esta amplificación depende de cada estructura en función del período fundamental de

vibración T. Se tabularon valores T – C para así conseguir el espectro de diseño, utilizando la siguiente fórmula para cada dirección respectivamente:

$$\begin{array}{ll}
 T < T_p & C = 2.5 \\
 T_p < T < T_L & C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T > T_L & C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{array}
 \quad T = \frac{hm}{Ct} \quad T = \frac{hm}{Ct}$$

Para asegurar el periodo real de la estructura el software etabs nos proporcionara el máximo periodo efectivo de la estructura el cual lo encontraremos en la siguiente ruta **Tables / Analysis / Results / Modal Results / Modal Periods and Frequencies**. Tras el primer análisis

Periodo (T)	
Modal 1	73.85%
Sec	1.039
Ux	07386
Uy	1.98x10 ⁻⁵
Rz	0
Modal 2	71.03%
Sec	0.653
Ux	1.15x10 ⁻⁵
Uy	0.7103
Rz	0.0025
Modal 3	69.36%
Sec	0.627
Ux	0
Uy	0.0024
Rz	0.6936

Para Dirección X

hn = 32.88 Altura Total de Edificio

CT = 45.00 Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

Tx= 1.04 SEGÚN ETABS

Cx= 0.9624 TP < T < TL

Para Dirección Y

hn = 32.88 Altura Total de Edificio

CT = 45.00 Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

Ty= 0.65 SEGÚN ETABS

Cy= 1.5314 TP < T < TL

- **Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas, según e.030-2016 (3.4)**

El coeficiente de reducción se obtiene a través de la RNE donde su valor depende del sistema estructural utilizado. La estructura a evaluar en las dos direcciones,

Sistema Estructural en x: Concreto Armado: Pórticos

R0x = 6

Sistema Estructural en y: Concreto Armado: Pórticos

R0y = 6

- **Factores de irregularidad, según e.030-2016 (3.6)**

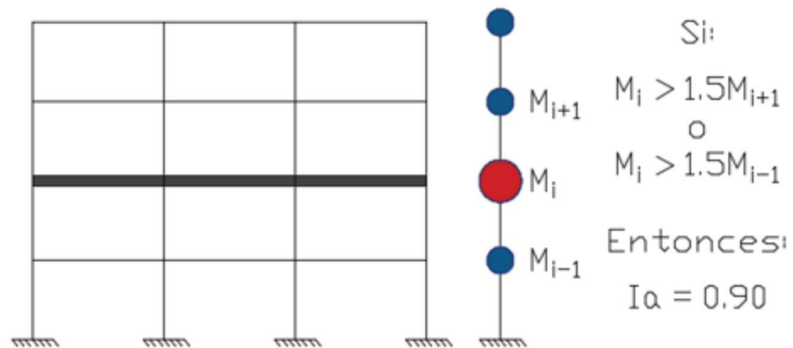
El factor de reducción se obtiene a través de la RNE donde su valor depende del sistema estructural utilizado. La estructura a evaluar en las dos direcciones:

- **Irregularidades estructurales en altura**

- Verificación irregularidad de masa o peso

Peso sísmico efectivo, peso sísmico promedio

$$P = (CM + SCP) + 25\% CV + 25\% CVT$$



DIRECCIÓN X e Y	kgf	kgf		
N° PISO	masa (mix)	masa (miy)	Lim (Kg-fs ² /m)	VERIFICACIÓN
PISO 10	8541.76	8541.76	-	REGULAR
PISO 9	50701.88	50701.88	93389.3	REGULAR
PISO 8	62259.52	62259.52	94823.9	REGULAR
PISO 7	63215.95	63215.95	93389.3	REGULAR
PISO 6	62259.52	62259.52	94823.9	REGULAR
PISO 5	63215.95	63215.95	99532.1	REGULAR
PISO 4	66354.73	66354.73	99532.1	REGULAR
PISO 3	66354.73	66354.73	99532.1	REGULAR
PISO 2	66354.73	66354.73	100757.6	REGULAR
PISO 1	67171.75	67171.75	99532.1	REGULAR

FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_a = 1.00$

- Verificación de irregularidad geométrica vertical

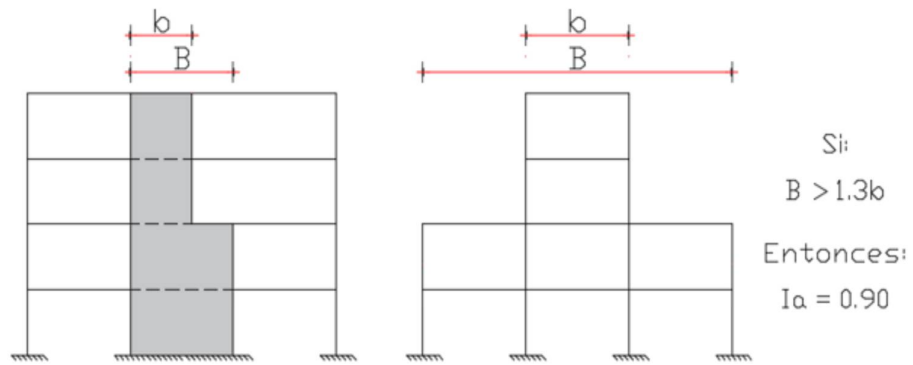


Figura 68: Factor de irregularidad

¿IRREGULARIDAD PRESENTE? NO

FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_a = 1.00$

- Verificación discontinuidad de los sistemas resistentes

¿IRREGULARIDAD PRESENTE? NO

FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_a = 1.00$

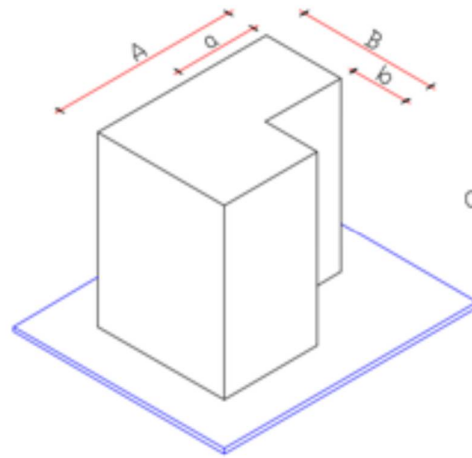
- Verificación de discontinuidad extrema de los sistemas resistentes

¿IRREGULARIDAD PRESENTE? NO

FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_a = 1.00$

- **Irregularidades en planta**

- Verificación esquina entrante



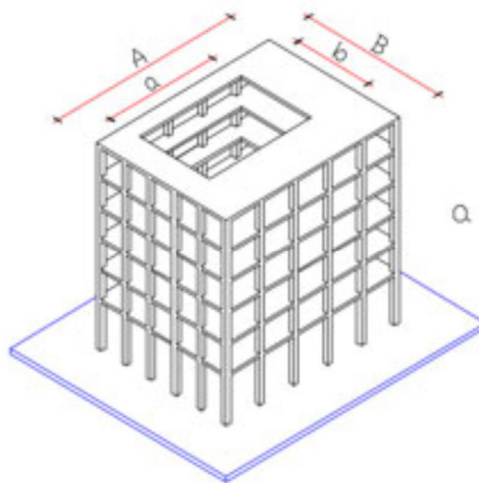
Si:
 $a > 0.2A$ y $b > 0.2B$
 Entonces:
 $I_p = 0.90$

Figura 69: Esquema de esquina entrante

¿IRREGULARIDAD PRESENTE? NO

FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_p = 1.00$

- o Verificación de discontinuidad del diafragma



Si:
 $a > 0.75A$ o $b > 0.75B$
 o
 $ab > 0.5AB$
 Entonces:
 $I_p = 0.85$

Figura 70: Esquema de discontinuidad del diafragma

¿IRREGULARIDAD PRESENTE? NO

FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_p = 1.00$

- o Verificación de sistemas no paralelos

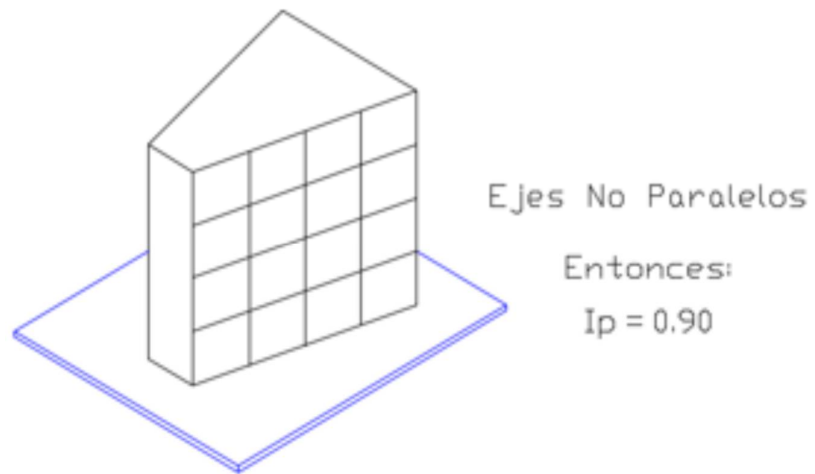


Figura 71: Esquema de sistemas no paralelos

¿IRREGULARIDAD PRESENTE? NO

FACTOR DE IRREGULARIDAD $I_p = 1.00$

- **Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas, según e.030-2016 (3.8)**

El coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas se obtiene a través de la siguiente fórmula $R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$. Dicha fórmula se aplicará en ambas direcciones por lo que tendremos los siguientes resultados:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

Irregularidad en Altura, la en $x =$

$$lax = 1.00$$

Irregularidad en Planta, lp en $x =$

$$lpx = 1.00$$

Irregularidad en Altura, la en $y =$

$$lay = 1.00$$

Irregularidad en Planta, lp en $y =$

$$lpy = 1.00$$

Coefficiente de Reducción de Fuerzas Sísmica

$$Rx = R0x \cdot lax \cdot lpx = 6.00$$

$$Ry = R0y \cdot lay \cdot lpy = 6.00$$

- **Calculo del peso sísmico (p) .**

El Peso de la Edificación es obtenido mediante software etabs a través de siguiente ruta “**Tables / Model /Structure Data /Mass Summary / Mass Summary by Story**”.

Tabla 6: Pesos Sismicos efectivos por piso (MDL).

	kgf	kgf	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m
N° PISO	masa (mix)	masa (miy)	peso (Pix)	peso (Piy)
PISO 10	8541.76000	8541.76000	83766.05070	83766.05070
PISO 9	50701.88000	50701.88000	497215.59150	497215.59150
PISO 8	62259.52000	62259.52000	610557.32181	610557.32181
PISO 7	63215.95000	63215.95000	619936.69607	619936.69607
PISO 6	62259.52000	62259.52000	610557.32181	610557.32181
PISO 5	63215.95000	63215.95000	619936.69607	619936.69607
PISO 4	66354.73000	66354.73000	650717.61295	650717.61295
PISO 3	66354.73000	66354.73000	650717.61295	650717.61295

PISO 2	66354.73000	66354.73000	650717.61295	650717.61295
PISO 1	67171.75000	67171.75000	658729.84214	658729.84214
BASE	7955.18000	7955.18000	78013.66595	78013.66595
Peso =			5652852.36	5652852.36

Elaboración: El Investigador.

4.2.2.1.3. Cortante en la base, según e.030-2016 (4.5.2)

El valor del cortante en la base se allá con la siguiente fórmula para cada dirección:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

$$C = \begin{cases} 2.5 & , \quad T \leq T_p \\ 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) & , \quad T_p < T \leq T_L \\ 2.5 \left(\frac{T_p T_L}{T^2} \right) & , \quad T > T_L \end{cases}$$

"C" PARA en X = 0.022

"C" PARA en y = 0.022

Nota: Factor de fuerzas sísmicas ("c" en etabs)

$$"c" = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R}$$

"C" PARA ETABS en X = 0.05614

"C" PARA ETABS en y = 0.08933

Obteniendo los siguientes resultados para ingresar en el software etabs:

fuerza cortante en la base en dirección x:

Vx= 317372.2049 CORTANTE BASAL

Kx= 1.2695 0.5 < T <= 2.0

Fuerza cortante en la base en dirección y:

$$V_y = 504976.6017 \text{ CORTANTE BASAL}$$

$$K_y = 1.0765 \quad 0.5 < T \leq 2.0$$

4.2.2.2. Factor exponencial de distribución de fuerzas en altura base.

El factor exponencial de distribución de fuerza (k), es el periodo fundamental de la estructura se da cada encada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel, se considera como 0.05 (5%) veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

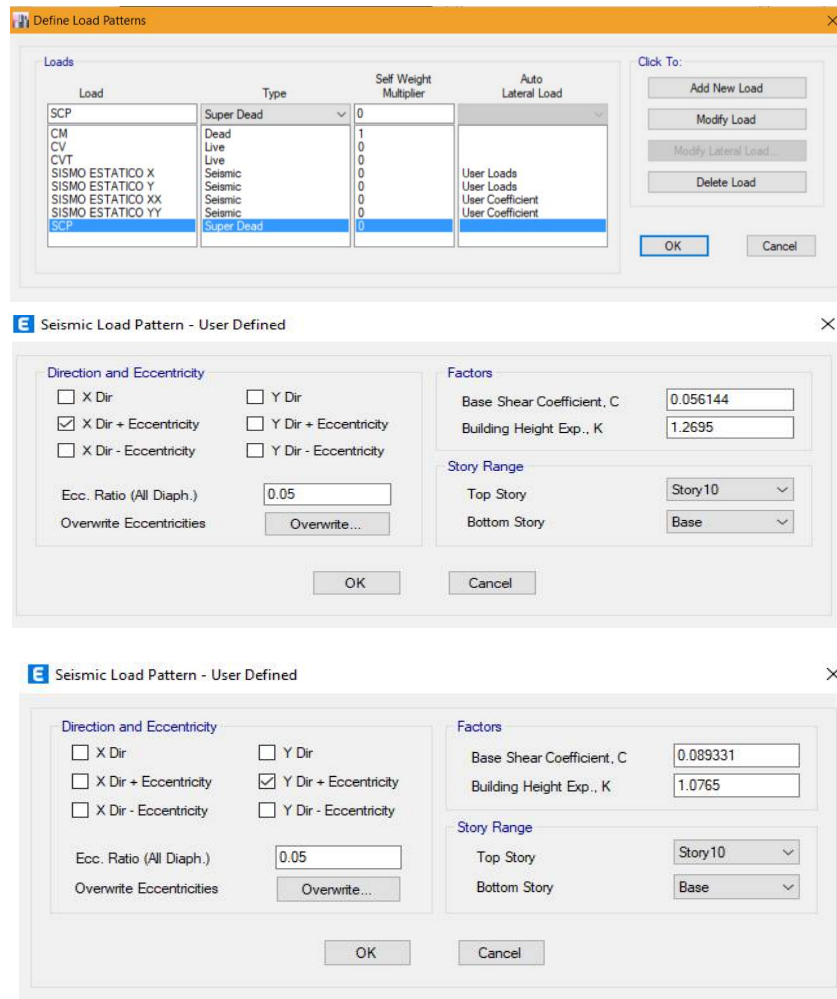


Figura 72: Patrones de Carga Sísmico Estático X&Y (MDL).

Elaboración: El Investigador.

Coeficiente de cortante sísmico en la base, para distribución de fuerza sísmica en altura en dirección X, Y (MDL).

4.2.2.3. Distribución de fuerza sísmica en altura

Una vez conocido el valor del cortante en la base, conoceremos en que proporciones se distribuye la Fuerza Sísmica Horizontal en el Centro de Masa de cada piso y en cada dirección para esto usamos la siguiente formula:

$$F_i = \alpha_i \cdot V, \text{ donde: } \alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Tabla 7: Distribución de Fuerza Sísmica en el Centro de Masa en X (MDL). Eje X

N° PISO	pi (kgf-s ² /m)	hi (m)	pi(hi) ^k	αi	Fi (kg)
PISO 10	83766.051	32.875	7058771.517	0.034	10878.220
PISO 9	497215.592	29.625	36712590.102	0.178	56577.501
PISO 8	610557.322	26.375	38898269.612	0.189	59945.835
PISO 7	619936.696	23.125	33423283.687	0.162	51508.375
PISO 6	610557.322	19.875	27159849.215	0.132	41855.842
PISO 5	619936.696	16.625	21983875.918	0.107	33879.188
PISO 4	650717.613	13.375	17507435.266	0.085	26980.579
PISO 3	650717.613	10.125	12295368.657	0.060	18948.302
PISO 2	650717.613	6.875	7521600.414	0.037	11591.483
PISO 1	658729.842	3.625	3378693.983	0.016	5206.880
P =	5652852.36	TOTAL	205939738.37	1.00	317372.20

intensidad Vx	semi manual Vx	por software Vxx
10878.22048	10878.22	10878.22
67455.72108	67455.72	67455.73
127401.55617	127401.56	127401.56
178909.93102	178909.93	178909.94
220765.77341	220765.77	220765.79
254644.96170	254644.96	254644.98
281625.54048	281625.54	281625.55
300573.84201	300573.84	300573.86
312165.32468	312165.32	312165.34
317372.20495	317372.2	317372.22

Elaboración: El Investigador.

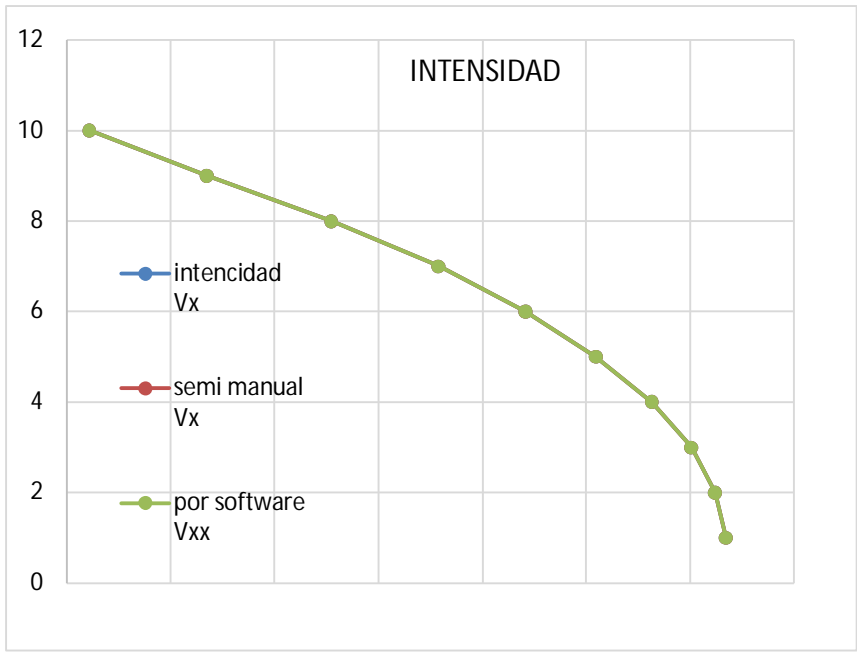


Figura 73: Intensidad

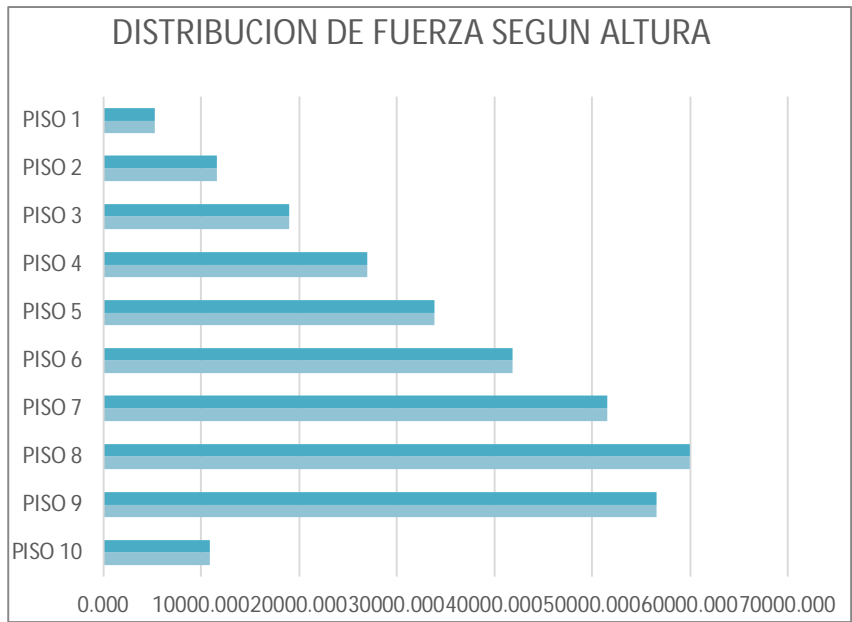


Figura 74: Distribución de fuerza según altura

Tabla 8: Distribución de Fuerza Sísmica en el Centro de Masa en Y (MDL) Eje Y

N° PISO	pi (kgf-s ² /m)	hi	pi(hi)k	ai	Fi (kg)
PISO 10	83766.051	32.875	3597278.256	0.031	15669.243
PISO 9	497215.592	29.625	19089078.421	0.165	83149.367
PISO 8	610557.322	26.375	20684267.030	0.178	90097.786
PISO 7	619936.696	23.125	18229776.285	0.157	79406.366
PISO 6	610557.322	19.875	15252958.091	0.132	66439.761
PISO 5	619936.696	16.625	12779011.616	0.110	55663.595
PISO 4	650717.613	13.375	10613236.150	0.092	46229.778
PISO 3	650717.613	10.125	7865028.737	0.068	34258.970
PISO 2	650717.613	6.875	5184616.363	0.045	22583.467
PISO 1	658729.842	3.625	2635132.227	0.023	11478.269
P =	5652852.36	TOTAL	115930383.18	1.00	504976.60

intensidad Vy	semi manual Vy	por software Vyy
15669.24304	15669.24	15669.25
98818.60982	98818.61	98818.62
188916.39599	188916.4	188916.41
268322.76235	268322.76	268322.78
334762.52329	334762.52	334762.54
390426.11796	390426.12	390426.14
436655.89637	436655.9	436655.92
470914.86606	470914.87	470914.89
493498.33280	493498.33	493498.35
504976.60174	504976.6	504976.62
OK!		

Elaboración: El Investigador.

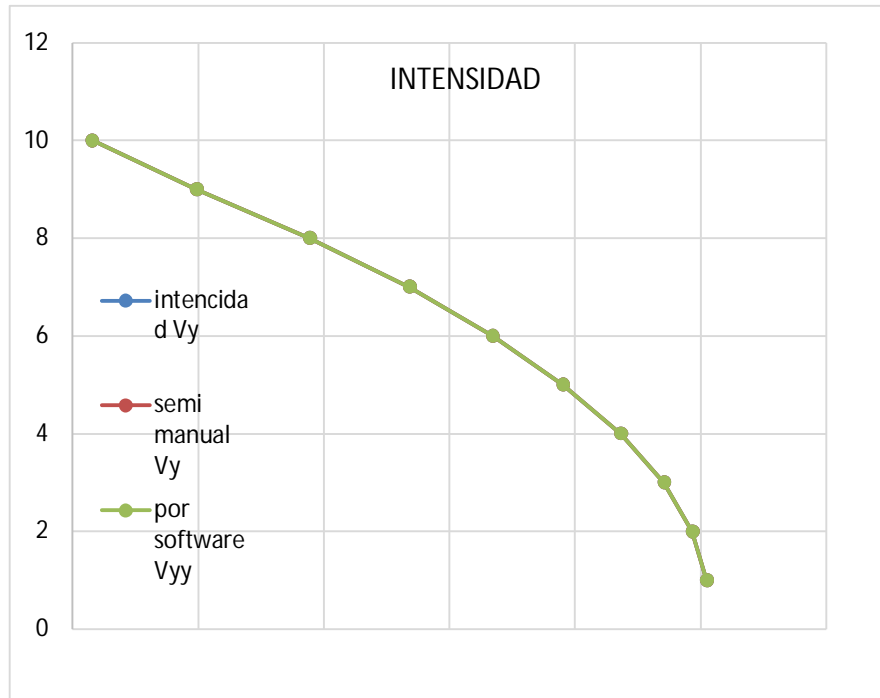


Figura 75: Intensidad

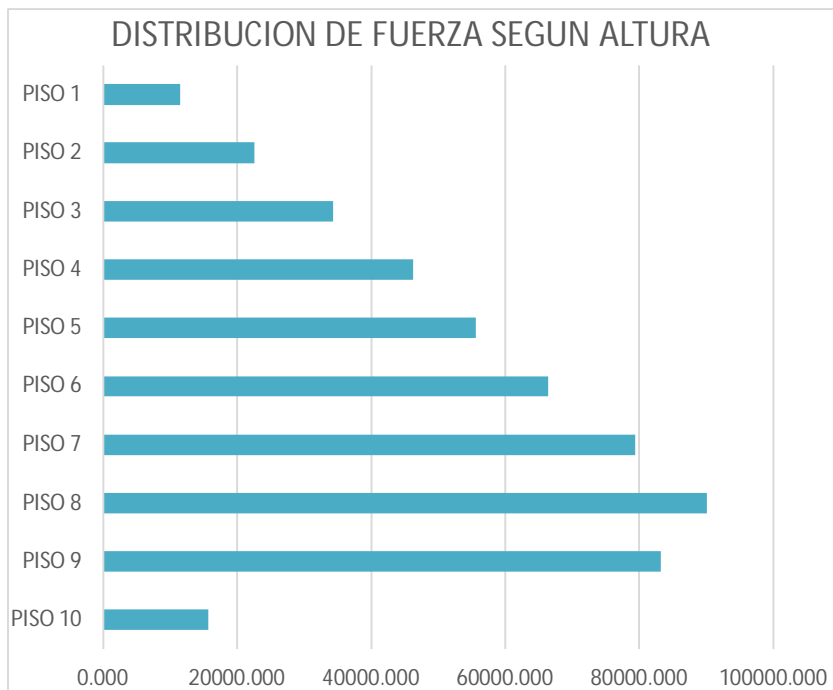


Figura 76: Distribución de fuerza según altura

Tables /Analysis/Results/Structure Results/Story Forces.

4.2.2.4. Límites estáticos para la distorsión del entrepiso desplazamientos y derivas (drifts) de piso según e.030 (5.2)

Para saber si el edificio es suficiente mente rígido ante las fuerzas laterales comprobaremos los desplazamientos:

$$\Delta_{inelástico-i} = \begin{cases} 0.75R\Delta_{elástico-i} & \text{Regular} \\ R\Delta_{elástico-i} & \text{Irregular} \end{cases}$$

Tabla 9: Desplazamientos Ux (m)

	Desplazamientos Ux (m)		H	ΔX	ΔX	Δ inelástica X
PISO 10	0.031114	0.001101	32.875	0.000339	0.000719	0.003236
PISO 9	0.030013	0.002689	29.625	0.000827	0.000827	0.003723
PISO 8	0.027324	0.003079	26.375	0.000947	0.000948	0.004266
PISO 7	0.024245	0.003536	23.125	0.001088	0.001088	0.004896
PISO 6	0.020709	0.003896	19.875	0.001199	0.001199	0.005396
PISO 5	0.016813	0.00416	16.625	0.001280	0.001283	0.005774
PISO 4	0.012653	0.004169	13.375	0.001283	0.001286	0.005787
PISO 3	0.008484	0.003839	10.125	0.001181	0.001184	0.005328
PISO 2	0.004645	0.003041	6.875	0.000936	0.000938	0.004221
PISO 1	0.001604	0.001604	3.625	0.000442	0.000443	0.001994

	Uy (m)		H	ΔY	ΔY	Δ inelástica Y
PISO 10	0.020238	-0.000367	32.875	-	0.000591	0.002660
PISO 9	0.020605	0.002266	29.625	0.000697	0.000697	0.003138
PISO 8	0.018339	0.00244	26.375	0.000751	0.000753	0.003389
PISO 7	0.015899	0.002603	23.125	0.000801	0.000802	0.003609
PISO 6	0.013296	0.00272	19.875	0.000837	0.000837	0.003767
PISO 5	0.010576	0.002745	16.625	0.000845	0.000844	0.003801
PISO 4	0.007831	0.002634	13.375	0.000810	0.00081	0.003647
PISO 3	0.005197	0.002342	10.125	0.000721	0.000721	0.003245
PISO 2	0.002855	0.00182	6.875	0.000560	0.00056	0.002520
PISO 1	0.001035	0.001035	3.625	0.000286	0.000286	0.001287

Elaboración: El Investigador.

Tabla 10: Manual etabs

	Uxx (m)		H	Δ XX	Δ XX	Δ inelástica XX
PISO 10	0.031048	0.001127	32.875	0.000347	0.000716	0.003222
PISO 9	0.029921	0.002675	29.625	0.000823	0.000823	0.003704
PISO 8	0.027246	0.003064	26.375	0.000943	0.000944	0.004248
PISO 7	0.024182	0.003522	23.125	0.001084	0.001084	0.004878
PISO 6	0.02066	0.003883	19.875	0.001195	0.001195	0.005378
PISO 5	0.016777	0.004148	16.625	0.001276	0.00128	0.005760
PISO 4	0.012629	0.004161	13.375	0.001280	0.001283	0.005774
PISO 3	0.008468	0.003831	10.125	0.001179	0.001182	0.005319
PISO 2	0.004637	0.003035	6.875	0.000934	0.000936	0.004212
PISO 1	0.001602	0.001602	3.625	0.000442	0.000442	0.001989

	Uyy (m)		H	Δ YY	Δ YY	Δ inelástica YY
PISO 10	0.020205	0.000416	32.875	0.000128	0.00059	0.002655
PISO 9	0.020621	0.002266	29.625	0.000697	0.000697	0.003138
PISO 8	0.018355	0.002439	26.375	0.000750	0.000754	0.003393
PISO 7	0.015916	0.002604	23.125	0.000801	0.000801	0.003606
PISO 6	0.013312	0.002722	19.875	0.000838	0.000838	0.003771
PISO 5	0.01059	0.002747	16.625	0.000845	0.000845	0.003804
PISO 4	0.007843	0.002637	13.375	0.000811	0.000812	0.003654
PISO 3	0.005206	0.002346	10.125	0.000722	0.000722	0.003249
PISO 2	0.00286	0.001823	6.875	0.000561	0.000561	0.002525
PISO 1	0.001037	0.001037	3.625	0.000286	0.000286	0.001287

Elaboración: El Investigador.

Concreto Armado DRIFT máx. 0.007 SEGÚN R.N.E.

$$\text{etabs+exel } \Delta \quad 0.75 \times R \times \Delta$$

$$\text{DRIFT X max} = 0.001286 \quad 0.005787 \quad \text{OK!}$$

$$\text{DRIFT Y max} = 0.000845 \quad 0.003800769 \text{OK!}$$

$$\text{etabs } \Delta \quad 0.75 \times R \times \Delta$$

$$\text{DRIFT XX max} = 0.001283 \quad 0.0057735 \quad \text{OK!}$$

$$\text{DRIFT YY max} = 0.000845 \quad 0.003803538 \text{OK!}$$

$$\delta_{M\acute{a}x.edificio} \leq \frac{0.007 \times h_{edificio}}{0.75 \times R}$$

δ del edificio = 0.051138889m

etabs+exel

U X max = 0.031114 m OK!

U Y max = 0.020605 m OK!

etabs

U XX max = 0.031048 m OK!

U YY max = 0.020621 m OK!

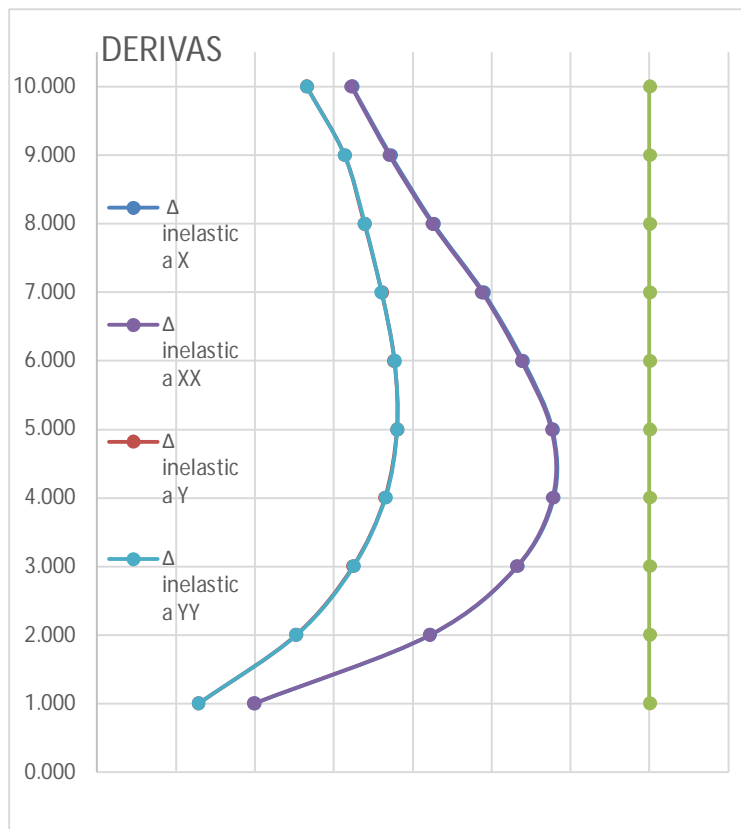


Figura 77: Derivas inelásticas

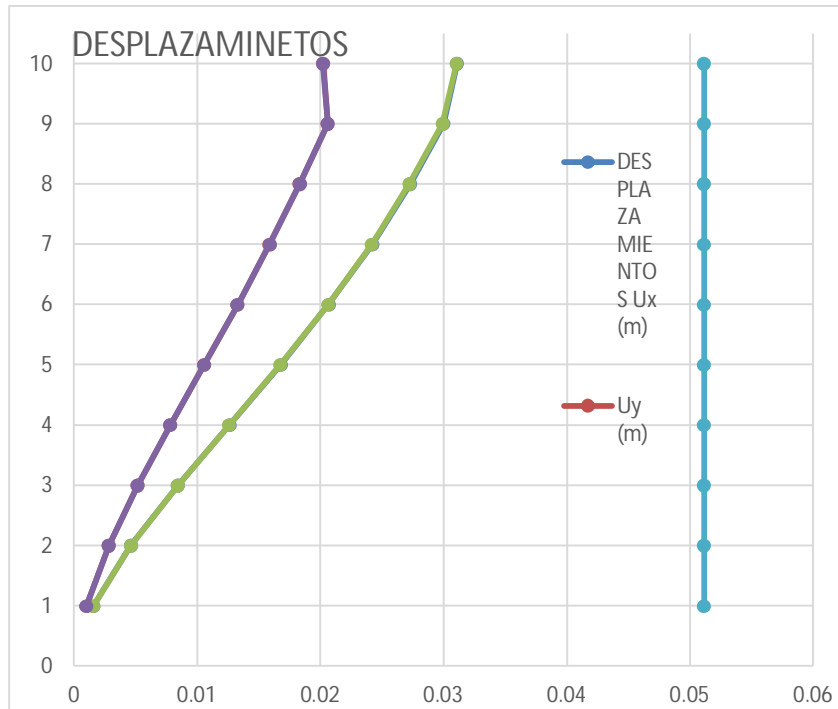


Figura 78: Desplazamientos

4.2.3. Análisis sísmico dinámico:

Para el análisis Dinámico se elaborará un análisis con el espectro de pseudo aceleraciones proporcionado por el RNE y con ACSE-7 con SRSS y CQC con un total de 4 análisis por software y semi manual.

4.2.4. Cálculo de espectro de pseudo-aceleraciones.

Para generar el espectro en cada una de las direcciones horizontales X&Y , se utilizó un solo espectro, puesto que en ambas direcciones el Sistema Estructural es el mismo:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad C = \begin{cases} 2.5 & , \quad T \leq T_p \\ 2.5 \left(\frac{T_p}{T}\right) & , \quad T_p < T \leq T_L \\ 2.5 \left(\frac{T_p T_L}{T^2}\right) & , \quad T > T_L \end{cases}$$

datos : dir.(x,y)

Z = 0.3500
U = 1.0000
S = 1.0000
TP = 0.4000
TL = 2.5000
R = 6.0000

Nota: $g = 9.80556 \text{ m/s}^2$ ya que es el valor de la gravedad.

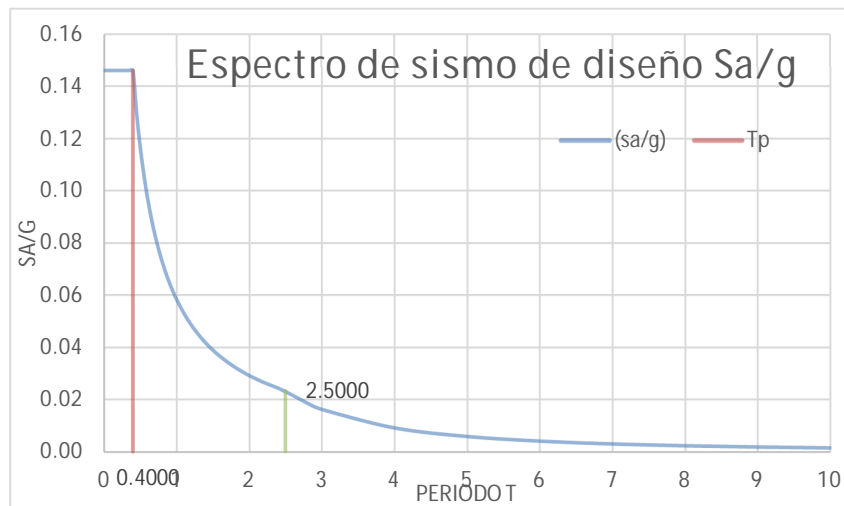


Figura 79: Espectro de sismo de diseño

Elaboración: El Investigador.

4.2.4.1. Incorporación de Espectro de Pseudo - aceleraciones

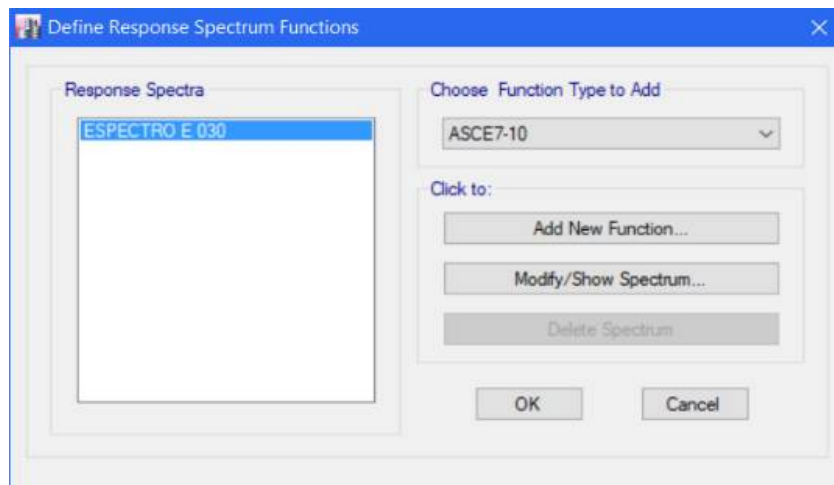


Figura 80: Definir las funciones del espectro de respuesta

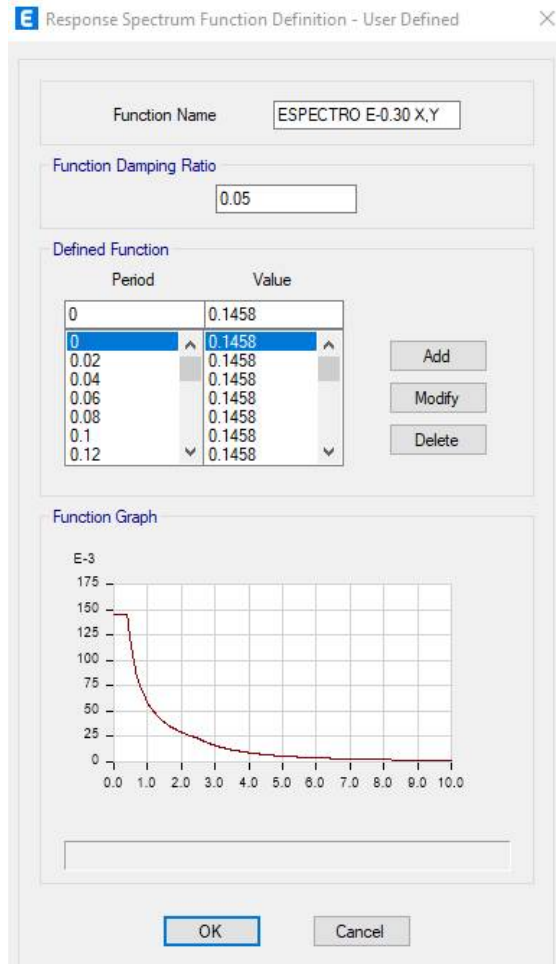
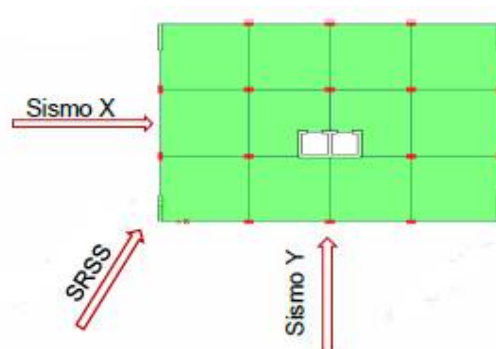


Figura 81: Definir las funciones del espectro de respuesta

4.2.4.2. Criterio de aplicación de Espectro de Pseudo – aceleraciones (CRITERIO de 100 – 30)

Consiste en obtener la demanda a partir



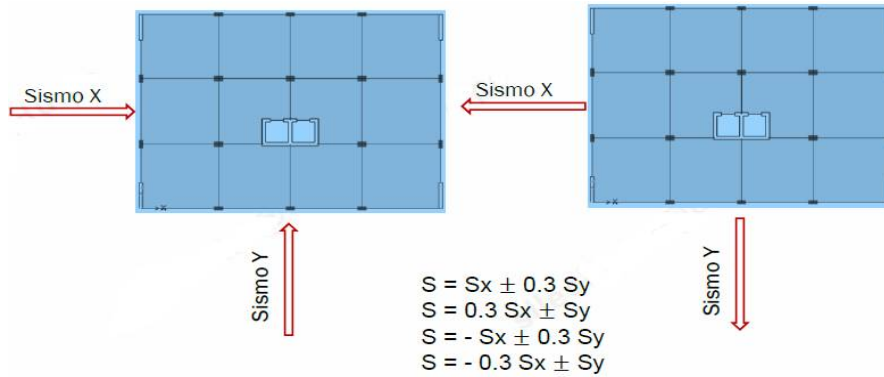


Figura 82: Sismo x, y

4.2.4.3. Carga dinámica:

4.2.4.3.1. S.R.S.S. (SISMO DINAMICO E-30 XX , YY) (Square Root of the Sum of the Squares)

Para generar la Carga dinámica que se aplicara sobre la edificación se determinara mediante la ecuación Cuadrática completa:

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

, los coeficientes de corrección están dados por

$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

Para que se tome el espectro y pueda determinar la cortante dinámica se indica la excentricidad del 5% en cada dirección y con una $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$, en a la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los $2/3 g$ del espectro empleado para las direcciones horizontales:

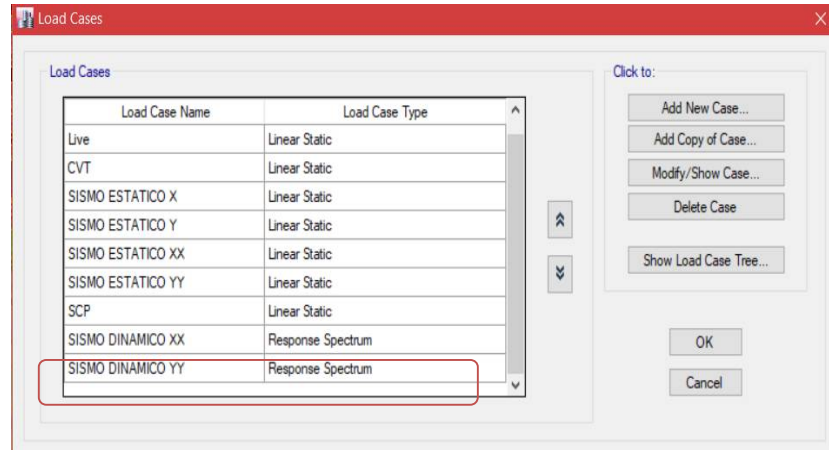


Figura 83: Visualización de casos de Carga Dinamica (MDL).

La ruta donde ingresar estos valores es: Define / Load Cases.

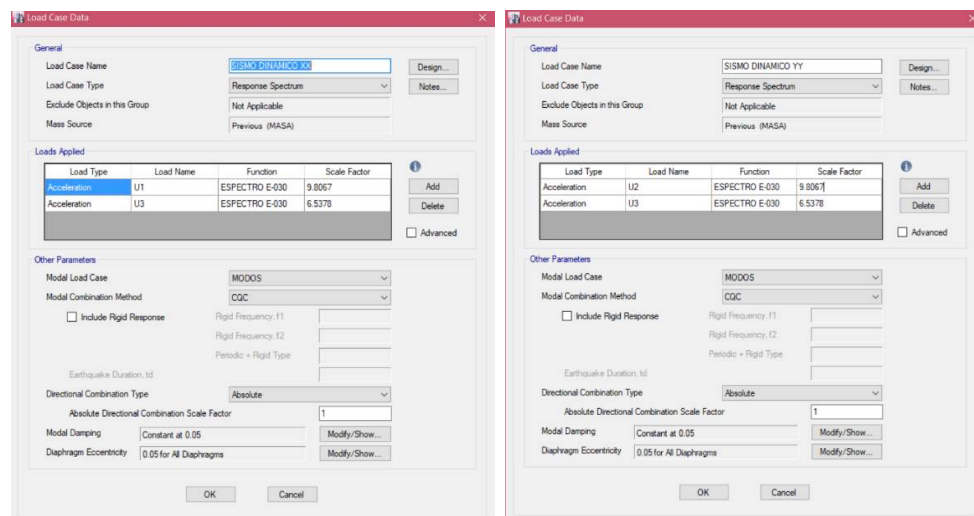
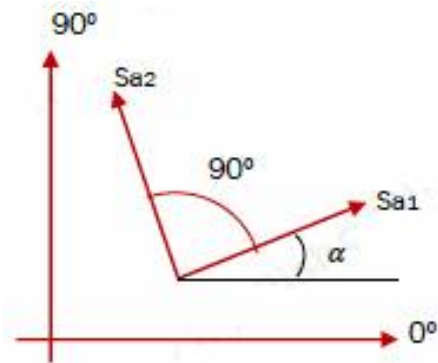


Figura 84: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL).

4.2.4.3.2. C.Q.C. (S.D E-30 X , Y) Este criterio considera todas las multiplex direcciones de las componentes sísmicas horizontales junto con la relación de intensidades entre ellas:



$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

Para poder la utilizar la ecuación alternativa se deberá hacer un artificio donde:

Sumatoria de las variables Absolutas = S.V.A.= $\sum_{i=1}^m |r_i|$

Raíz de la sumatoria de los cuadrados = R.S.C.= $\sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$

Estas variables se crearán en la Dirección X&Y

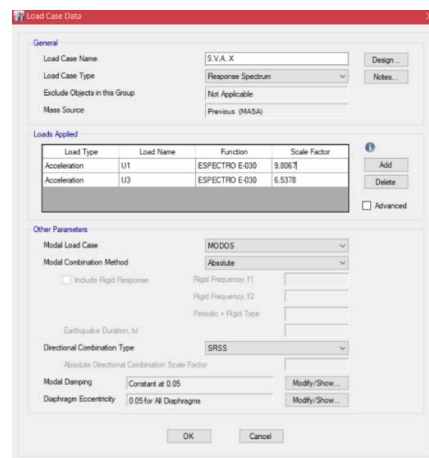
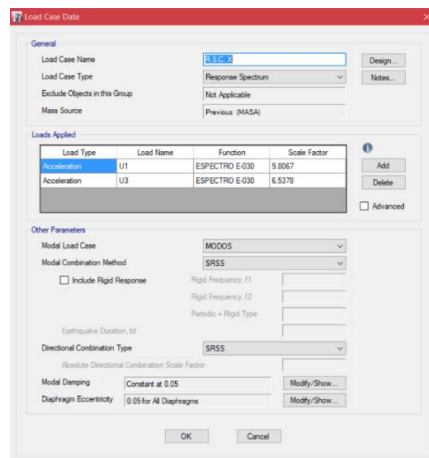
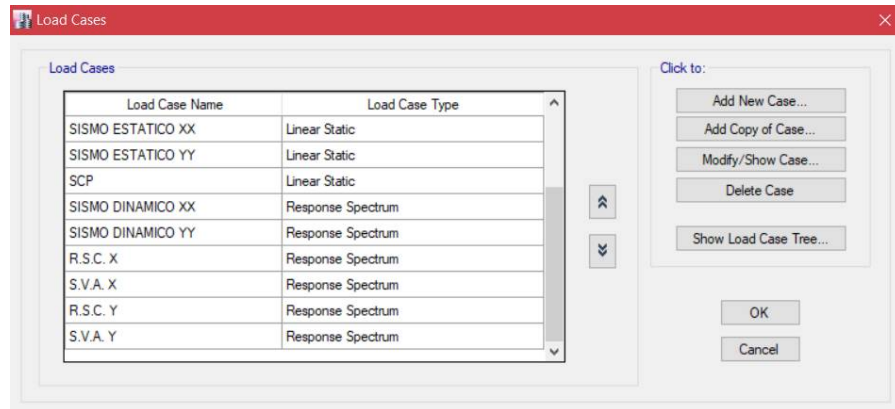
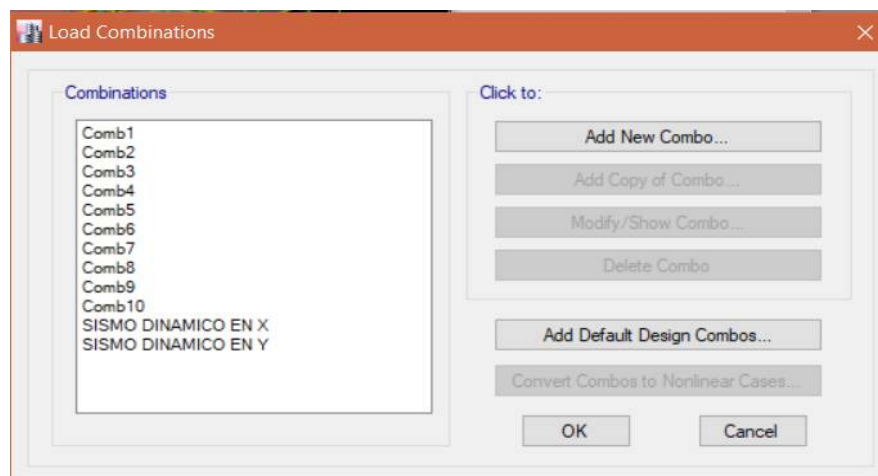


Figura 85: Casos de carga

Luego generaremos la siguiente combinación especial:

Sismo dinámico en X = 0.25 S.V.A. X + 0.75 R.S.C. X

Sismo dinámico en Y = 0.25 S.V.A. Y + 0.75 R.S.C. Y



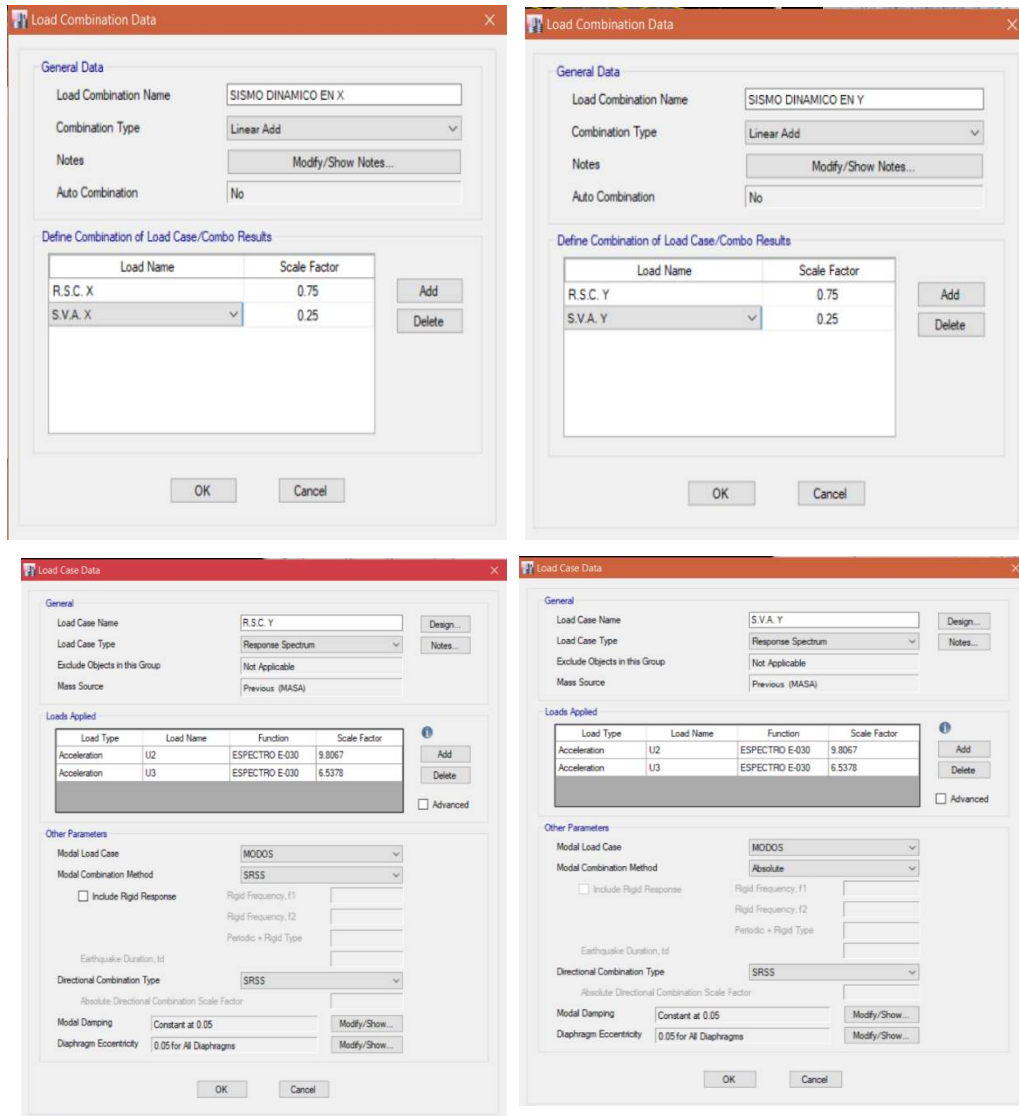


Figura 86: Carga de datos de combinación

4.2.4.4. Límites dinámicos para la distorsión del entrepiso desplazamientos y derivas (drifts)

A)S.R.S.S.

Tabla 11: Manual etabs fuerza cortante

	Desplazamiento Max UXX (m)		H	Δ XX	Δ XX	Δ inelástica XX	VXX
PISO 10	0.022919	0.000338	32.875	0.000104	0.000587	0.002642	16905.54
PISO 9	0.022581	0.00204	29.625	0.000628	0.000675	0.003038	75011.54
PISO 8	0.020541	0.002301	26.375	0.000708	0.00076	0.003420	119545.73
PISO 7	0.01824	0.002608	23.125	0.000802	0.000848	0.003816	149816.94
PISO 6	0.015632	0.002863	19.875	0.000881	0.000915	0.004118	171819.73
PISO 5	0.012769	0.00307	16.625	0.000945	0.00097	0.004365	192102.24
PISO 4	0.009699	0.003121	13.375	0.000960	0.000975	0.004388	214178.1
PISO 3	0.006578	0.002929	10.125	0.000901	0.000909	0.004091	236715.51
PISO 2	0.003649	0.00237	6.875	0.000729	0.000733	0.003299	256117.71
PISO 1	0.001279	0.001279	3.625	0.000353	0.000353	0.001589	267566.14

	Desplazamiento Max UYY (m)		H	Δ YY	Δ YY	Δ inelástica YY	VYY
PISO 10	0.016124	-2.1E-05	32.875	-	0.000511	0.002300	23169.37
PISO 9	0.016145	0.001803	29.625	0.000555	0.000564	0.002538	99350.18
PISO 8	0.014342	0.001931	26.375	0.000594	0.000608	0.002736	170824.15
PISO 7	0.012411	0.002046	23.125	0.000630	0.00064	0.002880	225613.4
PISO 6	0.010365	0.002124	19.875	0.000654	0.000662	0.002979	268322.53
PISO 5	0.008241	0.002135	16.625	0.000657	0.000663	0.002984	305358.89
PISO 4	0.006106	0.002047	13.375	0.000630	0.000633	0.002849	340360.1
PISO 3	0.004059	0.001823	10.125	0.000561	0.000562	0.002529	370259.95
PISO 2	0.002236	0.001421	6.875	0.000437	0.000438	0.001971	392074.04
PISO 1	0.000815	0.000815	3.625	0.000225	0.000225	0.001013	403835.02

B)C.Q.C.

Tabla 12: Derivas Máximas, Sismo Dinámico XX, YY

	Desplazamiento Max UX (cm)		H	ΔX	ΔX	Δ inelástica X	intensidad VX
PISO 10	0.022804	0.000805	32.875	0.000248	0.000585	0.002633	17393.55
PISO 9	0.021999	0.001976	29.625	0.000608	0.000656	0.002952	75606.08
PISO 8	0.020023	0.002231	26.375	0.000686	0.000739	0.003326	120111.02
PISO 7	0.017792	0.002536	23.125	0.000780	0.000826	0.003717	150167.41
PISO 6	0.015256	0.002785	19.875	0.000857	0.000891	0.004010	171995.53
PISO 5	0.012471	0.002993	16.625	0.000921	0.000945	0.004253	192171.88
PISO 4	0.009478	0.003046	13.375	0.000937	0.00095	0.004275	214001.66
PISO 3	0.006432	0.002863	10.125	0.000881	0.000887	0.003992	236317.7
PISO 2	0.003569	0.002318	6.875	0.000713	0.000716	0.003222	255362.2
PISO 1	0.001251	0.00125	3.625	0.000345	0.000345	0.001553	266177.85

	Desplazamiento Max UY (cm)		H	ΔY	ΔY	Δ inelástica Y	intensidad VY
PISO 10	0.015711	0.001253	32.875	0.000386	0.000508	0.002286	23277.15
PISO 9	0.016964	0.001901	29.625	0.000585	0.000594	0.002673	99096.08
PISO 8	0.015063	0.002035	26.375	0.000626	0.000639	0.002876	170243.47
PISO 7	0.013028	0.002154	23.125	0.000663	0.000673	0.003029	225149.16
PISO 6	0.010874	0.002235	19.875	0.000688	0.000696	0.003132	267599.96
PISO 5	0.008639	0.002244	16.625	0.000690	0.000696	0.003132	303935.2
PISO 4	0.006395	0.002149	13.375	0.000661	0.000664	0.002988	338825.84
PISO 3	0.004246	0.001911	10.125	0.000588	0.000589	0.002651	368756.32
PISO 2	0.002335	0.001486	6.875	0.000457	0.000458	0.002061	389982.85
PISO 1	0.000849	0.000849	3.625	0.000234	0.000234	0.001054	400682.98

Concreto Armado DRIFT max 0.007 SEGÚN R.N.E.

S.R.S.S. (SISMO DINAMICO E-30 XX , YY)

$$\Delta = 0.75 \times R \times \Delta$$

$$\text{DRIFT X max} = 0.000975 \quad 0.0044 \quad \text{OK!}$$

DRIFT Y max = 0.000663 0.0030 OK!
 C.Q.C. (S.D E-30 X , Y)
 Δ 0.75 \times R \times Δ
 DRIFT XX max = 0.000950 0.0043 OK!
 DRIFT YY max = 0.000696 0.0031 OK!

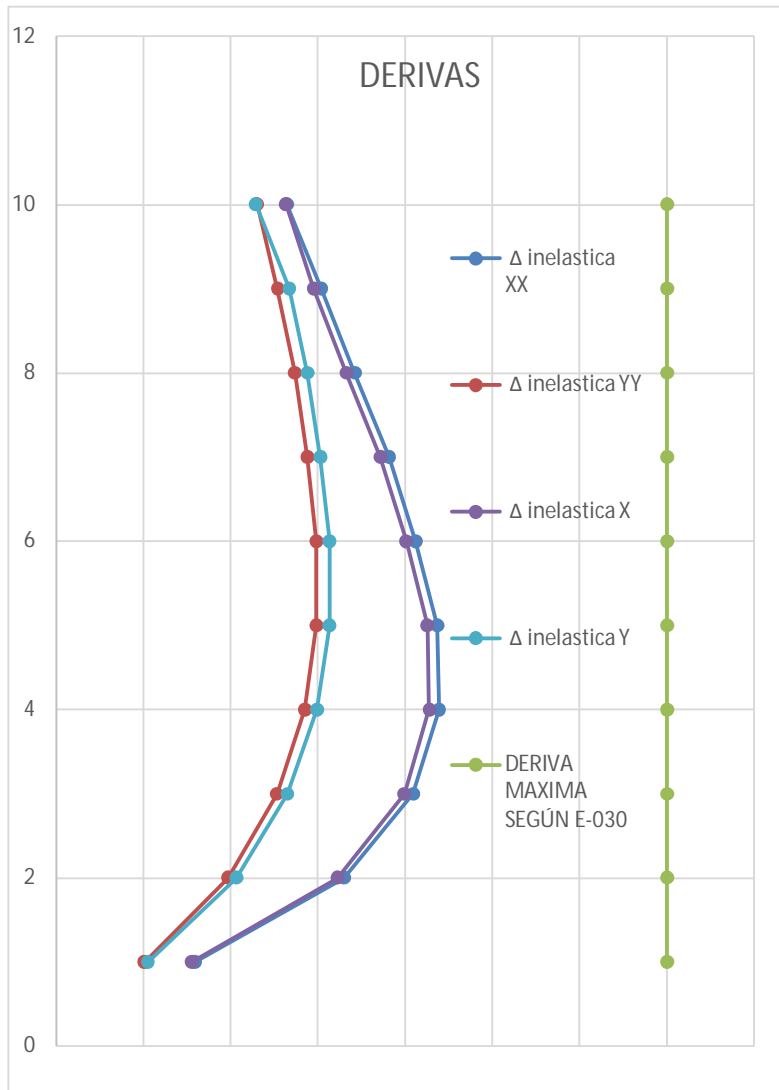


Figura 87: Derivas inestáticas

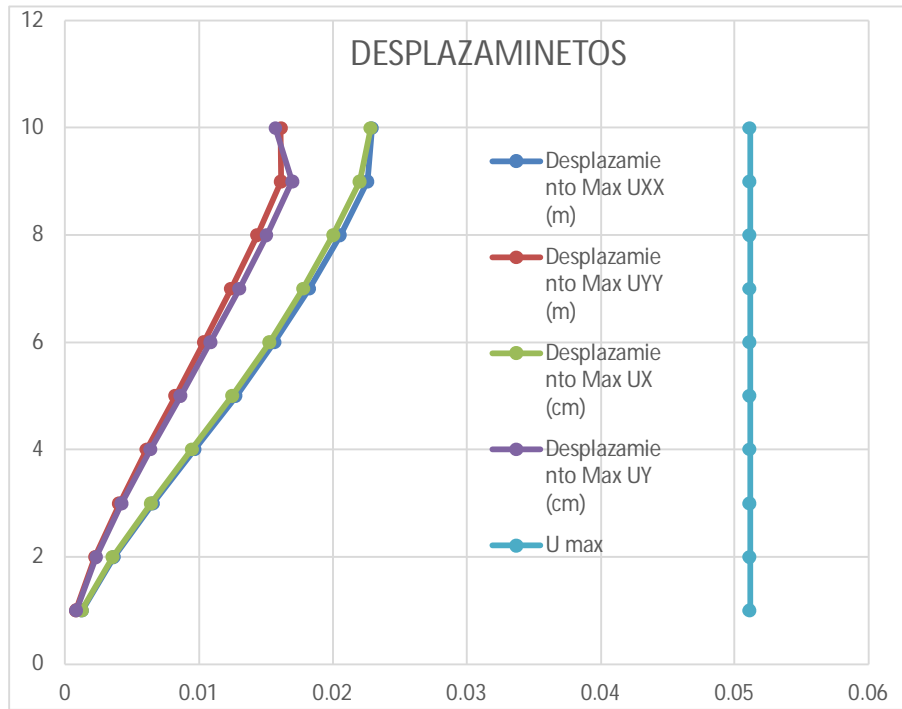


Figura 88: Derivas inestáticas

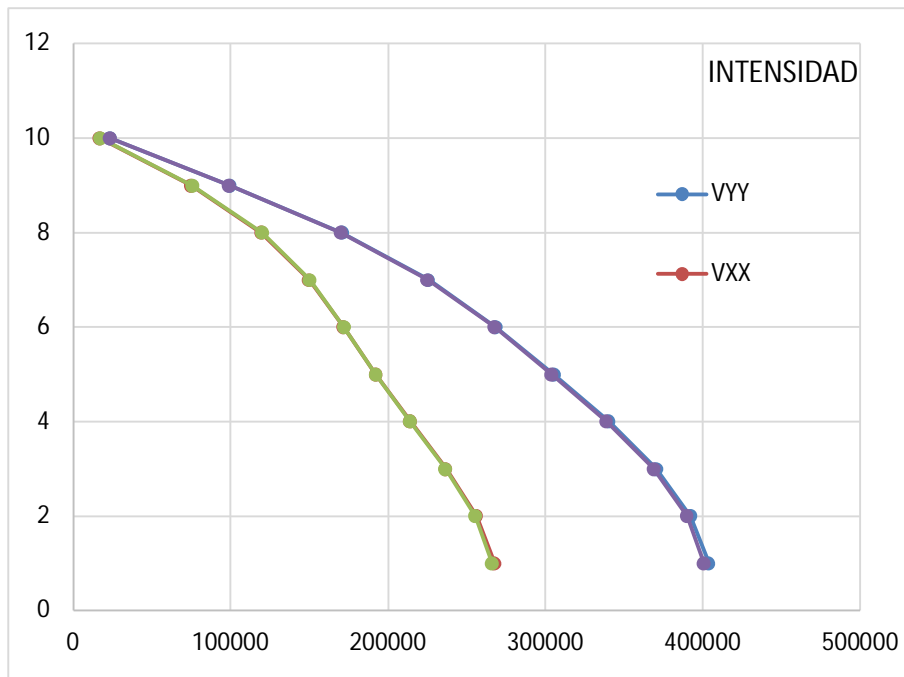


Figura 89: Derivas inestáticas

Verificación por irregularidades

Irregularidades estructurales en altura

Verificación irregularidad moderada de rigidez - piso blando

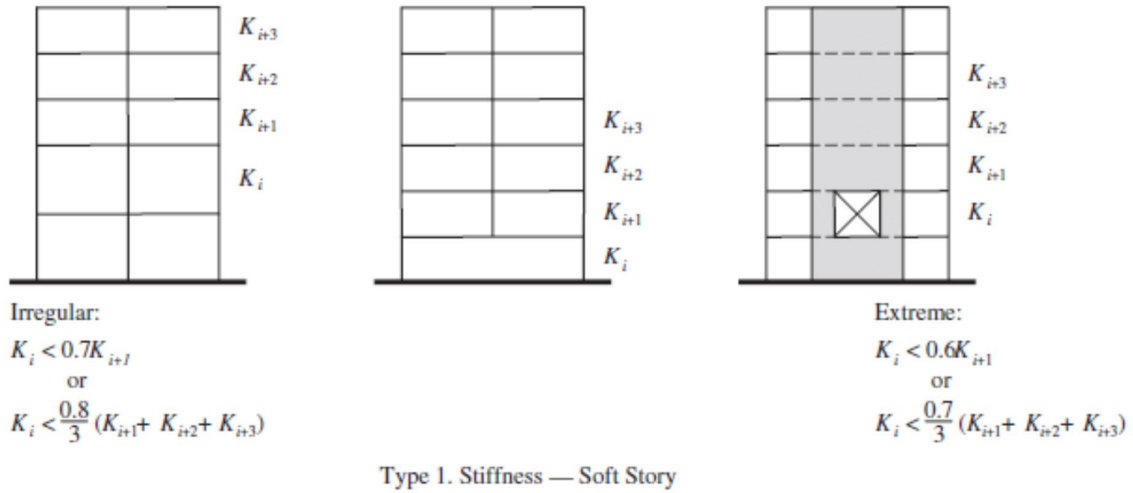


Figura 90: Verificación de irregularidades

Tabla 13: Verificación de dirección X

DIRECCIÓN X							
PISO	V (Kg-f)	D (m)	ΔREL (m)	K (Kg-f/m)	Lim 1 (Kg-f/m)	Lim 2 (Kg-f/m)	VERIFICACIÓN
PISO 10	17393.55	0.0229	0.00034	51460207.1	-	-	
PISO 9	75606.08	0.0226	0.00204	37061803.9	36022145.0	-	REGULAR
PISO 8	120111.02	0.0205	0.00230	52199487.2	25943262.7	-	REGULAR
PISO 7	150167.41	0.0182	0.00261	57579528.4	36539641.0	37525732.9	REGULAR
PISO 6	171995.53	0.0156	0.00286	60075281.2	40305669.9	39157551.9	REGULAR
PISO 5	192171.88	0.0128	0.00307	62596703.6	42052696.8	45294479.1	REGULAR
PISO 4	214178.10	0.0097	0.00312	68624831.8	43817692.5	48067070.2	REGULAR
PISO 3	236715.51	0.0066	0.00293	80817859.3	48037382.2	51012484.4	REGULAR
PISO 2	256117.71	0.0036	0.00237	108066544.3	56572501.5	56543838.6	REGULAR
PISO 1	267566.14	0.0013	0.00128	209199484.0	75646581.0	68669129.4	REGULAR
						FACTOR DE IRREGULARIDAD	
						la =	1.00

Tabla 16: Verificación de dirección Y

DIRECCIÓN Y							
PISO	V (Kg-f)	D (m)	Δ REL (m)	K (Kg-f/m)	Lim 1 (Kg-f/m)	Lim 2 (Kg-f/m)	VERIFICACIÓN
PISO 10	23277.15	0.0161	-0.00084	-27710892.9	-	-	
PISO 9	99350.18	0.0170	0.00190	52262062.1	-16626535.7	-	REGULAR
PISO 8	170824.15	0.0151	0.00204	83943071.3	31357237.2	-	REGULAR
PISO 7	225613.40	0.0130	0.00215	104741597.0	50365842.8	25315322.8	REGULAR
PISO 6	268322.53	0.0109	0.00224	120054823.3	62844958.2	56220903.7	REGULAR
PISO 5	305358.89	0.0086	0.00224	136077936.7	72032894.0	72039214.7	REGULAR
PISO 4	340360.10	0.0064	0.00215	158380688.7	81646762.0	84204016.6	REGULAR
PISO 3	370259.95	0.0042	0.00191	193751936.2	95028413.2	96719804.7	REGULAR
PISO 2	392074.04	0.0023	0.00149	263845249.0	116251161.7	113915797.7	REGULAR
PISO 1	403835.02	0.0008	0.00085	475659623.1	158307149.4	143728170.6	REGULAR
						FACTOR DE IRREGULARIDAD	
						la =	1.00

Tabla 17: Irregularidades en planta - Desplazamientos y fuerzas cortantes de piso según espectro

EN X S.R.S.S. (X X) C.Q.C. (X)

	A	B	A	B
PISO 10	0.0226	0.0225	0.0220	0.0220
PISO 9	0.0205	0.0205	0.0200	0.0200
PISO 8	0.0182	0.0182	0.0178	0.0178
PISO 7	0.0156	0.0156	0.0153	0.0152
PISO 6	0.0128	0.0128	0.0125	0.0125
PISO 5	0.0097	0.0097	0.0095	0.0095
PISO 4	0.0066	0.0066	0.0064	0.0064
PISO 3	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
PISO 2	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
PISO 1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

EN Y S.R.S.S. (YY) C.Q.C. (Y)

	A	A	C	C
PISO 10	0.0156	0.0161	0.0142	0.0164
PISO 9	0.0138	0.0144	0.0126	0.0146
PISO 8	0.0119	0.0124	0.0109	0.0126
PISO 7	0.0099	0.0104	0.0091	0.0105
PISO 6	0.0079	0.0082	0.0072	0.0083
PISO 5	0.0058	0.0061	0.0053	0.0062
PISO 4	0.0039	0.0041	0.0035	0.0041
PISO 3	0.0021	0.0022	0.0019	0.0023
PISO 2	0.0008	0.0008	0.0007	0.0008
PISO 1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

4.3. Verificación de irregularidad torsional moderada

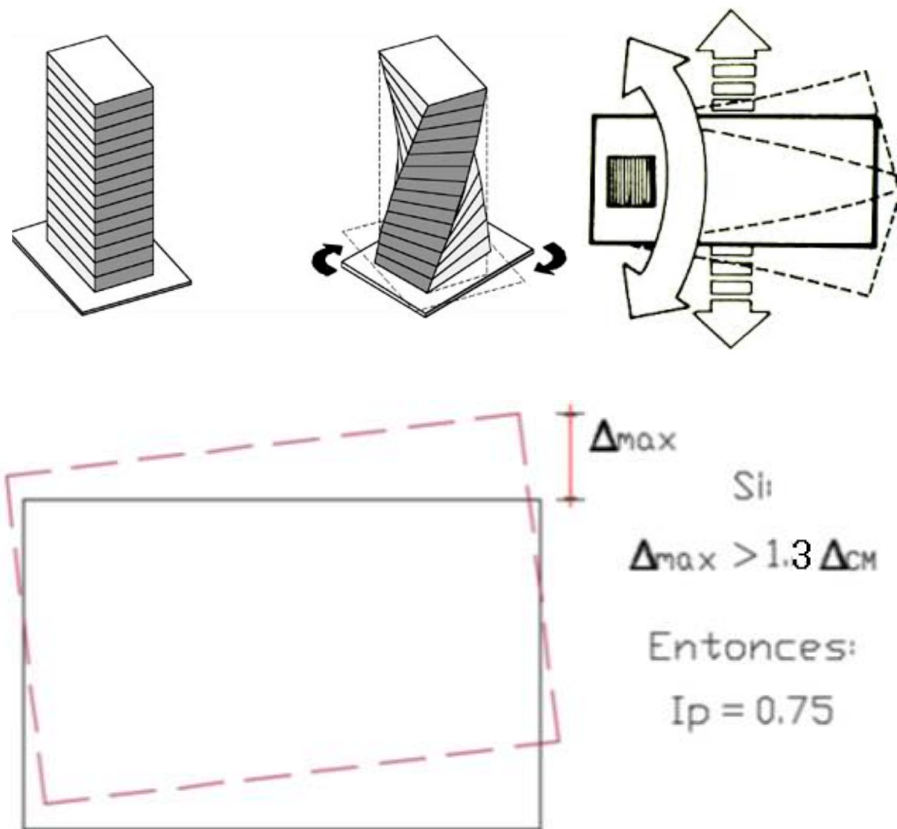


Figura 91: Derivas inestáticas

Tabla 18: Verificación de dirección X

PISO	A (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) MAX (m)	B (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) PROM (m)	Δ (A-B) PROM	VERIFICACIÓN
					Δ (A-B) PROM	
PISO 10	0.02258	0.02258	0.02255	0.02256	1.0	REGULAR
PISO 9	0.02055	0.02055	0.02051	0.02053	1.0	REGULAR
PISO 8	0.01824	0.01824	0.01821	0.01823	1.0	REGULAR
PISO 7	0.01563	0.01563	0.01561	0.01562	1.0	REGULAR
PISO 6	0.01277	0.01277	0.01275	0.01276	1.0	REGULAR
PISO 5	0.00970	0.00970	0.00969	0.00969	1.0	REGULAR
PISO 4	0.00658	0.00658	0.00657	0.00658	1.0	REGULAR
PISO 3	0.00365	0.00365	0.00365	0.00365	1.0	REGULAR
PISO 2	0.00128	0.00128	0.00128	0.00128	1.0	REGULAR
PISO 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
					FACTOR DE IRREGULARIDAD	
					Ip =	1.00

Tabla 19: Verificación de dirección Y

PISO	A (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) MAX (m)	B (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) PROM (m)	Δ (A-B) PROM	VERIFICACIÓN
					Δ (A-B) PROM	
PISO 10	0.01557	0.01638	0.01638	0.01598	1.0	REGULAR
PISO 9	0.01382	0.01455	0.01455	0.01418	1.0	REGULAR
PISO 8	0.01193	0.01258	0.01258	0.01225	1.0	REGULAR
PISO 7	0.00994	0.01050	0.01050	0.01022	1.0	REGULAR
PISO 6	0.00788	0.00834	0.00834	0.00811	1.0	REGULAR
PISO 5	0.00583	0.00618	0.00618	0.00600	1.0	REGULAR
PISO 4	0.00386	0.00410	0.00410	0.00398	1.0	REGULAR
PISO 3	0.00212	0.00226	0.00226	0.00219	1.0	REGULAR
PISO 2	0.00077	0.00082	0.00082	0.00079	1.0	REGULAR
PISO 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
					FACTOR DE IRREGULARIDAD	
					Ip =	1.00

4.4. Verificación irregularidad torsional extrema

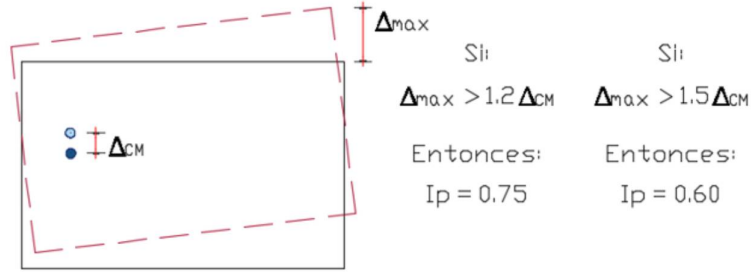


Figura 92: Verificación irregularidad

Tabla 20: Verificación de dirección X

DIRECCIÓN X						
PISO	A (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) MAX (m)	B (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) PROM (m)	Δ (A-B) PROM	VERIFICACIÓN
					Δ (A-B) PROM	
PISO 10	0.02258	0.02258	0.02255	0.02256	1.0	REGULAR
PISO 9	0.02055	0.02055	0.02051	0.02053	1.0	REGULAR
PISO 8	0.01824	0.01824	0.01821	0.01823	1.0	REGULAR
PISO 7	0.01563	0.01563	0.01561	0.01562	1.0	REGULAR
PISO 6	0.01277	0.01277	0.01275	0.01276	1.0	REGULAR
PISO 5	0.00970	0.00970	0.00969	0.00969	1.0	REGULAR
PISO 4	0.00658	0.00658	0.00657	0.00658	1.0	REGULAR
PISO 3	0.00365	0.00365	0.00365	0.00365	1.0	REGULAR
PISO 2	0.00128	0.00128	0.00128	0.00128	1.0	REGULAR
PISO 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
					FACTOR DE IRREGULARIDAD	
					Ip =	1.00

Tabla 21: Verificación de dirección Y

DIRECCIÓN Y						
PISO	A (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) MAX (m)	B (S.R.S.S. - C.Q.C.) MAX (m)	Δ (A-B) PROM (m)	Δ (A-B) PROM	VERIFICACIÓN
					Δ (A-B) PROM	
PISO 10	0.01557	0.01638	0.01638	0.01598	1.0	REGULAR
PISO 9	0.01382	0.01455	0.01455	0.01418	1.0	REGULAR
PISO 8	0.01193	0.01258	0.01258	0.01225	1.0	REGULAR
PISO 7	0.00994	0.01050	0.01050	0.01022	1.0	REGULAR
PISO 6	0.00788	0.00834	0.00834	0.00811	1.0	REGULAR
PISO 5	0.00583	0.00618	0.00618	0.00600	1.0	REGULAR
PISO 4	0.00386	0.00410	0.00410	0.00398	1.0	REGULAR
PISO 3	0.00212	0.00226	0.00226	0.00219	1.0	REGULAR
PISO 2	0.00077	0.00082	0.00082	0.00079	1.0	REGULAR
PISO 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
					FACTOR DE IRREGULARIDAD	
					Ip =	1.00

RESUMEN DE FACTORES DE IRREGULARIDAD FINALES , Según E.030 (3.6)

Irregularidad en Altura, I_a en x = Regular - Sistema Estructural Continuo

$$I_{ax} = 1.00$$

Irregularidad en Planta, I_p en x = Regular - Sistema Estructural Simétrico

$$I_{px} = 1.00$$

Irregularidad en Altura, I_a en y = Regular - Sistema Estructural Continuo

$$I_{ay} = 1.00$$

Irregularidad en Planta, I_p en y = Regular - Sistema Estructural Simétrico

$$I_{py} = 1.00$$

FACTOR DE AMPLIFICACION (CORTANTE DINAMICA)

Edificio Regular $\Rightarrow V$ Dinámico $\geq 80\%V$ Estático

Edificio Irregular $\Rightarrow V$ Dinámico $\geq 90\%V$ Estático

Si no cumple, entonces se debe amplificar o realizar el escalonamiento por un factor.

Edificio Regular $\Rightarrow F$ Amplif . = $80\%V$ Estático / V Estático

Edificio Irregular $\Rightarrow F$ Amplif = $90\%V$ Estático / V Estático

Tabla 22: Factos de escala

ESTATICO	MANUAL	317372.20495	504976.60174
	SEMI MANUAL	317372.2	504976.6
	ETABS	317372.22	504976.62
MAX		317372.22	504976.62
DINAMICO	C.Q.C.	266177.85	400682.98
	S.R.S.S.	267566.14	403835.02
MAX		267566.14	403835.02
FACTOR DE ESCALA		0.949	1.000
		OK!!	OK!!
		-5.1%	0.0%

Tabla 23: Verificación de coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas , según e.030-2016 (3.4)

		V_2	V_2
DINAMICO	C.Q.C.	216153.47	342100.19

	S.R.S.S.	214932.22	327480.33
MAX		216153.47	342100.19
Vmuro/Vtotal		81%	85%

VERIFICANDO SISTEMA ESTRUCTURAL "R"

Sistema Estructural en x = Concreto Armado: De muros estructurales

$$R0x = 6$$

Sistema Estructural en y = Concreto Armado: De muros estructurales

$$R0y = 6$$

4.4.1. Resultados parciales

	Estática		Dinámica	
	E Δ X	E Δ Y	D Δ X	D Δ Y
PISO 10	0.0032	0.0027	0.0026	0.0023
PISO 9	0.0037	0.0031	0.0030	0.0027
PISO 8	0.0043	0.0034	0.0034	0.0029
PISO 7	0.0049	0.0036	0.0038	0.0030
PISO 6	0.0054	0.0038	0.0041	0.0031
PISO 5	0.0058	0.0038	0.0044	0.0031
PISO 4	0.0058	0.0037	0.0044	0.0030
PISO 3	0.0053	0.0032	0.0041	0.0027
PISO 2	0.0042	0.0025	0.0033	0.0021
PISO 1	0.0020	0.0013	0.0016	0.0011

4.5. Análisis sísmico tiempo historia de la edificación

4.5.1. Criterios para el análisis tiempo historia

El análisis tiempo historia es un estudio de la edificación a través de la historia y considerado como un análisis de apoyo el cual consiste en determinar la respuesta de la estructura frente a un conjunto de aceleraciones del real o sintéticos mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

4.5.1.1. Nivel de amenaza sísmica

En la norma norte americana VISION2000 los sísmicos de diseño y los máximos esperados están en función a la probabilidad de excedencia es decir el periodo de retorno de los mismos,

Tabla 24: Movimiento sísmico de diseño

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

Fuente: Vision2000 SEAOC, 1995, P. 71

4.5.1.2. Nivel de comportamiento sísmico esperado

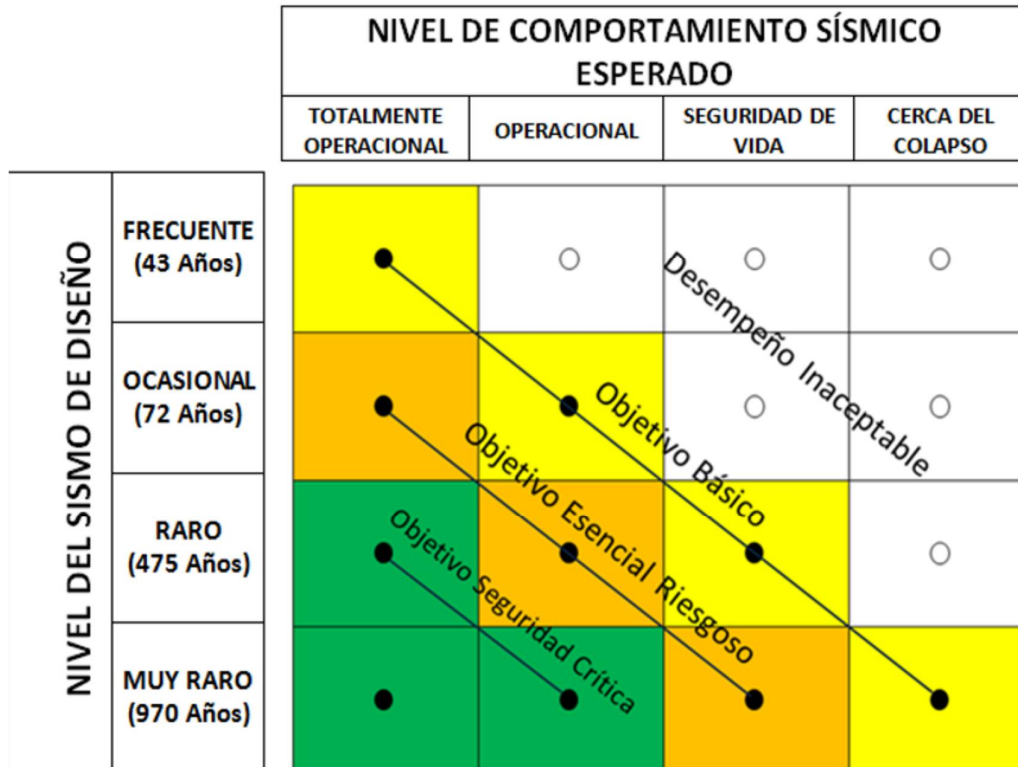


Figura 93: Nivel de comportamiento sísmico esperado

Fuente: Vision2000 SEAOC, 1995, P. 71

En el presente proyecto de investigación un movimiento sísmico de máximo de diseño o sismo raro, con periodo de retorno de 475 años y la probabilidad de retorno o excedencia de 10% en 50 años.

4.5.2. Determinación de espectro para análisis tiempo historia

Para el tratamiento de los acelerogramas el RNE aconseja cumplir los siguientes requisitos:

- Para el escalamiento de los acelerogramas se considerará el máximo espectro de pseudo aceleraciones hallado con $R = 1$ de ambas direcciones y con un 5% de amortiguamiento, como también los periodos deberán estar contemplados en el rango de $0.2 T$ y $1.5 T$. (siendo T el periodo fundamental de la estructura).

- Además, para la elaboración de acelerogramas sintéticos deberán diseñarse con un espectro de pseudo aceleraciones con $R = 1$ y con la zona de periodos muy cortos de ($T < 0.2 T_P$).

Para el análisis el RNE aconseja tomar la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados por separado.

4.5.3. Análisis sísmico del sistema estructural ante el espectro máximo considerado $r=1$ (R.N.E. y ASCE-7)

Escoger el máximo espectro de diseño

El RNE proporciona el espectro de pseudo aceleraciones para ambas direcciones del cual se escogerá el máximo al cual escalar los acelerogramas (el espectro deberá estar en g)

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

$T < 0,2 T_P$	→	$C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_P}\right)$
$0,2 T_P < T < T_P$	→	$C = 2,5$
$T_P < T < T_L$	→	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	→	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

RANGO DE PERIODOS

$0.2 T_i = 0.2078$ seg MIN

$T_i = 1.0390$ seg

T_i = Periodo fundamental de la estructura sin aislar en seg

$1.5 T_i = 1.5585$ seg MAX

ESPECTRO MAXIMO DE PSEUDO ACELERACIONES CON $R = 1$ y UN 5 % DE AMORTIGUAMIENTO DE 475 AÑOS

Datos : RNE

$Z = 0.3500$

$U = 1.0000$

$$S = 1.0000$$

$$TP = 0.4000$$

$$TL = 2.5000$$

$$R = 1.0000$$

datos : ASCE-7

$$Sds = 0.7079$$

$$Sd1 = 0.2806$$

$$SD1 / SDS = 0.3964$$

$$TS \times 0.2 = 0.0793$$

$$TL = 2.5000$$

$$R = 1.0000$$

$$Ie = 1.0000$$

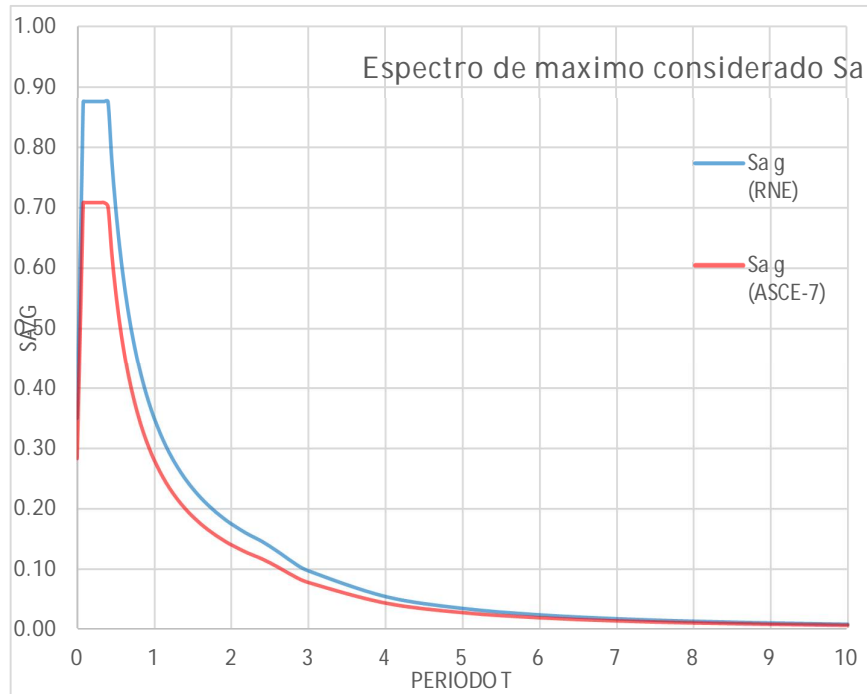


Figura 94: Nivel de comportamiento sísmico esperado

4.5.3.1. Análisis dinámico

4.5.3.1.1. S.R.S.S. (SISMO DINAMICO E-30 XX , YY) (Square Root of the Sum of the Squares)

Para generar la Carga dinámica que se aplicara sobre la edificación se determinara mediante la ecuación Cuadrática completa:

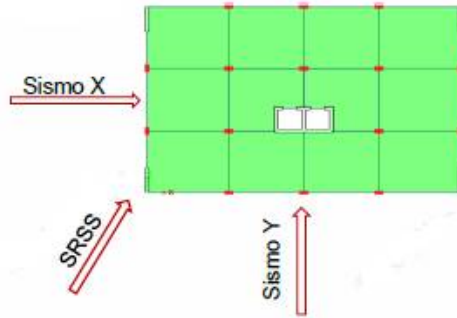
$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

, los coeficientes de corrección están dados por

$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

Para que se tome el espectro y pueda determinar la cortante dinámica se indica la excentricidad del 5% en cada dirección y con una $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$, en a la dirección vertical podrá

usarse un espectro con valores iguales a los $\frac{2}{3}g$ del espectro empleado para las direcciones horizontales:



La ruta donde ingresar estos valores es: Define / Load Cases.

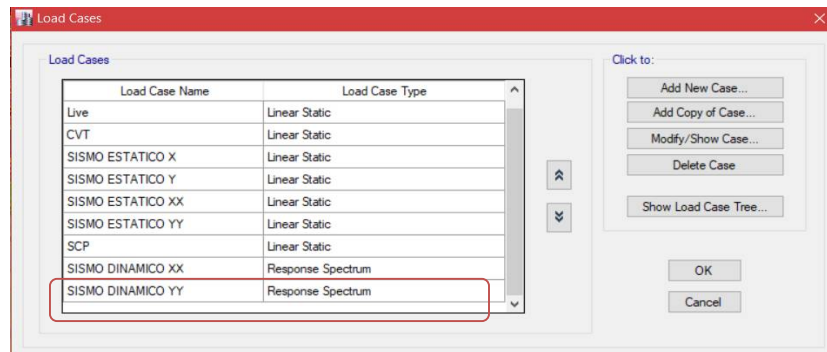


Figura 95: Visualización de casos de carga dinámica (MDL).

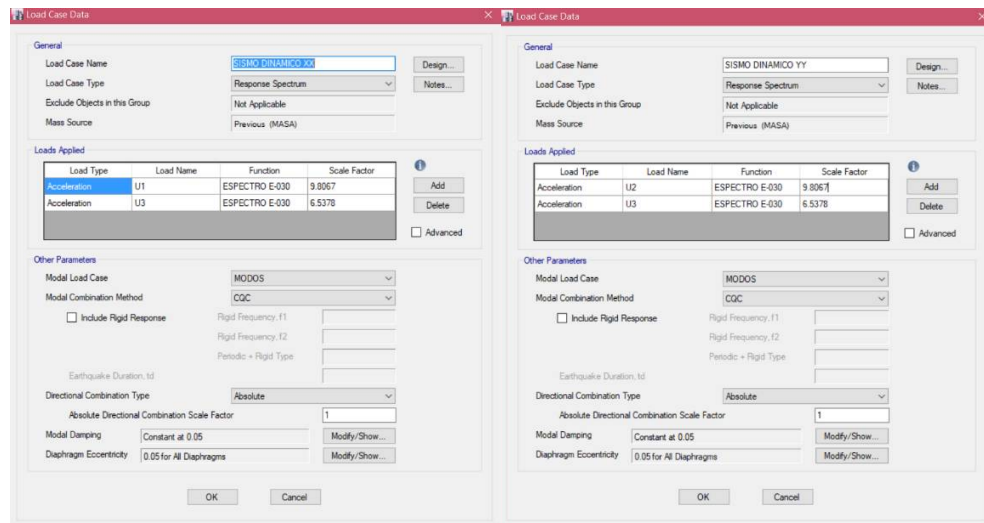
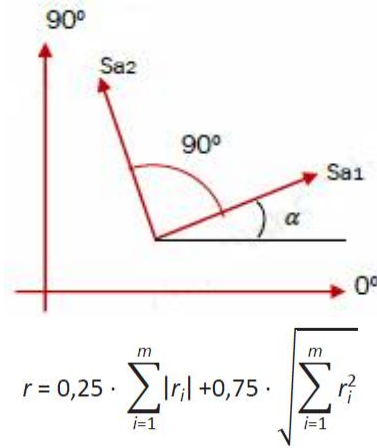


Figura 96: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL).

4.5.3.1.2. C.Q.C. (S.D E-30 X , Y) Este criterio considera todas las multiplex direcciones de las componentes sísmicas horizontales junto con la relación de intensidades entre ellas:



Para poder la utilizar la ecuación alternativa se deberá hacer un artificio donde:

Sumatoria de las variables Absolutas = S.V.A.= $\sum_{i=1}^m |r_i|$

Raíz de la sumatoria de los cuadrados = R.S.C.= $\sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$

Estas variables se crearán en la Dirección X&Y

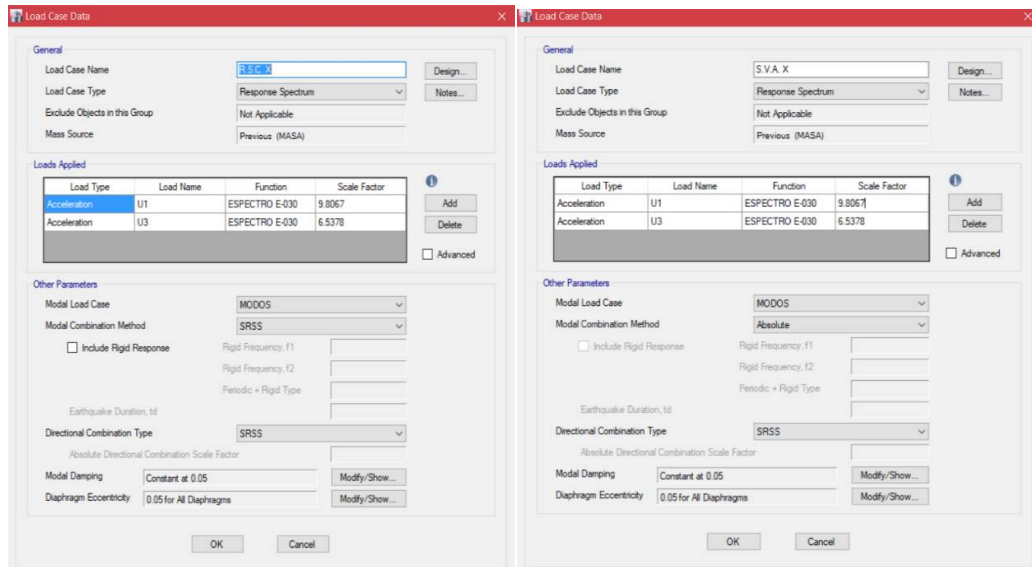
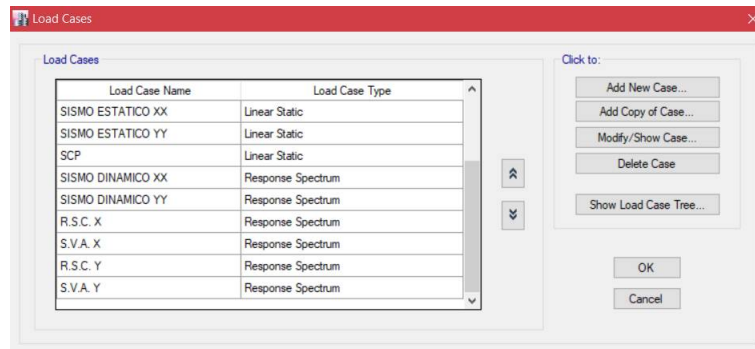
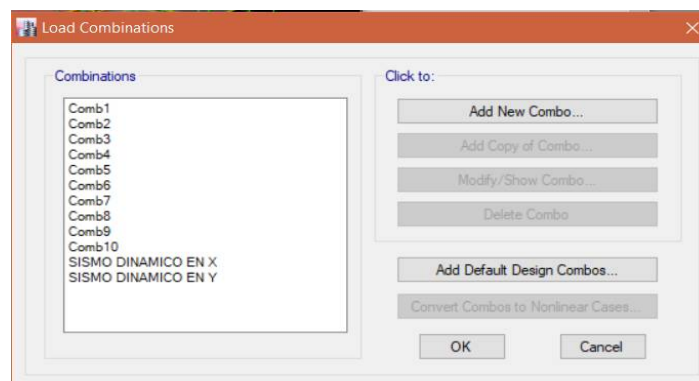


Figura 97: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL).

Luego generaremos la siguiente combinación especial:

Sismo dinámico en X = 0.25 S.V.A. X + 0.75 R.S.C. X

Sismo dinámico en Y = 0.25 S.V.A. Y + 0.75 R.S.C. Y



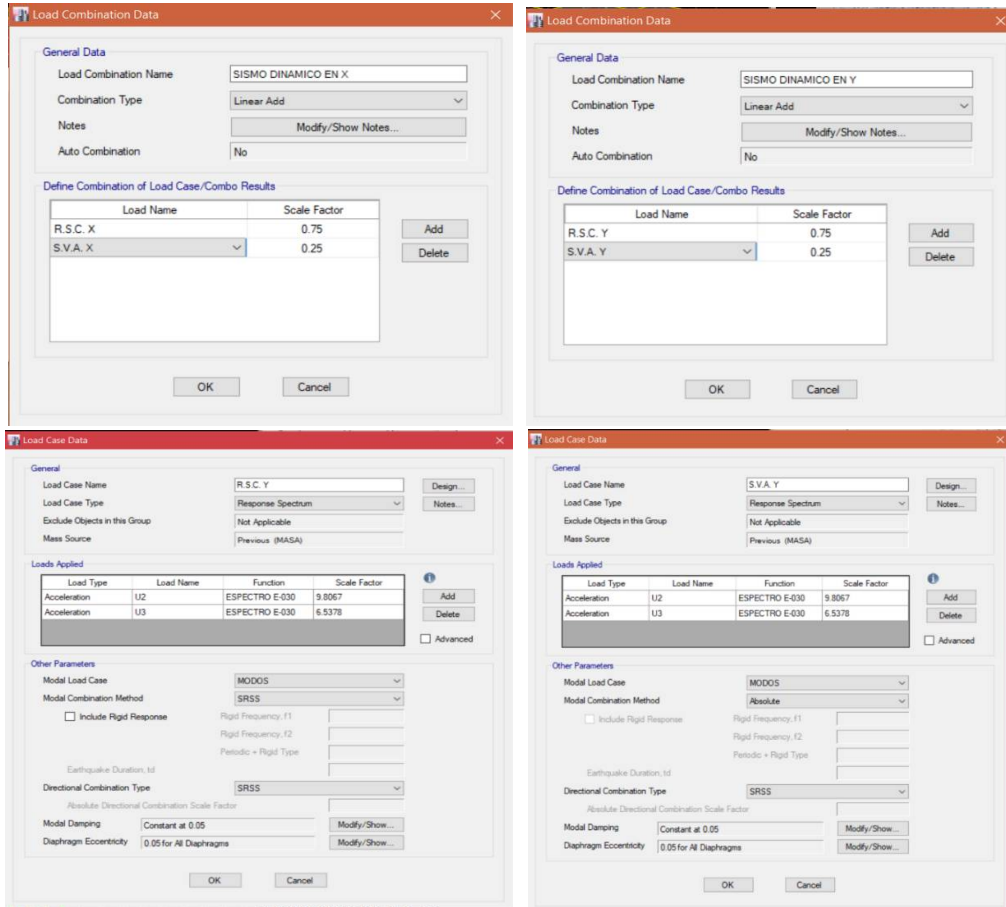


Figura 98: Incorporación del Caso de Carga Dinámico en dirección X&Y (MDL).

4.5.3.2. Desplazamientos laterales y control de derivas

- S.R.S.S.

Tabla 25: Manual etabs

	Desplazamiento Max UXX (m)		H	MANUAL Δ XX	ETABS Δ XX	Δ inelástica XX
PISO 10	0.137471	0.002026	32.875	0.000623	0.003523	0.003523
PISO 9	0.135445	0.012237	29.625	0.003765	0.004051	0.004051
PISO 8	0.123208	0.013798	26.375	0.004246	0.00456	0.004560
PISO 7	0.10941	0.015649	23.125	0.004815	0.005089	0.005089
PISO 6	0.093761	0.017166	19.875	0.005282	0.005488	0.005488
PISO 5	0.076595	0.018419	16.625	0.005667	0.00582	0.005820
PISO 4	0.058176	0.018719	13.375	0.005760	0.005848	0.005848
PISO 3	0.039457	0.017567	10.125	0.005405	0.00545	0.005450
PISO 2	0.02189	0.014216	6.875	0.004374	0.004395	0.004395
PISO 1	0.007674	0.007674	3.625	0.002117	0.002117	0.002117

	Desplazamiento Max UYY (m)		H	ΔYY	ΔYY	Δ inelástica YY
PISO 10	0.09343	-0.00012	32.875	-0.000037	0.002955	0.002955
PISO 9	0.09355	0.010448	29.625	0.003215	0.00327	0.003270
PISO 8	0.083102	0.011188	26.375	0.003442	0.003521	0.003521
PISO 7	0.071914	0.011857	23.125	0.003648	0.00371	0.003710
PISO 6	0.060057	0.012308	19.875	0.003787	0.003838	0.003838
PISO 5	0.047749	0.012369	16.625	0.003806	0.003839	0.003839
PISO 4	0.03538	0.011859	13.375	0.003649	0.003668	0.003668
PISO 3	0.023521	0.010563	10.125	0.003250	0.003258	0.003258
PISO 2	0.012958	0.008237	6.875	0.002534	0.002537	0.002537
PISO 1	0.004721	0.004721	3.625	0.001302	0.001302	0.001302

- C.Q.C.

Tabla 26: Derivas Máximas, Sismo Dinámico XX, YY

	Desplazamiento Max UX (cm)		H	ΔX	ΔX	Δ inelástica X
PISO 10	0.136784	0.004809	32.875	0.001480	0.00351	0.003510
PISO 9	0.131975	0.011855	29.625	0.003648	0.003935	0.003935
PISO 8	0.12012	0.013388	26.375	0.004119	0.004435	0.004435
PISO 7	0.106732	0.015211	23.125	0.004680	0.004955	0.004955
PISO 6	0.091521	0.016709	19.875	0.005141	0.005346	0.005346
PISO 5	0.074812	0.017956	16.625	0.005525	0.005669	0.005669
PISO 4	0.056856	0.018274	13.375	0.005623	0.005702	0.005702
PISO 3	0.038582	0.017171	10.125	0.005283	0.005321	0.005321
PISO 2	0.021411	0.013908	6.875	0.004279	0.004295	0.004295
PISO 1	0.007503	0.00750	3.625	0.002070	0.00207	0.002070

	Desplazamiento Max UY (cm)		H	ΔY	ΔY	Δ inelástica Y
PISO 10	0.091036	-0.007258	32.875	-0.002233	0.00294	0.002940
PISO 9	0.098294	0.011014	29.625	0.003389	0.003442	0.003442
PISO 8	0.08728	0.011788	26.375	0.003627	0.003705	0.003705
PISO 7	0.075492	0.012486	23.125	0.003842	0.003902	0.003902
PISO 6	0.063006	0.01295	19.875	0.003985	0.004034	0.004034
PISO 5	0.050056	0.013002	16.625	0.004001	0.004033	0.004033
PISO 4	0.037054	0.012451	13.375	0.003831	0.003849	0.003849
PISO 3	0.024603	0.011071	10.125	0.003406	0.003414	0.003414
PISO 2	0.013532	0.008614	6.875	0.002650	0.002653	0.002653
PISO 1	0.004918	0.004918	3.625	0.001357	0.001357	0.001357

Concreto Armado DRIFT max 0.007 SEGÚN R.N.E.

S.R.S.S. (SISMO DINAMICO R=1 XX , YY)

$$\Delta = 0.75 \times R \times \Delta$$

DRIFT X max = 0.005848 OK!

DRIFT Y max = 0.003839 OK!

C.Q.C. (S.D R=1 X , Y)

$$\Delta = 0.75 \times R \times \Delta$$

DRIFT XX max = 0.005702 OK!

DRIFT YY max = 0.004034 OK!

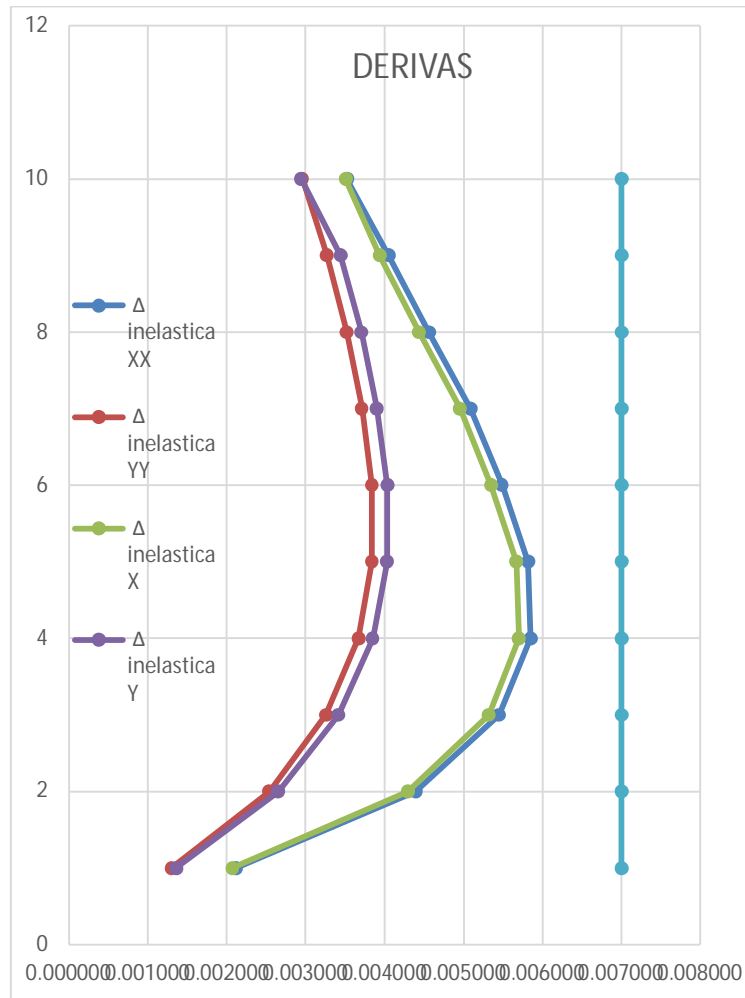


Figura 99: Derivas

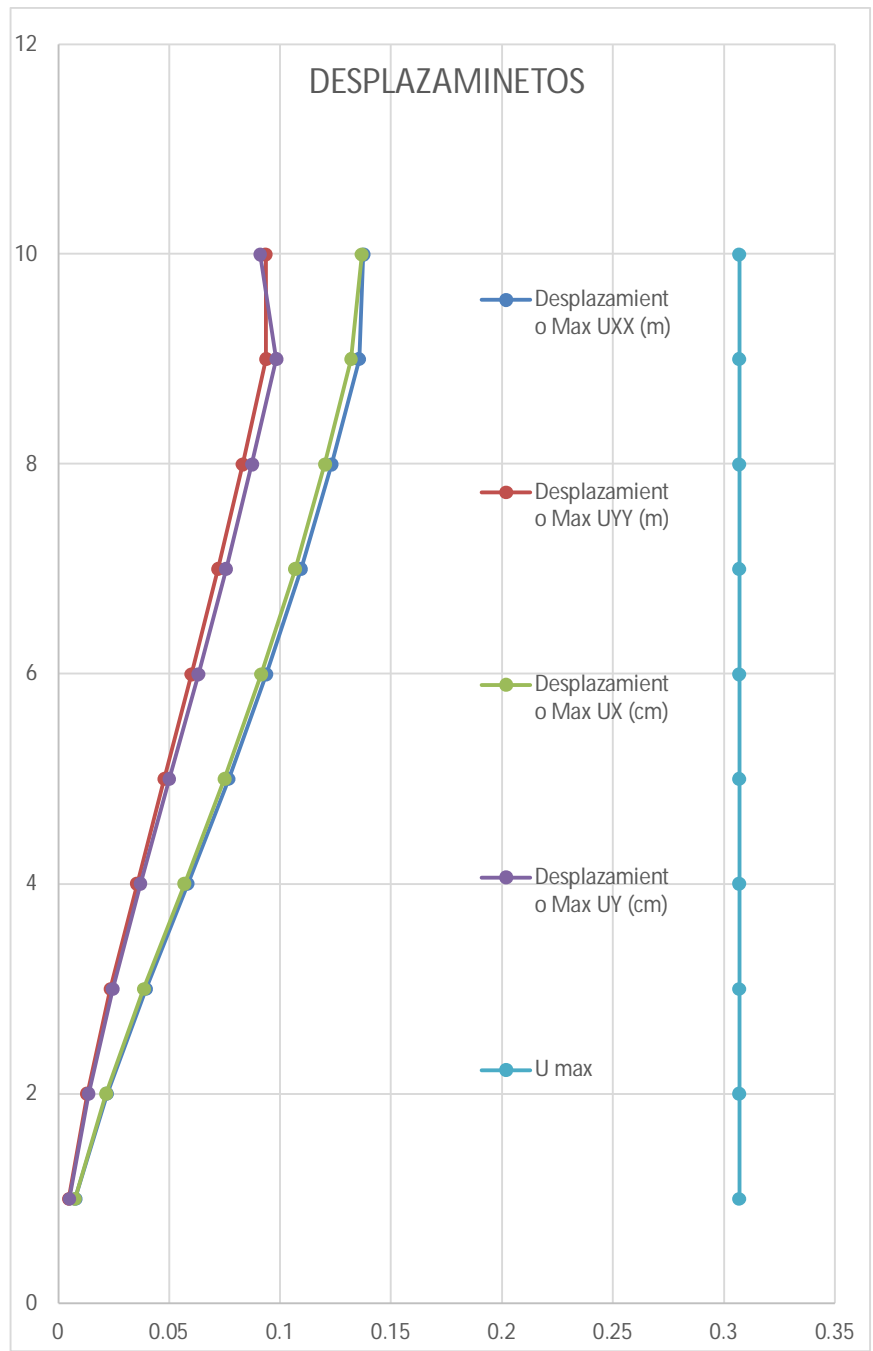


Figura 100: Desplazamientos

4.5.4. Selección y tratamiento de acelerogramas

Para Para lo cual se deberá tener en cuenta lo sugerido en el R.N.E el cual sugiere usar tres conjuntos de registros, o similar en direcciones ortogonales.

Cada uno de los conjuntos de registros de acelerogramas estará conformado por un par de componentes de aceleración horizontal, las cuales serán elegidas y escaladas de eventos individuales. Por otra parte, dichos registros deberán cumplir con las siguientes condiciones para su uso:

- Los registros de aceleración serán obtenidos de eventos cuyas magnitudes sean considerados como máximos a través de la historia.
- Los registros de aceleración a obtenerse de eventos captados a la misma distancia del epicentro en el cual ocurrió el evento de creación.
- Los registros de aceleración serán obtenidos de eventos captados en el mismo tipo de suelo en el cual estará fundada la edificación.
- Cuando no se disponga de ningún registro, se podrán usar registros simulados o artificiales para alcanzar el número total requerido el cual estarán sujetos a las mismas condiciones anteriormente dichas. Adicionalmente el RNE proporciona unos parámetros para la creación de acelerogramas sintéticos

Obtener los acelerogramas

Para lo cual se pueden obtener de diferentes fuentes como del IGP y red acelerográfica del Perú dichos acelerogramas deberán cumplir con las condiciones antes mencionadas

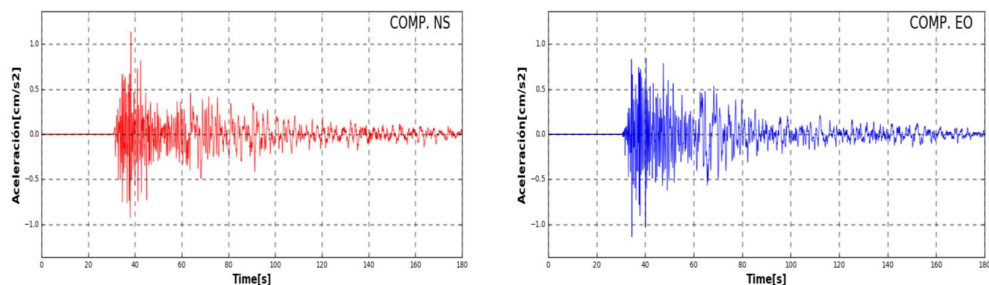


Figura 101: Sismo del 01 de marzo del 2019 est. unap (cm/seg²)

Convertir las unidades

Los acelerogramas generalmente son tomados en las unidades echas por los fabricantes de los acelerógrafos por lo general para Latinoamérica están dados en cm/s^2 , estas deberán ser transformadas a unidades g por compatibilidad con el espectro de pseudo aceleraciones es decir de cm/s^2 a g

Filtrado de acelerogramas con el software SeismoSignal

Este proceso deberá hacerse para quitar los movimientos de desplazamiento involuntario de la máquina, así como también de los ocasionados por interferencia involuntario de vehículos o personas esto será de por línea base

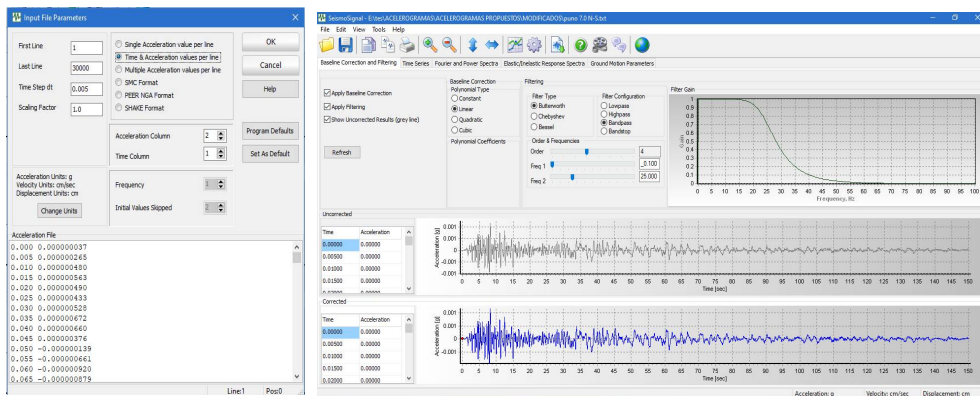


Figura 102: Parámetros del archivo de entrada

4.5.5. Creación de acelerogramas sintéticos

Elaboración de acelerogramas sintéticos con el software SeismoArtif.

Para la elaboración de acelerogramas sintéticos el software SeismoArtif. proporciona una forma sencilla de elaborarlas solo deberemos seguir los siguientes pasos:

- Cargar el espectro de pseudo aceleraciones con las recomendaciones de RNE
- Indicar el tipo de suelo donde se ubicará la estructura
- Indicar las condiciones y distancia a la cual se producirá el evento
- Por último nos pedirá cuantos acelerogramas deseamos crear

El software SeismoArtif. escara de forma automática los acelerogramas al espectro indicado

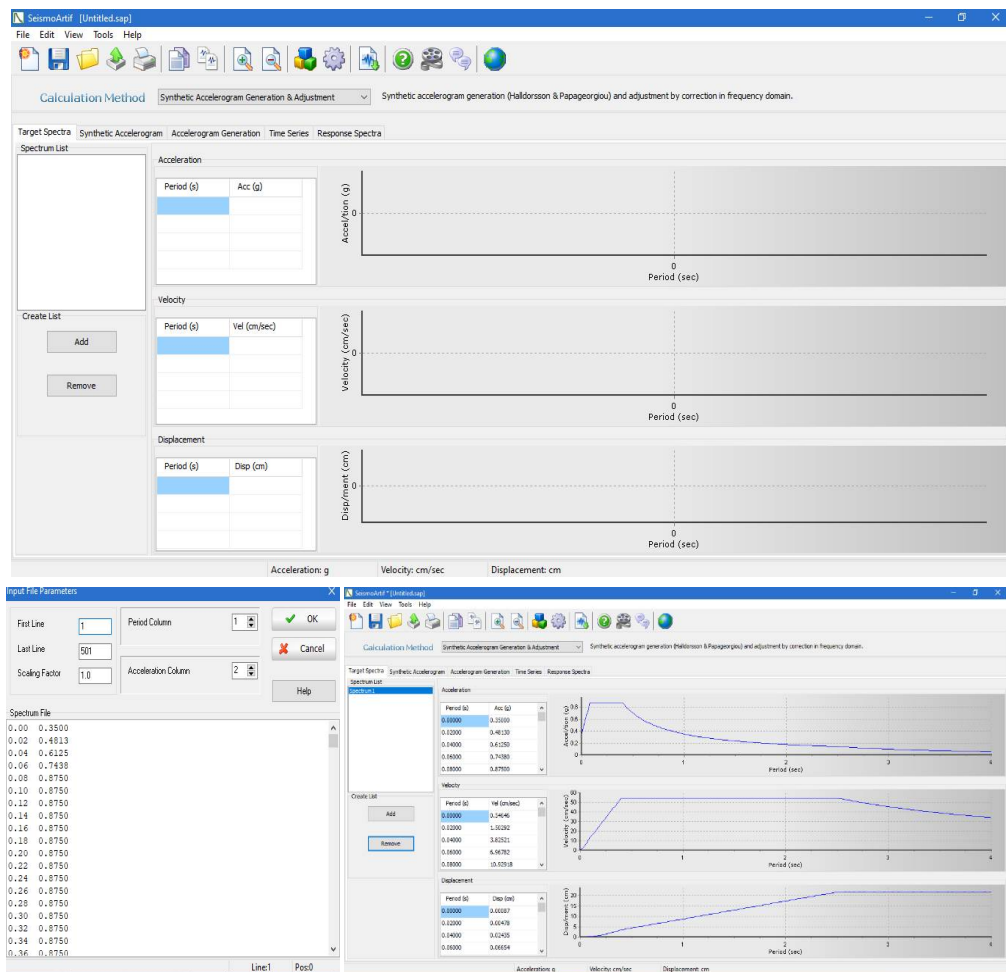


Figura 103: Parámetros del archivo de entrada (selección de espectro)

Parámetros de Sitio, Según E.030-2016 (2.4)

Perfil de Suelo Tipo = S1

$$S = 1$$

Roca o Suelos Muy Rígidos: Roca fracturada, arena muy densa o grava arenosa densa, arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m).

$$TP = 0.4$$

$$TL = 2.5$$

$$Vs = 500 \text{ m/s a } 1500 \text{ m/s}$$

$$N60 = > 50$$

$$Su = > 100 \text{ kPa}$$

$$qu = 5 \text{ kg/cm}^2 \text{ a } 1 \text{ Kg/cm}^2$$

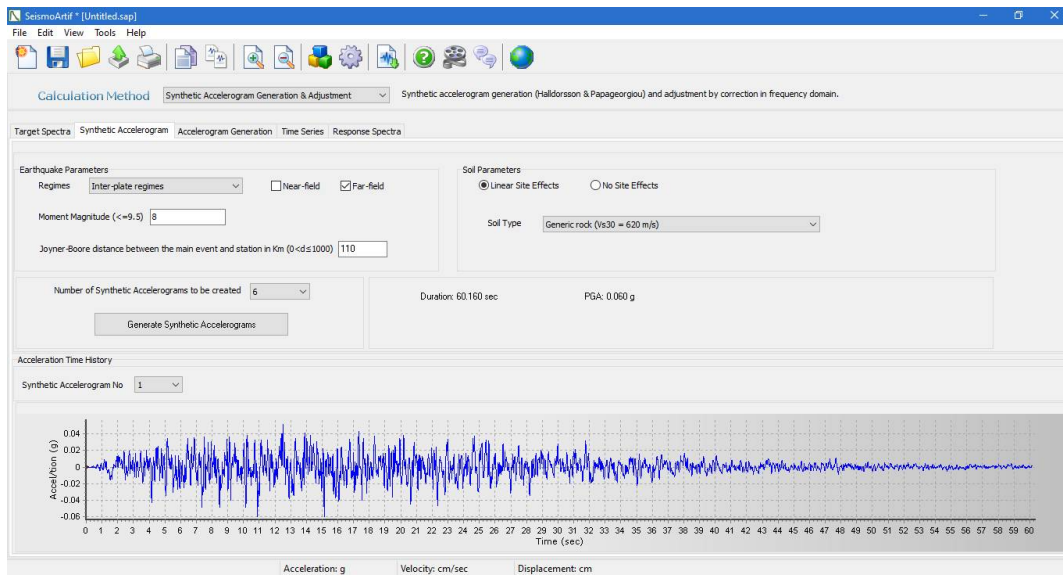


Figura 104: Parámetros del archivo de entrada

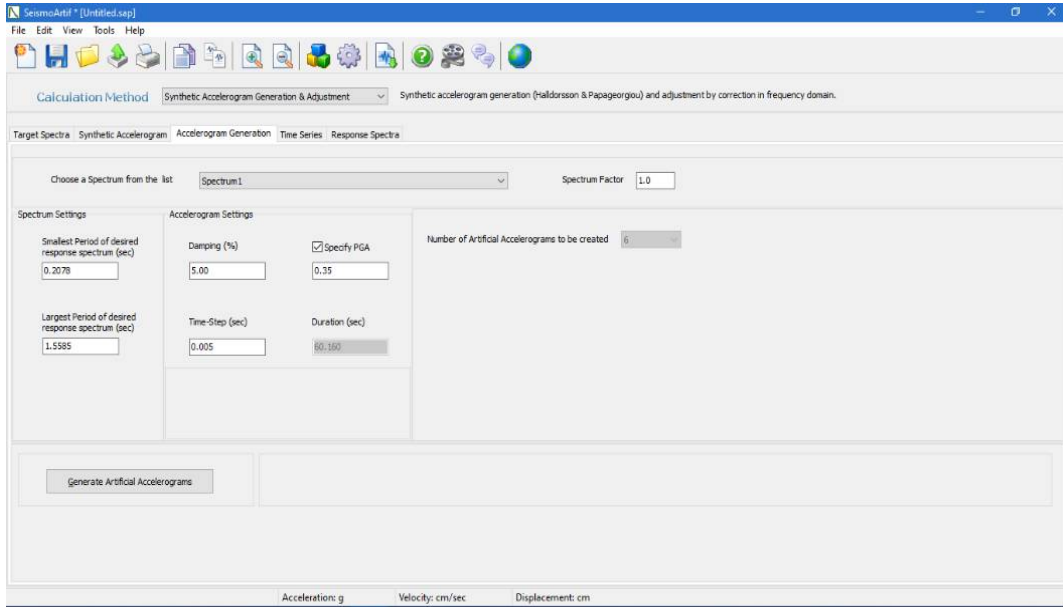


Figura 105: Parámetros de acelerograma

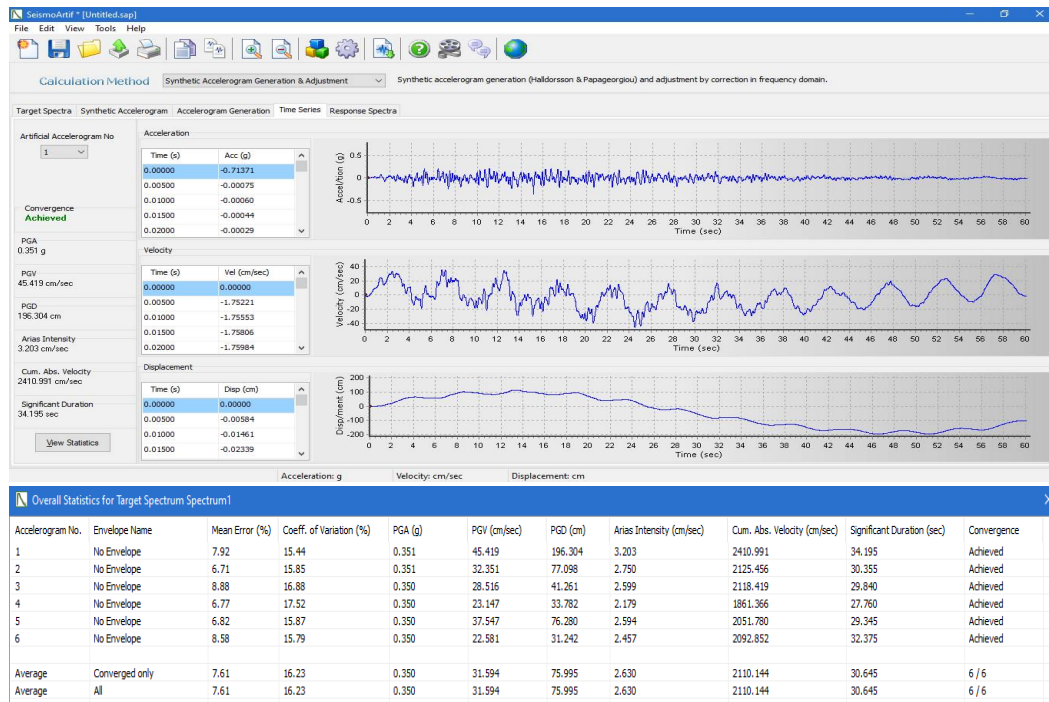


Figura 106: Revisión de resultados

4.5.6. Escalamiento de acelerogramas

Escalar los acelerogramas con el software SeismoMach

Para escalar los acelerogramas al espectro de diseño máximo se utilizará las recomendaciones antes mencionadas el software SeismoMach proporciona una forma rápida de hacerlo

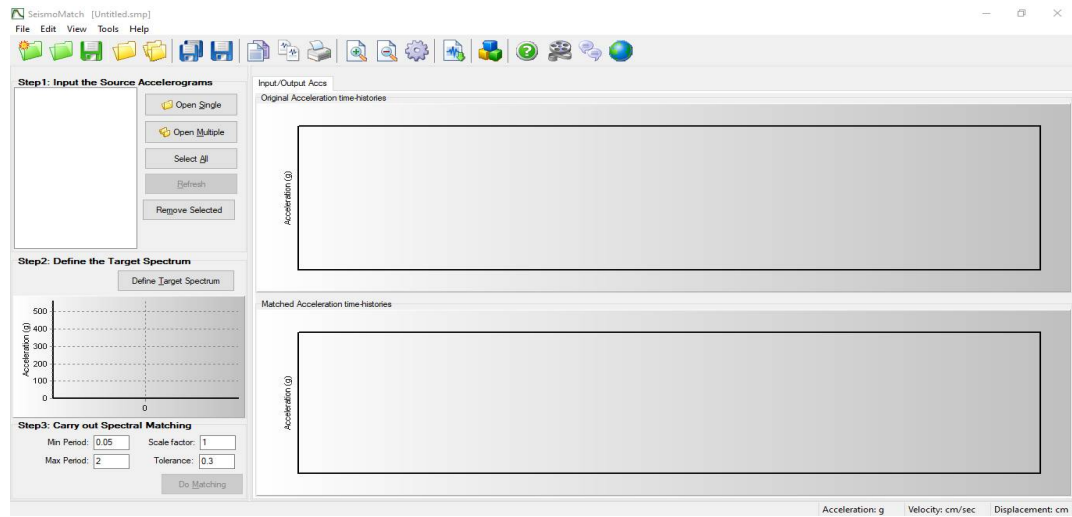


Figura 107: Seismomatch

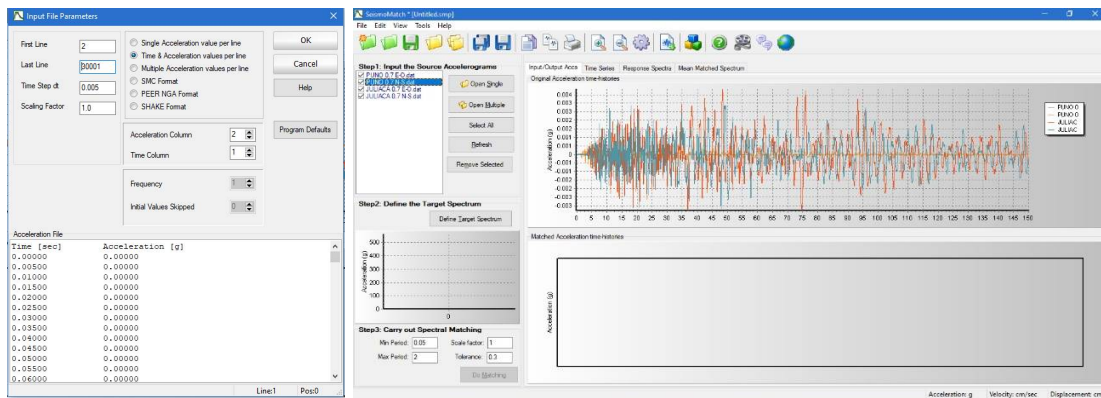


Figura 108: Cargar los sismos

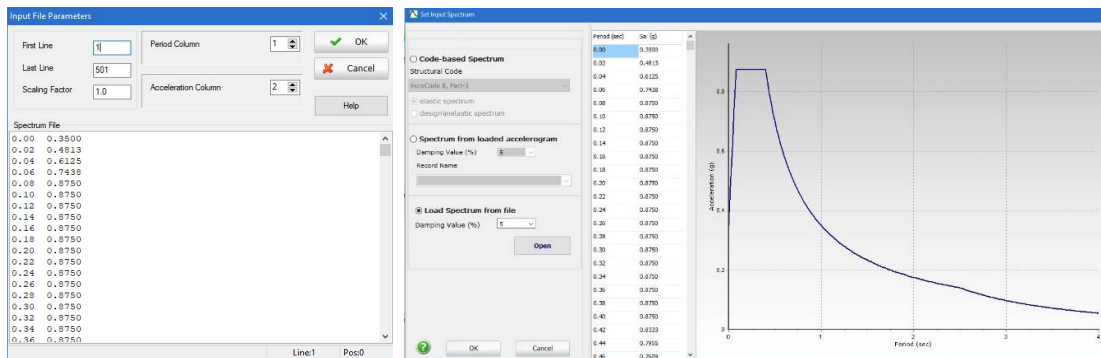


Figura 109: Seleccionar el espectro a escalar

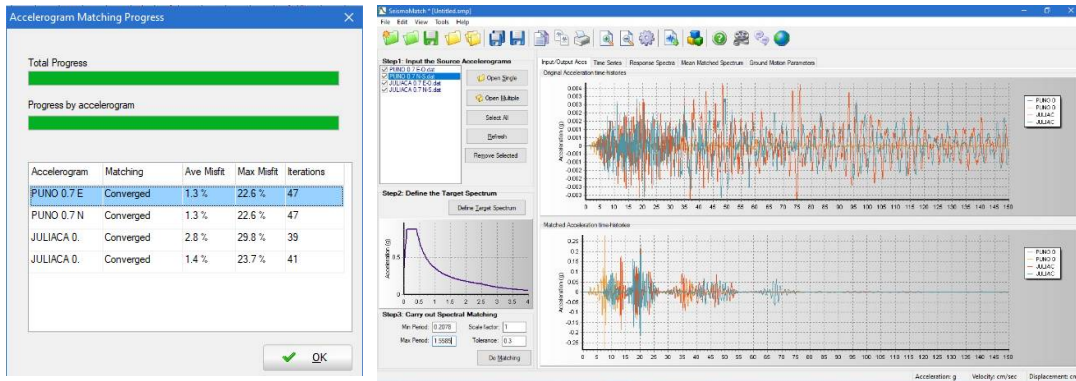


Figura 110: Escalamos

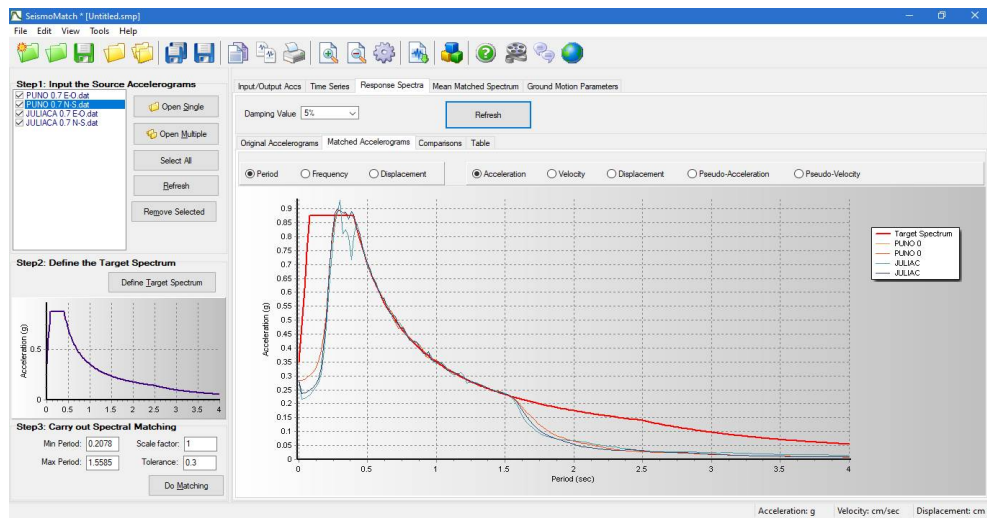


Figura 111: Revisión

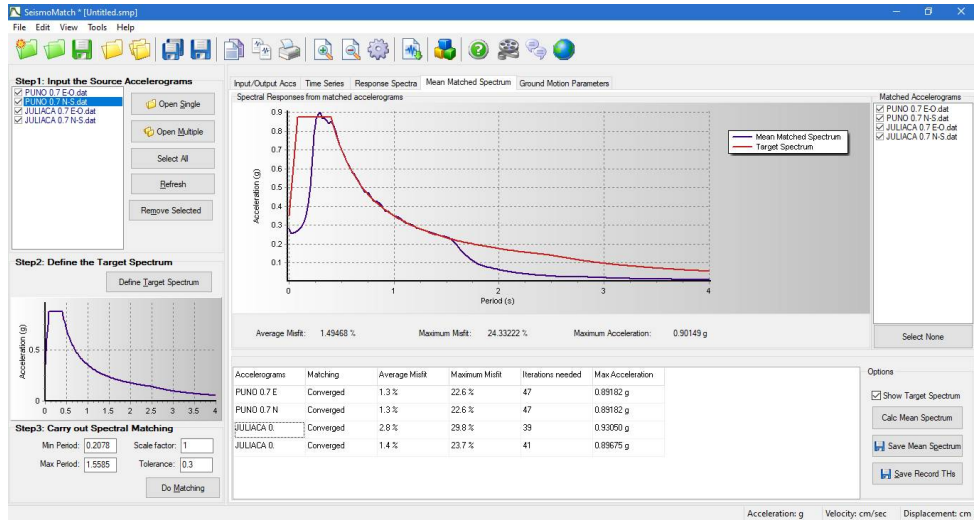


Figura 112: Guardado

4.5.7. Determinación de sismo máximo de diseño

PUNO, PUNO, PUNO : 7.0
 RED ACELEROGRAFICA
 UPG FIC UNI - CIP CN

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION

STATION NAME : UNAP
 STATION CODE : D89C
 STATION LOCATION : PUNO, PUNO, PUNO
 LATITUDE : -15.820000
 LONGITUDE : -70.020000
 ALTITUDE (m) : 3850
 ACCELEROMETER MODEL : REFTEK
 SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 200

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE

DATE : 01 de marzo del 2019
 ORIGIN TIME (UTC) : 08:50:38
 LATITUDE : -14.84

LONGITUDE : -70.22
 DEPTH (km) : 270.0
 MAGNITUDE : 7.0
 INFORMATION SOURCE : IGP

Tabla 27: Derivas de piso, caso 1 y 2

Derivas (Drifts) de piso				
	CASO 1		CASO 2	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.002993	0.002561	0.002993	0.002561
PISO 9	0.003216	0.002732	0.003216	0.002732
PISO 8	0.003593	0.002961	0.003593	0.002961
PISO 7	0.003886	0.003158	0.003886	0.003158
PISO 6	0.004128	0.00331	0.004128	0.00331
PISO 5	0.004426	0.003346	0.004426	0.003346
PISO 4	0.004439	0.003216	0.004439	0.003216
PISO 3	0.004076	0.002862	0.004076	0.002862
PISO 2	0.003556	0.002226	0.003556	0.002226
PISO 1	0.001855	0.00114	0.001855	0.00114

PUNO, SAN ROMAN, JULIACA : 7.0

RED ACELEROGRAFICA

UPG FIC UNI - CIP CN

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION

STATION NAME : UNAJ
 STATION CODE : D87F
 STATION LOCATION : PUNO, SAN ROMAN, JULIACA
 LATITUDE : -15.490000
 LONGITUDE : -70.150000
 ALTITUDE (m) : 3823
 ACCELEROMETER MODEL : REFTEK
 SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 200

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE

DATE : 01 de marzo del 2019

ORIGIN TIME (UTC) : 08:50:38
 LATITUDE : -14.84
 LONGITUDE : -70.22
 DEPTH (km) : 270.0
 MAGNITUDE : 7.0
 INFORMATION SOURCE : IGP

Tabla 28: Derivas de piso, caso 3 y 4

	CASO 3		CASO 4	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.002979	0.002743	0.003162	0.002525
PISO 9	0.00314	0.00282	0.003371	0.00259
PISO 8	0.003601	0.003055	0.003911	0.002805
PISO 7	0.004191	0.003252	0.004551	0.002986
PISO 6	0.004682	0.003398	0.005084	0.003121
PISO 5	0.005059	0.00342	0.005495	0.003142
PISO 4	0.00512	0.003269	0.005562	0.003004
PISO 3	0.004745	0.002891	0.005156	0.002656
PISO 2	0.003773	0.00223	0.004101	0.002049
PISO 1	0.001784	0.001128	0.001941	0.001037

PUNO, PUNO, PUNO : 8.0
 SISMO SIMULADO 1
 SeismoArtif.v2018

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION

STATION NAME

STATION CODE

STATION LOCATION : PUNO, PUNO, PUNO

LATITUDE : -15.820000

LONGITUDE : -70.020000

ALTITUDE (m) : 3850

ACCELEROMETER MODEL

SAMPLING FREQUENCY (Hz)

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE

DATE

ORIGIN TIME (UTC)

LATITUDE : -14.84

LONGITUDE : -70.22

DEPTH (km) : 120

MAGNITUDE : 8.0

INFORMATION SOURCE

Tabla 29: Derivas de piso, caso 5 y 6

	CASO 5		CASO 6	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.00371	0.002661	0.002709	0.002331
PISO 9	0.003973	0.002696	0.002912	0.002431
PISO 8	0.004516	0.002921	0.003292	0.002634
PISO 7	0.005068	0.003116	0.003647	0.002804
PISO 6	0.005473	0.003272	0.003826	0.002931
PISO 5	0.005842	0.003317	0.003869	0.002955
PISO 4	0.005983	0.003196	0.00377	0.00283
PISO 3	0.005674	0.002847	0.003571	0.002507
PISO 2	0.004618	0.00221	0.002953	0.001937
PISO 1	0.002228	0.001124	0.001445	0.000981

Tabla 30: Derivas de piso, caso 7 y 8

	CASO 7		CASO 8	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.003031	0.002959	0.0034	0.002663
PISO 9	0.003194	0.002919	0.003622	0.002798
PISO 8	0.003599	0.003146	0.004153	0.003021
PISO 7	0.00396	0.003309	0.004739	0.003187
PISO 6	0.004157	0.0034	0.005191	0.003305
PISO 5	0.004387	0.003357	0.005532	0.003302

PISO 4	0.004694	0.003154	0.005578	0.003134
PISO 3	0.004767	0.002768	0.005202	0.002755
PISO 2	0.004089	0.00213	0.00418	0.002118
PISO 1	0.002058	0.001084	0.002001	0.001068

Tabla 31: Derivas de piso, caso 9 y 10

	CASO 9		CASO 10	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.003793	0.002963	0.003337	0.00232
PISO 9	0.004036	0.002916	0.003601	0.002436
PISO 8	0.004581	0.003142	0.004128	0.002642
PISO 7	0.005133	0.003304	0.004711	0.002814
PISO 6	0.005533	0.003394	0.005163	0.002944
PISO 5	0.005889	0.003351	0.005501	0.002967
PISO 4	0.006015	0.00315	0.005545	0.002841
PISO 3	0.005691	0.002764	0.005171	0.002516
PISO 2	0.004623	0.002127	0.004155	0.001944
PISO 1	0.002229	0.001082	0.001988	0.000983

Tabla 32: Derivas de piso, caso 11 y 12

	CASO 11		CASO 12	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.002721	0.002673	0.003037	0.002649
PISO 9	0.002873	0.002782	0.003214	0.002706
PISO 8	0.003253	0.003002	0.003614	0.002933
PISO 7	0.003606	0.003168	0.003971	0.00313
PISO 6	0.003784	0.003292	0.004209	0.003288
PISO 5	0.003826	0.003294	0.004498	0.003333
PISO 4	0.003767	0.003132	0.004758	0.00321
PISO 3	0.003595	0.002759	0.004825	0.002858

PISO 2	0.002977	0.002123	0.004135	0.002217
PISO 1	0.001458	0.001072	0.00208	0.001127

Tabla 33: Derivas de piso, caso 13 y 14

	CASO 13		CASO 14	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.003767	0.00271	0.002964	0.002445
PISO 9	0.004024	0.002791	0.003156	0.002434
PISO 8	0.004566	0.00301	0.003563	0.002632
PISO 7	0.005115	0.003173	0.003929	0.002796
PISO 6	0.005511	0.003295	0.004126	0.002919
PISO 5	0.005865	0.00329	0.004384	0.00294
PISO 4	0.005991	0.003121	0.004705	0.002813
PISO 3	0.005668	0.002741	0.00478	0.002491
PISO 2	0.004613	0.002104	0.004099	0.001931
PISO 1	0.002229	0.00106	0.002061	0.000985

Tabla 34: Derivas de piso, caso 15 y 16

	CASO 15		CASO 16	
	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y
PISO 10	0.002685	0.003019	0.0034	0.002501
PISO 9	0.002873	0.002915	0.003609	0.002701
PISO 8	0.003252	0.003139	0.004131	0.002935
PISO 7	0.003605	0.003297	0.004705	0.003139
PISO 6	0.003781	0.003384	0.005149	0.003302
PISO 5	0.003817	0.003338	0.005481	0.003351
PISO 4	0.003756	0.003134	0.005527	0.003231

PISO 3	0.003583	0.002747	0.005158	0.002881
PISO 2	0.002966	0.002109	0.004146	0.002239
PISO 1	0.001451	0.001071	0.001985	0.001139

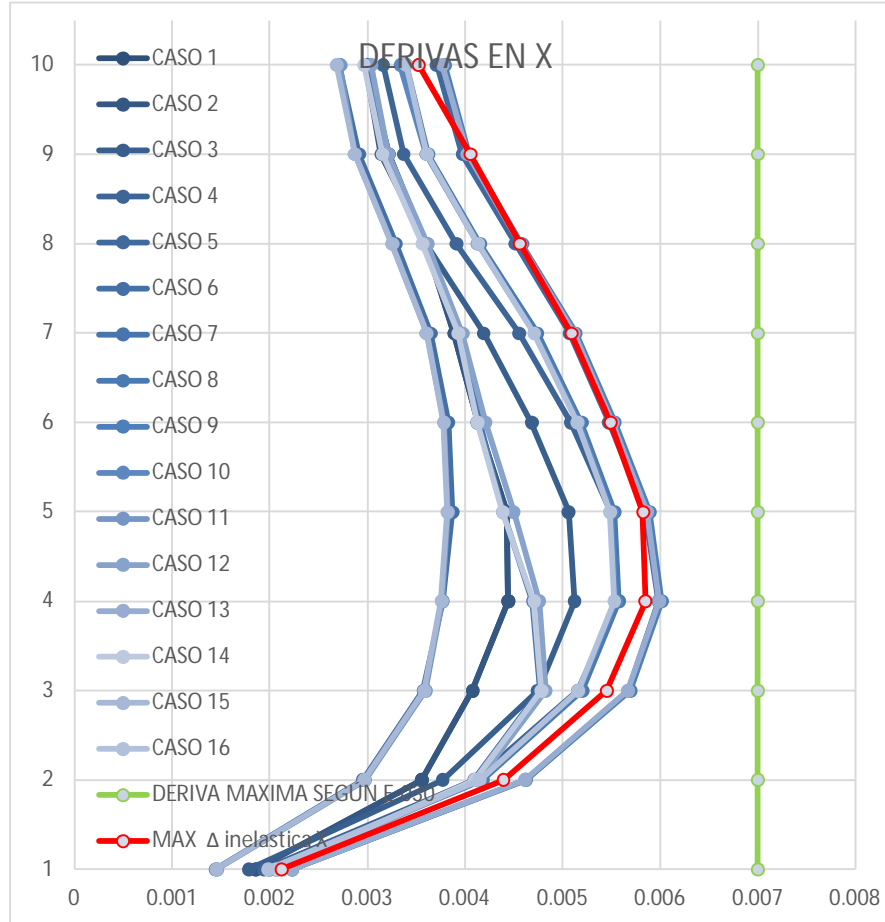


Figura 113: Derivas en x

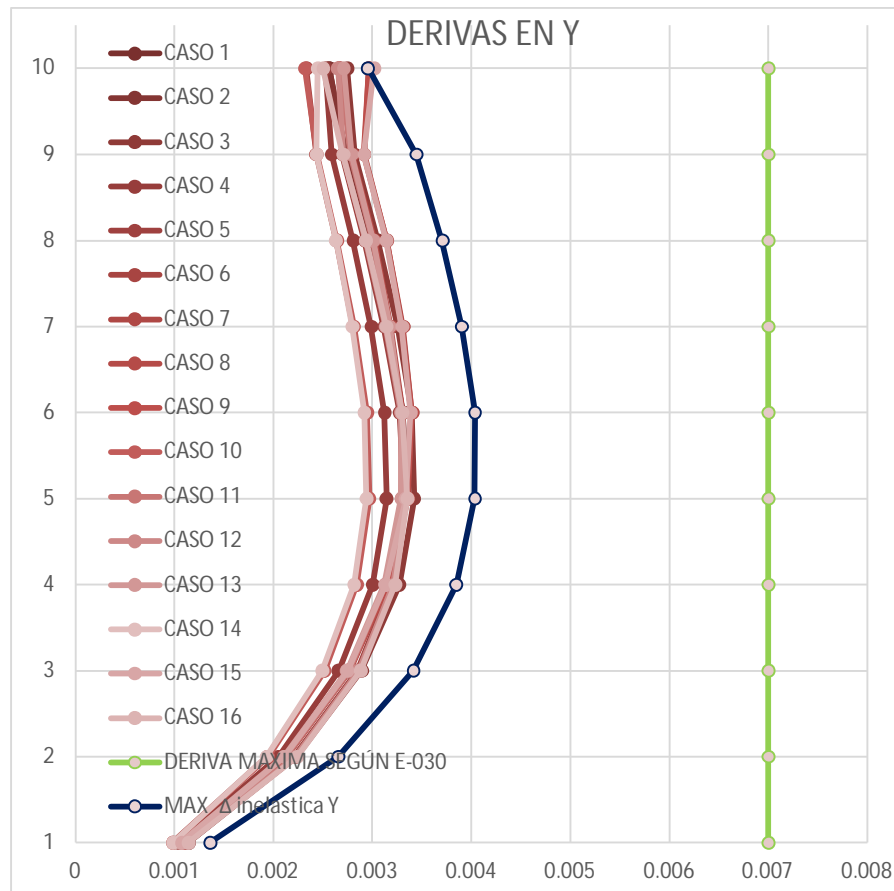


Figura 114: Derivas en y

SISMO DE DICEÑO (SISMO RARO $T_r= 475$ años)

T-H CASO 9

4.5.8. Análisis sísmico del sistema estructural ante el sismo máximo considerado

Tabla 35: Manual etabs

	Desplazamiento Max UX (m)		H	ΔX	ΔX	Δ inelástica X
PISO 10	0.145653	0.010295	32.875	0.003168	0.003793	0.003793
PISO 9	0.135358	0.011485	29.625	0.003534	0.004036	0.004036
PISO 8	0.123873	0.012904	26.375	0.003970	0.004581	0.004581
PISO 7	0.110969	0.014862	23.125	0.004573	0.005133	0.005133
PISO 6	0.096107	0.016756	19.875	0.005156	0.005533	0.005533
PISO 5	0.079351	0.018533	16.625	0.005702	0.005889	0.005889

PISO 4	0.060818	0.019321	13.375	0.005945	0.006015	0.006015
PISO 3	0.041497	0.018422	10.125	0.005668	0.005691	0.005691
PISO 2	0.023075	0.014994	6.875	0.004614	0.004623	0.004623
PISO 1	0.008081	0.00808	3.625	0.002229	0.002229	0.002229
					ΔX Max =	0.006015

				MANUAL	ETABS	
	Desplazamiento Max UY (m)		H	ΔY	ΔY	Δ inelástica Y
PISO 10	0.088898	0.007406	32.875	0.002279	0.002963	0.002963
PISO 9	0.081492	0.009367	29.625	0.002882	0.002916	0.002916
PISO 8	0.072125	0.010053	26.375	0.003093	0.003142	0.003142
PISO 7	0.062072	0.010575	23.125	0.003254	0.003304	0.003304
PISO 6	0.051497	0.010846	19.875	0.003337	0.003394	0.003394
PISO 5	0.040651	0.010732	16.625	0.003302	0.003351	0.003351
PISO 4	0.029919	0.010161	13.375	0.003126	0.00315	0.003150
PISO 3	0.019758	0.008945	10.125	0.002752	0.002764	0.002764
PISO 2	0.010813	0.006891	6.875	0.002120	0.002127	0.002127
PISO 1	0.003922	0.003922	3.625	0.001082	0.001082	0.001082
					ΔY Max =	0.003394

Tabla 36: Acoplamiento, espectro de diseño x

	ESPECTRO DE DISEÑO X	SISMO DE DISEÑO X	% DE ACOPLAMIENTO	
	MAX Δ inelástica X	Δ inelástica X	SD=DT-H/DR1 X	0.9<SD<1.5
PISO 10	0.003523	0.003793	1.08	OK
PISO 9	0.004051	0.004036	1.00	OK
PISO 8	0.004560	0.004581	1.00	OK
PISO 7	0.005089	0.005133	1.01	OK
PISO 6	0.005488	0.005533	1.01	OK
PISO 5	0.005820	0.005889	1.01	OK
PISO 4	0.005848	0.006015	1.03	OK
PISO 3	0.005450	0.005691	1.04	OK
PISO 2	0.004395	0.004623	1.05	OK
PISO 1	0.002117	0.002229	1.05	OK

Tabla 37: Acoplamiento, espectro de diseño y

	ESPECTRO DE DISEÑO Y	SISMO DE DISEÑO Y	% DE ACOPLAMIENTO	
	MAX Δ inelástica Y	Δ inelástica Y	SD=DT-H/DR1 Y	
PISO 10	0.002955	0.002963	1.00	OK
PISO 9	0.003442	0.002916	0.85	OK
PISO 8	0.003705	0.003142	0.85	OK
PISO 7	0.003902	0.003304	0.85	OK
PISO 6	0.004034	0.003394	0.84	OK
PISO 5	0.004033	0.003351	0.83	OK
PISO 4	0.003849	0.003150	0.82	OK
PISO 3	0.003414	0.002764	0.81	OK
PISO 2	0.002653	0.002127	0.80	OK
PISO 1	0.001357	0.001082	0.80	OK

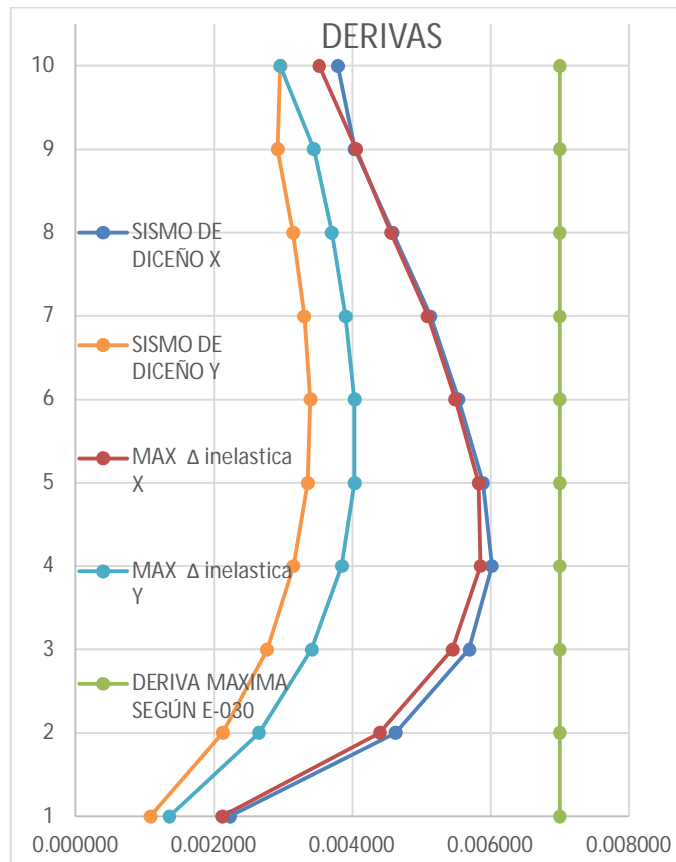


Figura 115: Derivas

4.5.9. Resultados parciales

4.6. Análisis sísmico con la aplicación de disipadores de energía de fluido viscoso

4.6.1. Evaluación arquitectónica y ubicación de dispositivos

Los disipadores de fluido viscoso de preferencia tienen que ser ubicados donde existen gran desplazamiento de la edificación para una mayor efectividad de los mismos

Por otra parte la configuración empleada en el presente trabajo de investigación será de chevron device la cual presenta una notable absorción de energía con respecto a la otras configuraciones

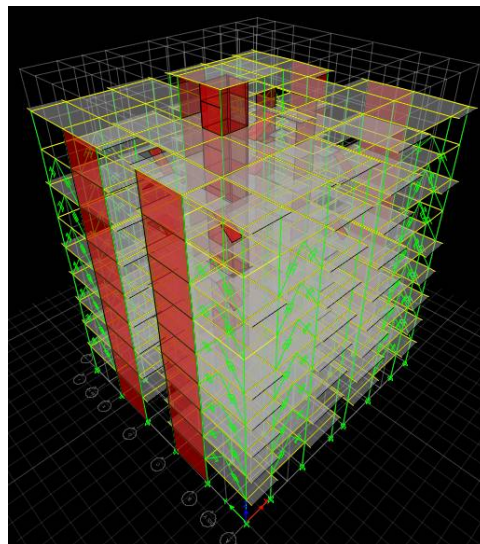


Figura 116: Evaluación arquitectónica

4.6.2. Criterios para aplicación de los dispositivos

4.6.2.1. Angulo de inclinación del dispositivo

El Angulo de inclinación con respecto al dispositivo tiene mucha influencia ya que si este es mas cercano al de 45° absorberá mayor energía ya que estará distribuida tanto como en el eje x como en z la fuerza de absorción

4.6.2.2. Configuración chevron mejorada

Esta configuración como tal proporciona una mayor absorción de energía por parte de los dispositivos ya que al llevar doble dispositivo absorbe la energía tanto en positivo como en negativo

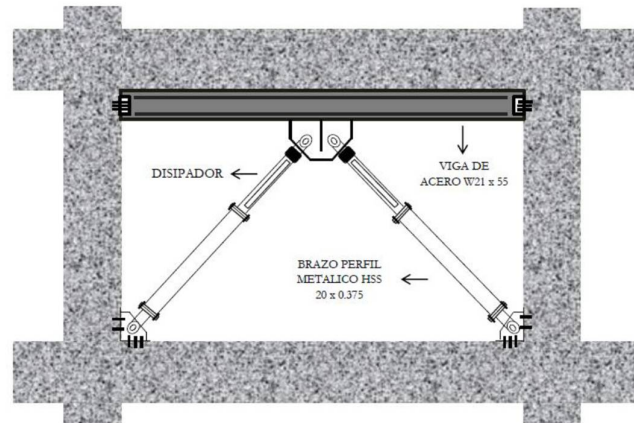


Figura 117: Configuración chevron mejorada

Una vez definida la configuración procederemos a dibujar los disipadores en el programa etabs para luego añadir sus propiedades matemáticas

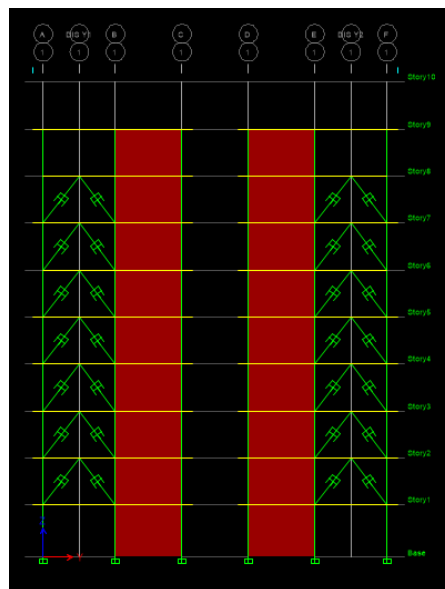


Figura 118: Gráfico de disipadores

AMORTIGUAMINETO PROPIO DE LA ESTRUCTURA

$$\beta_o = 5.0000 \quad 5.0000 \quad \%$$

AMORTIGUAMINETO EFECTIVO DEL SISTEMA

$$\beta_{eff} = 26.9034 \quad 26.1144 \quad \%$$

AMORTIGUAMINETO VISCOSO

$$\begin{aligned} \beta_H &= & \beta_H &= \beta_{eff} - \beta_o \\ \text{max} &= 40.0000 & 40.0000 & \% \\ \text{recomendado} &= 21.9034 & 21.1144 & \% \\ \text{min} &= 20.0000 & 20.0000 & \% \end{aligned}$$

4.6.3.3. Rigidez del brazo metálico (k)

Es denominada si la rigidez que proporciona a la extensión que complementa el dissipador de fluido viscoso el cual es simplemente un perfil metálico el cual tiene una medida casi estándar (Dimensiones HSS 7.50 x 0.50), con las siguientes características:

Propiedades del perfil metálico HSS

$$D \text{ ext.} = 0.1905 \quad \text{m}$$

$$D \text{ int.} = 0.178689 \quad \text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.011811 \quad \text{m}$$

$$\text{Área} = 0.006645148 \text{m}^2$$

$$\text{Inercia} = 2.65972 \times 10^{-05} \quad \text{m}^4$$

$$E \text{ Acero} = 20388980881 \quad \text{kg/m}^2$$

$$\text{Dispositivo} = 0.787 \quad \text{m}$$

La misma que es calculada con la siguiente fórmula:

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

PARA LA DIRECION X-X

	1° NIVEL	NIVELES TIPICOS	
H =	3.6250	3.2500	m
L =	4.3000	4.3000	m
brazo + disipador=	5.6241	5.3900	m
brazo primer nivel=	4.8371	4.6030	m
k Piso =	28010065.1769	29434434.7902	kg/m
$\theta =$	1.0355	0.9864	
COS θ =	0.5101	0.5517	

PARA LA DIRECION Y-Y

	1° NIVEL	NIVELES TIPICOS	
H =	3.6250	3.2500	m
L =	5.0000	5.0000	m
brazo + disipador	6.1758	5.9634	m
brazo primer nivel	5.3888	5.1764	m
k Piso =	25142434.7829	26173982.7912	kg/m
θ =	0.9670	0.9151	
COS θ =	0.5677	0.6097	

4.6.3.4. Exponente de velocidad (α)

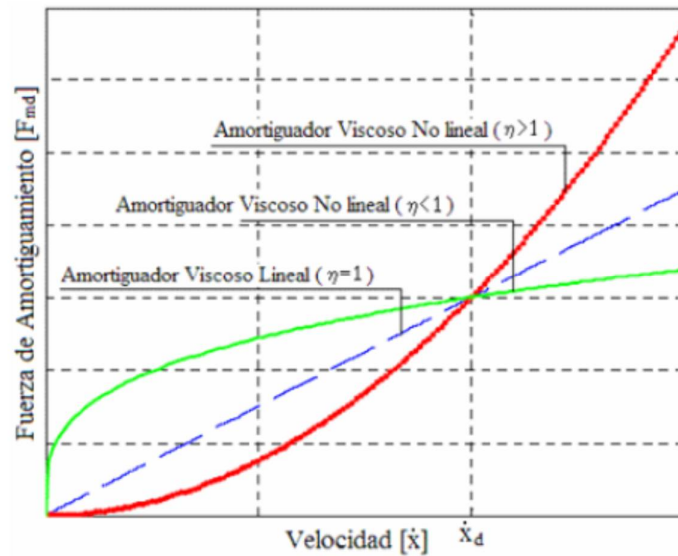


Figura 119: Relación velocidad vs fuerza del disipador.

Fuente: Genner Villarreal, 2014.

4.6.3.5. Coeficiente de amortiguamiento (c)

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

Table C9-4 Values of Parameter λ	
Exponent α	Parameter λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Figura 120: valores de parámetro

Rigidez del disipador "K"

:

$$K_d = \frac{C_d}{10(\Delta t)}$$

Dónde:

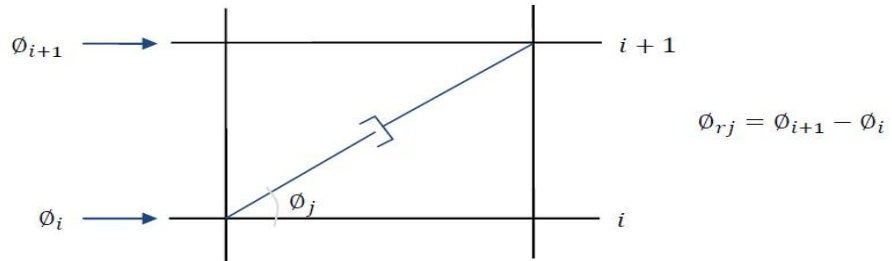


Figura 121: Definición del Angulo y desplazamiento relativo del disipador.

Fuente: FEMA 274 1997.

PARA X - X PARA Y - Y

AMORTIGUAMINETO PROPIO DE LA ESTRUCTURA

$$\beta_o = 0.0500 \qquad 0.0500$$

AMORTIGUAMINETO EFECTIVO DEL SISTEMA

$$\beta_{eff} = 0.2690 \qquad 0.2611$$

AMORTIGUAMINETO VISCOSO

$$\beta_H = 0.2190 \qquad 0.2111$$

Peso efectivo del Modo 1 de vibración (ASCE/SEI 7, 18.7.1.2.2b)

$$\bar{W}_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^n w_i \phi_{im} \right)^2}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{im}^2}$$

$$W1 = 425834.7189403919.6170$$

Factor de participación para el Modo 1 de vibración (ASCE/SEI 7, 18.7.2.2.3)

$$\Gamma_m = \frac{\bar{W}_m}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{im}}$$

$$\Gamma_1 = 1.3905 \quad 1.4545$$

Tabla 38: Coeficiente de amortiguamiento

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

$$B_{mD} = 1.5571 \quad 1.5334$$

AMPLITUD

$$A = \frac{g r_1 S_a T_1}{4 \beta_{1D} \pi^2}$$

$$A = 0.1269 \quad 0.084712 \quad m$$

FRECUENCIA ANGULAR

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

W = 6.0473 9.6220 rad/seg

FRECUENCIA

f = 0.9625 1.5314

EXPONETE DE VELOCIDAD

α 0.5000 0.5000

PARAMETRO LAMDA

λ 3.5000 3.5000

Tabla 39: Amplitud de desplazamiento del modo 1 relativo - Max desplazamiento en el modo 1

Desplazamiento maximo en el portico (A) EJE X-X								
		Des	modal			relativo	Φ _{rj} ^ (1 + α) x cos θ ^ (1 + α)	
NIVELES	masa	Dx (m)	Φi	m x Φi	m x Φi^2	Φrj	caso 1	caso 2
PISO 9	50701.880	0.135358000	1.000000000	50701.880000000	50701.880000000	0.084849067	0.017611067	0.010129015
PISO 8	62259.520	0.123873000	0.915150933	56976.857821185	52142.424599091	0.095332378	0.020973731	0.012063053
PISO 7	63215.950	0.110969000	0.819818555	51825.608797042	42487.595728357	0.109797722	0.025924181	0.014910307
PISO 6	62259.520	0.096107000	0.710020834	44205.556292498	31386.865930371	0.123790245	0.031034495	0.017849507
PISO 5	63215.950	0.079351000	0.586230589	37059.123571935	21725.191821367	0.136918394	0.036100045	0.020762961
PISO 4	66354.730	0.060818000	0.449312194	29813.989340416	13395.788972247	0.142739993	0.038426741	0.022101162
PISO 3	66354.730	0.041497000	0.306572201	20342.515631215	6236.449793500	0.136098347	0.035776209	0.020576707
PISO 2	66354.730	0.023075000	0.170473855	11311.746588676	1928.357042315	0.110772913	0.026270323	0.015109391
PISO 1	67171.750	0.008081000	0.059700941	4010.216697572	239.413711292	0.059700941	0.009751998	0.005314837
BASE	7955.180							
	MAX	0.135358000						
	Σ =			306247.494740540	220243.967598540		0.241868791	0.138816939

Tabla 40: Desplazamiento máximo en el pórtico (A) Eje Y-Y

NIVELES	masa	Des	modal	m x Φi	m x Φi^2	relativo	Φ _{rj} ^(1 + α) x cos θ^(1 + α)	
		DY (m)	Φi			Φ _{rj}	caso 1	caso 2
PISO 9	50701.880	0.081492000	1.000000000	50701.880000000	50701.880000000	0.114943798	0.029918451	0.018552998
PISO 8	62259.520	0.072125000	0.885056202	55103.174299318	48769.406154448	0.123361802	0.033264565	0.020627987
PISO 7	63215.950	0.062072000	0.761694399	48151.235070927	36676.526080138	0.129767339	0.035888796	0.022255322
PISO 6	62259.520	0.051497000	0.631927060	39343.475450842	24862.206784617	0.133092819	0.037277152	0.023116268
PISO 5	63215.950	0.040651000	0.498834241	31534.280462499	15730.378872540	0.131693909	0.036690981	0.022752772
PISO 4	66354.730	0.029919000	0.367140333	24361.497654616	8944.088356262	0.124687086	0.033802047	0.020961290
PISO 3	66354.730	0.019758000	0.242453247	16087.919738625	3900.568377212	0.109765376	0.027919578	0.017313459
PISO 2	66354.730	0.010813000	0.132687871	8804.467867889	1168.246098457	0.084560448	0.018878249	0.011706760
PISO 1	67171.750	0.003922000	0.048127424	3615.665580180	174.012668795	0.048127424	0.007691359	0.004516532
BASE	7955.180							
MAX		0.081492000						
Σ =				277703.596124896	190927.313392469		0.261331179	0.161803388

Coefficiente de amortiguamiento del disipador en X

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

$$A^{(1-\alpha)} \quad 0.3562$$

$$\omega^{(2-\alpha)} \quad 14.8712$$

$$\Sigma C \quad 3304890.6727$$

Disipadores por piso

N° 8.0000

C (Coef. Amortiguamiento)

$$C = 413111.3341$$

Coefficiente de amortiguamiento del disipador en Y

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

$A^{(1-\alpha)}$ 0.2911

$\omega^{(2-\alpha)}$ 29.8470

ΣC 3885464.4841

Disipadores por piso

N° 8.0000

C (Coef. Amortiguamiento)

C= 485683.0605

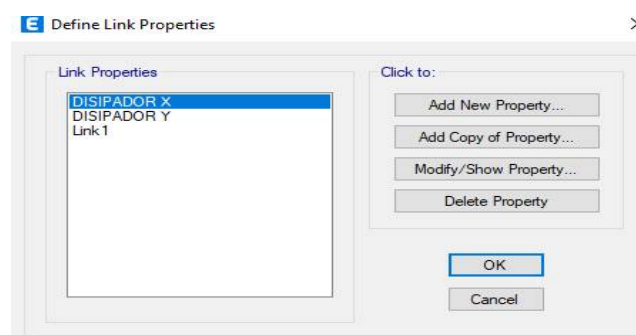
Tabla 41: Resumen

	X-X	Y-Y	
RIGUIDES DE PRIMER NIVEL			
K =	28010065.1769	25142434.7829	kg / m
RIGUIDES DE NIVEL TIPICO			
K =	29434434.7902	26173982.7912	kg / m
Coef. Amortiguamiento			
C =	413111.3500	485683.1000	kg s / m
EXPONETE DE VELOCIDAD			
α =	0.5000	0.5000	

4.6.4. Análisis sísmico del sistema estructural ante el sismo máximo considerado

4.6.4.1. Análisis dinámico

Para el análisis dinámico introduciremos los valores obtenidos para simular el modelo matemático en el programa etabs



Link Property Data

General

Link Property Name: P-Delta Parameters:

Link Type: Acceptance Criteria:

Link Property Notes: None specified

Total Mass and Weight

Mass: kgf·s²/m Rotational Inertia 1: kgf·m·s²

Weight: kgf Rotational Inertia 2: kgf·m·s²

Rotational Inertia 3: kgf·m·s²

Factors for Line and Area Springs

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property: m

Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property: m²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U1..."/>	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R1..."/>
<input type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U2..."/>	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R2..."/>
<input type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U3..."/>	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R3..."/>

Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases:

Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping:

Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor:

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name:

Direction:

Type:

NonLinear:

Linear Properties

Effective Stiffness: kgf/m

Effective Damping: kgf·s/m

Nonlinear Properties

Stiffness: kgf/m

Damping: kgf·(s/m)^{Cexp}

Damping Exponent:

Figura 122: Definición del Angulo y desplazamiento relativo del disipador.

Seguidamente haremos correr el programa

4.6.4.1.1. Desplazamientos laterales y control de derivas

Tabla 42: Desplazamientos producidos por el sismo de diseño con aplicación de disipadores (sismo raro tr= 475 años)

				EXEL	ETABS	
DRIFT	Dx m		H	ΔX	ΔX	Δ inelástica X
PISO 10	0.057985	0.004377	32.88	0.001347	0.001578	0.001578
PISO 9	0.053608	0.00455	29.63	0.001400	0.001633	0.001633
PISO 8	0.049058	0.004989	26.38	0.001535	0.00175	0.001750
PISO 7	0.044069	0.005833	23.13	0.001795	0.001917	0.001917
PISO 6	0.038236	0.006678	19.88	0.002055	0.002066	0.002066
PISO 5	0.031558	0.006399	16.63	0.001969	0.002284	0.002284
PISO 4	0.025159	0.006911	13.38	0.002126	0.002363	0.002363
PISO 3	0.018248	0.007365	10.13	0.002266	0.002288	0.002288
PISO 2	0.010883	0.006707	6.88	0.002064	0.002069	0.002069
PISO 1	0.004176	0.004176	3.63	0.001152	0.001152	0.001152
MAX	0.0580				MAX	0.002363

				EXEL	ETABS	
DRIFT	Dy		H	ΔY	ΔY	Δ inelástica Y
PISO 10	0.049742	0.005041	32.88	0.001551	0.001662	0.001662
PISO 9	0.044701	0.004929	29.63	0.001517	0.001518	0.001518
PISO 8	0.039772	0.005141	26.38	0.001582	0.001602	0.001602
PISO 7	0.034631	0.005317	23.13	0.001636	0.001675	0.001675
PISO 6	0.029314	0.00567	19.88	0.001745	0.001762	0.001762
PISO 5	0.023644	0.005844	16.63	0.001798	0.001803	0.001803
PISO 4	0.0178	0.005699	13.38	0.001754	0.001757	0.001757
PISO 3	0.012101	0.005204	10.13	0.001601	0.001602	0.001602
PISO 2	0.006897	0.004196	6.88	0.001291	0.001293	0.001293
PISO 1	0.002701	0.002701	3.63	0.000745	0.000745	0.000745
MAX	0.0497				MAX	0.001803

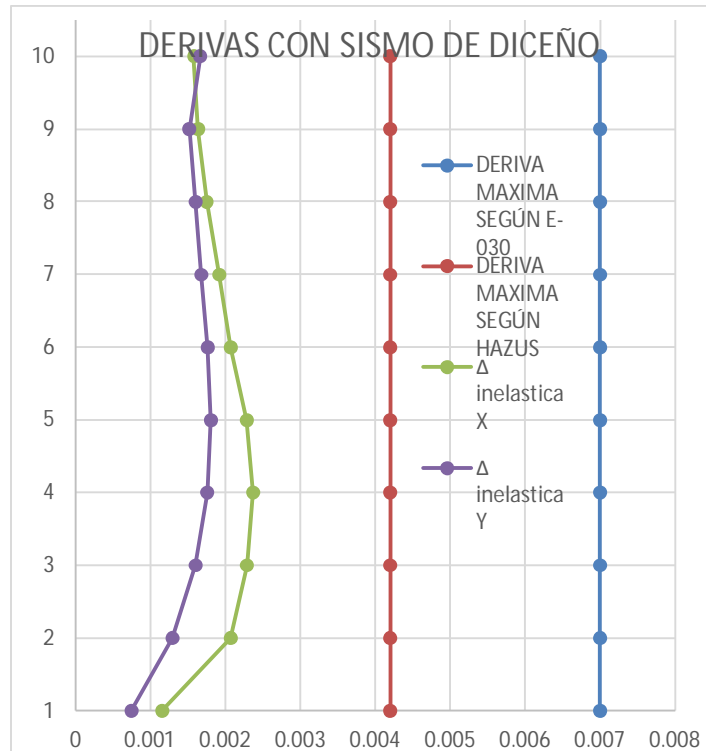


Figura 123: Derivas con sismo de diseño

4.6.4.1.2. Comportamiento histéretico

El comportamiento histéretico de un disipador de fluido viscoso es siempre elíptica como se muestra a continuación

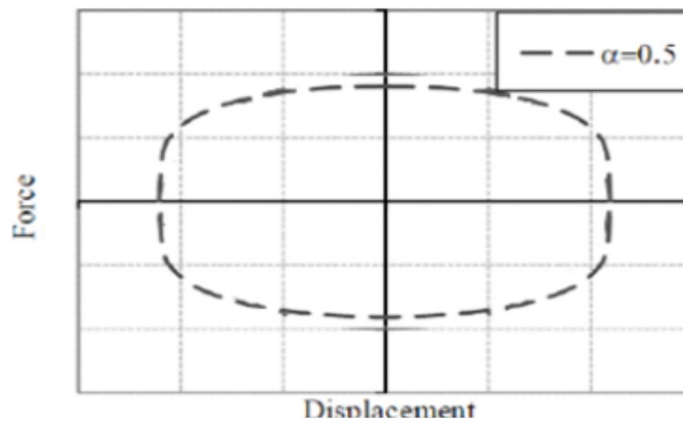


Figura 124: Relación fuerza vs desplazamiento (curva histéretica) de un disipador viscoso.

Fuente: Genner Villarreal exposición 2013.

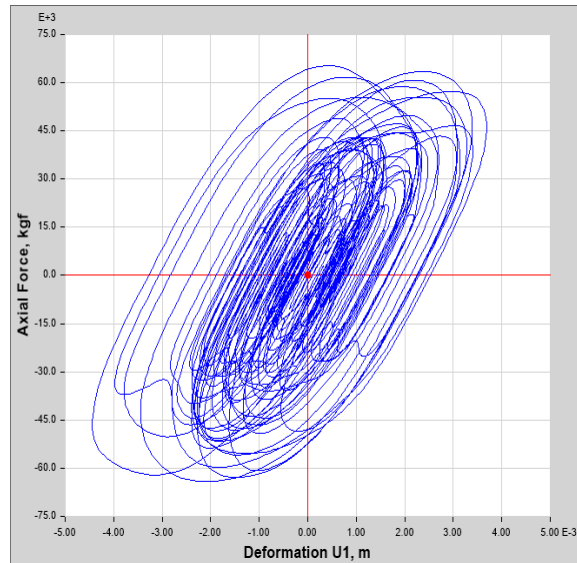


Figura 125: Fuerza del disipador

El comportamiento de los dispositivos se rigen general mente por el fluido viscoso que ellos llevan internamente a este comportamiento se le denomina fuerza de oposición

$$F = CV^{\alpha}$$

4.6.4.1.3. Balance energético

ENTRADA 798535.29 kgf/m

DISPOSITIVOS 523197.19 kgf/m

Porcentaje de energía absorbida 65.51960778%

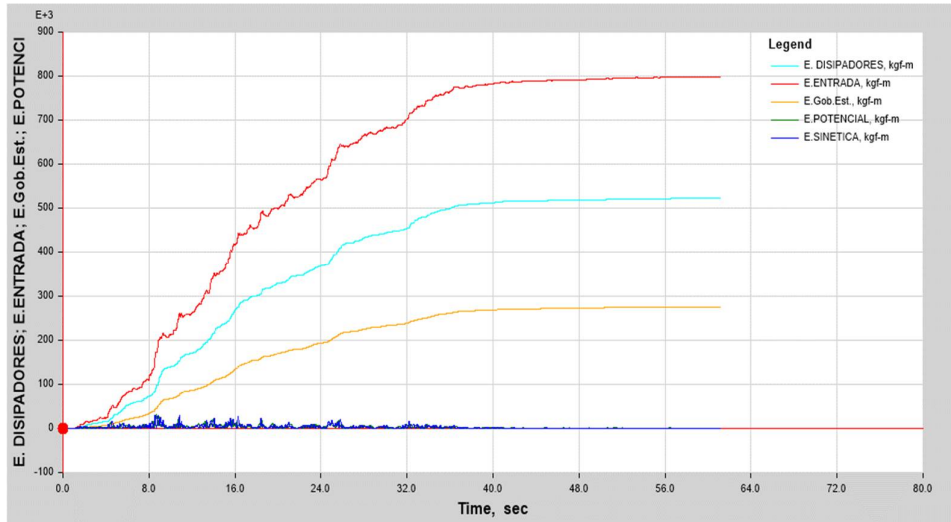


Figura 126: Disipadores y entrada

4.6.5. Resultados parciales

	Dinámica	
	ΔX	ΔY
PISO 10	0.0016	0.0017
PISO 9	0.0016	0.0015
PISO 8	0.0018	0.0016
PISO 7	0.0019	0.0017
PISO 6	0.0021	0.0018
PISO 5	0.0023	0.0018
PISO 4	0.0024	0.0018
PISO 3	0.0023	0.0016
PISO 2	0.0021	0.0013
PISO 1	0.0012	0.0007

4.7. Análisis sísmico con la aplicación de aisladores sísmicos HDR

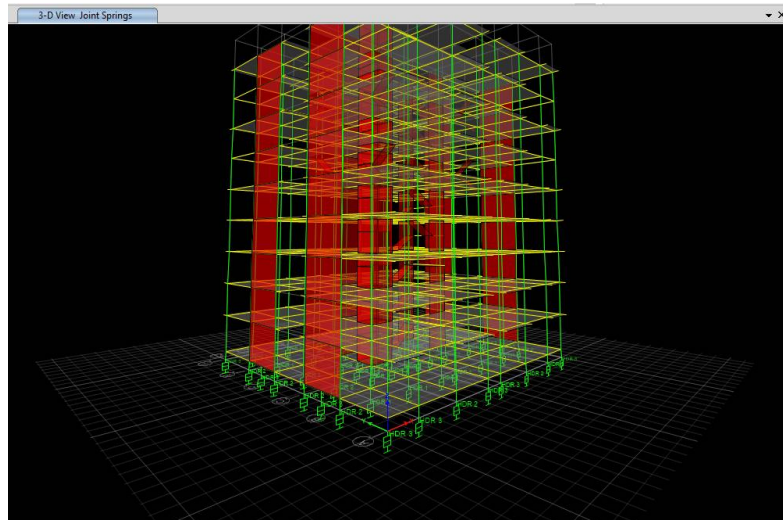


Figura 127: Resortes articulados, vista 3D

4.7.1. Evaluación arquitectónica y pre dimensionamiento interfaz de aislamiento

Se denomina como tal a la unión de la super estructura con la sub estructura la cual está conformada por los dispositivos de aislación antisísmica y es en la misma en cual la mayoría de energía que afecta a la estructura será desviada de la edificación dicho sistema de aislamiento se diseñara con espacio mínimo para realizar el monitoreo y mantenimiento.

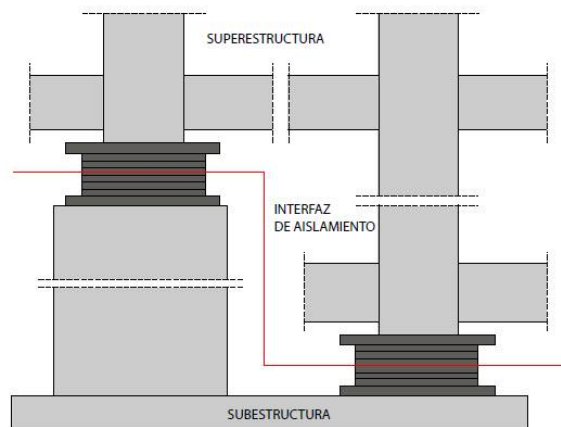


Figura 128: Estructura e interfaz

Nota para distribuir de una manera efectiva la fuerza de las placas de la estructura se colocará un disipador en el medio de la placa como se muestra a continuación

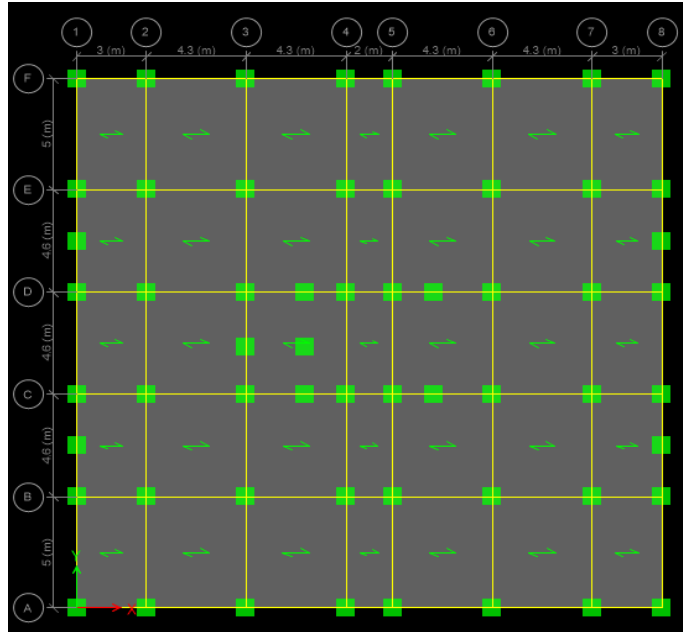


Figura 129: Placa

4.7.2. Criterios para aplicación de los dispositivos

Para una correcta aplicación de estos dispositivos la estructura deberá cumplir con los criterios de la normatividad asce-7

4.7.3. Combinaciones de cargas para el diseño de sistema de aislamiento sísmico

en la revisión de diversas normativas se pudo constatar que es necesario determinar nuevas combinaciones de carga para los dispositivos

PESO MAXIMO:

$$P_{MAX} = 125\% CM + 125\% CV + CSV + CSH \quad E.030, E.031:$$

$$P_{MAX} = 120\% CM + CV + CSV + CSH \quad ASCE7-17$$

PESO MINIMO:

$$P_{MIN} = 90\% CM - CSV - CSH \quad E.030, E.031 \text{ y } ASCE7-17:$$

∴ Carga sísmica vertical

$$CSV = 50\% Z S CM$$

$$CSV = 0.175 CM$$

DONDE:

CM = Carga Muerta

CV = Carga Viva

CSH = Carga Sísmica Horizontal= (ZUCS/R*P)

CSV = Carga Sísmica Vertical) = 0.5 (1.5ZS) CM

Tabla 43: Cargas de la super estructura para dimensionamiento

	masa (mi)	PESO (Pi)
NIVELES	kgf	kgf-s ² /m
	DIM	DIM
PISO 10	8541.76	83766.0507
PISO 9	50688.17	497081.1423
PISO 8	62245.81	610422.8726
PISO 7	63202.24	619802.2469
PISO 6	62245.81	610422.8726
PISO 5	63202.24	619802.2469
PISO 4	66354.73	650717.613
PISO 3	66354.73	650717.613
PISO 2	66354.73	650717.613
PISO 1	67171.75	658729.8421
IA	60706.09	595323.3775
BASE	1174.71	11519.96982
	PESO TOTAL DE LA SUPER E. =	5652180.113
	PESO DEL S.A. =	595323.3775
	PESO TOTAL DE LA SUB =	11519.96982
	PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA=	6259023.460

Tabla 44: Cargas de la super estructura para dimensionamiento

		ASCE	ASCE	RNE	RNE	
	Prom	Pmax	Pmin	Pmax	Pmin	
MODELO 1						
LRB	58103.690	99597.760	47508.080	47508.080	55267.490	Kg/m ²
HDR	176487.190	249375.520	76656.250	76656.250	79765.220	Kg/m ²

MODELO 2						
HDR 1	176487.190	249375.520	76656.250	76656.250	79765.220	Kg/m2
HDR 2	138252.480	224548.320	89060.250	89060.250	100949.540	Kg/m2
HDR 3	98313.880	151775.360	57074.330	57074.330	62015.830	Kg/m2
HDR 4	58103.690	156128.720	94002.840	94002.840	121151.850	Kg/m2
MODELO 3						
SPF 1	176487.190	249375.520	76656.250	76656.250	79765.220	Kg/m2
SPF 2	138252.480	224548.320	89060.250	89060.250	100949.540	Kg/m2
SPF 3	98313.880	151775.360	57074.330	57074.330	62015.830	Kg/m2
SPF 4	58103.690	156128.720	94002.840	94002.840	121151.850	Kg/m2
PESO TOTAL DE LA SUPER E. =			5652180.113			
PESO TOTAL DE LA SUPER E. + S. A. =			6247503.491			

4.7.4. Análisis preliminar y pre dimensionamiento de elementos

Para la utilización de un sistema de aislación efectivo se decidió el uso de 04 distintos tipos de dispositivos de aislación HDR como de columnas se tratará debido a esto el procedimiento de cálculo es el mismo para todas cabe resaltar que el cálculo de dichos dispositivos es interactivo dando como resultado en la última integración el presente calculo

	HDR	
HDR 1 =	16.000	und
HDR 2 =	21.000	und
HDR 3 =	13.000	und
HDR 4 =	8.000	und
TOTAL =	58.000	und

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AISLADORES DE LOS MATERIALES

Debido a que no se utilizara ningún tipo de catalogo para los dispositivos y se ara el cálculo manual a partir de los materiales se utilizara las propiedades estándar utilizadas por diversos fabricantes

CAUCHO O GOMA

MODULO DE CORTE G

$$G = 39259.07 \text{ kg/m}^2$$

MODULO VOLUMETRICO DE GOMA K

$$K = 119918626.65 \text{ kg/m}^2$$

ACERO A36

MODULO DE CORTE

$$G_a = 45887229.58 \text{ kg/m}^2$$

MODULO FLUENCIA (LIMITE ELASTICO)

$$F_y = 35180209.35 \text{ kg/m}^2$$

PERIODO OBJETIVO

PERIODOS SUGERIDOS

TO sup	TO inf
2.0780	3.0000

PERIODOS utilizados, obtenidos

T sup	T inf
1.5939	2.8790

AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO

Tabla 45: Límite inferior

LIMITE INFERIOR		
	β_m	β_m o β_d
HDR 1 =	0.900	0.700

HDR 2 =	0.900	0.700
HDR 3 =	0.900	0.700
HDR 4 =	0.900	0.700
TOTAL =	0.900	0.700

Tabla 46: Límite superior

LIMITE SUPERIOR		
	β_m	β_m o β_d
HDR 1 =	0.900	0.700
HDR 2 =	0.900	0.700
HDR 3 =	0.900	0.700
HDR 4 =	0.900	0.700
TOTAL =	0.900	0.700

4.7.5. Diseño de los dispositivos de aislamiento hdr

Tabla 47: Diseño del sistema

		inf	sup	
Número total de Aisladores H D R 1				
		16.00		und
Número total de Aisladores H D R				
		58.00		und
Amortiguamiento Efectivo del sistema				
	$\beta_m =$	0.90	0.90	%
Coefficiente de Amortiguamiento				
	$\beta_m =$	0.70	0.70	
Desplazamiento de diseño				
	DI =	0.10		m
Coefficiente				

según Nch.2745	C =	0.10		< 0.05 , 0.1 >
Deformación de cortante				
	X =	1.50		< 150% , 250% >
Espesor propuesto de capa de goma				
	Tr =	0.01		m
Espesor propuesto de láminas de acero				
	Ts =	0.03		m
Espesor propuesto de las placas de anclaje				
	Tp =	0.03		m
Desplazamiento de diseño				
	DD =	0.43	0.24	m
	DD / 2=	0.21	0.12	m
Rigidez Total del Sistema				
	KH T =	2745140.81	8956021.90	kg/m

Factores de Modificación de Propiedades para los dispositivos de aislación (ASCE/SEI 7, 17.2.8.4)

Los factores de modificación sirven para volver más real al modelo matemático del aislador sísmico el cual esta influenciado por las condiciones climatológicas, así como también del tiempo:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \left(1 + \left(0.75 \times (\lambda_{(ae,m\acute{a}x)}) \right) \right) \times \lambda_{(test,m\acute{a}x)} \times \lambda_{(spec,m\acute{a}x)} \geq 1.8$$

$$\lambda_{m\acute{i}n} = \left(1 + \left(0.75 \times (\lambda_{(ae,m\acute{i}n)}) \right) \right) \times \lambda_{(test,m\acute{i}n)} \times \lambda_{(spec,m\acute{i}n)} \leq 0.6$$

Donde:

$\lambda_{(ae,m\acute{a}x)}$; $\lambda_{(ae,m\acute{i}n)}$: factor de envejecimiento por las condiciones del entorno.

$\lambda_{(test,m\acute{a}x)}$; $\lambda_{(test,m\acute{i}n)}$: factor el calentamiento, tasa de carga y torcedura.

$\lambda(spec,máx ; \lambda(spec,mín)$: factor de variaciones permisibles de fabricación sobre las propiedades promedio de un grupo del mismo tamaño de aisladores.

Tabla 48: Módulo de corte de la goma

		min	máx.
uso	$\lambda_{test} =$	0.90	1.30
fabricación	$\lambda_{spec} =$	0.85	1.15
ambiental	$\lambda_{ae} =$	1.00	1.30
	$f_a =$	0.75	
	$\lambda =$	1.00	1.80

Tabla 49: Diseño del aislador HDR

DISEÑO DEL AISLADOR H D R			
PRE - DIMENSIONAMIENTO DE AISLADORES			
Rigidez para cada Aislador			
	$KH = KH T / \# \text{ Total de Aisl H D R}$		
	$KH =$	47330.014	154414.171 Kg/m
Altura Total de la Goma.			
	$Hr = DD / X$		
	$Hr =$	0.28650499	0.15861963 m
Área preliminar del Aislador			
	$A = Kh \times Hr / G$		
	$A =$	0.34540512	0.34660237 m ²
Diámetro preliminar externo			
	$De \text{ min} = ((4 \times A) / \pi) + (Di ^ 2)) ^ { 1 / 2 }$		
	$De \text{ min} =$	0.67065898	0.6717945 m
Diámetro preliminar externo			
	$De \text{ min} =$	0.7	0.7 m

Tabla 50: Dimensiones finales para un aislador

Diámetro externo del aislador a utilizar			
	$De U =$	0.69	m
Area requerida del aislador a utilizar			
	$AF = ((\pi \times De ^ 2) / 4) - ((\pi \times Di ^ 2) / 4)$		
	$A F =$	0.36607408	m ²
Altura Total de la Goma.			

	$Hr = DD / X$			
	Hr =	0.28650499	0.15861963	m
Número de capas de Goma				
	$Ncap\ Gom = Hr / Tr$			
	Ncap Gom =	28.6504993	15.8619631	
	Ncap Gom =	29	16	#
Altura de la goma en función al número de capas y el espesor de cada capa.				
	$Hg = Ncap\ Gom \times Tr$			
	Hg =	0.29	0.16	m
Número de láminas de acero				
	$Nlam.\ Acero = Ncap\ Gom - 1$			
	Nlam. Acero =	28	15	#
Altura de la acero en función al número de capas y el espesor de cada acero.				
	$Ha = Nlam.\ Acero \times Ts$			
	Ha =	0.7	0.375	m
Altura total en función al número de capas y el espesor total.				
	$H = Ha + Hg$			
	H =	0.99	0.535	m
Altura Total del aislador				
	$H\ total = H + (2 \times tplaca)$			
	H total =	1.04	0.585	m

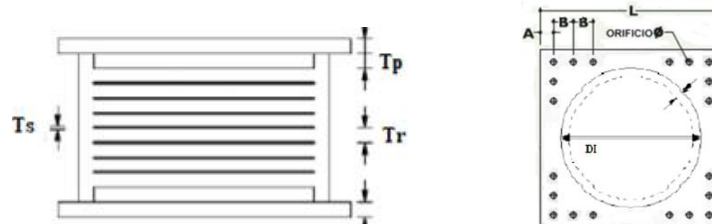


Figura 130: Aislador

Tabla 51: Propiedades lineales del aislador

Rigidez efectiva del aislador				
	$KH = (AF \times G) / Hg$			
	KH o Keff =	49557.6884	161681.958	kg/m
Deformación de fluencia				

Según la Nch 2745 el Desplazamiento de fluencia se puede aproximar por un valor que varía entre 0,05Hr y 0,1Hr .					
$Dy = Hg \times C$					
$Dy =$	0.029				m
Energía disipada por ciclo					
$WD = 2 \times \pi \times KH \times DD^2 \times (\beta m / 100)$					
para $KH = K_{eff}$					
WD o $E_{ciclo} =$	517.583385	517.583385	129.395846	129.395846	kg/m
Amortiguamiento efectivo					
$B_{eff} = WD / (2 \times \pi \times K_{eff} \times DD^2)$					
$B_{eff} =$	0.009	0.009	0.009	0.009	
Fuerza Característica					
$Q = WD / (4 \times (DD - Dy))$					
$Q =$	322.878173	619.327953	174.032602	359.573846	kg
Rigidez post-fluencia					
$K2 = KH - (Q / DD)$					
$K2, K_p$ o $K_d =$	48806.3852	159078.968	48747.7776	158659.433	kg/m
Rigidez de pre-fluencia o elástica					
$K1 = (Q / Dy) + K2$					
$K1$ o $K_e =$	59940.1153	180435.105	54748.9018	171058.531	kg/m
Fuerza de fluencia					
$Fy = Q + (K2 \times Dy)$					
$Fy =$	1738.26334	5232.61803	1587.71815	4960.69741	kg
ratio de rigidez post fluencia y elástica					
$r = K2 / K1$					
$r =$	0.81425244	0.8816409	0.89038823	0.92751546	

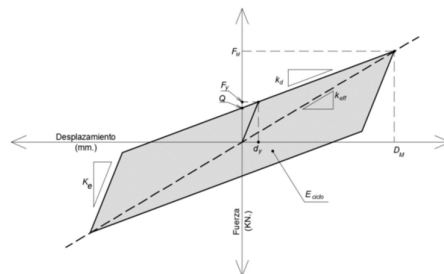


Figura 131: Lineales de aislador

Tabla 52: Verificación del aislador

Esfuerzo de Compresión del Aislador Basado en el Área			
		$\sigma = W C1 / AF$	

		377662.572		Kg/m2
Esfuerzo de trabajo de las láminas de acero				
		$\sigma = 1.5 \times (T_r / T_s) \times \sigma$		
		226597.543		Kg/m2
Esfuerzo admisible del acero				
		$\sigma = 0.75 \times F_y$		
		26385157	26385157	Kg/m2
		ok	ok	
Área de Cortante Efectiva				
	$A_s = A_F \times (H / H_g)$			
	$A_s =$	1.24970118	1.22406022	m2
Factor de forma para aisladores				
	$S = (D_e - D_i) / (4 \times T_r)$			
	$S > 10$			
	$S =$	14.75		
	ok			
Módulo de elasticidad del caucho y acero para aisladores				
	$E_c = ((1 / (6 \times G \times S^2)) + (4 / (3 \times K)))^{-1}$			
Kelly 1993	$E_c =$	32645942.3	45538954.8	Kg/m2
Rigidez vertical para aisladores				
	$K_v = (E_c \times A_F) / H_g$			
	$K_v =$	41209770.4	104191445	kg/m
Frecuencia Horizontal de sistema:				
	$F_H = 1 / T_o$			
	$F_H =$	0.34733999	0.6273791	Hertz
Frecuencia vertical para aisladores				
	$F_V = S \times F_H \times 6^{(1/2)}$			
	$F_V =$	15.3697945	27.7615252	Herz
Momento de Inercia del Aislador				
	$I = (\pi / 4) \times [((D_e / 2)^4) - ((D_i / 2)^4)]$			
	$I =$	0.01112179		m3
Carga de Pandeo del aislador				
	$P_E = (E_c \times I \times H \times \pi^2) / (3 \times H_r \times H^2)$			
	$P_E =$	4160534.52	19465358.5	kg
Rigidez de cortante efectiva				
	$P_s = (A_s \times G)$			
	$P_s =$	49062.1115	86499.8477	kg
Carga critica				
	$P_{crit} = (P_s^{(1/2)}) \times (P_E^{(1/2)})$			
	$P_{crit} =$	451801.514	1297594.14	kg

Factor de seguridad de Pandeo				
	$P_{crit} / W C2 > 2$			
	F.S. =	2.01204585	5.77868558	
		ok	ok	
Influencia de la carga Vertical en la Rigidez Horizontal del aislador				
Rigidez Horizontal Reducida				
	$KHR = (G \times A_s / H) \times (1 - (W C2 / P_{crit}) ^2)$			
	KHR=	44917.223	159846.563	kg/m
Desplazamiento hacia abajo del aislador				
	$DZ = (W C2 / P_{crit}) \times ((P_s / P_E) ^{1/2}) \times ((DD ^2) / H)$			
	DZ =	0.0061992	0.00075154	m
Estabilidad ante grandes desplazamientos laterales del aislador				
Desplazamiento Critico				
	$d = 1 - ((1 / 2) \times ((3 \times \pi / 4) ^{2/3}) \times (W C2 / P_{crit}) ^{4/3})$			
	d =	0.8174377	0.95528127	m
	$(D_{crit} = d \times D_e) > DD$			
	Dcrit =	0.56403201	0.65914407	m
		ok	ok	
Angulo medio subtendido al centro de la intersección del círculo superior e inferior.				
	$\phi = \cos^{-1}(d)$			
	$\phi =$	0.61384775	0.30018681	
Área Normalizada (a)				
	$a = (2 / \pi) \times (\phi - \text{SENO} (\phi) \times \text{COS} (\phi))$			
	a =	0.09103009	0.01127544	
Área Reducida				
	$Ar = a \times \pi \times (D_e / 2) ^2$			
	Ar =	0.0340387	0.0042162	m2
Rigidez producida por los los aisladores H D R del aislador				
	$K_{eff} \text{ H D R} = K_H \times \# \text{ Total de Aisl H D R}$			
	Keff H D R =	1040711.46	3395321.12	
Energía disipada por ciclo				
	WD o E ciclo =	10869.2511	10869.2511	kg/m

Tabla 53: Resumen

AMORTIGUAMINETO EFECTIVO PRODUCIDO POR LOS AISLADORES								
		$\beta_{eff,sup}$	$\beta_{eff,inf}$			$\beta_{eff,sup}$	$\beta_{eff,inf}$	
HDR 1	16.000	0.900	0.900	%	HDR 1	10.000	20.000	%
HDR 2	21.000	0.900	0.900	%	HDR 2	10.000	20.000	%
HDR 3	13.000	0.900	0.900	%	HDR 3	10.000	20.000	%
HDR 4	8.000	0.900	0.900	%	HDR 4	10.000	20.000	%
TOTAL	58.000	0.900	0.900	%		0.900	0.900	%

Tabla 54: Dimensiones propuestas de aislador HDR 1

De U =	0.7100	m
	ok	ok
Factor de forma para aisladores		
	ok	
Factor de seguridad de Pandeo		
	ok	ok
Estabilidad ante grandes desplazamientos laterales del aislador		
Desplazamiento Critico		
	ok	ok

Tabla 55: Dimensiones propuestas de aislador HDR 2

De U =	0.6900	m
Esfuerzo admisible del acero		
	ok	ok
Factor de forma para aisladores		
	ok	
Factor de seguridad de Pandeo		
	ok	ok
Estabilidad ante grandes desplazamientos laterales del aislador		
Desplazamiento Critico		
	ok	ok

Tabla 56: Dimensiones propuestas de aislador HDR 3

De U =	0.6300	m
Esfuerzo admisible del acero		
	ok	ok
Factor de forma para aisladores		
	ok	
Factor de seguridad de Pandeo		
	ok	ok
Estabilidad ante grandes desplazamientos laterales del aislador		
Desplazamiento Critico		
	ok	ok

Tabla 57: Dimensiones propuestas de aislador HDR 4

De U =	0.6300	m
Esfuerzo admisible del acero		
	ok	ok
Factor de forma para aisladores		
	ok	
Factor de seguridad de Pandeo		
	ok	ok
Estabilidad ante grandes desplazamientos laterales del aislador		
Desplazamiento Critico		
	ok	ok

Tabla 58: Resumen de resultados de los aisladores

Rigidez producida por los aisladores		
KHT o Keff H D R 1 =	840556.2349	2742314.7165
KHT o Keff H D R 2 =	1040711.4556	3395321.1238
KHT o Keff H D R 3 =	534778.5993	1744715.1803
KHT o Keff H D R 4 =	329094.5227	1073670.8802
Rigidez efectiva total del sistema		
Keff total =	2745140.8125	8956021.9009

Energía disipada por ciclo de los aisladores		
WD o E ciclo H D R 1 =	8778.8183	8778.8183
WD o E ciclo H D R 2 =	10869.2511	10869.2511
WD o E ciclo H D R 3 =	5585.2589	5585.2589
WD o E ciclo H D R 4 =	3437.0824	3437.0824
Energía total disipada por ciclo del sistema		
WD o E ciclo total =	28670.4106	28670.4106
perido resultante de aplicación de aisladores		
TF =	2.8790	1.5939
Relación del Amortiguamiento Efectivo Total		
B =	0.9000	0.9000
β =	0.7005	0.7005
Desplazamiento total producido por los aisladores :		
DM	0.4298	0.2379

4.7.6. Análisis de fuerza lateral equivalente

El análisis de la fuerza lateral equivalente es equivalente al un análisis estático el cual se basa en generar cargas laterales que influenciaron a la edificación

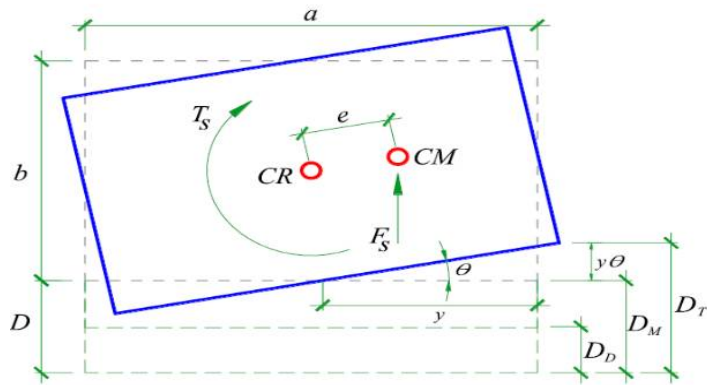


Figura 132: Fuerza lateral equivalente

Dimensión en " X "

$$d = 25.2000 \quad \text{m}$$

Dimensión en " Y " perpendicular a " d "

$$b = 23.8000 \quad \text{m}$$

Excentricidad real

$$e \text{ natural X} = -0.04 \quad \text{m}$$

$$e \text{ natural Y} = 0.58 \quad \text{m}$$

Excentricidad accidental

$$e \text{ X} = 1.2600 \quad \text{m}$$

$$e \text{ Y} = 1.1900 \quad \text{m}$$

Excentricidad total

$$e \text{ X} = 1.2224 \quad \text{m}$$

$$e \text{ Y} = 1.7661 \quad \text{m}$$

"Distancia

$$y = 12.6000 \quad \text{m}$$

$$PT = 4.2726$$

$$ra = 2.8885$$

Desplazamiento traslacional Máximo :

$$D_M = \frac{g \cdot S_{M1} \cdot T_M^2}{4\pi^2 B_M}$$

$$DM = 0.4298 \quad 0.2379$$

Periodo efectivo

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_M \cdot g}}$$

$$TM = 2.8790 \quad 1.5939$$

Desplazamiento total

$$D_{TM} = D_M \left[1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \left(\frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right]$$

$$DT = 0.433378965 \quad 0.239934428$$

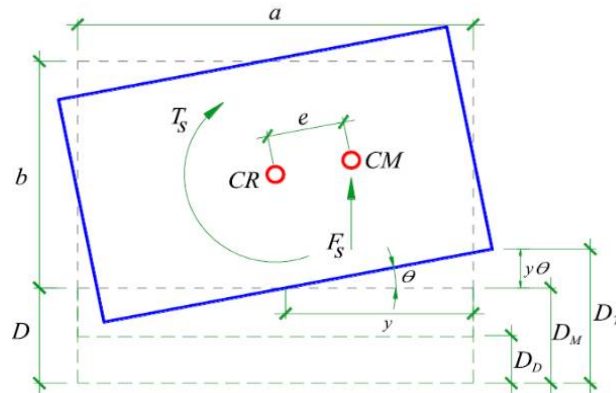


Figura 133: Fuerza lateral equivalente

Dimensión en " X "

$$d = 25.2000 \quad \text{m}$$

Dimensión en " Y " medida perpendicular a " d "

$$b = 23.8000 \quad \text{m}$$

Excentricidad real

$$e \text{ natural X} = -0.04 \quad \text{m}$$

$$e \text{ natural Y} = 0.58 \quad \text{m}$$

Excentricidad accidental

$$e \text{ X} = 1.2600 \quad \text{m}$$

$$e \text{ Y} = 1.1900 \quad \text{m}$$

Excentricidad total

$$e \text{ X} = 1.2224 \quad \text{m}$$

$$e \text{ Y} = 1.7661 \quad \text{m}$$

Distancia

$$y = 12.6000 \quad \text{m}$$

$$PT = 4.2726$$

$$r_a = 2.8885$$

Fuerza para los elementos de sup estructura

Fuerza de cortante mínima

Esta fuerza sirve para calcular los efectos bajo el nivel de interface de aislamiento

$$V_b = k_M D_M$$

$$V_b = 589872.41221065450.666$$

Fuerza cortante no reducida

La estructura por encima del nivel de aislamiento es diseñada fuerza cortante máxima

$$V_{st} = V_b \left(\frac{P_s}{P} \right)^{(1-2,5\beta_M)}$$

$$V_{st} = 1165069.3212104393.863$$

Luego se obtiene V_s :

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_a}$$

Distribución de la Fuerza Vertical

Distribución vertical de la fuerza inf.

$$F_1 = (V_b - V_{st}) / R_d$$

$$F_i = \frac{P_i h_i^k}{\sum_{j=2}^n P_j h_j^k} V_s \quad (i > 1)$$

$$k = 14 \beta_M T_f$$

Fuerza sísmica lateral en el nivel de la base

$$F_i = 7337.751724$$

$$k = 6.251252444$$

Tabla 59: Fuerza sísmica lateral en la sup estructura

NIVELES	PESO	ALTURA	wxhk	Cvx	F (kN)
PISO 10	83766.0507	30.85	170914162802288	0.1508	88944.7880
PISO 9	497081.1423	27.60	505724168704122	0.4462	263181.9871
PISO 8	610422.8726	24.35	283782653958092	0.2504	147682.2493
PISO 7	619802.2469	21.10	117673069486330	0.1038	61237.7936
PISO 6	610422.8726	17.85	40732145220212	0.0359	21197.2604
PISO 5	619802.2469	14.60	11773803469666	0.0104	6127.1602
PISO 4	650717.6130	11.35	2561167724061	0.0023	1332.8475
PISO 3	650717.6130	8.10	310857791294	0.0003	161.7723
PISO 2	650717.6130	4.85	12593234243	0.0000	6.5536
PISO 1	658729.8421	1.60			
IA	595323.3775	0.80			
BASE		0.00			
			#####		

Distribución vertical de la fuerza sup.

Fuerza sísmica lateral en el nivel de la base

$$F_1 = (V_b - V_{st}) / R_d$$

$$F_i = \frac{P_i h_i^k}{\sum_{j=2}^n P_j h_j^k} V_s \quad (i > 1)$$

$$k = 14 \beta_M T_f$$

$$F_i = 13253.73471$$

$$k = 3.460921726$$

Tabla 60: Fuerza sísmica lateral en la sup estructura

NIVELES	PESO	ALTURA	wxhk	Cvx	F (kN)
PISO 10	83766.0507	33.6750	16179314275.5616	0.0735	78289.8520
PISO 9	497081.1423	30.4250	67572852258.6000	0.3069	326977.3063
PISO 8	610422.8726	27.1750	56127973535.7212	0.2549	271596.8467
PISO 7	619802.2469	23.9250	36673453170.4974	0.1666	177458.6469
PISO 6	610422.8726	20.6750	21791381907.1101	0.0990	105446.0056
PISO 5	619802.2469	17.4250	12242074273.0611	0.0556	59237.9977
PISO 4	650717.6130	14.1750	6291059094.7545	0.0286	30441.7157
PISO 3	650717.6130	10.9250	2554394110.1222	0.0116	12360.4210
PISO 2	650717.6130	7.6750	752626613.1298	0.0034	3641.8741
IA	658729.8421	4.4250			
PISO 1	595323.3775	3.6250			
BASE		0.0000			
			#####		

4.7.7. Análisis sísmico del sistema estructural ante el sismo máximo considerado

4.7.7.1. Introducción de datos

Tabla 61: Propiedades bilineales y parámetros a utilizar en programas de cómputo del aislador H D R 1

PROPIEDADES DINAMICAS		LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	

Rigidez Efectiva Vertical (U1) =	$K_v =$	45557174.7	114083051.0	kg/m
PROPIEDADES LINEALES				
Rigidez Efectiva (U2, U3) =	$K_{eff} =$	52534.8	171394.7	kg/m
Amortiguamiento Efectivo (U2, U3) =	$B_{eff} =$	0.0090	0.0090	
PROPIEDADES NO LINEALES				
Rigidez Inicial (U2, U3) =	$K_1 =$	63540.9	191274.4	kg/m
Resistencia a la Fluencia (U2, U3) =	$F_y =$	1842.7	5547.0	kg/m
Relación de la Rigidez Post-Fluencia (U2, U3) =	RATIO=	0.8	0.9	%

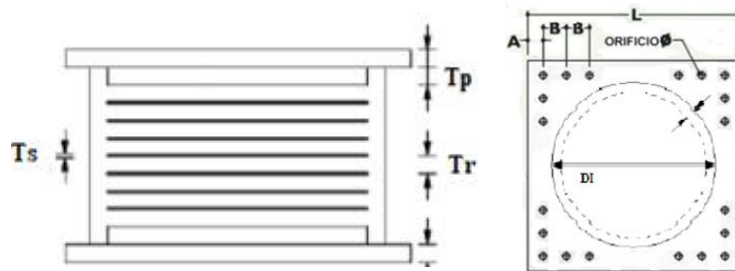


Figura 134: Parámetros bilineales

Tabla 62: Dimensiones del aislador

Diámetro del aislador HDR	$D_i =$	0.710	m
Espesor de	$T_p =$	0.025	m
Espesor de capa de acero	$T_s =$	0.025	m
Espesor de capa de goma	$T_r =$	0.010	m
Altura total	$H T =$	1.040	m
Long. placa cuadrada	$L =$	0.355	m
Espesor placa Cuadrada	$T =$	0.025	m
Numero pernos	$N \text{ pernos} =$	4.000	und
Diámetro de perno	$\varnothing \text{ perno} =$	0.027	m

Tabla 63: Propiedades bilineales y parámetros a utilizar en programas de computo del aislador HDR 2

PROPIEDADES DINAMICAS		LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	
PROPIEDADES DINAMICAS				
Rigidez Efectiva Vertical (U1) =	$K_v =$	41209770.428	#####	kg/m
PROPIEDADES LINEALES				
Rigidez Efectiva (U2, U3) =	$K_{eff} =$	49557.688	161681.958	kg/m
Amortiguamiento Efectivo (U2, U3) =	$B_{eff} =$	0.009	0.009	
PROPIEDADES NO LINEALES				
Rigidez Inicial (U2, U3) =	$K_1 =$	59940.115	180435.105	
Resistencia a la Fluencia (U2, U3) =	$F_y =$	1738.263	5232.618	kg
Relación de la Rigidez Post-Fluencia (U2, U3) =	RATIO=	0.814	0.882	%

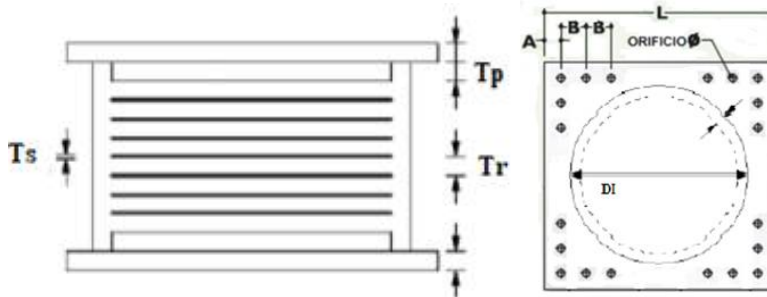


Figura 135: Parámetros bilineales

Tabla 64: Dimensiones del aislador

Diámetro del aislador HDR	$D_i =$	0.69	m
Espesor de	$T_p =$	0.025	m
Espesor de capa de acero	$T_s =$	0.025	m
Espesor de capa de goma	$T_r =$	0.010	m
Altura total	$H_T =$	1.040	m
Long. placa cuadrada	$L =$	0.355	m
Espesor placa Cuadrada	$T =$	0.025	m
numero pernos	N pernos =	4.000	und
diámetro de perno	\emptyset perno =	0.027	m

Tabla 65: Propiedades bilineales y parámetros a utilizar en programas de computo del aislador H D R 3

PROPIEDADES DINAMICAS		LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	
Rigidez Efectiva Vertical (U1) =	$K_v =$	29683722.766	77351856.100	kg/m
PROPIEDADES LINEALES				
Rigidez Efectiva (U2, U3) =	$K_{eff} =$	41136.815	134208.860	kg/m
Amortiguamiento Efectivo (U2, U3) =	$B_{eff} =$	0.01	0.01	
PROPIEDADES NO LINEALES				
Rigidez Inicial (U2, U3) =	$K_1 =$	49755.054	149775.460	
Resistencia a la Fluencia (U2, U3) =	$F_y =$	1442.897	4343.488	kg
Relación de la Rigidez Post-Fluencia (U2, U3) =	RATIO=	0.81	0.88	%

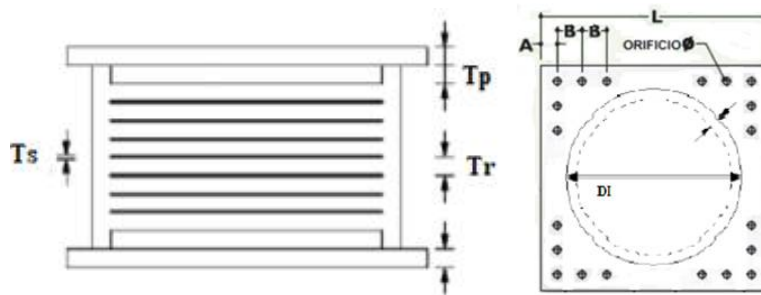


Figura 136: Parámetros bilineales

Tabla 66: Dimensiones del aislador

Diámetro del aislador HDR	$D_i =$	0.63	m
Espesor de	$T_p =$	0.025	m
Espesor de capa de acero	$T_s =$	0.025	m
Espesor de capa de goma	$T_r =$	0.010	m
Altura total	$H T =$	1.040	m
Long. placa cuadrada	$L =$	0.355	m
Espesor placa Cuadrada	$T =$	0.025	m
Numero pernos	$N \text{ pernos} =$	4.000	und
Diámetro de perno	$\emptyset \text{ perno} =$	0.027	m

E Link Property Data

General

Link Property Name: HDR-01
 Link Type: Rubber Isolator
 Link Property Notes: Modify/Show Notes...

P-Delta Parameters: Modify/Show...
 Acceptance Criteria: Modify/Show...
 None specified

Total Mass and Weight

Mass: 0 kgf-s²/m
 Weight: 0 kgf
 Rotational Inertia 1: 0 kgf-m-s²
 Rotational Inertia 2: 0 kgf-m-s²
 Rotational Inertia 3: 0 kgf-m-s²

Factors for Line and Area Springs

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property: 0.001 m
 Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property: 0 m²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R1...
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R2...
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R3...

Fix All Clear All

Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases: Effective Stiffness from Zero, Else Nonlinear
 Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping: Initial Stiffness (K0)
 Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor: 1

OK Cancel

E Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: HDR-01
 Direction: U1
 Type: Rubber Isolator
 NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 45557174.7 kgf/m
 Effective Damping: 0 kgf-s/m

OK Cancel

E Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: HDR-01
 Direction: U2
 Type: Rubber Isolator
 NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 52534.8 kgf/m
 Effective Damping: 0.01 kgf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Nonlinear Properties

Stiffness: 63540.9 kgf/m
 Yield Strength: 1842.7 kgf
 Post Yield Stiffness Ratio: 0.8

OK Cancel

Figura 137: Apoyo de propiedades direccionales

4.7.7.1. Desplazamientos laterales y control de derivas

Tabla 67: Límite superior

DESPLAZAMIENTOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DE DICEÑO CON APLICACIÓN DE DISIPADORES (SISMO RARO Tr= 475 años)						
				EXEL	ETABS	
DRIFT	Dx m		H	ΔX	ΔX	Δ inelástica X
PISO 10	0.264724	0.00376	32.88	0.001157	0.001224	0.001224
PISO 9	0.260964	0.003943	29.63	0.001213	0.001287	0.001287
PISO 8	0.257021	0.004465	26.38	0.001374	0.001462	0.001462
PISO 7	0.252556	0.005165	23.13	0.001589	0.001693	0.001693
PISO 6	0.247391	0.005829	19.88	0.001794	0.001912	0.001912
PISO 5	0.241562	0.006505	16.63	0.002002	0.002133	0.002133
PISO 4	0.235057	0.006973	13.38	0.002146	0.002286	0.002286
PISO 3	0.228084	0.007148	10.13	0.002199	0.002338	0.002338
PISO 2	0.220936	0.006932	6.88	0.002133	0.002257	0.002257
PISO 1	0.214004	0.00655	3.63	0.001807	0.001896	0.001896
IA	0.207454				0.001835	0.001835
MAX	0.2647				MAX	0.002338

DRIFT	Dy		H	ΔY	ΔY	Δ inelástica Y
PISO 10	0.17957	0.00146	32.88	0.000449	0.000495	0.000495
PISO 9	0.17811	0.001508	29.63	0.000464	0.000503	0.000503
PISO 8	0.176602	0.00161	26.38	0.000495	0.000539	0.000539
PISO 7	0.174992	0.001738	23.13	0.000535	0.000579	0.000579
PISO 6	0.173254	0.00188	19.88	0.000578	0.000623	0.000623
PISO 5	0.171374	0.002022	16.63	0.000622	0.000666	0.000666
PISO 4	0.169352	0.002144	13.38	0.000660	0.000699	0.000699
PISO 3	0.167208	0.002221	10.13	0.000683	0.000718	0.000718
PISO 2	0.164987	0.002232	6.88	0.000687	0.000715	0.000715
PISO 1	0.162755	0.002388	3.63	0.000659	0.000682	0.000682
IA	0.160367				0.001146	0.001146
MAX	0.1796				MAX	0.001146

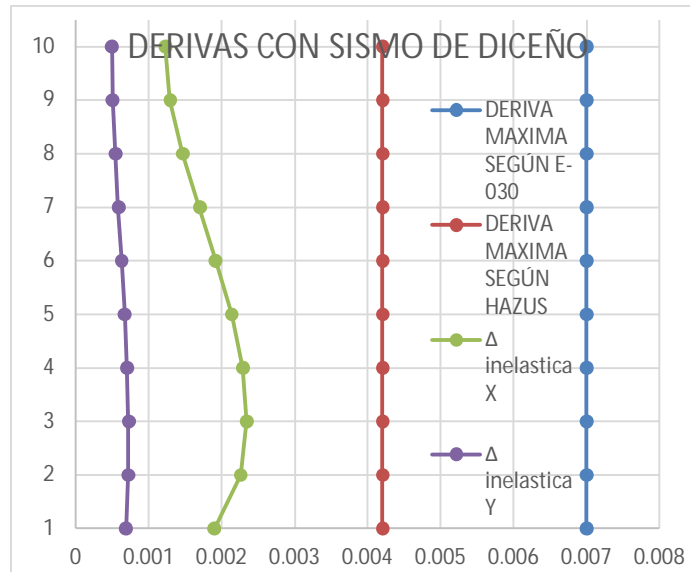


Figura 138: Derivas con sismo de diseño

BALANCE ENERGETICO

ENTRADA 458918 kgf/m

DISPOSITIVOS 301290 kgf/m

65.6522516 %

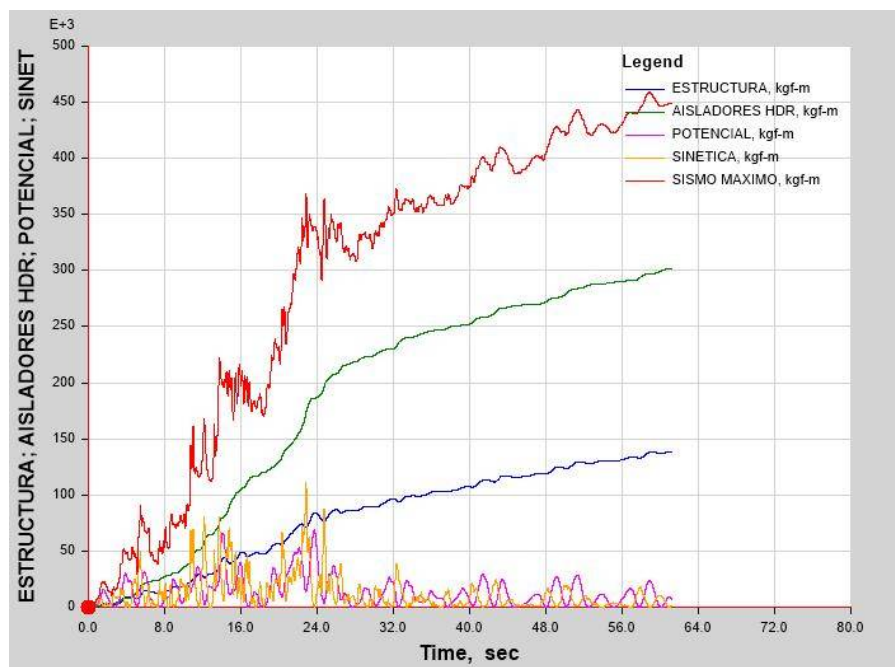


Figura 139: Estructura, aisladores, HDR potencial

Tabla 68: Límite inferior

DESPLAZAMIENTOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DE DICEÑO CON APLICACIÓN DE DISIPADORES (SISMO RARO Tr= 475 años)						
				EXEL	ETABS	
DRIFT	Dx m		H	ΔX	ΔX	Δ inelástica X
PISO 10	0.153701	0.004636	32.88	0.001426	0.001587	0.001587
PISO 9	0.149065	0.00493	29.63	0.001517	0.001689	0.001689
PISO 8	0.144135	0.005662	26.38	0.001742	0.001931	0.001931
PISO 7	0.138473	0.006588	23.13	0.002027	0.002218	0.002218
PISO 6	0.131885	0.005264	19.88	0.001620	0.002459	0.002459
PISO 5	0.126621	0.005586	16.63	0.001719	0.002667	0.002667
PISO 4	0.121035	0.00638	13.38	0.001963	0.002795	0.002795
PISO 3	0.114655	0.006962	10.13	0.002142	0.002809	0.002809
PISO 2	0.107693	0.007004	6.88	0.002155	0.002616	0.002616
PISO 1	0.100689	0.006432	3.63	0.001774	0.002016	0.002016
IA	0.094257				0.001743	0.001743
MAX	0.1537				MAX	0.002809

Tabla 69: Exel etabs

DRIFT	Dy		H	ΔY	ΔY	Δ inelástica Y
PISO 10	0.151375	0.003411	32.88	0.001050	0.00111	0.001110
PISO 9	0.147964	0.00366	29.63	0.001126	0.001171	0.001171
PISO 8	0.144304	0.003926	26.38	0.001208	0.001264	0.001264
PISO 7	0.140378	0.00423	23.13	0.001302	0.001359	0.001359
PISO 6	0.136148	0.00451	19.88	0.001388	0.001453	0.001453
PISO 5	0.131638	0.004736	16.63	0.001457	0.001526	0.001526
PISO 4	0.126902	0.004847	13.38	0.001491	0.00156	0.001560
PISO 3	0.122055	0.004795	10.13	0.001475	0.001539	0.001539
PISO 2	0.11726	0.004509	6.88	0.001387	0.001445	0.001445
PISO 1	0.112751	0.004384	3.63	0.001209	0.001257	0.001257
IA	0.108367				0.002214	0.002214
MAX	0.1514				MAX	0.002214

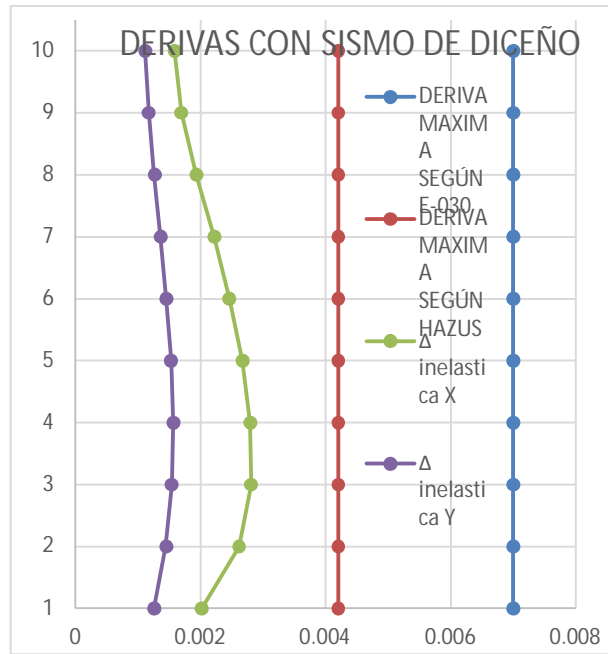


Figura 140: Derivas con sismo de diseño

BALANCE ENERGETICO

ENTRADA 634186 kgf/m

DISPOSITIVOS 507471 kgf/m

80.01926879%

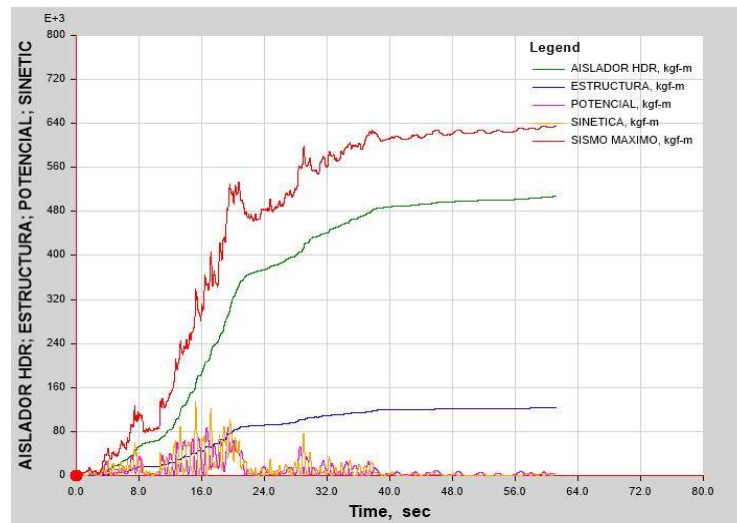


Figura 141: Aislador HDR estructuar, potencial, sinetic

4.7.8. Resultados parciales

	Dinámica	
	ΔX	ΔY
PISO 10	0.0016	0.0011
PISO 9	0.0017	0.0012
PISO 8	0.0019	0.0013
PISO 7	0.0022	0.0014
PISO 6	0.0025	0.0015
PISO 5	0.0027	0.0015
PISO 4	0.0028	0.0016
PISO 3	0.0028	0.0015
PISO 2	0.0026	0.0014
PISO 1	0.0020	0.0013

5.0 Resultados finales

	aisladores		disipadores		estructura	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
PISO 10	0.0016	0.0011	0.001578	0.001662	0.002642	0.0022995
PISO 9	0.0017	0.0012	0.001633	0.001518	0.003038	0.002673
PISO 8	0.0019	0.0013	0.00175	0.001602	0.00342	0.0028755
PISO 7	0.0022	0.0014	0.001917	0.001675	0.003816	0.0030285
PISO 6	0.0025	0.0015	0.002066	0.001762	0.004118	0.003132
PISO 5	0.0027	0.0015	0.002284	0.001803	0.004365	0.003132
PISO 4	0.0028	0.0016	0.002363	0.001757	0.004388	0.002988
PISO 3	0.0028	0.0015	0.002288	0.001602	0.004091	0.0026505
PISO 2	0.0026	0.0014	0.002069	0.001293	0.003299	0.002061
PISO 1	0.0020	0.0013	0.001152	0.000745	0.001589	0.0010539

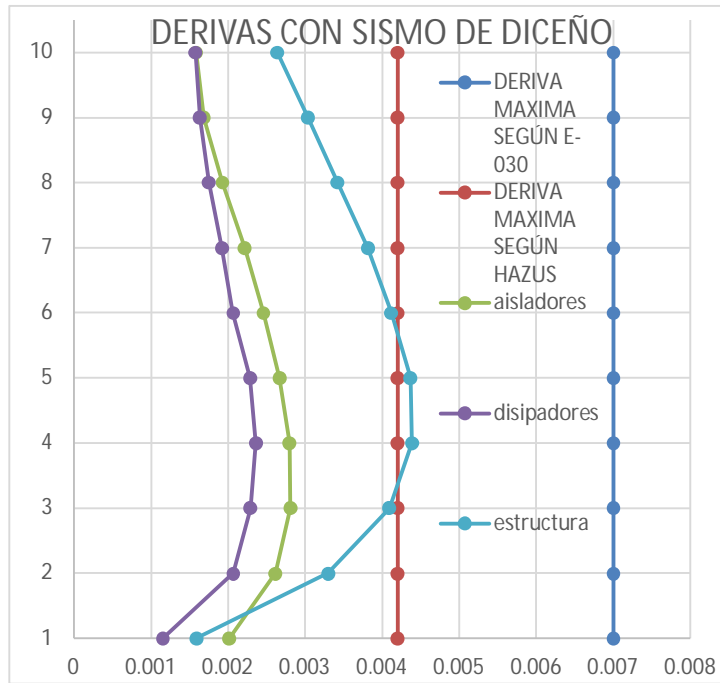


Figura 142: Derivas con sismo de diseño en x

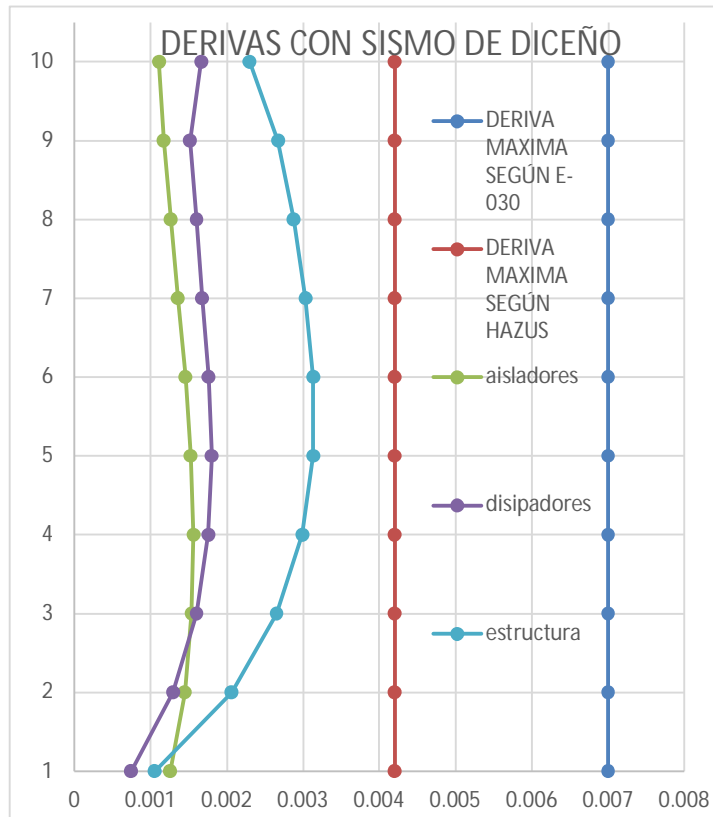


Figura 143: Derivas con sismo de diseño en y

V. DISCUSIÓN

Se pone como base principal la generación de modelos matemáticos de los dispositivos de protección antisísmica más populares y usados en el país así como también una configuración de modelo estructural más común de la zona

Dichos parámetros son optimizarlos para llegar a una relación de seguridad y estabilidad estructural común

Cabe resaltar que el presente trabajo de investigación pone como prioridad la precisión de los resultados,

además, el presente trabajado en su totalidad tomo como sistema de unidades la internacional ya que este es utilizado comúnmente en toda Sudamérica

la primera estructura que se planteó para análisis tubo como resultado una muy favorable estructuración ya que fue capaz de soportar un sismo de mediana a gran magnitud es por esto que se replanteó utilizar un sistema de estructuración común más acorde con la realidad de la zona ; por lo cual se generó una edificación más acorde a la realidad urbana de la ciudad de puno dando como resultado un modelo más realista resultando dicho modelo más realista; diseñado a partir de la revisión de documentos tales como licencias de edificación (las cuales que constan de su mayoría de planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos y sanitarios entre otros)

Para la estructuración de la edificación como tal se tuvo que basar en la problemática de la aplicación de dos tipos de sistemas de protección estructural como es la aplicación de disipadores de energía y aisladores sísmicos ; por la aplicación de dos tipos distintos de dispositivos de protección antisísmica las mismas que se encuentran relacionadas con la altura y peso de la edificación; es por lo cual que para las edificaciones de mayor altura es de sir de 10 pisos a más se recomienda los disipadores de energía por tener mayor efectividad en su uso, por otra parte el uso de los aisladores sísmicos tiene como prioridad

el de aplicarse a edificaciones de menor altura y de base amplia para evitar efectos como el de volteo (p -delta) es por esto que en su mayoría se aplican a edificaciones de menor altura siendo su uso para hospitales

En el presente trabajo de investigación se tuvo como gran problemática el uso de la normativa nacional vigente como también es llamado reglamento nacional de edificaciones ya que al aplicar dicha normativa no cuenta con la información necesaria para el uso de los dispositivos de protección antisísmica haciendo referencia a la norma norte americana ASCE-7 la cual tiene como actualización importante la del 2016 . esta misma menciona en todo lo largo de la misma a un estudio de micro zonificación sísmica que es base para la aplicación de la normatividad ASCE-7-17-18 .

por otra parte, la normativa peruana que se implementó en el 2018 de aislación sísmica denominada e-031 del reglamento de nacional de edificaciones no se puede aplicar con seguridad ya que la normativa peruana no cuenta con dicho estudio de micro zonificación sísmica por lo tanto el presente estudio está basado en la normativa norte americana para el uso de aisladores sísmicos y disipadores de energía.

Por otra parte no existe ningún tipo de registros sísmicos importantes de la zona de puno captados por un acelerógrafo de la zona ya que dichos registros son de suma importancia para estudios posteriores de edificaciones futuras

Para generar los modelos matemáticos de los dispositivos de protección antisísmica se tuvo que recolectar diversos materiales, así como catálogos de empresas las cuales no presentan los modelos matemáticos ni como generarlos lo cual es fundamental para la elaboración de proyectos futuros, por otra parte, se basó de libros y modelos básicos de aisladores sísmicos y disipadores de energía

El presente proyecto da a conocer como una edificación con un buen sistema de estructuración de buen desempeño la misma que reacciona a un sismo histórico simulado favorable mente dando como resultado un desplazamiento

aceptado por el RNE (deriva máxima de 7%) pero muy deficiente frente al reglamento norteamericano ASCE-7 deriva máxima 0.42%)

Es por ello que la edificación de presente trabajo de investigación dio como resultado un desplazamiento de 0.044

Para la el análisis de tiempo historia necesario para la aplicación de aisladores sísmicos y disipadores de energía se pudo constatar que el reglamento nacional de edificaciones requiere un total de 3 pares de acelerogramas dando un total de 6 cablegramas sin embargo el ASCE7 requiere 7 pares de acelerogramas dando un total de 14 acelerogramas es por ello la importancia de centros de monitoreo

En la aplicación de disipadores sísmicos en la estructura se pudo observar que dichos dispositivos se relacionan más con la deriva objetivo directamente para la obtención de resultados es decir la deriva propuesta es la deriva obtenida por lo cual para profundizar con dicha investigación es necesario una normativa peruana basada en modelos matemáticos basados en materiales reales no en desplazamientos ; por otra parte el desplazamiento obtenido así como también la derivas obtenidas con este tipo de protección antisísmica satisfacen la normatividad norteamericana dando como resultado final un desplazamiento de 0.024 y un desempeño bastante favorable con respecto al anterior

Para la aplicación del segundo sistema de protección antisísmica (aisladores sísmicos) se presentó incongruencias a la hora de aplicar el reglamento nacional de edificaciones (E-031) por el motivo antes mencionado, a pesar de ello se presentó que para la aplicación directa de dicha normativa el trabajo de investigación debe basarse en catálogos de dispositivos ya que estos favorecen a la utilización de los mismos.

En la generación de modelos matemáticos basados en materiales reales se pudo constatar que se debe ensayar más los materiales para obtén una optimización de los mismos ya que en la aplicación de los modelos matemáticos no se encuentran acorde a los establecidos en los catálogos siendo de misma

magnitud física, pero de un desempeño poco favorables de los mismos ya se utilizó como base los materiales que estos presentan en dichos catálogos

Con la aplicación de aisladores sísmicos sobre la estructura como tal se pudo constatar que la irregularidad estructural de la edificación va desapareciendo a lo largo de la aplicación de este tipo de protección antisísmica es por lo mismo que se pudo obtener una deriva máxima y un desplazamiento estructural más favorable que el anterior de 0.0028

En el presente trabajo de investigación se pudo constatar de primera manera que la aplicación de los dispositivos de protección antisísmica favorece predomínate mente a la estructura ya que mejoran en la disipación y desvió de energía producida por un sismo es por ello que se recomienda el uso de los mismos en todo tipo de estructura dando como resultado predomínate una absorción de energía entre 634186 y 798535.29 kgf/m por parte de la estructura y de 507471 y 523197.19 kgf/m por parte de los dispositivos sísmicos siendo el más favorable entre ellos el de aislación antisísmica .

VI. CONCLUSIONES:

1. la utilización de una buena estructuración favorecerá notablemente a cualquier edificación muy dependiente de la zona sísmica en la que se encuentra.
2. la utilización de sismos artificiales no proporciona una realidad sísmica como la que es un acelerograma real.
3. la utilización del software etabs es una gran herramienta para la generación de modelos matemáticos, pero de una gran deficiencia en la hora de modelarlos ya que su interfaz gráfica no favorece a la hora de ingresar los datos.
4. la integración de un sensor en la estructura favorece más a las irregularidades estructurales que al desempeño de la misma estructuración misma ya que por lo mismo no se recomienda el uso de cajas de ascensores en concreto armado
5. el uso de aisladores sísmicos tiene más impacto que el uso de disipadores de energía
6. La implementación de sistemas de protección antisísmica mejora a la con el balance energético que presenta la estructura ya que desvía o absorbe la energía producida por un sismo.
7. el uso de una normatividad acorde a la realidad facilitaría de manera real al uso y aplicación de dichos dispositivos

VII. RECOMENDACIONES

1. Para la correcta aplicación de los dispositivos sísmicos se deberá consultar con un ingeniero especialista en el caso y no usar el presente trabajo de investigación ya que solo es de carácter empírico
2. Se recomienda un tipo de uso único para toda la edificación para evitar irregularidad estructural, así como también el uso de cajas de ascensores que estén unidos a la estructura
3. El uso de análisis tiempo historia a pesar de ser solo para estudio preliminar debería implementarse para un uso reglamentario ya que refleja la realidad de la zona donde se edificará una estructura
4. Se recomienda un cuidado especial para la implantación de disipadores de energía del tipo chevon base ya que si no se dimensiona de una buena manera la viga de acero donde se descansará los dispositivos podría ceder y dañar la edificación.
5. Para uso de disipadores sísmicos en una edificación real se deberá implementar en la fase de diseño y no como refuerzo ya que esto influye en la cantidad de dispositivos por la energía que deben disipar
6. Final mente se recomienda la revisión del reglamento nacional de edificaciones para la implantación debida de un estudio de microzonificación sísmica acorde a la realidad ya que de no tener un estudio lo más favorable es basarse en la normatividad norte americana ASCE-7

REFERENCIAS

MILLONES CUMPA david christ, *Estudio Comparativo De Una Edificación De Nueve Niveles Y Dos Sótanos, Con Y Sin Aisladores Sísmicos*, (tesis pregrado), UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL (2019)

RODRIGUEZ JARAMILLO miguel ángel, *Diseño De Un Edificio Hospitalario Con Aislamiento Sísmico De Base*, (tesis pregrado), PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA (2019)

ZANELLI FLORES criss talita, *DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PABELLÓN DE HOSPITAL CON AISLADORES SÍSMICOS* (tesis pregrado), PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA (2019)

MOSCOSO TINCO Joel, *Evaluación Del Desempeño De Edificaciones Hospitalarias Prefabricadas Con Aislamiento Sísmico En El Perú*, (tesis pregrado), PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA (2019)

SOLÓRZANO FLORES Erika Thalia, *“Influencia de las condiciones del suelo en el comportamiento estructural de un hospital con aislamiento sísmico en la*

base”, (tesis pregrado), PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA (2019)

TORRES FLORES Luis Alberto, *Análisis Comparativo Técnico - Económico De Un Hospital De 7 Pisos Diseñado En Concreto Armado Y Acero Estructural Usando Aisladores Sísmicos*, (tesis pregrado), PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA (2019)

LINCOLNS HEUSTON neyra flores “*Análisis Comparativo Del Comportamiento Sismo Dinamico Del Diseño Sismorresistente De La Norma E.030 Del Año 2016 De Un Modelo Con Aisladores Hdr Para Un Sistema Aporticado Frente Al Pabellon II De La Uancv Sede Puno*” (tesis de pregrado), UNIVERSIDAD ANDINA “NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ” FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (2019)

MANTILLA CJURO julber, “*Análisis Y Diseño Estructural Con Aislamiento Sísmico En La Base Del Hospital En El Distrito De Yarabamba*”, (tesis de pregrado), UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL(2019)

PORTILLO CAZORLA aymar raul, *Diseño De Un Hospital Con Aislamiento Sísmico Según La Normativa Peruana* (tesis de pre grado), PONTIFICIA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E
INGENIERÍA (2019)

JANAMPA SALAS Brayan Bernabé, *Diseño Del Sistema De Aislamiento Sísmico
De Un Edificio Hospitalario Usando Dispositivos Hdr*, (tesis de pre grado),

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE
CIENCIAS E INGENIERÍA (2018)

RAMOS CHOQUEHUANCA alex deybi ,*“Análisis Y Diseño De Una Clínica
Haciendo Uso De Aisladores Sísmicos En Su Base”*,(tesis de pre grado) ,
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA FACULTAD
DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
(2018)

LUCEN GÓMEZ, Jorge Enrique, *Análisis Y Diseño Estructural Comparativo de un
Edificio de Concreto Armado de Diez Pisos con Bases Fija y Aislada*, (tesis de
pre grado), PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD
DE CIENCIAS E INGENIERÍA (2018)

SÁNCHEZ ZAPATA humberto, *Optimización En El Comportamiento Estructural
De Un Edificio De 5 Niveles Con La Base Aislada Mediante El Uso De
Aisladores Deslizantes*, (tesis de pregrado) , UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN AGUSTÍN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL(2018)

CAXI LUPACA brian jensen, *La Eficiencia De Los Aisladores Sísmicos Aplicado En El Mega Laboratorio Clínico Universitario De Salud Humana* (tesis de pre grado), UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (2018)

TRUJILLO BENITO Erik José, *Diseño Integral De Estructuras Con Sistema De Aislación Sísmica Aplicado A Un Edificio De Concreto Armado* (tesis de pre grado), UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL (2018)

PALMA ROMERO, Anthony Deyson, *“Estudio comparativo de respuesta sísmica utilizando disipadores de energía de fluido viscoso en la municipalidad provincial de Oyón - 2020”* (tesis de pregrado), UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL(2020)

Ing. ANCCASI HUAYRA Rubén, *Propuesta De Un Método Para El Diseño De Edificios Con Disipadores Pasivos De Energía Utilizando Registros Sísmicos Peruanos* (tesis de post grado) PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ ESCUELA DE POSGRADO (2019)

NARVÁEZ ESPINOZA Mario Eduardo, *Análisis Comparativo Técnico-Económico De Una Edificación De 12 Pisos, Empleando Amortiguadores De Fluido*

Viscoso Y Disipadores Histeréticos. (tesis de post grado) PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ ESCUELA DE POSGRADO (2019)

ESCOBAR CHAMBILLA andré, *“Análisis Sísmico Comparativo Entre El
Reforzamiento Convencional Con Muros De Corte Y El Reforzamiento Con
Disipador De Fluido Viscoso Para Un Sismo Severo En El Edificio Hotel
Ferrocarril Filial Puno”*.(tesis de pregrado),UNIVERSIDAD ANDINA “NÉSTOR
CÁCERES VELÁSQUEZ” FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (2019)

CASANA MARINO Giancarlos Martin, *“Desempeño Sísmico de un Edificio de 14
pisos con Disipadores de Energía en la ciudad de Tumbes - 2018”* (tesis de
pregrado) UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE (2018)

ALVAREZ VARGAS Carlos Fernando, *Análisis Y Diseño De Disipadores Sísmicos
De Fluido Viscoso Para Control De La Respuesta Sísmica De Edificaciones En
Huancayo 2017*, (tesis de pregrado) UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
CENTRO DEL PERU FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL (2017)

NAVARRO VIERA franco, *“Comparación De Las Respuestas Dinámicas En
Estructuras Con Y Sin Disipadores De Energía Pasivos De Fluido Viscoso En
La Zona Sísmica Cuatro”* (tesis de pregrado) UNIVERSIDAD NACIONAL DE
PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL (2017)

CHAVEZ AGUIRRE Jean Piers Nicolas, *“Análisis, Diseño y Efectos de Interacción Sísmica Suelo – Estructura con Disipadores de Energía Viscosos – Taylor, en un Edificio Aporticado de 5 Niveles en la Urbanización Buenos Aires, Distrito de Nuevo Chimbote - 2016”* (tesis de pre grado) UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 2016

EDER ALEXIS chilón zárate, *Diseño Y Análisis Sísmico Comparativo Entre Un Sistema Con Aisladores De Núcleo De Plomo Y Un Sistema Con Disipadores De Fluido Viscoso En Una Edificación De 4 Niveles, Chiclayo, 2017*, (tesis de pregrado), UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL (2019)

Ing. JEAN PIERS chavez Aguirre, JPNCA (2017), *Diseño Sismorresistente De Edificios Con Disipadores De Fluido Viscoso*, Lima Perú, Grupo Universitario Sac.

Ing. Roberto morales morales , rmm(2006), *Diseño De Concreto Armado* ,Lima Perú, Fondo ICG.

Reglamento nacional de edificaciones, RNE (2018), *Reglamento Nacional De Edificaciones*, Lima Perú, Fondo ICG.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y

BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 5a ed. México D.F 2010, México Interamericana Editores, S.A. 2010.

TAMAYO, Mario. Tm (2004), El proceso de la Investigación científica. 4a ed. México: Limusa 2004.

M. BOZZO, Luis y H. BARBAT, Alex. , Diseño sísmo resistente de edificios. Barcelona: Editorial Reverté SA. 2004.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar., hsr y fccbl 2010, Metodología de la Investigación. 5ª, ed., México D.F Interamericana Editores, S.A. 2010.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA 751 NEHRP). Seismically Isolated Structures. 2009.

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN. Protección Sísmica de Estructuras 2011,

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEER ASCE/SEI 7-10. SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR SEISMICALLY ISOLATED STRUCTURES - Chapter 17-18. 2010, 2016..

ANEXOS

Anexo 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><u>Problema General</u> ¿Cómo la respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos mejora al desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno?</p>	<p><u>Objetivo General</u> Definir la respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos frente al desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno</p>	<p><u>Hipótesis General</u> La respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos mejora notable mente al desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno</p>	<p><u>Variable Independiente</u> la respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos</p> <p><u>Dimensiones</u> Sismo Aisladores sísmicos Disipadores de energía</p>	<p><u>Tipo de Investigación</u> Aplicada <u>Nivel de Investigación</u> Descriptivo- correlacional-comparativo <u>Diseño Básico</u> No experimental <u>Método</u> Cualitativo <u>Técnicas de Recolección de información</u> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental • Observación directa • Encuesta <u>Instrumentos</u> <ul style="list-style-type: none"> • Fichas técnicas • Cuestionarios • Programas Excel, Etabs, sismomach, sismosignal, entre otros </p>
<p><u>Problemas Secundarios</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno frente a la presencia de un sismo máximo considerado? • ¿Cuál respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos favorece más a los desplazamientos y derivas máximas frente a la acción de un sismo máximo considerado? • ¿Cuál respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos absorbe o deriva más energía sísmica frente a la acción de un sino máximo considerado? 	<p><u>Objetivos Secundarios</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno frente a la acción de un sismo máximo considerado • Determinar cuál respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos es mas favorable para los desplazamientos y derivas máximas frente a la acción de un sismo máximo considerado • Definir cual respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos absorbe o desvía más energía sísmica frete a la acción de un sismo máximo considerado 	<p><u>Hipótesis Secundarias</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • El desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno será poco eficiente frente a la acción de un sismo máximo considerado • La respuesta sísmica entre disipadores de energía y aisladores sísmicos favorece notablemente a los desplazamientos y derivas máximas frente a la acción de un sismo máximo considerado • Existe una gran diferencia entre la respuesta sísmica de disipadores de energía y aisladores sísmicos al absorber o desvía notablemente la energía sísmica frente a la acción de un sismo máximo considerado 	<p><u>Variable Dependiente</u> desempeño estructural de una edificación de 9 niveles en la ciudad de puno</p> <p><u>Dimensiones</u> Configuración estructural Tipo de zonificación</p>	

Anexo 2: MATRIZ DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
V. INDEPENDIENTE:						
✓ RESPUESTA SISMICA (Aislador Sísmico y Disipadores de Energía)						
	Respuesta del dispositivo en función al desvío de la energía externa de un sismo severo.	Resultado producido a partir de la intervención del acelerograma (sismo severo) con la capacidad de desviar y absorber las distorsiones plásticas de entrepiso que se producirían	✓ Sismo			
			✓ Acelerograma	✓ Acelerograma	Escala nominal	
			✓ Espectros	✓ Espectros	Escala nominal	
			✓ Aisladores Sísmicos			
			✓ Desplazamientos máximos	✓ A. Estático de fuerzas Equivalentes	Escala nominal	
			✓ Diagrama de histeresis	✓ A. Dinámico:	Escala nominal	
			✓ Energía Desviada por el dispositivo	✓ A.T-H	Escala nominal	
			✓ Derivas de entrepiso máximas y mínimas		Escala nominal	
			✓ Disipadores de Energía			
			✓ desplazamientos máximos	✓ A. Estático de fuerzas Equivalentes	Escala nominal	
			✓ diagrama de histeresis	✓ A. Dinámico:	Escala nominal	
			✓ Derivas de entrepiso máximas y mínimas	✓ A.T-H	Escala nominal	
	✓ Energía absorbida por el dispositivo		Escala nominal			
V. DEPENDIENTE:						
✓ Desempeño estructural						
	Proceso creativo que usa la ingeniería para resolver un problema con el fin de que exista una armonía entre la fuerza sísmica disipada y estructuración de la misma .	Aplicación de los modelos sísmicos estáticos, dinámicos teóricos y reales, mediante un modelo matemático, para generar fuerzas resultantes y distorsiones en entrepisos con el objeto de llegar a un diseño óptimo.	✓ configuración estructural			
			✓ desplazamientos máximos	✓ A. Estático	Escala nominal	
			✓ Energía absorbida por el edificio	✓ A. Dinámico:	Escala nominal	
				✓ A.T-H		
			✓ tipo de zonificación			
			✓ desplazamientos máximos	✓ A. Estático	Escala nominal	
	✓ Energía absorbida por el edificio	✓ A. Dinámico:	Escala nominal			
		✓ A.T-H	Escala nominal			

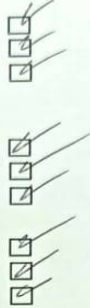
ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
- ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados



Revisado por:






"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES
SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA
CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
- ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados



Walspach Alas Calle Pucallpa
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 158301

Revisado por:



"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES
SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA
CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
 - ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ
CIP. N° 155-01

Revisado por:



"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES
SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA
CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
 - ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO
Ara. Santos y Rivera Cuervo
ALCALDE
GABRIEL

Revisado por:



"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES
SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA
CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
- ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO
SUB GERENCIA DE CATASTRO
Ing. Joel Huber Mamani Quispe
SUB GERENTE
C.I.P. N° 152449

Revisado por:



"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
- ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO
OFICINA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL
Ing. María Ibeth Villalba Salas
SUB GERENTE
CAP. 10037

Revisado por:



"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES
SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA
CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
- ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO
SUB GERENCIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL DE URBANISMO
[Signature]
Arq. Patricia G. V.
ESPECIALISTA EN URBANISMO Y LICENCIADA
CAP. N° 21204

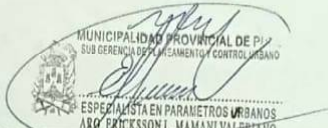
Revisado por:



"ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SISMICA ENTRE DISIPADORES DE ENERGÍA Y AISLADORES
SÍSMICOS PARA EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 9 NIVELES EN LA
CIUDAD DE PUNO, 2021"

LISTADO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

- ✓ DOCUMENTOS DE ACCESO A LA INFORMACIÓN
 - ✓ municipalidad de puno
 - colegio de ingenieros del Perú sede puno
 - Instituto Geofísico del Perú - IGP
- ✓ REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
 - Normatividad Vigente
 - ASEI-7
 - RNE
 - NCH4573
 - Antecedentes
 - Revisión de tesis de investigación
 - Revisión de libros
 - Revisión de artículos relacionados


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO
SUB GERENCIA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL URBANO
ESPECIALISTA EN PARAMETROS URBANOS
ABO. ERICKSONI MAMANI VALERIANO

Revisado por: