



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis Sísmico del Pabellón D con Disipadores de Energía de Fluido Viscoso en la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Rondinel Huaman Jose Luis

ASESORES:

Dra. Maria Ysabel Garcia Alvarez

Mg. Luis Díaz Huiza

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2018

PÀGINA DEL JURADO

Dedicatoria

Dedico este desarrollo de tesis a familia padres y hermanos por su comprensión y paciencia por su apoyo incondicional la cual me ha fortalecido para seguir con las metas que tengo en el futuro.

Agradecimiento

Agradecer a mi familia en primer por todo el apoyo y a los buenos compañeros, a la Universidad Cesar Vallejo por formarme como profesional y a mis asesores la Dra. María Ysabel García y el Mg. Luis Díaz Huiza por guiarme en este proyecto de tesis

Declaración de Autenticidad

Yo, Jose Luis Rondinel Huaman con DNI N° 41966239 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo

Lima, San Juan de Lurigancho, 07 de Diciembre de 2018



Jose Luis Rondinel Huaman

D.N.I: 41966239

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumpliendo del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada: “Análisis comparativo estructural para el pabellón D en la Universidad Cesar Vallejo Sede Lima este con base empotrado y con disipadores de fluido viscoso, 2018” cuyo objetivo es obtener una edificación que absorba la energía sísmica dejando dicha edificación con el menor daño posible durante una eventual sismo severo así como asegurar el bienestar de las personas quienes la ocupan, donde se aplicara los estudios realizados sobre esta tecnología, donde me someto a vuestro consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero civil.

Jose Luis Rondinel Huaman

Resumen

La modernización de los edificios es una tarea primordial para reducir el riesgo sísmico. Se han desarrollado nuevas técnicas para proteger edificios contra terremotos con el objetivo de mejorar su capacidad. La disipación de energía es ampliamente reconocida como técnicas de protección efectivas para alcanzar un buen desempeño de la edificación.

Existen varios tipos de disipadores de energía en el mercado cuyo uso dependerá de la situación actual de la edificación. Los disipadores de fluido viscoso son unos de los más usados en la actualidad a nivel mundial en edificaciones esenciales como hospitales clínicas bancos etc, son dispositivos que trabajan con un pistón básicamente es una cámara hueca que acumula el fluido siliconico que ante un sismo trabajan pasando el fluido de una cámara a otra por medio de orificios donde dicha acción ocurre la conversión de energía mecánica a energía calorífica y por ende la disipación de la energía sísmica.

El presente desarrollo de tesis con título “Análisis comparativo estructural para el pabellón D en la Universidad Cesar Vallejo Sede Lima este con base empotrado y con disipadores de fluido viscoso, 2018” que comprende cuatro niveles y que pertenece al sistema de muros estructural está ubicado en la zona cuatro, de suelo rígido y de categoría esencial. Dicha Tesis tiene la finalidad de analizar el comportamiento de la edificación incorporando estos dispositivos por ende primero verificaremos por medio de los planos estructurales si cumple con la norma peruana sismoresistente E030 por medio del análisis modal espectral con el programa ETABS posteriormente también como exige la norma la edificación será sometido a una análisis (Tiempo – Historia) tanto para la edificación convencional y con los disipadores de energía para que sea así posible la incorporación de los disipadores al edificio para eso se necesitara registros sísmicos de terremotos ocurridos en el Perú, teniendo así las diferentes respuestas del programa ETABS que nos servirán para evaluar la edificación por ende utilizar los disipadores educados.

Palabras claves: análisis sísmico, fuerza de disipación, amortiguación de disipadores

Abstract

The modernization of buildings is a primary task to reduce seismic risk. New techniques have been developed to protect buildings against earthquakes in order to improve their capacity. The dissipation of energy is widely recognized as effective protection techniques to achieve a good performance of the building.

Excite several types of energy dissipaters in the market whose use will depend on the current situation of the building. The viscous fluid heatsinks are one of the most used worldwide today in essential buildings such as hospitals, clinics, banks, etc., are devices that work with a piston is basically a hollow chamber that accumulates the silicone fluid that before an earthquake work passing the fluid from one chamber to another by means of holes where said action occurs the conversion of mechanical energy to heat energy and therefore the dissipation of seismic energy

The present thesis development entitled "Structural Comparative Analysis for Pavilion D at Cesar Vallejo University, Lima East Headquarters with embedded base and viscous fluid dissipaters, 2018" comprising four levels and belonging to the structural wall system located in zone four, of rigid floor and of essential category. This thesis has the purpose of analyzing the behavior of the building incorporating these devices therefore first verify through the structural plans if it complies with the Peruvian seismoresistente E030 by means of spectral modal analysis with the ETABS program later also as required by the norm building will be subjected to an analysis (Time - History) both for conventional building and with the energy dissipaters so that it is possible to incorporate the heatsinks into the building. For that, seismic records of earthquakes occurred in Peru will be needed. Different responses of the ETABS program that will help us to evaluate the building, therefore, using the educated heat sinks.

Keywords: seismic analysis, dissipation force, heatsink damping

INDICE GENERAL

Página del jurado.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Declaración de autenticidad.....	V
Presentación.....	VI
Resumen.....	VII
Índice General.....	IX
Índice de Figuras.....	XIV
Índice de Tablas.....	XVII
I INTRODUCCION.....	19
1.1 Realidad problemática	20
1.2 Trabajos Previos	21
1.2.1 Antecedentes Internacionales.....	21
1.2.2 Antecedentes locales	23
1.3 Teorías Relacionadas al Tema	25
1.3.1 Parámetros de análisis sísmico.....	25
1.3.2 Zonas sísmicas.....	25
1.3.3 Parámetros del sitio (S, Tp y TI)	26
1.3.4 Factor de amplificación sísmica.....	26
1.3.5 Categoría de las edificaciones (U)	27
1.3.6 Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de fuerza sísmica (Ro) ..	27
1.3.7 Regularidad estructural	28
1.3.8 Peso de la edificación (P).....	29
1.3.9 Análisis estático o fuerzas equivalentes	29
1.3.10 Fuerza cortante en la base (V).....	29
1.3.11 Periodo fundamental de vibración.....	30
1.3.12 Análisis dinámico modal espectral.....	31

1.4	Disipadores de energía.....	32
1.4.1	Tipos de disipadores.....	33
1.4.2	Criterios de Ubicación y Disposición de los disipadores.....	39
1.5	Formulación del problema.....	40
1.5.1	Problema general.....	40
1.5.2	Problemas Específicos.....	40
1.6	Justificación del estudio.....	40
1.6.1	Justificación teórica.....	40
1.6.2	Justificación metodológica.....	41
1.6.3	Justificación tecnológica.....	41
1.6.4	Justificación económica.....	41
1.7	Hipótesis.....	41
1.7.1	Hipótesis general.....	41
1.7.2	Hipótesis específicos.....	41
1.8	Objetivos.....	42
1.8.1	Objetivo general.....	42
1.8.2	Objetivos específicos.....	42
II	METODO	42
2.1	Diseño de Investigación.....	44
2.1.1	Investigación no experimental.....	44
2.1.2	Nivel de investigación.....	44
2.1.3	Investigación descriptiva.....	44
2.2	Tipo de investigación.....	44
2.2.1	Investigación correlacional.....	44
2.2.2	Enfoque de investigación.....	44
2.3	Variables.....	44
2.4	Población y muestra.....	46

2.4.1	Población.....	46
2.4.2	Muestra.....	47
2.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
2.5.1	Validez y confiabilidad	48
2.5.2	Método de Análisis de Datos	48
2.5.3	Aspectos éticos.....	48
2.5.4	Datos generales de la edificación	48
2.6	Definición de los materiales	52
2.7	Cargas consideradas para la modelación	52
2.8	Calidad de los materiales utilizados.....	53
2.9	Parámetros para el análisis modal Espectral.....	54
2.10	Registros sísmicos.....	54
2.10.1	Modelamiento del edificio en ETABS 2016.....	56
2.10.2	Definición de secciones principales	57
III	RESULTADOS	59
3.1	Análisis de la edificación del pabellón D con la norma peruana E.030	61
3.2	Análisis no lineal tiempo – historia	66
3.3	Escalamiento de aceleración al espectro de diseño	67
3.4	Distorsiones entre piso de registros sísmicos	68
3.5	Criterios para la determinación del Sismo de Diseño.....	70
3.5.1	Objetivo de desempeño	70
3.5.2	Nivel de desempeño	71
3.6	Sismo de diseño para eje X.....	72
3.6.1	Cálculos para la determinación de los objetivos de diseño	73
3.6.2	Rigidez del Brazo metálico (K).....	73
3.6.3	Calculo del coeficiente de Amortiguación no lineal	74
3.7	Sismo de diseño para eje Y	77

3.7.1	Cálculos para la determinación de los objetivos de diseño	77
3.7.2	Rigidez del Brazo metálico (K).....	78
3.7.3	Calculo del coeficiente de Amortiguación no lineal	79
3.8	Disipación de energía sísmica.....	82
3.8.1	Disipación del sismo de Chimbote 1970 dirección – Y	83
3.9	Fuerza de los disipadores	84
3.9.1	Fuerzas en el eje – X	84
3.9.2	Fuerzas en el eje – Y	86
3.10	Verificación del comportamiento histórico.....	87
3.11	Diseño de los elementos de acero del sistema	90
3.11.1	Disipador de 330 Kip	91
3.11.2	Disipador de 440 Kip	92
3.11.3	Disipador de 675 Kip	93
3.12	Diseño de brazos metálicos.....	94
3.12.1	Disposición Chevron eje X	94
3.12.2	Se calcula el esfuerzo de pandeo crítico.....	95
3.13	Disposición Diagonal eje Y	96
3.13.1	Se calcula el esfuerzo de pandeo crítico.....	97
3.14	Esquemas de resultados finales.....	98
3.14.1	Desplazamientos en el centro de masa en el eje X.....	98
3.14.2	Desplazamientos en el centro de masa en el eje Y.....	99
3.14.3	Derivas entre piso en el eje X.....	100
3.14.4	Derivas entre piso en el eje Y.....	101
3.15	Esfuerzos máximos en elementos estructurales	102
3.15.1	Cortante en placas dirección eje X.....	102
3.15.2	Cortantes en placas dirección eje Y	103
3.15.3	Momentos en placas dirección eje X.....	104

3.15.4	Momentos en placas dirección eje Y.....	105
3.16	Cortantes en columna C6.....	106
IV	DISCUCIONES	106
V	CONCLUSIONES	108
VI	RECOMENDACIONES	110
VII	REFERENCIAS	112
	ANEXOS	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Zona sísmica del Perú (Norma E.030)	25
Figura 2. Esquema de reducción sísmica R	29
Figura 3. Disipadores elásticos (Zumaeta E. 2012)	33
Figura 4. Disipador Histérico (Aiken et. 1993)	34
Figura 5. Disipador Taylor Divise INC (Taylor Device INC)	35
Figura 6. Comportamiento con estructura con disipadores (Dynamic System 2014)....	35
Figura 7. Aeropuerto Internacional Jorge Chávez Callao-Perú (GCAQ Ing. civiles)...	36
Figura 8. Centro empresarial Reducto, Miraflores - Perú (CDV Ingeniería sísmica)....	36
Figura 9. Disposición común, en Chevron (Zumaeta E. 2012)	39
Figura 10. Disposición común, en diagonal (Zumaeta E. 2012)	40
Figura 11. Edificio 3D pabellón D de la UCV (ETABS 2016).....	46
Figura 12. Plano de arquitectura del pabellón D	49
Figura 13. Plano de elevación del pabellón D	50
Figura 14. Plano de estructuras del pabellón D	51
Figura 15. Espectro según la norma E.030 (ETABS 2016).....	54
Figura 16. Dirección de componentes 1 (G. Villarreal 3016).....	55
Figura 17. Dirección de componente 2 (G. Villarreal 2016).....	55
Figura 18. Especificaciones de cotas de los ejes X/Y (ETABS 2016)	56
Figura 19. Número de Pisos (ETABS 2016)	56
Figura 20. Datos de resistencia de concreto y acero (ETABS 2016)	56
Figura 21. Definición de viga 40X80 (ETABS 2016).....	57
Figura 22. Definición de columna de diámetro D60 (ETABS 2016).....	57
Figura 23. Vista en planta del modelamiento del pabellón D (ETABS 2016)	58
Figura 24. Asignación de cargas vivas y muertas según la norma E.030 (ETABS 2016)	58
Figura 25. Asignación de cargas distribuidas según la norma E.030 (ETABS 2016)....	59
Figura 26. Asignación de diafragmas rígidos por nivel (ETABS 2016)	59
Figura 27. Espectro de sismo de diseño de edificación convencional (ETABS 2016) ..	61
Figura 28. Asignación de casos de carga en X (ETABS 2016).....	63
Figura 29. Asignación de casos de carga en Y (ETABS 2016).....	63
Figura 30. Registro sísmico de Lima 1966 (ETABA 2016).....	66
Figura 31. Escalamiento de sismo 1 de Lima - 1966 (ETABS 2016)	67

Figura 32 Escalamiento de sismo 2 de Lima - 1966 (ETABS 2016)	68
Figura 33. Cotas Disposición en Chevron para eje X (Fuente Propia)	74
Figura 34. Ingreso de valores para el eje X (ETABS 2016).....	76
Figura 35. Ubicación de disipadores en dirección X.....	76
Figura 36. Cotas Disposición en diagonal eje Y (Fuente propia).....	78
Figura 37. Ingreso de valores para el eje Y (ETABS 2016).....	80
Figura 38. Ubicación de disipadores en dirección Y (ETABS 2016)	81
Figura 39. Balance energético en dirección X (ETABS 2016)	82
Figura 40. Balance energético en dirección Y (ETABS 2016)	83
Figura 41. Disipadores en elevación 2 (ETABS 2016)	84
Figura 42. Disipadores en elevación 4 (ETABS 2016)	85
Figura 43. Disipadores en elevación A (ETABS 2016)	86
Figura 44. Disipadores en elevación G (ETABS 2016)	87
Figura 45. Elevación 2 - K8 (ETABS 2016)	88
Figura 46 Elevación 4 - K16 (ETABS 2016)	88
Figura 47. Elevación G - K20 (ETABS 2016)	89
Figura 48. Elevación A - K24 (ETABS 2016)	89
Figura 49. Demisiones de disipador Taylor Device	90
Figura 50. Dimensiones de placa del disipador Taylor Device (Fuente propia)	91
Figura 51. Dimensiones de disipador de 330 KIP (Fuente propia)	91
Figura 52 Dimensiones de placa disipador 330 KIP (Fuente propio)	92
Figura 53. Dimensiones de disipador de 440 KIP (Fuente propia)	92
Figura 54. Dimensiones de placa de disipador 440 KIP (Fuente propia).....	93
Figura 55. Dimensiones de disipador de 675 KIP (Fuente Propio).....	93
Figura 56. Dimensiones de placa de disipador 675 KIP (Fuente propio).....	93
Figura 57. Fuera axial de pórtico causado por el disipador en el eje X (ETABS 2016) 95	
Figura 58. Fuerza axial causado pórtico en el eje Y (ETABS 2016)	96
Figura 59.Desplazamientos en el centro de masa eje-X (Fuente propio).....	98
Figura 60. Desplazamientos en el centro de masa eje - Y (Fuente propio).....	99
Figura 61. Derivas de entrepiso eje - X (Fuente propio).....	100
Figura 62. Derivas de entre piso eje - Y (Fuente propio).....	101
Figura 63. Cortantes en PL 5 eje - X (Fuente propio)	102
Figura 64. Cortante en PL 5 en el eje - Y (Fuente propio)	103
Figura 65. Momentos en PL 5 eje - X (Fuente propio)	104

Figura 66. Momentos en PL 5 eje – Y (Fuente propio).....	105
Figura 67. Cortante en columna C6 (ETAS 2016)	106
Figura 68. Cortante en columna C6 (ETABS 2016)	106

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de zona	25
Tabla 2. <i>Factor S</i>	26
Tabla 3. Periodos T_p y T_L	26
Tabla 4. Factor de Uso.....	27
Tabla 5. Coeficiente de reducción de fuerza sísmica "R"	27
Tabla 6. <i>Categoría y regularidad de las edificaciones</i>	28
Tabla 7. Valores de CT según sistema estructural.....	31
Tabla 8. Distorsión relativa	32
Tabla 9. Valor de lambda	37
Tabla 10. Matriz de operacionalización.....	45
Tabla 11. Propiedades de los materiales.....	52
Tabla 12. Periodos y masa participativa del modelo con base empotrada	62
Tabla 13. Reacciones de base empotrada en la edificación con espectro modal espectral	64
Tabla 14. Definición de Sistema de muro estructural	64
Tabla 15. Tipo muros estructurales	65
Tabla 16. Distorsiones y desplazamientos entre piso elásticas (Δ_i/h_{ei})	65
Tabla 17. Desplazamientos y Distorsiones entre piso Inelásticas (Δ_i/h_{ei}).....	65
Tabla 18. Distorsiones Inelásticas X - Y con la norma E.030.....	66
Tabla 19. Dirección X - componentes EO / Dirección Y – Componentes NS.....	68
Tabla 20. Dirección X - componentes NS / Dirección Y – Componentes EO.....	69
Tabla 21. Dirección X - componentes EO / Dirección Y – Componentes NS.....	69
Tabla 22. Dirección X - componentes NS / Dirección Y – Componentes EO.....	69
Tabla 23. Dirección X - componentes EO / Dirección Y – Componentes NS.....	70
Tabla 24. Dirección X - componentes NS / Dirección Y – Componentes EO.....	70
Tabla 25. Distorsión relativa	71
Tabla 26. Nivel de desempeño sísmico esperado	71
Tabla 27. Clasificación según tipo de estructuras metodología hazus	72
Tabla 28. : Relación estado de daño – deriva Metodología hazus	72
Tabla 29. Distorsiones entre piso de diseño para eje X.....	72
Tabla 30. Tabla valores de λ respecto al exponente α	74

Tabla 31. Cálculos para la obtención de los desplazamientos relativos ϕ_{rj} con sismo de diseño de lima - 1966	75
Tabla 32. Cálculos generales para el amortiguamiento no lineal del disipador de disposición Chevron	75
Tabla 33. Distorsiones de entre piso de diseño eje X.....	77
Tabla 34. Cálculos para la obtención de los desplazamientos relativos ϕ_{rj} con sismo de diseño de Chimbote - 1970.....	79
Tabla 35. Cálculos generales para el amortiguamiento no lineal del disipador de disposición diagonal	79
Tabla 36. Resultados de desplazamiento y distorsión con sismo Lima 1966	81
Tabla 37. Resultados de desplazamientos y distorsión con sismo Chimbote 1970.....	81
Tabla 38. Fuerza por disipadores en elevación 2	84
Tabla 39. Fuerza por disipadores en elevación 4	85
Tabla 40. Fuerza por disipadores en elevación A.....	86
Tabla 41. Fuerza por disipadores en elevación G.....	87
Tabla 42. Catálogo de disipadores Taylor Device.....	90
Tabla 43. Catálogo de placa de base de disipadores Taylor Device.....	91
Tabla 44. Diseño de brazos metálicos	94
Tabla 45. Comparación de desplazamientos del edificio con y sin disipadores.....	98
Tabla 46. Desplazamientos en el centro de masa eje - Y	99
Tabla 47. Derivas de entre piso eje - X	100
Tabla 48. Derivas de entre piso eje - Y	101
Tabla 49. Cortantes en placas dirección eje - X	102
Tabla 50. Cortantes en placas dirección eje - Y	103
Tabla 51. Momentos en placas dirección eje - X	104
Tabla 52. Momentos en placas dirección eje - Y	105
Tabla 53. Valores máximos de cortantes en columnas.....	106

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Desde tiempos remotos los movimientos sísmicos que se han registrado han demostrado pérdidas tanto de vidas humanas como también daños materiales debido al desplome de las estructuras de las edificaciones. Los terremotos ocurren cuando las placas debajo de la superficie de la Tierra se mueven abruptamente. Gran parte los terremotos ocurren cerca de los límites entre las placas tectónicas de la tierra, cómo los ocurrido en Chile el 2010 que logro alcanzar hasta una magnitud de 8.8 MW muriendo más 500 personas una gran parte del centro de las ciudades de Curicó y Talca colapsó y las construcciones antiguas y de importancia histórico quedaron destruidas en su totalidad y la del Japón ocurrida el 2011 de una magnitud 9.0 MW que origino posteriormente un tsunami en diferentes partes de la costa de Japón donde se perdieron 15 893 muertos donde las ciudades de Higashi, Shinsai fueron destruidos severamente en nuestro país no es ajena ante estos desastres pues se encuentra ubicada en zona de gran potencial sísmica-se tiene registros del terremoto ocurrido de 1746 que es considerado el mayor terremoto registrado hasta ahora pues se especula que fue de unos 9.0 Mw siendo el epicentro ocurrido cerca Lima así mismo los más recientes ocurrido el del 31 mayo de 1970 fue un moviente telúrico muy severo que termino con más de 50 000 vidas la cual origino el despliegue o avalancha del nevado del Huascarán enterrando a la población Yungay y Ranrahirca, cabe mencionar las estructuras precarias y de adobe no soportaron las fuerzas del sismo la cual aportaron más víctimas humanas, este terremoto está considerado entre las desastrosas de la humanidad.

Y no hace mucho tiempo ocurrió el terremoto en el sur del Perú 15 de agosto del 2007 con epicentro en el centro de la costa del Perú de una magnitud de 8 MW dejando más de 500 muertos y 2300 heridos 76000 viviendas fueron colapsadas e inhabitables afectando a las ciudades como Chíncha Ica pisco también en Lima sufrieron daños materiales y con estos desastres conocidos el problema se agrava debido a la alta informalidad en la construcción la carencia la escasez de una supervisión profesional en las estructuras ya sea la economía o falta de información hace que la población opte por la autoconstrucción, sin tener en cuenta los peligros latentes de la naturaleza que podría afectar a las viviendas más vulnerables.

Por otra parte los últimos años el Perú tuvo un crecimiento económico importante que en consecuencia en algunos sectores principales del distrito de San Juan de Lurigancho se ejecuten edificaciones de importancia para la sociedad como bancos institutos

universidades etc. Pero cabe mencionar que el suelo en esta parte del distrito tiene baja resistencia que en consecuencia la interacción suelo estructura se hace vulnerable y se presente desplazamientos en la estructura pudiendo ocasionar importantes daños en la estructura, cabe recalcar que las patologías que se presentan en los edificios durante acontecimientos telúricos, se generan producto de la deficiencia en el diseño y sistema estructural, así como en los desaciertos durante el proceso constructivo de la obra y el empleo de materiales inadecuados para la construcción. Por eso son motivo para recomendar la implementación del uso de disipadores de energía en las edificaciones esenciales donde se aglomere personas que ejerzan diferentes actividades, estos dispositivos adicionan amortiguamiento a la estructura minimizando la intensidad del movimiento sísmico y el posible daño estructural. De tal forma que puedan seguir funcionando el desempeño de la estructura sin ningún problema este proyecto tiene la finalidad de investigar las estructura con estos sistemas de amortiguamiento empleando la norma ASCE 07-10 nuestra norma de edificación E-030 diseño sismo resistente aprobado el 2016 así mismo emplearemos el software como ETABS, Sap2000 para evaluar los datos de información.

1.2 Trabajos Previos

1.2.1 Antecedentes Internacionales

Pardo (2007) en su tesis “Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal” de Juan Pardo llegó a la conclusión que mediante el acoplamiento los disipadores de energía a la edificación es posible dar la amortiguación que sea necesario para poder llegar al nivel de la respuesta requerida así mismo la incorporación de estos dispositivos es un método más eficaz de poder controlar de la respuesta dinámica de estructuras ya que los desplazamientos relativos entre piso consiguieron una disminución considerablemente a los valores la norma vigente y al poder conseguir minorar los desplazamientos de los Centros de Masa de cada nivel, se limita la toda posibilidad que la estructura trabaje dentro de la zona inelástico disminuyendo la posibilidad del comportamiento no lineal, además de que no se presente y limitar las patologías. Al utilizar los disipadores además de disminuir las aceleraciones que experimentan estas, se reducen los desplazamientos en los centros de masa, lo que conlleva a que una reducción de los esfuerzos en las columnas y en la base de la estructura de la misma manera al disminuir los esfuerzos en la base del edificio implica que el diseño de las fundaciones de la estructura fueran reducidas. Los disipadores

de Fluido Viscoso presentan tiene superioridad frente a otros tipos de dispositivos de control pasivo, como los aisladores sísmicos ya que estos se requieren de un sistema más complejo para su emplazamiento.

Sandoval (2008) en su tesis “Algoritmo de control de desplazamientos de edificios semiactivo de manera descentralizada” en México la Universidad Autónoma Metropolitana cuenta ya con una larga experiencia de más de 15 años en el estudio y aplicación práctica de técnicas del control de la respuesta sísmica, en particular la disipación pasiva de energía y, en numerosos rubros, es uno de los países renovador en este tema de la ingeniería sísmica. El interés mexicano en la disipación pasiva de energía se inició como consecuencia de los daños estructurales observados en edificios de mediana altura en la ciudad de México durante el terremoto de septiembre de 1985, ya que esta técnica inició como una solución probable para la reparación de estructuras dañadas por sismo, así como una elección atractiva para el diseño de estructuras modernas. Actualmente México cuenta con un grupo interesante de científicos y diseñadores expertos sobre este tema, el cual está en constante crecimiento, ya que éste es uno de los temas de mayor interés por parte de los estudiantes de los posgrados en ingeniería estructural que se ofrecen en las universidades mexicanas.

En particular, existen dos tipos de disipadores de energía que capturan prácticamente todo el interés en los ingenieros mexicanos: primero los dispositivos que absorben energía por histéresis del acero, que son los más investigados y de los cuales existe una variedad de aplicaciones y, segundo los amortiguadores viscosos, cuyo interés ha sido más reciente, pero que actualmente están capturando la atención tanto de estudiantes como de ingenieros de la especialidad.

Pinzón y Martínez (2014) en su tesis “Estado del arte y modelo didáctico-descriptivo de amortiguadores y aisladores sísmicos” en Colombia la Universidad Católica de Colombia Nathaly Pinzón y Edwin Martínez mencionan que los aisladores sísmicos Absorben la energía que es producida por los sismos severos, pudiendo darse el desalineamiento del edificio con la cimentación de la estructura, haciendo que en los apoyos inferiores no se inicien acumulación de energía y que en los niveles superiores no incrementen la aceleración que causa la anomalías del pórtico.

Al disminuir la demanda sísmica, reducen posibles daños en los elementos estructurales, reduce el valores de las derivas y además de proteger la estructura de un

colapso, y que permita seguir siendo eficaz; ya que los elementos estructurales no sufren daños. El uso de cualquier tipo de aislador o disipador de energía representa una mejora en el rendimiento de una estructura ante un evento sísmico.

Los estudios e investigaciones desarrolladas en este campo de la ingeniería civil, aun necesitan ser analizados en profundidad con el propósito de fomentar las ventajas que proporciona el uso de estos dispositivos de disipación, y de esta manera que su empleo no se limite a unos pocos países, como lo es hoy en día.

Maruri (2015) en su tesis “Modelo estructural a escala utilizando amortiguadores viscosos como sistemas de disipación pasiva de energía” en Universidad san francisco de Quito Carlos Maruri en su título concluye que al adicionar amortiguadores viscosos en las edificaciones, se pudo demostrar de manera visual y analíticamente la reducción de la aceleración en cada entre piso del modelo estructural. Para el nivel 1 se logró absorber la energía proveniente del acelerograma reduciendo la aceleración hasta en un 195.6%. Sin embargo, se logró alcanzar una reducción de la aceleración para el nivel 2 de hasta un 96.76%. A pesar de que el amortiguamiento no es el igual para el nivel 1 como para el nivel 2, se pudo demostrar su eficacia promedio de reducción en la aceleración de 146.18% únicamente con amortiguadores viscosos en base de aire

Luego de analizar y comparar las gráficas de la aceleración experimental, con las gráficas de aceleración teórica, se comprobó el mismo comportamiento entre los acelerogramas almacenados del modelo estructural y los acelerogramas producidos por el programa SAP2000. El error que se genera con el modelo estructural sin amortiguadores, alcanzo el 12.8% para el nivel 1 y el 4.25 % para el nivel 2. Sin embargo, cuando se diseñó el modelo estructural con amortiguadores, las gráficas generaron un error del 8.25% para el nivel 1, y el 9.21% para el nivel 2. Esto quiere decir que se mantiene un error del 10% aproximadamente. Esto se debe por leves variaciones en la mesa, en las dimensiones exactas de la geometría del modelo estructural, en las propiedades de los materiales definidos y sobre todo, en la definición de las propiedades del amortiguador utilizado.

1.2.2 Antecedentes locales

Cano y Zumaeta (2012) en su tesis “Diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y el edificio con disipadores de energía para un sismo severo” en la UPC los disipadores de

fluidos viscosos después de una serie de estudios se lograron diseñar con un Coeficiente de amortiguamiento, “C” de 100 tn-s/m; y para disipadores visco elásticos se tiene “C” de 200 tn-s/m.

Se pudo notar la continua la energía que los disipadores disipan alrededor de casi 85% para disipadores Viscosos y 84% para disipadores Visco Elásticos, ratificando que con el uso de disipadores se aumenta la capacidad de disipación de energía ante la presencia de un eventual sismo. Se puede verificar también que con el uso de disipadores viscosos se disminuyen los desplazamientos entre los niveles en un rango de 61 a 66% y con unos disipadores viscoelásticos en una variación de 52 al 58%. El primer modo de vibración SD es 0.75 y con Disipadores Viscosos es 0.70 (un ligero cambio). Con lo que se confirma que con el uso de disipadores viscoso no se producen ningún cambio en la rigidez de la edificación asimismo se comprueba que el periodo del mismo se mantiene sin variaciones.

Carranza y Calderón (2015) en su tesis “Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo” en Trujillo se realizó la tesis sobre reforzamiento de una edificación de sistema estructural aporticada con y sin disipadores de fluido viscoso donde se llega conclusiones en el balance de energía en un sistema convencional no llega a disipar la energía del sismo, por lo que, el riesgo de un desplome de la edificación es latente, sin embargo, si la estructura se le adiciona los disipadores de energía, estos absorben la energía hasta en un 88.80%, lo cual genera menores patologías en la edificación.

La adición de los disipadores de fluido viscoso se logra optimizar verificando el desempeño de cada dispositivo en cada piso o nivel y realizando a su vez variaciones en las colocaciones de los disipadores, propiedades mecánicas y la cantidad de disipadores.

Segovia (2016) en su tesis “Diseño de disipadores de energía metálicos para una edificación de baja altura de concreto armado “ en la universidad pontificia Católica Del Perú Se revisó que la edificación de baja altura que ha sido diseñada con las normas peruanas E.030 y E.O60 del 2009 y adicionando los disipadores no llegaría a colapsar frente a un sismo severo 0.5g PGA, pero si presentaría un comportamiento inelástico por corte y falla por flexión en algunos muros estructurales de concreto; lo cual produce patologías en la edificación.

En el análisis se pudo verificar el desempeño de las vigas y columnas no se halló ninguna anomalía ya sea por flexión o por fuerzas cortantes frente a un sismo severo, demostrando que los muros estructurales o placas absorben la mayoría de la respuesta sísmica y controla el diseño.

1.3 Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1 Parámetros de análisis sísmico

1.3.2 Zonas sísmicas

En todo el territorio peruano se le asignó una zona con un factor Z según se indica en la Tabla. Según la regularidad del regreso del sismo y las características y tipos del suelo.



Figura 1. Mapa de Zona sísmica del Perú (Norma E.030)

Tabla 1. Factores de zona

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	1.10

Fuente norma técnica de edificaciones E-030

1.3.3 Parámetros del sitio (S, Tp y Tl)

Norma E.030 (2016). Los tipos de suelo es el medio natural por donde propagan las ondas sísmicas. Durante este acontecimiento hacen que se produzcan cambios en el movimiento sísmico tanto de periodo corto y periodo largo debido a las condiciones del suelo.

Tabla 2. Factor S

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S0	S1	S2	S3
Z1	0.8	1.00	1.05	1.10
Z3	0.8	1.00	1.15	1.20
Z2	0.8	1.00	1.20	1.40
Z1	0.8	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

Tabla 3. Periodos Tp y TL

PERIODOS "Tp" y "TL"				
Perfiles de suelo				
	S0	S1	S2	S3
Tp(s)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL(s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

1.3.4 Factor de amplificación sísmica

Norma E.030 (2016). Este coeficiente se representa como el factor de amplifica el sismo de acuerdo a las características del lugar.

$$T < T_P \quad C = 2.5 \quad (\text{Ecu. 1})$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right) \quad (\text{Ecu. 2})$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_P * T_L}{T^2} \right) \quad (\text{Ecu. 3})$$

1.3.5 Categoría de las edificaciones (U)

Norma E.030 (2016). Las edificaciones son catalogadas según las categorías indicadas, el factor U se usara de acuerdo a los valores que proporciona la norma E.030 de sismoresistente.

Tabla 4. Factor de Uso

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
Tipos	Edificaciones	U
A	A1 (Hospitales zona 4 y 3)	Ver nota 1
	A2 (Esenciales)	1,5
B	Importantes	1,3
C	Comunes	1,0
D	Temporales	Especificado

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

1.3.6 Sistemas estructurales y coeficiente de reducción de fuerza sísmica (Ro)

Norma E.030 (2016). Los diferentes sistemas estructurales se determinaran según los tipos de materiales que se utilicen.

Tabla 5. Coeficiente de reducción de fuerza sísmica "R"

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_o (*)
Concreto Armado:	
Sistema Pórticos	8
Sistema Dual	7
Muros Estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañearía Armada o Confinada	3
Madera (Poe esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

1.3.7 Regularidad estructural

Norma E.030 (2016). Las edificaciones deberán ser definidas como regulares o irregulares con la finalidad de determinar el lineamiento adecuado de análisis y las cantidades concordantes de los coeficientes que reducen la fuerza sísmica.

- **Estructuras regulares**

Son las que no tienen discontinuidad pronunciada tanto verticales como horizontales en su composición resistente a cargas laterales por lo cual I_a o I_p serán igual a 1

$$I_a = \text{irregularidad en altura}$$

$$I_p = \text{irregularidad en planta}$$

- **Estructuras irregulares**

Norma E.030 (2016). Son estructuras que presentan una serie de irregularidades especificadas en las tablas de la norma peruana sismoresistente que comprende entre las Irregularidades Estructurales en Altura (I_a) e Irregularidades Estructurales en Planta Factor de Irregularidad (I_p)

- **Restricción de irregularidad**

Norma E.030 (2016). Con respecto a la categoría de las edificaciones y la zona donde se ubiquen se tendrá que respetar las instrucciones indicadas

Tabla 6. *Categoría y regularidad de las edificaciones*

CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	ZONA	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	No se acepta irregularidades
	1	No se acepta irregularidades extremas
B	4,3 y 2	No acepta irregularidades extremas
	1	sin restricción
C	4 y 3	No se acepta irregularidades extremas
	2	No se acepta irregularidades extremas salvo en edificios de hasta 2 pisos u 8m de altura total
	1	sin restricción

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

Coefficiente de reducción sísmica (R)

Norma E.030 (2016). El factor de reducción sísmica se define como el producto del coeficiente R_0 definidos en tabla 5 y por los factores I_a , I_p que son obtenidos de acuerdo a los coeficientes de irregularidad $R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$. (Ecu. 4)

R resultara la medida de la capacidad de resistencia estructural de adsorber energía y soportar eventos de deformaciones inelásticas sin colapsar

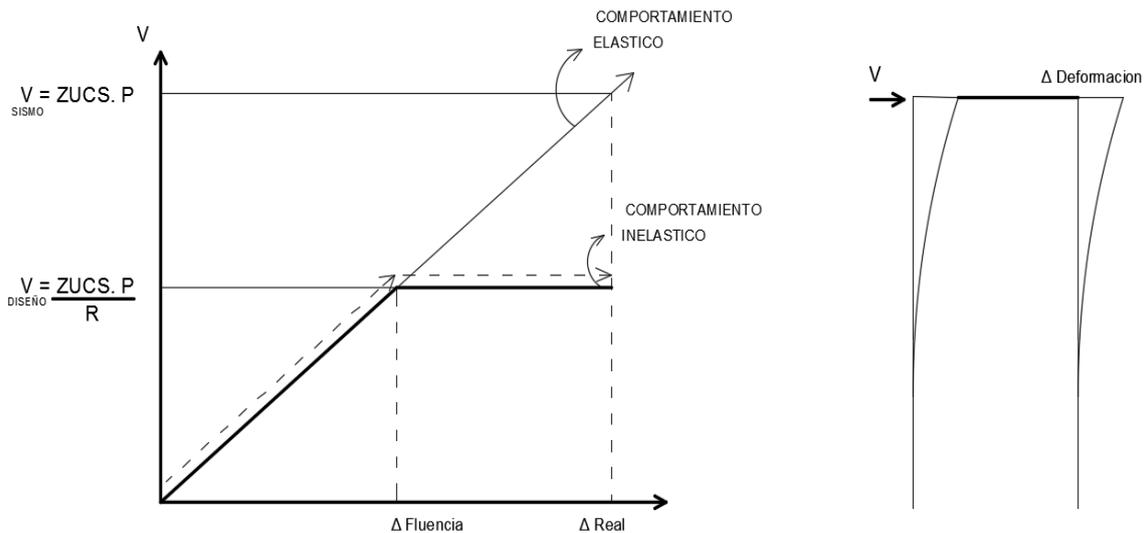


Figura 2. Esquema de reducción sísmica R

1.3.8 Peso de la edificación (P)

Norma E.030 (2016). El peso se determinara lo que se adicione a la cargas por categorías de la edificación además un porcentaje de la carga viva o sobrecarga.

1.3.9 Análisis estático o fuerzas equivalentes

Norma E.030 (2016). El análisis estático o también conocida como fuerzas estáticas equivalentes es el procedimiento aproximado de las fuerzas laterales que actúan en el centro de masa de cada nivel de la estructura, cabe mencionar que este tipo de análisis tiene sus restricciones donde se permite hasta 30m de altura y las estructuras de albañilería confinada hasta 15 metros de altura.

1.3.10 Fuerza cortante en la base (V)

Norma E.030 (2016). Las fuerzas cortantes que son afectados en su mayoría en la base de la estructura, se determinará por la siguiente expresión.

$$V = \frac{ZUCS}{R}P \quad (\text{Ecu. 5})$$

Z: Factor de zona C: Factor de amplificación

U: Factor de uso S: Perfil de suelo

R: reducción sísmica P: Peso

Debiendo considerarse para C/R el siguiente valor mínimo

$$\frac{C}{R} \geq 0.125 \quad (\text{Ecu. 6})$$

Al determinar el cortante basal, se necesitamos las alturas de la estructura para obtener las fuerzas sísmicas en altura definidas según la siguiente ecuación.

$$F_i = \alpha \cdot V \quad (\text{Ecu. 7})$$

$$F_i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_i \cdot (h_i)} \cdot V \quad (\text{Ecu. 8})$$

F_i : Fuerza lateral de cada entre piso

n: Número de pisos

k: Factor de relación del periodo fundamental

V: Fuerza cortante en la base

1.3.11 Periodo fundamental de vibración

En la norma E.030. Para poder tener un periodo fundamental aproximado esto será lo siguiente

$$T = \frac{h_n}{c_t} \quad (\text{Ecu. 9})$$

C_t : Se dará por la siguiente tabla

Tabla 7.Valores de CT según sistema estructural

Tipo de sistema estructural	CT
Pórticos de concreto armado sin muros de corte, pórticos duales de acero con uniones a momentos, sin arriostre	35
Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensor y escaleras	45
Edificaciones de albañilería armada, de concreto armado y muros de ductilidad limitada	60

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

Para poder determinar el periodo deseado que cumpla con el comportamiento de la edificación se estima con la siguiente ecuación

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot D_i^2}{g \sum F_i \cdot D_i}} \quad (\text{Ecu. 10})$$

Donde D_i desplazamiento lateral

1.3.12 Análisis dinámico modal espectral

Norma E.030 (2016). Al determinar los modos de vibración por medio del análisis matemático, solo se tendrá en cuenta los tres primeros modos, donde la suma de masas participativa sea por lo menos el 90% de la masa total.

Cuando se halla el espectro de diseño inelástico se tendrá que usar para determinar aceleraciones en función del periodo de la edificación en cada dirección del análisis será la siguiente ecuación:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} G \quad (\text{Ecu. 10})$$

Norma E.030 (2016). También la combinación por cada modo de vibración servirá para determinar las fuerzas máximas para las que son fuerzas cortantes de base y entre piso

$$r = 0.25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2} \quad (\text{Ecu. 11})$$

- **Cortante mínima Fuerza**

En la norma E.030. Del reglamento nacional de edificación menciona que las fuerzas cortantes deben cumplir según lo expresado:

$$V_{dinamico} \geq \begin{cases} 80\% V_{estatico}. & \text{Edificios regulares} \\ 90\% V_{estatico}. & \text{Edificios irregulares} \end{cases}$$

- **Desplazamientos Laterales**

Norma E.030 (2016). Las derivas también distorsiones de entrepiso son los determinados desplazamientos relativos y se expresa así:

$$Y_{i=} = \frac{\Delta_i - (\Delta_{i-1})}{h} \quad (\text{Ecu. 12})$$

Los desplazamientos que producen las estructuras estarán afectados como se mencionó por las fuerzas laterales y las cargas de gravedad analizadas. Pues estos serán desplazamientos resultaran ser elásticos

Tabla 8. *Distorsión relativa*

Límites para la distorsión del entrepiso	
Material Predominante	Δ_i/h_{ei}
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
muro de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-030

$$D_{inelastico} \geq \begin{cases} 75\% D_{elastico}. & \text{Edificios regulares} \\ 100\% D_{elásticos}. & \text{Edificios irregulares} \end{cases}$$

1.4 Disipadores de energía

Cuando se refiere a los disipadores de energía, nos referimos a una serie de dispositivos que tienen un desempeño de sí mismo sin que interfiera nadie, simplemente por las fuerzas que provocan el sismo, dentro estos dispositivos las más conocidas son: los disipadores visco elásticos, los disipadores históricos en la cual se encuentran los de fricción y plastificación de metales, y los denominados disipadores de fluido viscoso además de ser las comerciales en todo el mundo (Chávez Jean, 2017, pag.38).

1.4.1 Tipos de disipadores

a) Disipadores viscoelásticos

Son dispositivos denominados como unos de los mejores del mercado, ya estos además de adicionar amortiguamiento también brindan rigidez al edificio están compuestos por laminas metálicas unidas entre sí por un fluido viscoelástico también son aplicables en edificaciones nuevas y existentes, estos dispositivos se ubican generalmente acoplados en arriostres que conectan distintos pisos de la estructura. El comportamiento de los amortiguadores viscoelásticos sólidos puede variar según la frecuencia y amplitud del movimiento, del número de ciclos de carga, y de la temperatura de trabajo pero como todo dispositivo alterno tiene desventajas como para un funcionamiento eficiente se necesita una gran cantidad de ellos lo cual económicamente es desfavorable (Desarrollo Tecnológico, 2011, pag.19-20).

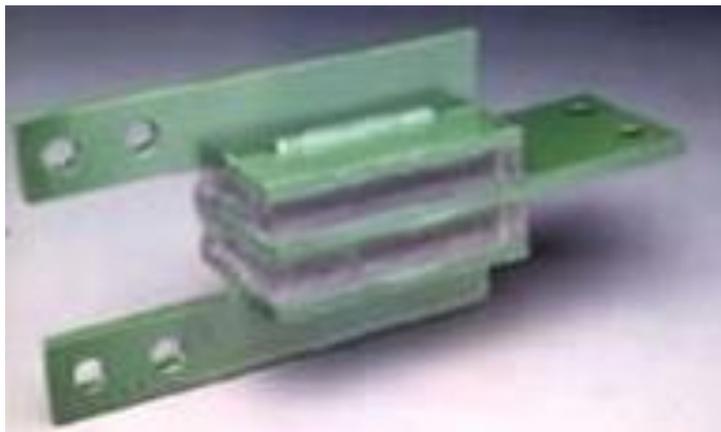


Figura 3. Disipadores elásticos (Zumaeta E. 2012)

b) Disipador histérico

Compuestos por dos tipos por plastificación y por fricción donde por plastificación tienen ventaja principal la gran capacidad de ductilidad, y por fricción tiene la capacidad energía basándose principalmente en el rozamiento entre dos superficies de contacto en bajo y elevado presión (Chávez Jean, 2017, pag.41).

La Escuela de Ingeniería de Antioquia. (2009) en Colombia se hace mención a una “reducción del 50 % del peso de la edificación. Adicionalmente, se reportan sistemas estructurales principales de concreto reforzado con detallado estándar, con bajo

contenido de acero y, en general, estructuras muy ligeras en peso” (Oviedo & Pilar, 2009, pag.60).

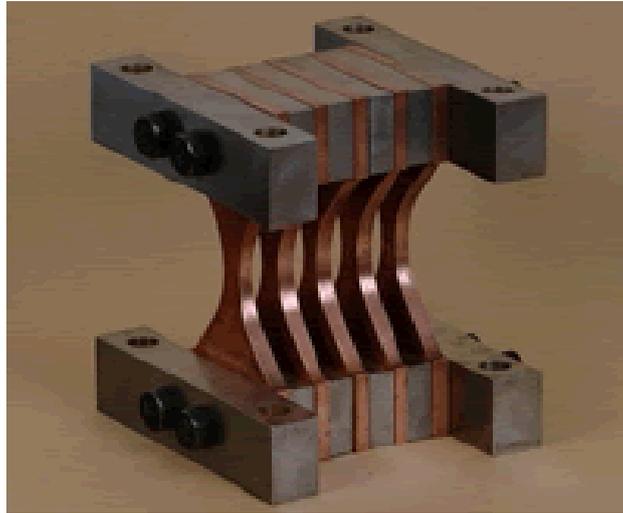


Figura 4. Disipador Histérico (Aiken et. 1993)

c) **Fluido Viscoso**

Estos dispositivos comienzan la disipación de energía con la velocidad relativa de entrepiso. Estos dispositivos no brindan rigidez en el edificio por lo cual el periodo de la misma se mantendrá invariable.

Según: (IJRT) International Journal of Research in Engineering and Technology. (2018) El amortiguador viscoso funciona según el principio de flujo de fluido a través del orificio en la cámara. El fluido a base de silicona se usa en la cámara. El pistón que está hecho del acero inoxidable viaja en la cámara que se llena con el aceite de silicona. La característica del aceite de silicona es inerte, no inflamable, no tóxico y extremadamente estable durante un período de mucho tiempo. La presión o fuerza desarrollada por el terremoto será de diferente. Esta diferencia de presión entre dos cámaras obligará al aceite a fluir a través orificio en la cabeza del pistón. La energía interna se transfiere a calor que se disipará en la atmósfera. Estas Los amortiguadores se pueden operar en la fluctuación de temperatura de alrededor de -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$. Debido a la fácil instalación, adaptable y teniendo variedad en sus tamaños, estos amortiguadores tienen más aplicación en el diseño y modernización de la estructura.

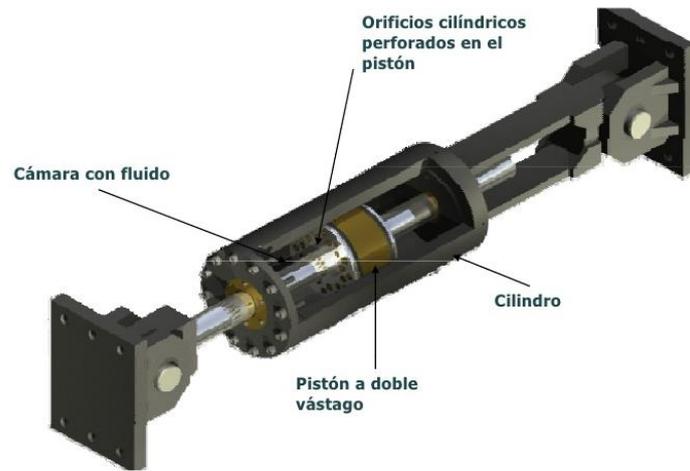


Figura 5. Disipador Taylor Divise INC (Taylor Device INC)

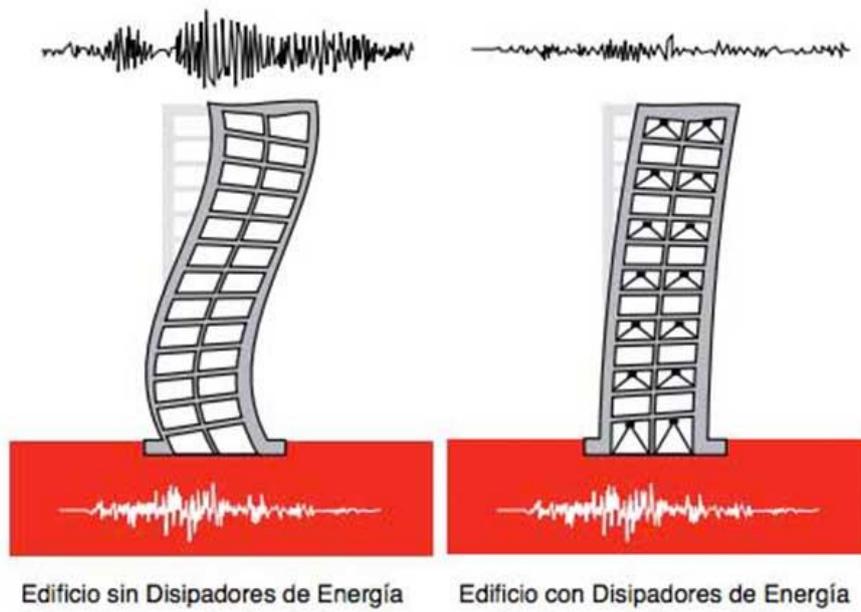


Figura 6. Comportamiento con estructura con disipadores (Dynamic System 2014)



Figura 7. Aeropuerto Internacional Jorge Chávez Callao-Perú (GCAQ Ing. civiles)

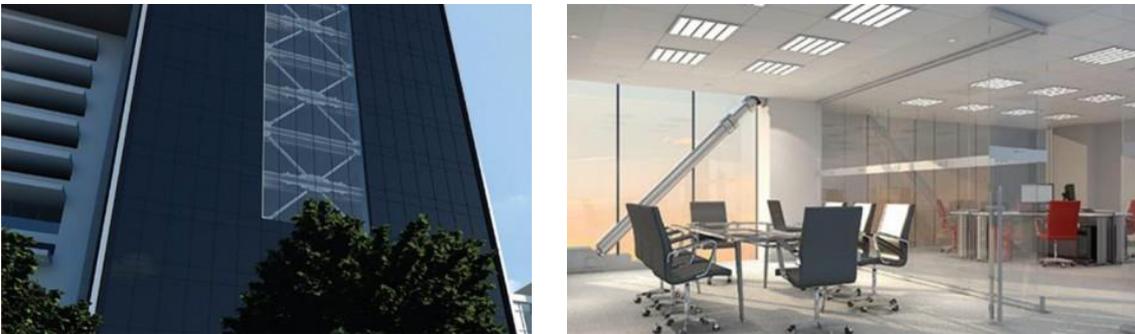


Figura 8. Centro empresarial Reducto, Miraflores - Perú (CDV Ingeniería sísmica)

Función principal: incrementa el amortiguamiento (15% al 40%)

Balance energético:

Sin disipador.

$$E_{\text{sismo}} = E_{\text{edificio}} + E_{\text{potencial}} + E_{\text{cinética}}$$

Con disipador

$$E_{\text{sismo}} = E_{\text{edificio}} + E_{\text{disipador}} + E_{\text{potencial}} + E_{\text{cinética}}$$

Ecuación general

$$F = C \cdot V^{\alpha} \quad (\text{Ecu. 13})$$

F: Fuerza axial del disipador

C: Coeficiente de amortiguamiento

V: Velocidad relativa en el amortiguador.

α : Exponente de amortiguamiento o velocidad (que varía entre 0.4 y 0.6)

Según Villareal Genner (2016) “Es importante tener en cuenta que no se observa ninguna fuerza de resorte en la ecuación general. Donde La fuerza que aporta al disipador cambia sólo con la velocidad. Para una velocidad determinada, la fuerza no varía en cualquier punto que se determine al dispositivo. Para considerar el valor el factor de amortiguamiento (C) para dispositivos no lineales entonces se puede considerar la siguiente ecuación” (p.33).

$$B_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad (\text{Ecu.14})$$

B_H : Amortiguamiento viscoso

λ : Valor de lambda

C_j : Factor de amortiguamiento

ϕ_{rj} : Desplazamiento relativo

θ_j : Ángulo de inclinación

A: Amplitud de desplazamiento

ω : Frecuencia angular

m_i : Masa por nivel

ϕ_i : Desplazamiento del nivel i

El parámetro λ es dependiente del valor del exponente de velocidad α

Tabla 9. Valor de lambda

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

Fuente: FEMA 274-1997

Villareal Genner (2016) “Es importante tener en cuenta que la ecuación 14 considerar la propiedades del fluido y el comportamiento del dispositivo. El mismo que se puede estimar una vez se han conocidos los demás variables. De manera que, despejando la ecuación 2.6 tendremos” (p.35)

$$\sum C_J = \frac{B_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \cdot \omega^{2-\alpha} \cdot (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \cos^{1+\alpha} \theta_j)} \quad (\text{Ecu. 15})$$

Así mismo, el coeficiente B_H dependerá del amortiguamiento de objetivo que se quiera tener, así mismo se calculara utilizando el siguiente procedimiento:

- Se obtendrá este factor B de reducción con la relación de las derivadas tanto máximo como el de objetivo se determinara tanto como en el eje X y eje Y

$$B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}} \quad (\text{Ecu. 16})$$

- Seguidamente se calcula el amortiguamiento efectivo B_{eff} así mismo Donde B_0 es el amortiguamiento al cual corresponde a la estructura que normalmente que se determina en 5% para estructuras de concreto armado.

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})} \quad (\text{Ecu. 17})$$

- Descontando el amortiguamiento inherente se obtendrá el amortiguamiento viscoso que se necesita para su cálculo. $B_H = B_{eff} - 5\%$

Calcularemos también la Amplitud y la frecuencia angular

$$A = \frac{g \cdot \Gamma \cdot S_a \cdot T}{4 \cdot B_{mD} \cdot \pi^2} \quad (\text{Ecu. 18})$$

A : Amplitud

g : Gravedad

Γ : Factor de vibración

S_a : Aceleración espectral

T : Periodo

B_{mD} : Coeficiente de amortiguamiento

Frecuencia Angular

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

Rigidez del dispositivo k

La rigidez del sistema es la rigidez del brazo metálico que se conectara en la estructura especialmente en los pórticos principal; dato fundamental que se ingresa al software

$$K = \frac{E \cdot A}{L} \quad (\text{Ecu. 19})$$

E - El módulo de elasticidad del acero

A - Área de la sección del brazo metálico

L - Longitud del brazo metálico

1.4.2 Criterios de Ubicación y Disposición de los disipadores

La ubicación, o como se dice disposición y la cantidad de amortiguadores en el edificio contribuyen significativamente en la efectividad del sistema de dichos amortiguadores. Se han hecho diversas investigaciones respecto a ellos y han llegado a la conclusión de sugerir una edificación continua y simétrica tanto como masas y rigidez, como el ángulo de elevación apropiado.

Entre las formas más comunes se presentan la disposición Chevron que tiene la forma v y la posición o disposición Diagonal, ambos necesitan de un brazo metálico para que pueda anclarse con la estructura.

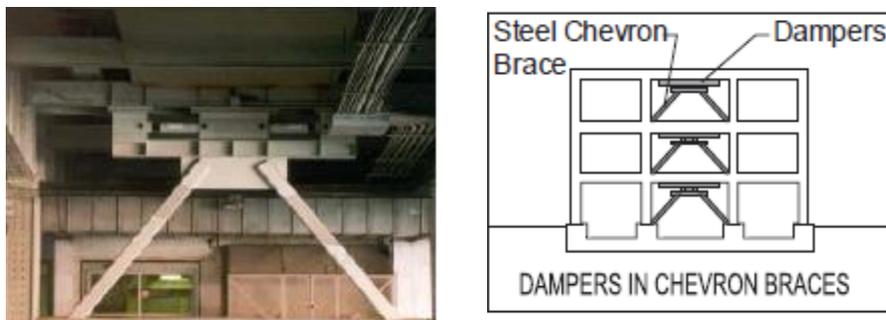


Figura 9. Disposición común, en Chevron (Zumaeta E. 2012)

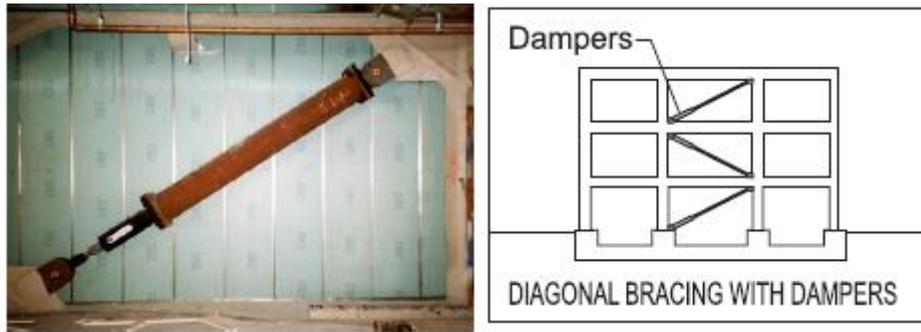


Figura 10. Disposición común, en diagonal (Zumaeta E. 2012)

1.5 Formulación del problema

1.5.1 Problema general

¿Cómo realizar el análisis sísmico en el pabellón D utilizando disipadores de energía de fluido viscoso en la Universidad Cesar Vallejo?

1.5.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo realizar el análisis sísmico en el pabellón D utilizando disipadores de energía de fluido viscoso en la Universidad Cesar Vallejo?
- ¿cuál será el coeficiente de amortiguamiento necesario para que las derivas cumplan con la Metodología Hazus en el pabellón D de la UCV sede Lima Este?
- ¿Cuánto se reduce las distorsiones de entre piso, aplicando el porcentaje determinado de amortiguamiento viscoso en el pabellón D de la UCV Lima Este?

1.6 Justificación del estudio

1.6.1 Justificación teórica

El siguiente proyecto de investigación tiene como finalidad entender el comportamiento de los disipadores de energía en las edificaciones esenciales primordialmente con la finalidad de ver su influencia e importancia en absorber fuerzas de sismos de todo tipo ya que nuestro país está en sector altamente sísmico y sobre todo lleva mucho tiempo en un silencio sísmico por otra parte con los diferentes software que se utiliza en la industria de la construcción como ETABS, SAP2000 CYPECAD etc. que nos ayudara a optimizar las posibles reacciones positivas de las edificaciones en un eventual sismo severo

1.6.2 Justificación metodológica

En el siguiente proyecto de investigación es encontrar diferentes métodos confiables y con resultados positivos para lograr los objetivos en este caso que los disipadores de energía cumplan con la expectativa por la cual se implantan en una estructura

1.6.3 Justificación tecnológica

A pesar que estos mecanismos de disipadores de energía llevan tiempo en el mercado de la construcción desde finales de los 80s resulta muy novedoso en cuestión de seguridad y sobre estar en la vanguardia de nuevas tecnologías que ayuden a las edificaciones en casos de terremotos

1.6.4 Justificación económica

En cierta forma contar con los disipadores en las edificaciones suele tener más costos pero en lo general valdrá la prioridad de salvaguardar vidas humanas así como también materiales u objetos de gran importancia que deben seguir en funcionamiento después de un sismo severo tales como edificaciones en hospitales aeropuertos central de bomberos

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

El disipador de energía fluido viscoso mejora las respuestas del análisis sísmico en el pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este

1.7.2 Hipótesis específicos

- La rigidez de brazo cumple con la fuerza de disipación determinado con la disposición Chevron en pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este
- El coeficiente de amortiguamiento cumple con la deriva de la zona moderada (0.0056) según la Metodología Hazus en el pabellón D de la UCV sede Lima Este
- Las distorsiones de entre piso se reducen aumentando el 15% por ciento de amortiguamiento viscoso en el pabellón D en la UCV sede Lima Este

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo general

Desarrollar el análisis sísmico en el pabellón D utilizando disipadores de energía de fluido viscoso en Universidad Cesar Vallejo

1.8.2 Objetivos específicos

- Determinar la rigidez de brazo para obtener la fuerza de disipación en el pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este
- Determinar el coeficiente de amortiguamiento para que las derivas cumplan con la Metodología Hazus en el pabellón D en la UCV sede Lima Este
- Reducir las distorsiones de entre piso aumentando el porcentaje de amortiguamiento viscoso en el pabellón D en UCV sede Lima Este

II. METODO

2.1 Diseño de Investigación

2.1.1 Investigación no experimental

Cuando se trata del diseño no experimental Hernández, Fernández y Baptista (2010) menciona que: el o los estudios que se realiza no se manipulan deliberadamente las variables, solo se observa el fenómeno para su respectivo análisis (p.149) el investigador no tiene en si control directo sobre dichas variables es difícil poder influir sobre ellas porque cada una tienen diferentes características propias.

2.1.2 Nivel de investigación

2.1.3 Investigación descriptiva

Según Carrasco (2013) la investigación transeccional descriptivo comparativo porque relaciona a uno o varias variables en un grupo o sub grupos de personas o cosas, sin tener un vincule entre variables. (p. 72). El investigador tendrá seguir los procesos analíticos cada variable con sus respectivas normas que las rigen.

2.2 Tipo de investigación

2.2.1 Investigación correlacional

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) es correlacionar se refiere a que “asocian conceptos o variables, en una muestra o contexto en particular” (p. 93). Básicamente se requiere buscar nuevos conocimiento, descubrimientos de principios y leyes.

2.2.2 Enfoque de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) en el enfoque cuantitativo, el investigador debe utilizar su o sus diseños para analizar la certeza o autenticidad de las hipótesis que se formulan en un contexto en particular o para aportar evidencia respecto a la dirección de la investigación (p.120).

2.3 Variables

Según Valderrama (2015) son características verificables que posee cada persona, elementos, que al ser medidas varían por su naturaleza (p.154).

Tabla 10. Matriz de operacionalización

“Análisis Sísmico del Pabellón “D” con Disipadores de Energía de Fluido Viscoso en la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este, 2018”

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Definición	Indicador	Instrumento	Escala de medición
Disipadores de energía de fluido viscoso	Según (J Villarreal.2016 p.9) Los disipadores viscosos son dispositivos que dependen de la velocidad y no del desplazamiento, razón por la cual no varía la rigidez de la estructura, ni tampoco incrementan los esfuerzos en los elementos estructurales. Actualmente existen dos grandes fabricantes: Kajima Corporation de Japón y Taylor Devices	La variable Disipadores de energía de fluido viscoso es de naturaleza cuantitativa, que se operacionaliza en tres dimensiones: análisis dinámico modal, análisis tiempo historia y aisladores sísmicos.	Amortiguamiento Viscoso (BH)	Aguirre (2017, pag 58), el amortiguamiento viscoso Será la diferencia entre amortiguamiento efectivo que por los disipadores más el amortiguamiento propio de la estructura	Especificaciones Técnicas de amortiguación (15 - 40)%	Programa Etabs	Razón
			Coeficiente de amortiguación (C)	Aguirre (2017, pag 62), es un amortiguamiento no lineal que Depende de las propiedades de la estructura y del comportamiento del disipador	Masa Desplazamiento periodo Longitud Área Radio		
Análisis sísmico	Criterios de la Norma Peruana Sismoresistente E030	El análisis sísmico de un edificio es de naturaleza cuantitativa, que se operacionaliza en tres dimensiones Distorsión de entre piso, Metodología Hazus, Comportamiento histeretico	Distorsión de entre piso	E.030 (2016) La distorsión de entre piso (deriva) es la deformación relativa que sufre un piso con respecto al anterior	Norma sismoresistente E.030	Programa Etabs	Razón
			Metodología Hazus	Villarreal (2016) Hazus es una metodología estandarizada aplicable a nivel nacional e internacional que contiene modelos para estimar las pérdidas que podrían resultar a causa de terremotos, inundaciones, y huracanes	Desempeño Formalidad Derivas		
			Comportamiento histeretico	Oviedo (2017) Es el comportamiento grafico ocasionado por la fuerza del sismo que interactúa en una estructura	Fuerza del sismo		

Fuente: Elaboración Propio

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

Según Hurtado de Barrera (2000) define como población como un conjunto de elementos seres, o eventos concordantes entre sí en cuanto a una serie de características de los cuales se quiere obtener alguna información quiere decir que una población no necesariamente es representativa del universo simplemente es un subconjunto de él, delimitado por criterios específicos (p152)

Así mismo Behar (2008) por la necesidad de investigar la población se extrae un subgrupo denominado muestra; la población la que pocas veces es medible por lo que se selecciona y se espera que el subgrupo seleccionado sea confiable. (p.51)

Dentro de la Universidad Cesar Vallejo Lima-Este que está ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, cuenta con diferentes pabellones A, B, C, D, F en la cual la población será la edificación que es parte del pabellón B y está en la parte extrema derecha de la entrada principal de dicha Universidad que consta de 8 pisos

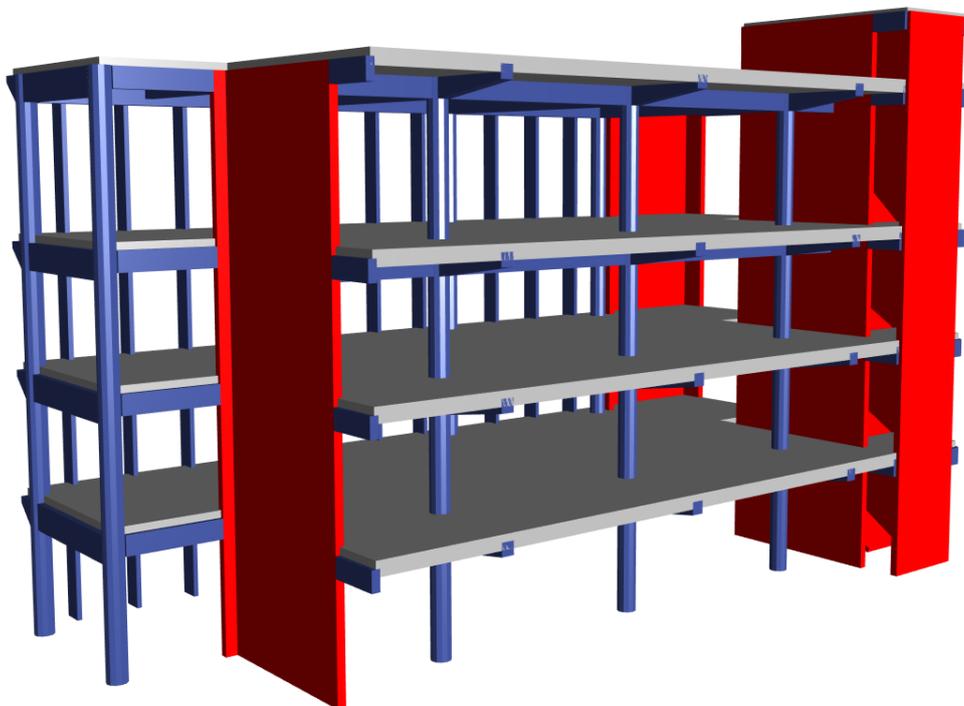


Figura 11. Edificio 3D pabellón D de la UCV (ETABS 2016)

2.4.2 Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) las muestras no probabilísticas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. (p.392) la investigación asimismo según Tamayo (1997) nos dice cuando no es posible medir cada uno de los elementos de una población, se toma una muestra representativa de la misma. (p.114) entonces en la muestra no probabilística depende básicamente con la relación de dichas variables con sus características a criterio del investigador es decir que la población será equivalente a la muestra.

Por lo tanto, para el presente proyecto de investigación se tomarán las muestras dirigidas (no probabilísticas), la muestra será en el pabellón D de la universidad Cesar Vallejo destinado a aulas educativas y laboratorios. Donde serán insertadas una serie de disipadores de energía que serán calculados mediante herramientas como del software ETABS

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para lograr cada los objetivos específicos propuestos en este proyecto de investigación se considerarán las siguientes técnicas:

- Bibliografía: se buscará información que concierne a tema de investigación bajo fuentes confiables
- Selección, será el lugar o zona donde se encuentra ubicado el objetivo de nuestro proyecto de investigación
- La observación: será la situación actual en que se encuentre el pabellón “D” de la universidad Cesar vallejo.

Los instrumentos que emplear serán las siguientes normas y metodologías:

- El reglamento nacional de edificaciones, según la norma técnica E.030 y la norma norteamericana ASCE/SEI-7-2010 especificado en el capítulo 17 y 12. Así mismo se aplicara una metodología para la clasificación de estructuras que se denomina Multi – Hazard Loss Estimation Methodology Hazus, 2010
- El programa ETABS para analizar la estructura con disipadores de energía de fluido viscoso el programa AutoCad para referenciar los planos arquitectónico y

estructural y hojas de cálculo EXCEL para especificar el diseño del aislador de núcleo de plomo.

2.5.1 Validez y confiabilidad

Según Hernández, Fernández, y Batista (2014) la confiabilidad es el grado en que un instrumento de medición brinde resultados sólidos y coherentes. Las herramientas e instrumentos que se utilizaran son el software ETABS o SAP2000 para realizar el análisis de estructuras con disipadores de fluido viscoso cabe mencionar que debe ser un software original, asimismo normas que las rijan como la nacional E.030 e internacional ASCE/SEI 7-2010

2.5.2 Método de Análisis de Datos

Las investigaciones cuantitativas, los datos se expresan en forma numérica. La investigación cuantitativa implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados, en este caso el análisis cuantitativo de los datos se lleva a cabo por computadora u ordenador. El software que se empleará primordialmente para el presente proyecto de investigación será el ETABS 2016. La cual mostrará los resultados mediante tablas, gráficos, etc.

2.5.3 Aspectos éticos

El investigador se compromete a respetar la autenticidad de los resultados, fuentes y otros aspectos que le den veracidad al proyecto y además la confidencialidad de los datos suministrados por los propietarios de la Universidad Cesar Vallejo.

2.5.4 Datos generales de la edificación

En esta investigación se realizó el análisis dinámico modal espectral de un edificio de concreto armado de sistema de muro estructural, consta de cuatro niveles donde su altura total del edificio es de unos 19 metros y un área aproximadamente de $300 m^2$ siendo utilizado el software o programa ETABS en su versión 2016 para su análisis, donde la edificación se encuentra en un suelo rígido y que además consta de zapatas conectadas dicha edificación se le acoplara disipadores de energía de fluido viscoso para un mejor desempeño para un sismo severo.

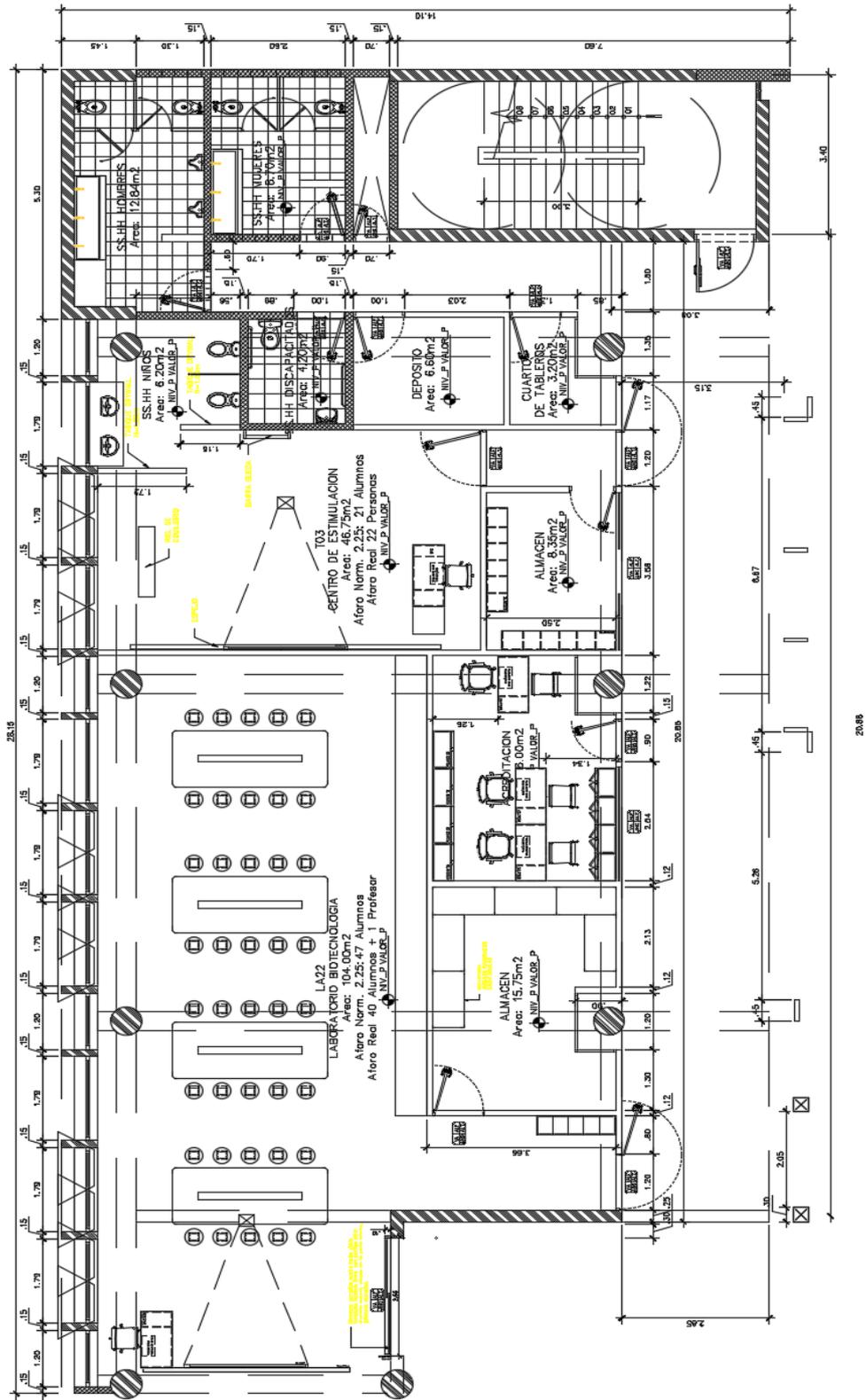


Figura 12. Plano de arquitectura del pabellón D

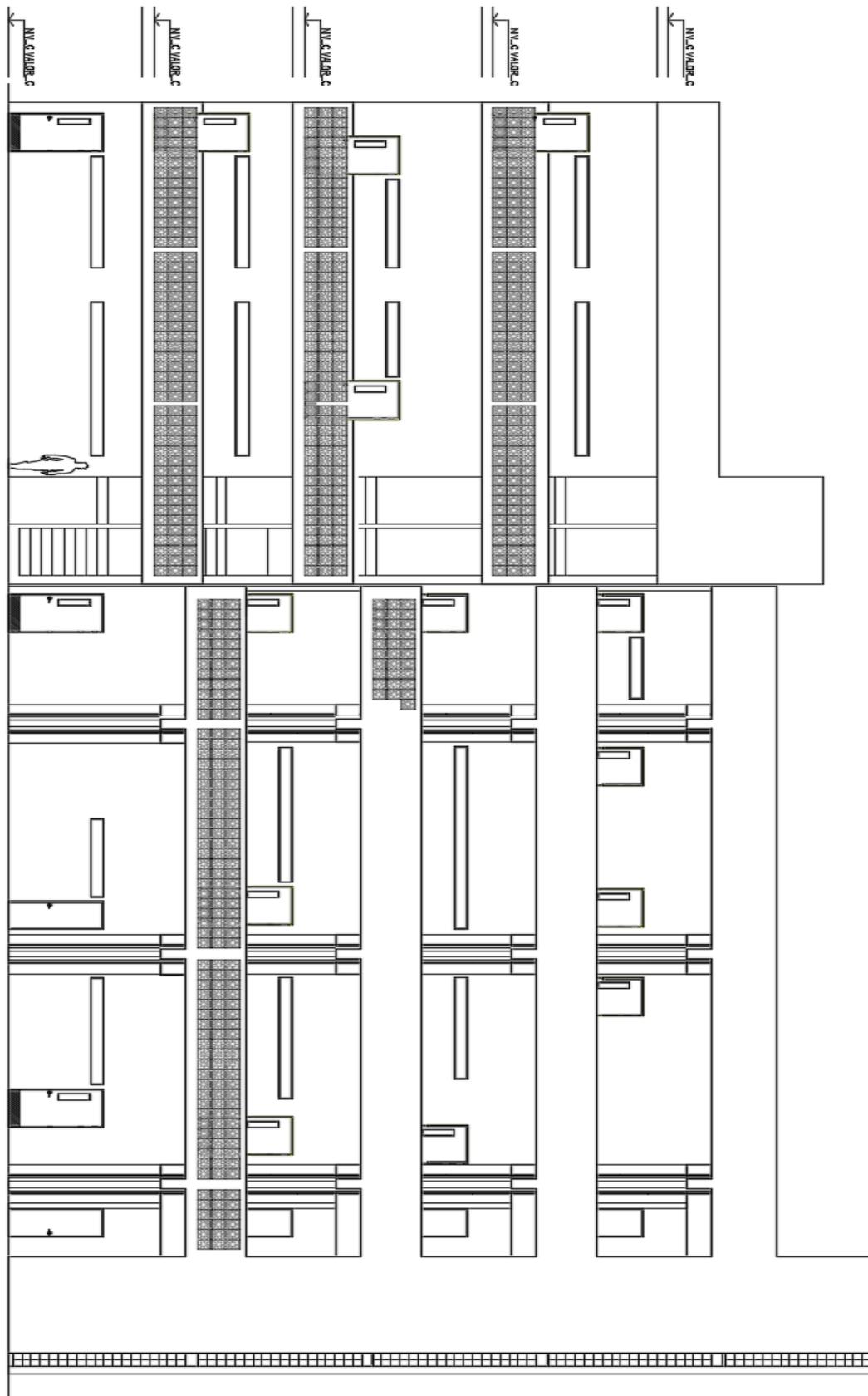


Figura 13. Plano de elevación del pabellón D

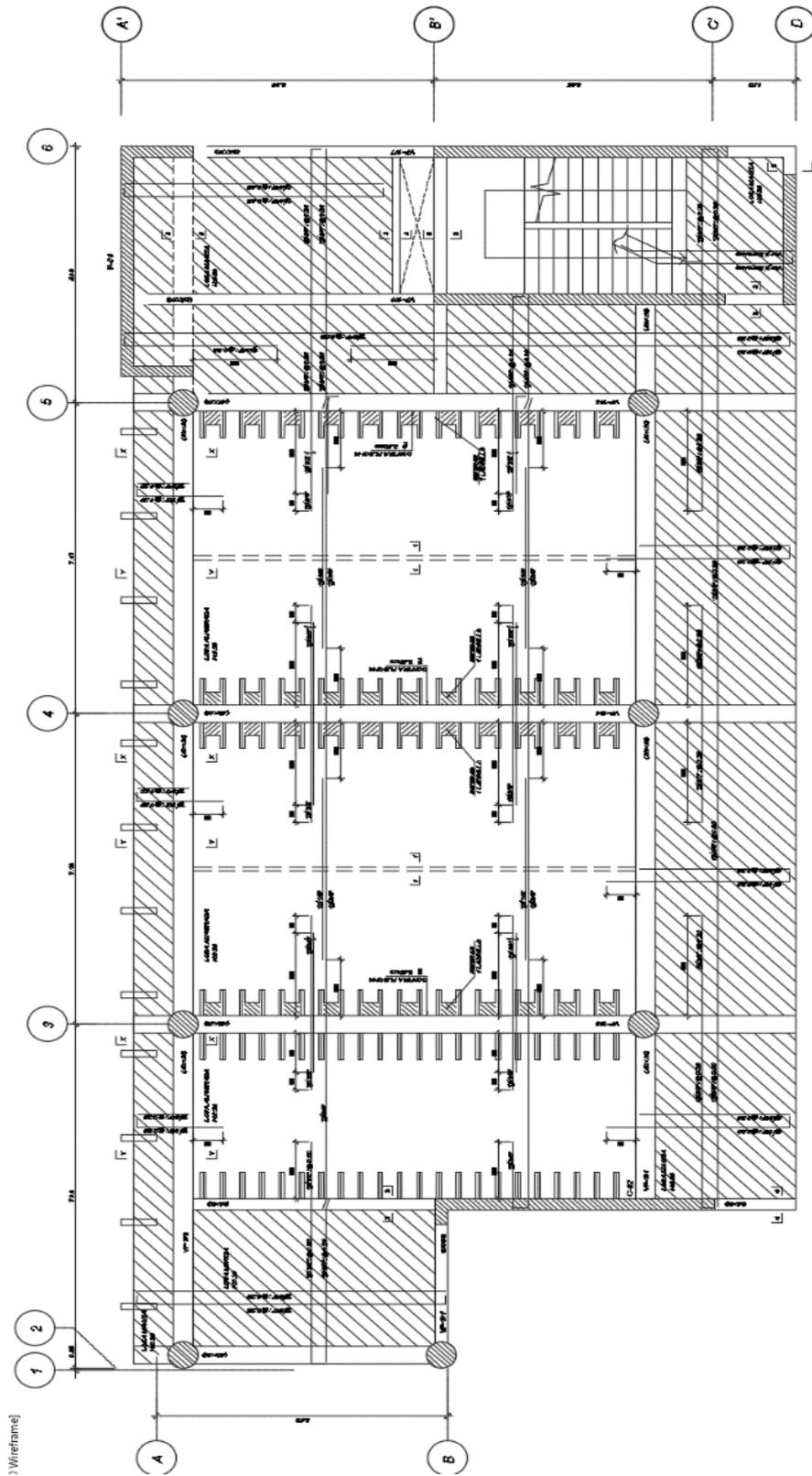


Figura 14. Plano de estructuras del pabellón D

2.6 Definición de los materiales

A continuación estos son las características de los materiales a emplear en la modelación de la estructura

Tabla 11. *Propiedades de los materiales*

Propiedades del concreto		
Resistencia a la compresión	f _c	210 Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	E _c	217371 Kg/cm ²
Peso específico	γ	2400 Kg/m ³
coeficiente de poisson	μ	0.2
Propiedades del acero		
Esfuerzo de fluencia	F _y	4200 kgf/cm ²
Módulo de elasticidad	E _s	2000000 kgf/cm ²

Fuente: Propio

2.7 Cargas consideradas para la modelación

Códigos utilizados:

Norma E.020 (cargas)

Norma E.030 (diseño sísmoresistente)

Norma E.060 (concreto armado)

Norma E.070 (albañilería)

a) Cargas vivas (uso)

Se emplearan lo que establecen en la tabla 1 de la norma E020 sobre a las cargas por categoría:

Entre pisos 300 Kg/m²

Escaleras 400 Kg/m²

Techo 150 Kg/m²

b) Cargas muertas (losas)

Entre pisos (150+120) = 270 Kg/m² incluyendo acabados

Escaleras 120 Kg/m²

Techo 120 Kg/m²

c) Cargas muertas (Vigas)

Las cargas muertas en las vigas son cargas distribuidas y dependerán principalmente por el material a emplear y el peralte de la viga para esta investigación se consideró el ladrillo de arcilla hueca que tiene por densidad 1350 Kg/m^3

d) Peso de la edificación

Según la norma E030 para edificios de categoría "A" se tomó en cuenta el peso de cada nivel el 100% de la carga muerta y el 50% de la carga viva y para azoteas generalmente se toma el 25% de la carga viva

2.8 Calidad de los materiales utilizados

Resistencia del concreto armado

Columnas, vigas, losas, zapatas, viga conexión	$f'c=210\text{kg/cm}^2$
Viga de cimentación	$f'c=210\text{kg/cm}^2$
Escalera	$f'c=210\text{kg/cm}^2$
Columnetas de amarre y vigas de amarre	$f'c=175\text{kg/cm}^2$
Sobrecimiento armado	$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
Placa	$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia del concreto simple

Solados:	$f'c=100 \text{ kg/cm}^2$
Falso cimientto, falsa zapata	$f'c=100 \text{ kg/cm}^2 + 40 \% \text{ PG}$
Cimiento corrido:	$f'c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ PG}$
Sobrecimiento corrido:	$f'c=140 \text{ kg/cm}^2 + 25 \% \text{ PM}$

Cemento

Para todas las estructuras de concreto simple y armado en contacto con y sin el terreno:
Cemento portland tipo I

2.9 Parámetros para el análisis modal Espectral

Tabla N 12. Parámetros modal espectral

Parámetros Sísmicos	
Z (Zona 4)	0.45
U (E. Importantes)	1.3
S_2 (S. Intermedio)	1.05
R (Básico)	6
T_p	0.6 seg
T_l	2 seg
I_a	1
I_p	0.9

Fuente: Elaboración propio



Figura 15. Espectro según la norma E.030 (ETABS 2016)

2.10 Registros sísmicos

Para el análisis tiempo historia la norma peruana E.030 indica que deberá usarse como mínimo 3 registros sísmicos de aceleración del terreno donde se incluirá los dos componentes en direcciones ortogonales tanto para el eje X como para el eje Y, en función a las fuerzas N-S y E-O de los registros

Cuando no se cuente con los registros sísmicos mencionados se podrá tener la opción de obtener registros simulados o sintéticos y cual fuere que se realice el análisis se tendrá que considerar a la mayor fuerza del sismo tanto para el eje X y eje Y en función a las fuerzas de N – S y E – O de los registros obtenidos

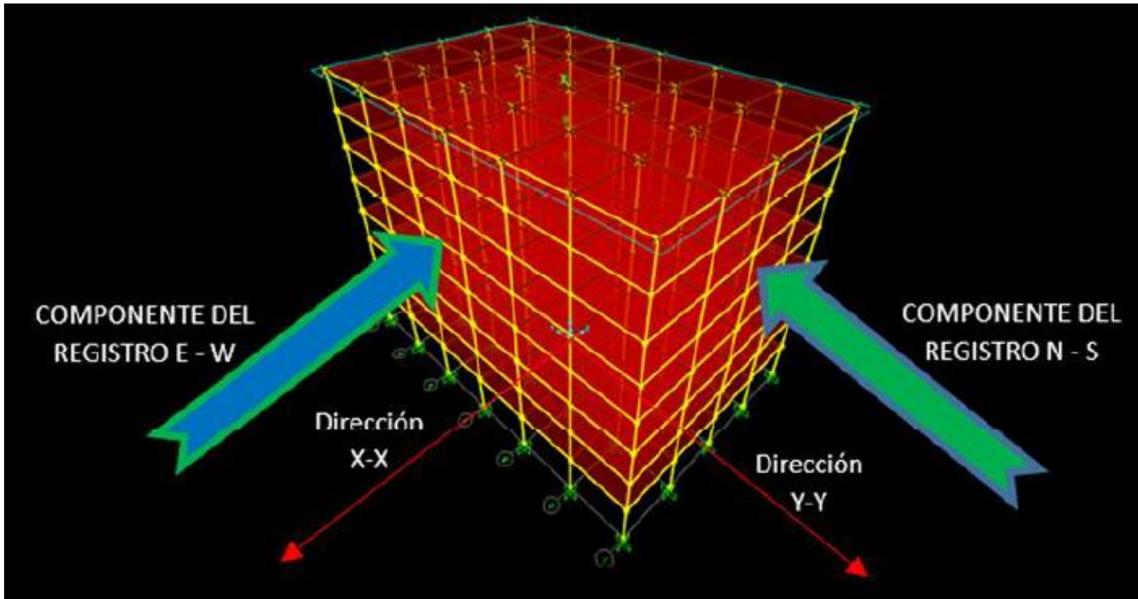


Figura 16. Dirección de componentes 1 (G. Villareal 3016)

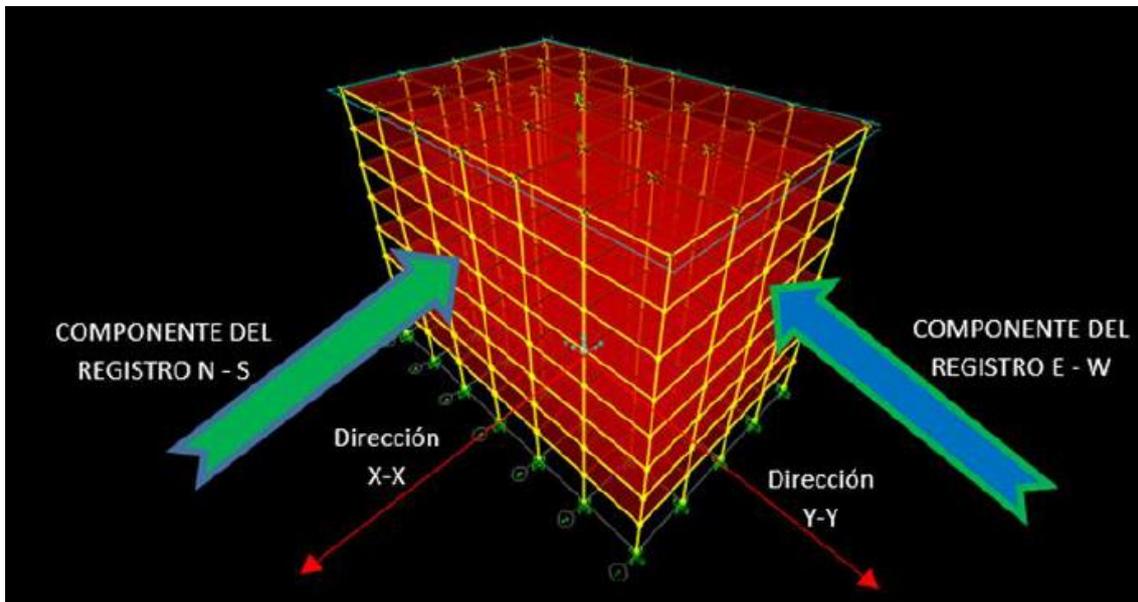


Figura 17. Dirección de componente 2 (G. Villarreal 2016)

2.10.1 Modelamiento del edificio en ETABS 2016

Grid System Name:

System Origin: Global X: m, Global Y: m, Rotation: deg

Story Range Option: Default - All Stories, User Specified

Click to Modify/Show: Reference Points..., Reference Planes...

Options: Bubble Size: m, Grid Color:

Rectangular Grids: Display Grid Data as Ordinates, Display Grid Data as Spacing

X Grid Data:

Grid ID	X Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
A	0	Yes	End
B	3.66	Yes	End
C	7.8	Yes	End
D	14.96	Yes	End
E	22.13	Yes	End
F	24.53	Yes	End

Y Grid Data:

Grid ID	Y Ordinate (m)	Visible	Bubble Loc
1	0	Yes	Start
2	3.05	Yes	Start
3	7.16	Yes	Start
4	12.4	Yes	Start
5	13.4	Yes	Start

Figura 18. Especificaciones de cotas de los ejes X/Y (ETABS 2016)

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Escalera	2.45	19.05	No	None	No	0	Blue
Azotea	4.85	16.6	No	None	No	0	Blue
Piso 3	3.85	11.75	Yes	None	No	0	Green
Piso 2	3.85	7.9	Yes	None	No	0	Cyan
Piso 1	4.05	4.05	No	None	No	0	Red
Base		0					

Figura 19. Número de Pisos (ETABS 2016)

Definición de los materiales

Material Name:

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Weight and Mass: Specify Weight Density, Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s³/m⁴

Mechanical Property Data: Modulus of Elasticity, E: tonf/m², Poisson's Ratio, U: , Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C, Shear Modulus, G: tonf/m²

Material Name:

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Weight and Mass: Specify Weight Density, Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s³/m⁴

Mechanical Property Data: Modulus of Elasticity, E: tonf/m², Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Figura 20. Datos de resistencia de concreto y acero (ETABS 2016)

2.10.2 Definición de secciones principales

General Data

Property Name: V 40X80

Material: Fc 210 Kg/cm²

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: 0.8 m

Width: 0.4 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel

Show Section Properties...

Figura 21. Definición de viga 40X80 (ETABS 2016)

General Data

Property Name: CC D60

Material: Fc 210 Kg/cm²

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

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Circle

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Diameter: 0.6 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel

Show Section Properties...

Figura 22. Definición de columna de diámetro D60 (ETABS 2016)

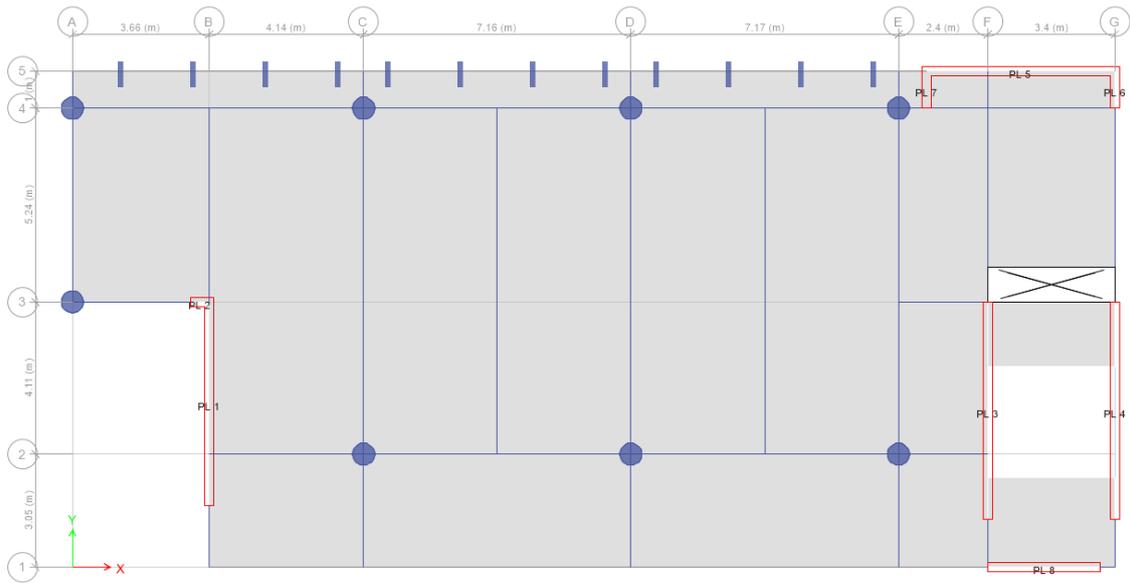


Figura 23. Vista en planta del modelamiento del pabellón D (ETABS 2016)

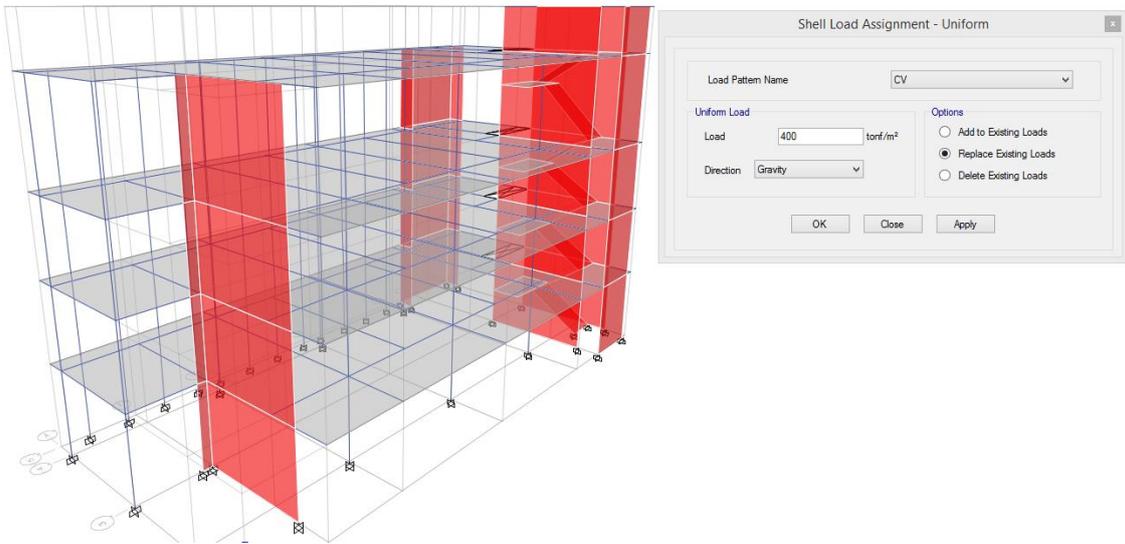


Figura 24. Asignación de cargas vivas y muertas según la norma E.030 (ETABS 2016)

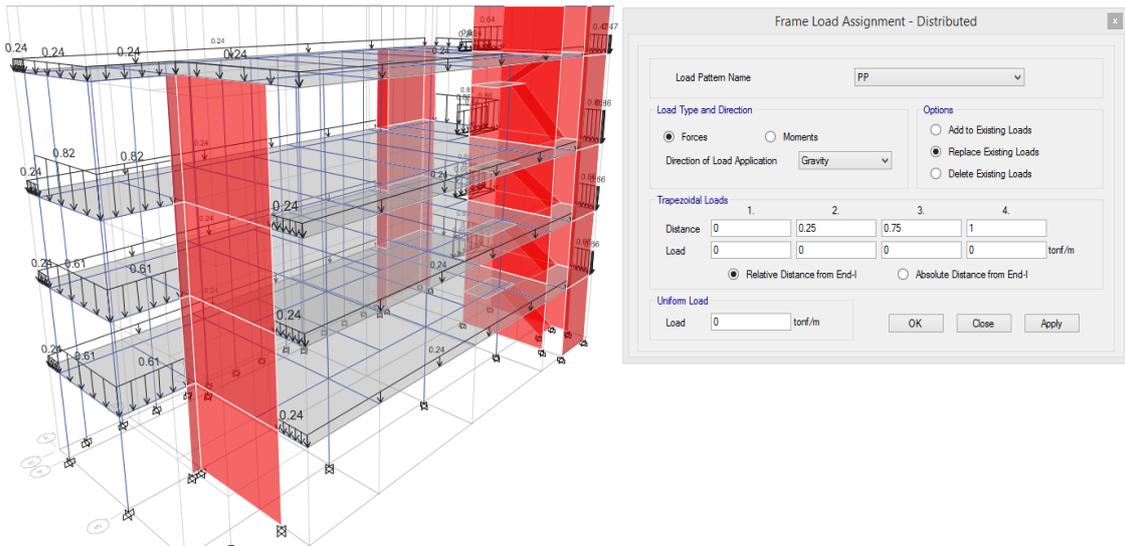


Figura 25. Asignación de cargas distribuidas según la norma E.030 (ETABS 2016)

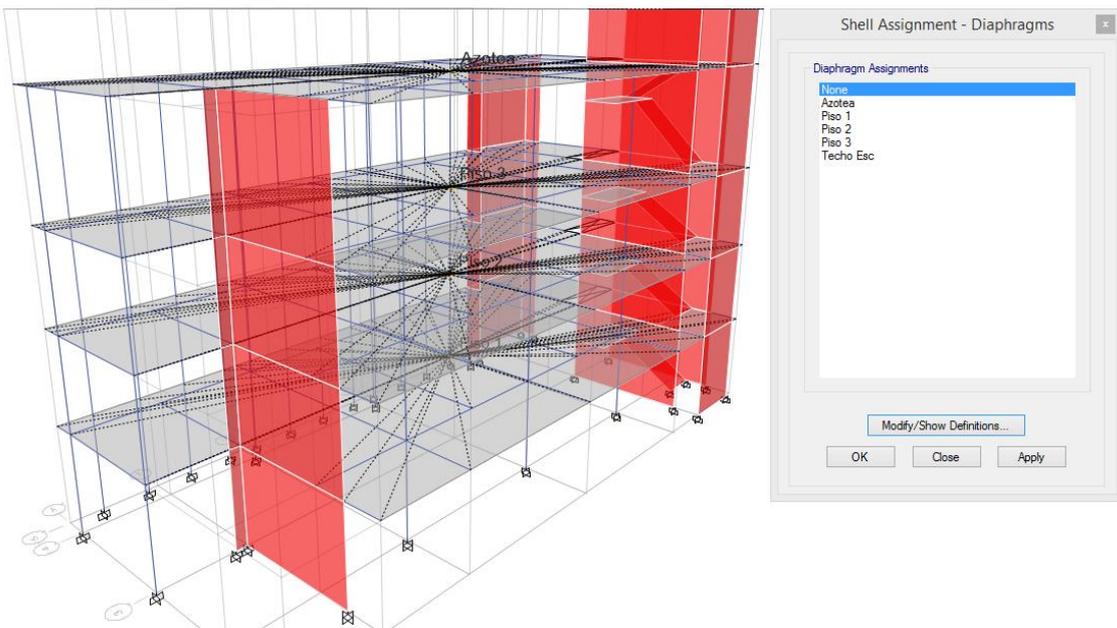


Figura 26. Asignación de diafragmas rígidos por nivel (ETABS 2016)

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de la edificación del pabellón D con la norma peruana E.030

Es muy importante que para el acoplamiento de los disipadores de energía de fluido viscoso debe cumplir con las exigencias mínimas de la norma peruana sismoresistente de no cumplir la edificación tendría que evaluarse su reforzamiento.

Cuando se realiza el análisis dinámico modal espectral se usa un espectro de respuesta inelástico que está en función a los diferentes parámetros zona, uso, tipo de suelo etc. Las cuales se ve afectado por un coeficiente de ductilidad, la que común mente se conoce según la norma peruana como coeficiente de reducción sísmica R que a su vez está en función al sistema estructural que posee entonces asignamos los datos del cuadro N para obtener el sismo de diseño

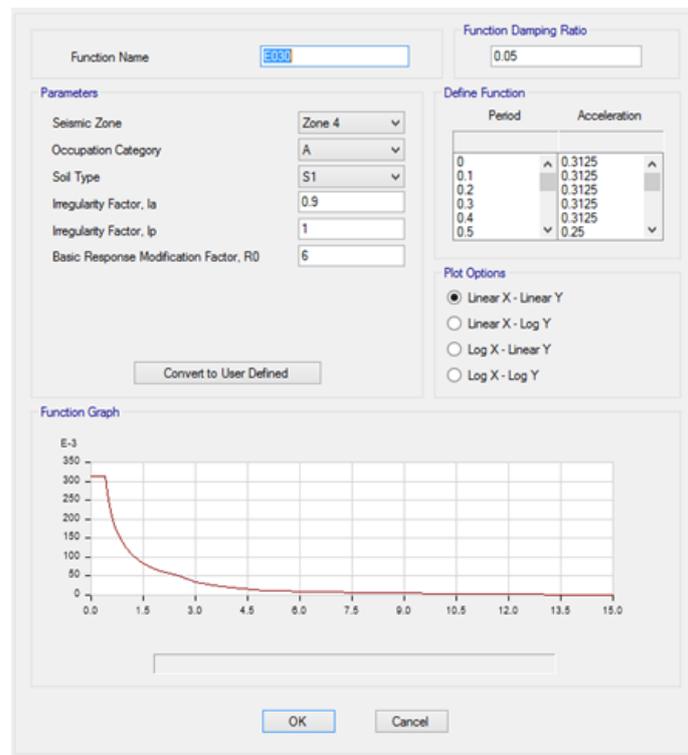


Figura 27. Espectro de sismo de diseño de edificación convencional (ETABS 2016)

- Para un correcto modelado para el programa ETABS los dos primeros movimientos deben ser de traslación y luego el de rotación
- Primer modo de vibración se muestra un periodo 0.40 segundos con movimiento en traslación en X

- Segundo modo de vibración se muestra un periodo de 0.32 segundos con movimiento en traslación en Y
- Tercer modo de vibración se muestra un periodo de 0.21 segundos con movimiento en rotación en Z

Dado que se consideró 3 modos de vibración por piso entonces ya en los niveles 2 y 3 respectivamente se cumple con la masa participativa del 90% cumpliendo así lo que exige la norma peruana sismorresistente E.030

Tabla 12. *Periodos y masa participativa del modelo con base empotrado*

Mode	Periodo	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	0.401	0.7228	0.0062	0.7228	0.0062	0.0096	0.0096
2	0.322	0.0119	0.5971	0.7347	0.6034	0.117	0.1266
3	0.216	0.0026	0.1178	0.7372	0.7211	0.595	0.7216
4	0.111	0.1863	0.0017	0.9235	0.7229	0.0024	0.724
5	0.081	0.0045	0.1743	0.9281	0.8972	0.0335	0.7574
6	0.055	0.0285	0.0248	0.9566	0.922	0.1011	0.8585
7	0.053	0.0255	0.0074	0.9821	0.9293	0.0711	0.9296
8	0.038	0.0011	0.0455	0.9832	0.9748	0.0083	0.938
9	0.036	0.0112	0.0012	0.9944	0.976	0.0001	0.9381
10	0.033	0.0046	1.43E-05	0.999	0.976	1.69E-05	0.9381
11	0.026	9.47E-07	0.0191	0.999	0.9951	0.0084	0.9465
12	0.023	0.0004	0.0008	0.9993	0.9959	0.0308	0.9773
13	0.018	0.0006	0.0003	0.9999	0.9963	0.006	0.9833
14	0.017	0.0001	0.0024	1	0.9987	0.0105	0.9938
15	0.011	2.43E-05	0.0012	1	0.9999	1.73E-05	0.9938

Fuente: Elaboración Propio

La edificación consta de 5 niveles, por ende se considerara 15 modos de vibración, en las cuales la sumatoria de las mismas deberá superar el 90% la masa del edificio

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (Peso Sismico)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E030	9.8067

Add
Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Figura 28. Asignación de casos de carga en X (ETABS 2016)

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (Peso Sismico)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E030	9.8067

Add
Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Figura 29. Asignación de casos de carga en Y (ETABS 2016)

Tabla 13. Reacciones de base empotrada en la edificación con espectro modal espectral

Pisos	cargas	Locación	Cortante X VX (tnf)	Cortante Y VY (tnf)	Momento X MX (tnf-m)	Momento Y MY (tnf-m)
P. Escalera	SD-X Max	Base	13.051	1.6177	3.9633	31.975
P. Escalera	SD-Y Max	Base	2.2265	8.3858	20.5451	5.455
Piso 4	SD-X Max	Base	218.2887	30.5467	149.374	1081.9232
Piso 4	SD-Y Max	Base	30.4522	189.0019	928.3201	147.7398
Piso 3	SD-X Max	Base	365.7283	50.3271	337.5353	2453.4843
Piso 3	SD-Y Max	Base	50.8059	314.15	2106.4925	336.6602
Piso 2	SD-X Max	Base	458.8533	63.4747	569.2355	4157.6472
Piso 2	SD-Y Max	Base	63.2375	393.207	3560.8641	569.373
Piso 1	SD-X Max	Base	503.8541	70.5891	840.4048	6127.5061
Piso 1	SD-Y Max	Base	70.5892	432.4736	5242.1825	840.2215

Fuente: Elaboración propio

Tabla 14. Definición de Sistema de muro estructural

Piso 1	Pier	Load Case/Combo	Location	V2(tonf)
Piso 1	P1	SD-Y Max	Top	258.4478
Piso 1	P1	SD-Y Max	Bottom	258.4478
Piso 1	P2	SD-X Max	Top	11.2908
Piso 1	P2	SD-X Max	Bottom	11.2908
Piso 1	P3	SD-Y Max	Top	106.867
Piso 1	P3	SD-Y Max	Bottom	107.669
Piso 1	P4	SD-Y Max	Top	92.9886
Piso 1	P4	SD-Y Max	Bottom	94.0201
Piso 1	P5	SD-X Max	Top	303.5019
Piso 1	P5	SD-X Max	Bottom	303.5019
Piso 1	P6	SD-X Max	Top	11.0022
Piso 1	P6	SD-X Max	Bottom	11.0022
Piso 1	P7	SD-X Max	Top	15.9397
Piso 1	P7	SD-X Max	Bottom	15.9397
Piso 1	P8	SD-X Max	Top	118.1794
Piso 1	P8	SD-X Max	Bottom	118.1794

Fuente: Elaboración Propia

Para que sea considerado sistema de muros estructurales este debe absorber por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

Dirección X

$\sum V_x$ en la placa = 459.91 tnf

V_x Total = 503.87

% 91.27

Tabla 15. Tipo muros estructurales

Parámetros Sísmicos	
Z (Zona 4)	0.45
U (E. Importantes)	1.3
S_2 (S. Intermedio)	1.05
R (Básico)	6
R (Regularidad Estructural)	5.4
T_p	0.6 seg
T_1	2 seg
I_a	1
I_p	0.9

Fuente: Elaboración Propio

Tabla 16. Distorsiones y desplazamientos entrepiso elásticas (Δ_i/h_{ei})

Pisos	Distorsiones Elásticas X	Distorsiones Elásticas Y	Desplazamientos elásticos en X (cm)	Desplazamientos elásticos en Y (cm)
Escalera	0.001036	0.000379	1.9481	0.6686
Azotea	0.001186	0.001204	1.7007	1.6169
Piso 3	0.001225	0.001180	1.1300	1.0357
Piso 2	0.001092	0.000983	0.6608	0.5832
Piso 1	0.000595	0.000507	0.2410	0.2054

Fuente: Elaboración Propio

Tabla 17. Desplazamientos y Distorsiones entrepiso Inelásticas (Δ_i/h_{ei})

Pisos	Distorsiones Inelásticas X	Distorsiones Inelásticas Y	Desplazamientos Inelásticas en X (cm)	Desplazamientos inelásticas en Y (cm)
Escalera	0.005593	0.002044	10.5198	3.6102
Azotea	0.006404	0.006500	9.1838	8.7311
Piso 3	0.006617	0.006370	6.1019	5.5929
Piso 2	0.005898	0.005308	3.5681	3.1492
Piso 1	0.003214	0.002738	1.3015	1.1089

Fuente: Elaboración Propio

Tabla 18. *Distorsiones Inelásticas X - Y con la norma E.030*

Pisos	Distorsiones Inelásticas X	Norma E.030 ≤ 0.007	Distorsiones Inelásticas Y	Norma E.030 ≤ 0.007
Escalera	0.005593	SI	0.002044	SI
Azotea	0.006404	SI	0.006500	SI
Piso 3	0.006617	SI	0.006370	SI
Piso 2	0.005898	SI	0.005308	SI
Piso 1	0.003214	SI	0.002738	SI

Fuente: Elaboración Propio

Dado el análisis y cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos de la norma se prosigue al estudio de acoplamiento de los disipadores de energía de fluido viscoso.

3.2 Análisis no lineal tiempo – historia

El edificio se someterá a un análisis dinámico no lineal con los tres registros sísmicos ya escalados previamente 1966, 1970, y 1974 donde se mostrara los 2 casos de análisis en las 2 direcciones ortogonales donde se mostraran las distorsiones y desplazamientos de cada nivel

Cabe mencionar que para esta investigación se tomara los 3 registros sísmicos de los sismos que exige como mínimo la norma peruana E.030 y esas son:

- Registro del terremoto de Lima y Callao de 1966 de Gr 8.1
- Registro del Terremoto de Chimbote de 1970 de Gr 7.9
- Registro del terremoto de Lima de 1974 de Gr 8.0

```

NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
JAPAN-PERU CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (CISMID)
TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU Postal Code 31-250 Lima 31
Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790 FAX 481-0170
e-mail: f_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid-uni.org

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION
STATION NAME      : Parque de la Reserva
STATION CODE      : PRQ
STATION LOCATION  : Parque de la Reserva, Cercado de Lima, Lima
LATITUDE          : -12.07
LONGITUDE         : -77.04
ALTITUDE (m)     : 130
ACCELEROMETER MODEL : Acelerógrafo Analógico
SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 50

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE
DATE              : October 17, 1966
ORIGIN TIME (Local) : 16:41:00
LATITUDE         : -10.70
LONGITUDE        : -78.70
DEPTH (km)       : 24.00
MAGNITUDE        : 8.1 Mw
INFORMATION SOURCE : IGP

3. INFORMATION ABOUT THE RECORD
RECORD TIME (Local) : 16:41:00
NUMBER OF SAMPLES  : 3283
MAXIMUM ACCELERATION : -180.56 -268.24 94.29
DATA UNITS         : cm/s2

4. COMMENTS
BASELINE CORRECTED
    
```

Figura 30. Registro sísmico de Lima 1966 (ETABA 2016)

3.3 Escalamiento de aceleración al espectro de diseño

El escalamiento tiene un procedimiento a tener en cuenta como las unidades que deben ser ajustadas a una misma aceleración, gravedad etc. pero algo más importante tendrá que recalcularse la edificación con el mismo análisis dinámico modal espectral, con la diferencia que ya no existe el coeficiente de ductilidad, el valor es de $R=1$ por lo cual se pasa de un sismo moderado a uno más severo teniendo un coeficiente de sismo no fraccionado por ende se tendrá un espectro con pseudo aceleraciones por tanto tendremos nuestro espectro de diseño y un posterior escalamiento.

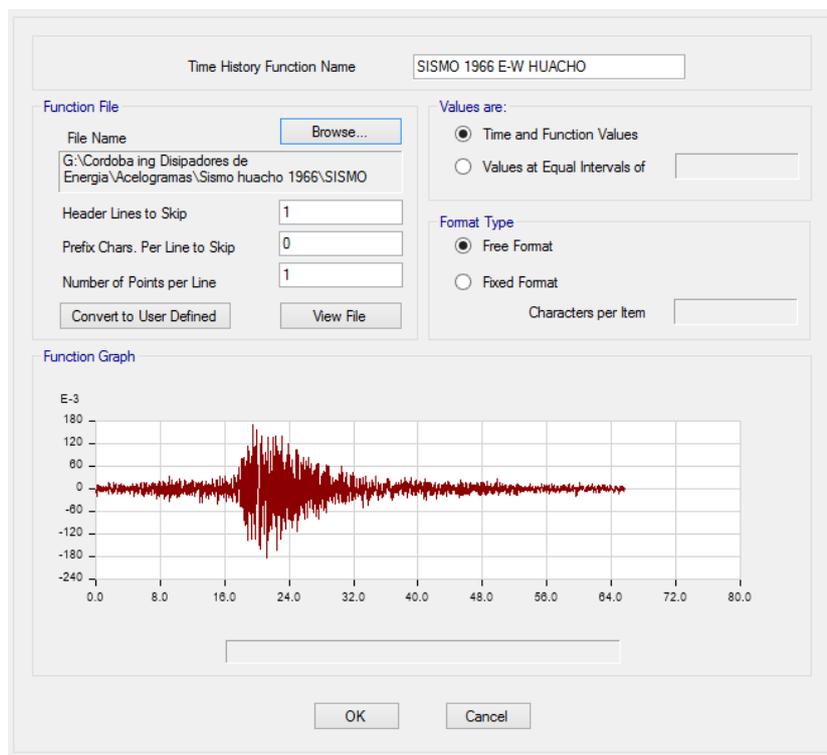


Figura 31. Escalamiento de sismo 1 de Lima - 1966 (ETABS 2016)

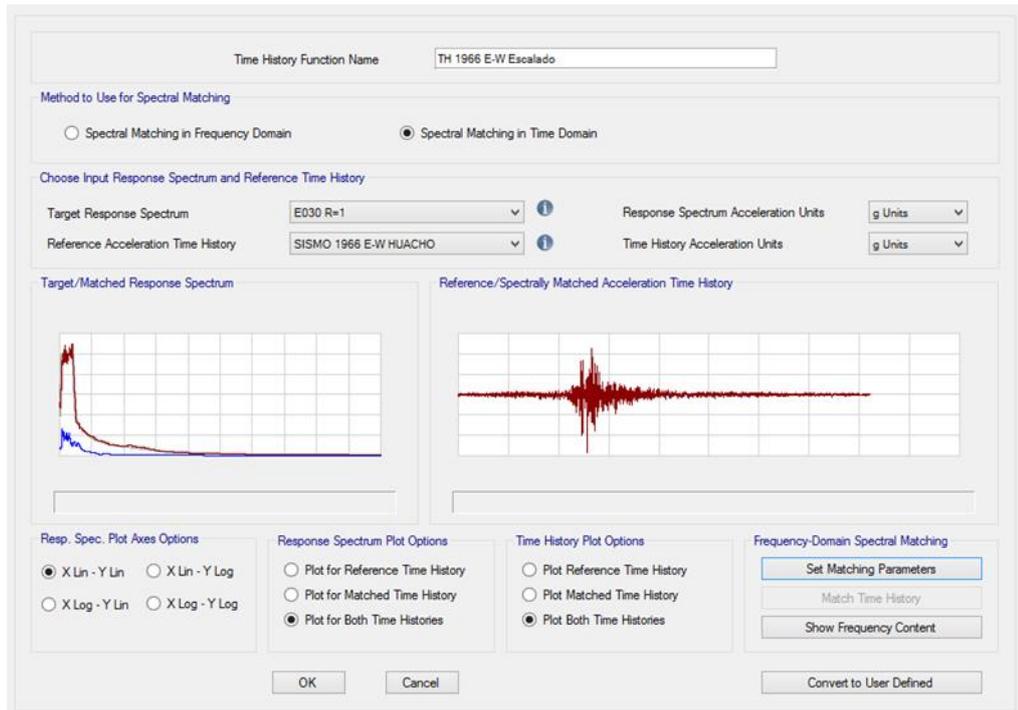


Figura 32 Escalamiento de sismo 2 de Lima - 1966 (ETABS 2016)

3.4 Distorsiones entre piso de registros sísmicos

- El comportamiento de los disipadores es no – lineal por este motivo se le designa al programa en este rango para este tipo de análisis
- A continuación se muestran las distorsiones y los desplazamientos de entre piso para cada caso análisis – sismos de 1966, 1970 y 1974

Sismo de Lima del 17 de Octubre de 1966

Tabla 19. Dirección X - componentes EO / Dirección Y – Componentes NS

Piso	Desplazamiento de CM en X (Cm)	Distorsión en X (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007
P. Esc	18.724	0.00917	NO	5.719	0.00265	SI
4	16.673	0.00998	NO	11.991	0.00710	NO
3	10.625	0.00974	NO	7.820	0.00695	SI
2	5.935	0.00804	NO	4.477	0.00599	SI
1	2.090	0.00413	SI	1.594	0.00315	SI

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Dirección X - componentes NS / Dirección Y – Componentes EO

Piso	Desplazamiento de CM en X (Cm)	Distorsión en X (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007
P. Esc	16.476	0.00770	NO	4.625	0.00205	SI
4	14.428	0.00814	NO	11.786	0.00691	SI
3	9.658	0.00831	NO	7.596	0.00687	SI
2	5.661	0.00750	NO	4.302	0.00581	SI
1	2.052	0.00405	SI	1.508	0.00298	SI

Fuente: Elaboración Propio

Sismo de Chimbote del 31 de Mayo de 1970

Tabla 21. Dirección X - componentes EO / Dirección Y – Componentes NS

Piso	Desplazamiento de CM en X (Cm)	Distorsión en X (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007
P. Esc	16.787	0.00788	NO	5.388	0.00257	SI
4	14.527	0.00850	NO	13.209	0.00789	NO
3	9.376	0.00851	NO	8.426	0.00774	NO
2	5.401	0.00717	NO	4.721	0.00640	SI
1	1.949	0.00385	SI	1.658	0.00328	SI

Fuente: Elaboración Propio

Tabla 22. Dirección X - componentes NS / Dirección Y – Componentes EO

Piso	Desplazamiento de CM en X (Cm)	Distorsión en X (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007
P. Esc	18.158	0.00759	NO	5.264	0.00241	SI
4	15.873	0.00875	NO	11.671	0.00750	NO
3	10.570	0.00913	NO	7.520	0.00693	SI
2	6.178	0.00817	NO	4.254	0.00573	SI
1	2.250	0.00444	SI	1.498	0.00296	SI

Fuente: Elaboración propia

Sismo de Lima del 3 de Octubre de 1974

Tabla 23. Dirección X - componentes EO / Dirección Y – Componentes NS

Piso	Desplazamiento de CM en X (Cm)	Distorsión en X (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007
P. Esc	16.273	0.00671	NO	4.983	0.00312	SI
4	14.217	0.00788	NO	12.038	0.00751	NO
3	9.437	0.00821	NO	8.544	0.00689	SI
2	5.488	0.00730	NO	6.461	0.00581	SI
1	1.977	0.00391	SI	2.237	0.00289	SI

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Dirección X - componentes NS / Dirección Y – Componentes EO

Piso	Desplazamiento de CM en X (Cm)	Distorsión en X (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007
P. Esc	16.955	0.00719	NO	5.911	0.00262	SI
4	14.783	0.00844	NO	12.268	0.00754	NO
3	9.766	0.00852	NO	7.862	0.00715	NO
2	5.665	0.00752	NO	4.477	0.00598	SI
1	2.047	0.00404	SI	1.599	0.00316	SI

Fuente: Elaboración propia

3.5 Criterios para la determinación del Sismo de Diseño

Se muestran las diferentes tablas con las distorsiones y desplazamientos de la edificación del análisis Tiempo - Historia con una distorsiones muy elevadas permitidas por la norma peruana sismorresistente para la siguiente investigación se tomara como diseño de sismo se tomara la del sismo de Lima 17 de octubre de 1966 por ser el más desfavorable para el edificio y además se descarta la incorporación de los disipadores del lado eje Y de edificio por la baja distorsión y su complejo de la arquitectura.

3.5.1 Objetivo de desempeño

El edificio tomara en cuenta la metodología Hazus 2010. Para la relación daño – deriva manteniendo el edificio importante en resguardo de vida la cual dependerá del sistema estructural donde se determina que el edificio tenga daños reparables.

Tabla 25. Distorsión relativa

ESTADO DE DAÑO	NIVEL DE DESEMPEÑO
Despreciable	Totalmente operacional
Leve	Funcional
Moderado	Resguardo de vida
Severo	Pre – colapso
Completo	Próximo al Colapso

Fuente: SEAOC comité Visión 2000,1995

3.5.2 Nivel de desempeño

Al tratarse de un edificio del pabellón D de categoría importante se desea que al venir el sismo severo se desea que el edificio en rango resguardo de vida con daños moderados es por ello como estructura básica o importantes

Tabla 26. Nivel de desempeño sísmico esperado

Nivel de Demanda sísmica	Totalmente operacional	Funcional	Resguardo de vida	Próximo al colapso
Sismo frecuente (43 años)				
Sismo ocasional (72 años)				
Sismo raro (475 años)				
Sismo muy raro (970 años)				

Ed Básicas (importantes)	
Ed Esenciales	
Ed. De seguridad Criticas	

Fuente: SEAOC comité Visión 2000,1995

Tabla 27. Clasificación según tipo de estructuras metodología hazus

Label	Description	Name	stories
CIL	Concrete Moment Frame	Low - Rise	1 - 3
CIM		Mid - Rise	4 - 7
CIH		High - Rise	8+
C2L	Concrete Shear Walls	Low - Rise	1 - 3
C2M		Mid - Rise	4 - 7
C2H		High - Rise	8+

Fuente: Metodología Hazus, 2010

Tabla 28. : Relación estado de daño – deriva Metodologia hazus

Building Properties			Interstory Drift at Threshold of Damage State			
Type	Height (inches)		Slight	Moderate	Extensive	Complete
	Roof	Modal				
CIL	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
CIM	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
CIH	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300

Fuente: Metodología Hazus, 2010

3.6 Sismo de diseño para eje X

A continuación se identifica el sismo de diseño para el eje X la cual estará compuesto por el sismo Lima del 17 de Octubre de 1966

Tabla 29. Distorsiones entre piso de diseño para eje X

Piso	distorsión en Y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Control Hazus ≤ 0.0056
P. Esc	0.00917	SI	SI
4	0.00998	NO	NO
3	0.00974	NO	NO
2	0.00804	SI	NO
1	0.00413	SI	SI

Fuente: elaboración propia

3.6.1 Cálculos para la determinación de los objetivos de diseño

Como primer paso determinaremos el factor de reducción sísmica (B) con las distorsiones determinadas del análisis Tiempo – Historia y de la metodología Hazus.

$$B_{xx} = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}} \quad B_{xx} = \frac{0.0099}{0.0056} = 1.78$$

Luego determinamos el amortiguamiento efectivo B_{eff} de la siguiente ecuación

$$B_{xx} = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})} \quad 1.78 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5\%)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})}$$

Despejando el B_{eff} y recordando que B_0 pertenece al 5% es el amortiguamiento efectivo para estructuras de concreto armado tenemos

$$B_{eff} = 29.25$$

Ahora descontando el amortiguamiento inherente del edificio se tendrá el amortiguamiento por añadir por los disipadores de fluido viscoso

$$B_H = B_{eff} - B_0 \quad B_H = 29.25 - 5 = 23.65$$

3.6.2 Rigidez del Brazo metálico (K)

El perfil metálico como estándar a emplearse será del modelo HSS 16.00 x 0.62500 el cual cuenta con un Área de 22.7 in^2 .

Dado que el edificio consta de diferentes niveles esto estará designado por los niveles que tengan el mismo nivel

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

$$E = 29000 \text{ Ksi} \approx 20.4 \times 10^6 \text{ Tn/m}^2$$

$$A = 22.7 \text{ in}^2 \approx 146.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$L = 5.26 \text{ m}$$

$$K = (20.4 \times 10^6) (146.45 \times 10^{-4}) / 5.26$$

$$K = 56623.6 \text{ Tn/m}$$

Disposición del disipador Chevron ejemplar de segundo y tercer nivel

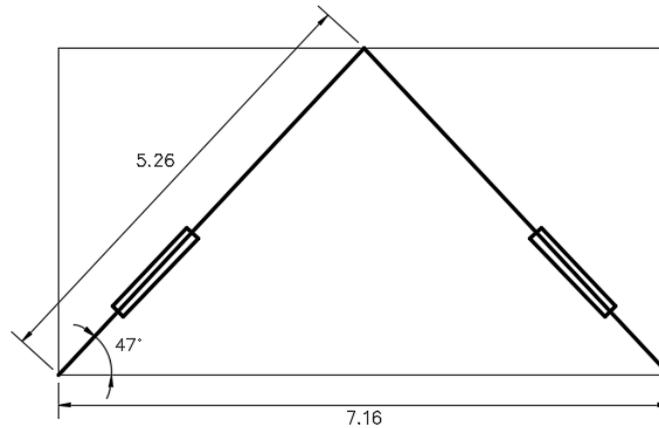


Figura 33. Cotas Disposición en Chevron para eje X (Fuente Propia)

3.6.3 Cálculo del coeficiente de Amortiguación no lineal

Seguidamente calculamos los diferentes parámetros de la fórmula:

- Calculamos de frecuencia (ω)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{0.4} = 15.7 \text{ rad/s}$$

- Cálculo de la Amplitud de desplazamiento. (A)

$$A = \frac{g \cdot \Gamma \cdot S_a \cdot T}{4 \cdot B_{mD} \cdot \pi^2} = \frac{(9.81)(8.41)(0.45)(0.4)}{4(1.65)(9.87)} = 0.23m$$

Tabla 30. Tabla valores de λ respecto al exponente α

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

Fuente: FEMA 274 - 1997

También para el rango de disipadores no lineales los valores son $\alpha = 0.50$ $\lambda = 3.5$

Tabla 31. Cálculos para la obtención de los desplazamientos relativos ϕ_{rj} con sismo de diseño de lima - 1966

Nivel	ϕ	ϕ_i	ϕ_{rj}
Base	0	0.0209	0.021
1	0.0209	0.0594	0.038
2	0.0594	0.1063	0.047
3	0.1063	0.1667	0.060
4	0.1667	0.1872	0.021
5	0.1872		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Cálculos generales para el amortiguamiento no lineal del disipador de disposición Chevron

Nivel	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	ϕ_i^2	Masa (Ton)	$\cos\theta$	$\Sigma\phi_i^2 \times M$	$\Sigma(\phi_{rj})^{1+\alpha} \times \cos^{1+\alpha}\theta_j$
Base	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
1	0.021	0.038	0.03845	61.836	0.669	0.03	0.00413
2	0.059	0.047	0.04690	61.569	0.681	0.22	0.00571
3	0.106	0.060	0.06048	63.297	0.681	0.71	0.00836
4	0.167	0.021	0.02051	53.554	0.601	1.49	0.00137
						$\Sigma = 2.45$	$\Sigma = 0.019560$

Fuente: Elaboración propia

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

Remplazando valores:

$$\sum C_j = \frac{(0.24)(2\pi)(0.23^{1-0.5})(15.7^{2-0.5})(2.45)}{(3.5)(0.0195)} = 1604.85 \text{ Tn. s/m}$$

Como contaremos 4 disipadores por nivel:

$$C_j = \frac{1604.85}{4} = 401.4 \text{ Tn. s/m}$$

Remplazamos los valores calculados en el programa ETABS los coeficientes de rigidez y de amortiguamiento no lineal para el eje X con el sismo de Lima de 1966

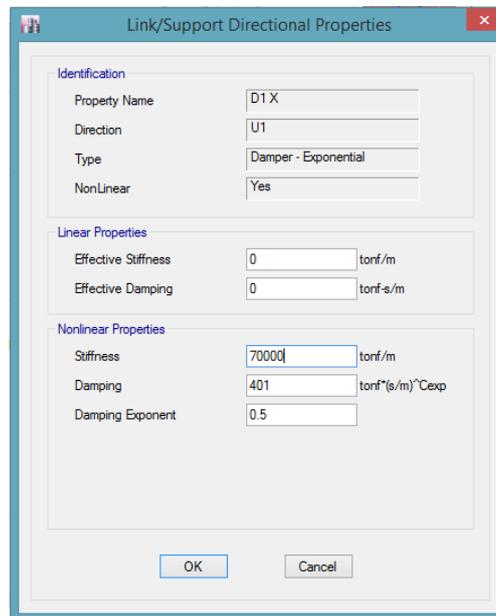


Figura 34. Ingreso de valores para el eje X (ETABS 2016)

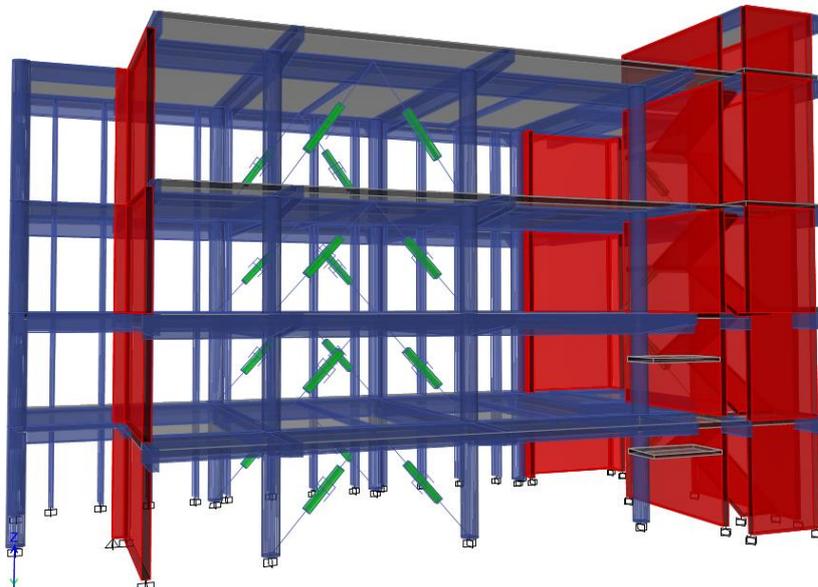


Figura 35. Ubicación de disipadores en dirección X

3.7 Sismo de diseño para eje Y

A continuación se identifica el sismo de diseño para el eje Y la cual estará compuesto por el sismo de Chimbote del 31 de Mayo de 1970

Tabla 33. *Distorsiones de entre piso de diseño eje X*

Piso	distorsión en Y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Control Hazus ≤ 0.0056
P. Esc	0.00257	SI	SI
4	0.00789	NO	NO
3	0.00774	NO	NO
2	0.00640	SI	NO
1	0.00328	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

3.7.1 Cálculos para la determinación de los objetivos de diseño

Como primer paso determinaremos el factor de reducción sísmica (B) con las distorsiones determinadas del análisis Tiempo – Historia y de la metodología Hazus.

$$B_{yy} = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}} \quad B_{yy} = \frac{0.0078}{0.0056} = 1.40$$

- Luego determinamos el amortiguamiento efectivo B_{eff} de la siguiente ecuación

$$B_{yy} = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})} \quad 1.40 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5\%)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{eff})}$$

- Despejando el B_{eff} y recordando que B_0 pertenece al 5% es el amortiguamiento efectivo para estructuras de concreto armado tenemos

$$B_{eff} = 16.08$$

- Ahora descontando el amortiguamiento inherente del edificio se tendrá el amortiguamiento por añadir por los disipadores de fluido viscoso

$$B_H = B_{eff} - B_0 \quad B_H = 16.08 - 5 = 11.08$$

- 11.08 es un amortiguamiento insuficiente para un buen desempeño de la edificación por eso se aplicara el amortiguamiento mínimo de $B_H = 15.00$

3.7.2 Rigidez del Brazo metálico (K)

Así mismo el perfil metálico como estándar a emplearse será del modelo HSS 16.00 x 0.62500 el cual cuenta con un Área de 22.7 in^2 .

Dado que el edificio consta de diferentes niveles esto estará designado por los niveles que tengan el mismo nivel

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

$$E = 29000 \text{ Ksi} \approx 20.4 \times 10^6 \text{ Tn/m}^2$$

$$A = 22.7 \text{ in}^2 \approx 146.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$L = 6.50 \text{ m}$$

$$K = (20.4 \times 10^6) (146.45 \times 10^{-4}) / 6.50$$

$$K = 45821.54 \text{ Tn/m}$$

Disipador en disposición diagonal ejemplar de segundo y tercer nivel

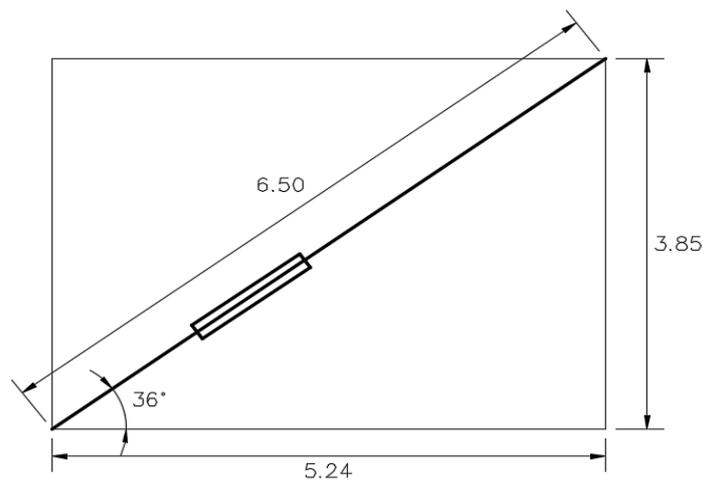


Figura 36. Cotas Disposición en diagonal eje Y (Fuente propia)

3.7.3 Cálculo del coeficiente de Amortiguación no lineal

Seguidamente calculamos los diferentes parámetros de la fórmula:

Calculamos de frecuencia (ω):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{0.33} = 19.03 \text{ rad/s}$$

Cálculo de la Amplitud de desplazamiento (A):

$$A = \frac{g \cdot \Gamma \cdot S_a \cdot T}{4 \cdot B_{mD} \cdot \pi^2} = \frac{(9.81)(10.62)(0.45)(0.33)}{4(1.5)(9.87)} = 0.26 \text{ m}$$

Ahora valores de lambda (λ) respecto al exponente (α) de velocidad nos lo brinda la norma FEMA 274

Para el rango de disipadores no lineales los valores son $\alpha = 0.50$ $\lambda = 3.5$

Tabla 34. Cálculos para la obtención de los desplazamientos relativos ϕ_{rj} con sismo de diseño de Chimbote - 1970

Nivel	ϕ	ϕ_i	ϕ_{rj}
Base	0	0.017	0.017
1	0.017	0.047	0.031
2	0.047	0.084	0.037
3	0.084	0.1321	0.048
4	0.132		

Fuente: elaboración propia

Tabla 35. Cálculos generales para el amortiguamiento no lineal del disipador de disposición diagonal

Nivel	Forma Modal ϕ_i	ϕ_{rj}	ϕ_i^2	Masa (Ton)	$\text{Cos}\Theta$	$\Sigma \phi_i^2 \times M$	$\Sigma (\phi_{rj})^{1+\alpha} \times \text{Cos}^{1+\alpha} \Theta_j$
Base	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
1	0.017	0.017	0.00027	61.836	0.78	0.02	0.00147
2	0.047	0.031	0.00222	61.569	0.8	0.14	0.00384
3	0.084	0.037	0.00709	63.297	0.8	0.45	0.00510
4	0.132	0.048	0.0174	53.554	0.73	0.93	0.00653
						$\Sigma = 1.54$	$\Sigma = 0.01693$

Fuente: elaboración propia

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

Remplazando valores:

$$\sum C_J = \frac{(0.15)(2\pi)(0.26^{1-0.5})(19.03^{2-0.5})(1.54)}{(3.5)(0.016934)} = 1039.89 \text{ Tn. s/m}$$

Como contaremos 2 disipadores por nivel

$$C_J = \frac{1039.89}{2} = 520 \text{ Tn. s/m}$$

- Reemplazamos los valores calculados en el programa ETABS los coeficientes de rigidez y de amortiguamiento no lineal para el eje Y con el sismo de Chimbote de 1970

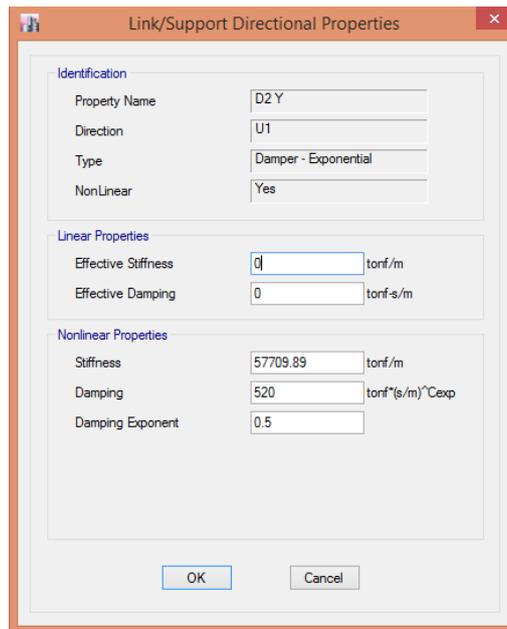


Figura 37. Ingreso de valores para el eje Y (ETABS 2016)

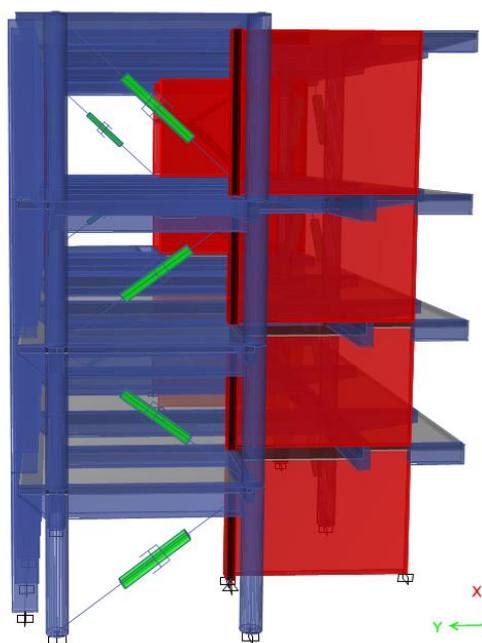


Figura 38. Ubicación de disipadores en dirección Y (ETABS 2016)

Análisis dinámico Tiempo – Historia no lineal con disipadores de fluido viscoso

Tabla 36. Resultados de desplazamiento y distorsión con sismo Lima 1966

Piso	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en X (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Control Hazus ≤ 0.0056
P. Escalera	8.0929	0.0045	SI	CUMPLE
4	7.0926	0.0048	SI	CUMPLE
3	4.7686	0.0051	SI	CUMPLE
2	2.8028	0.0046	SI	CUMPLE
1	1.0184	0.0025	SI	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Resultados de desplazamientos y distorsión con sismo Chimbote 1970

Piso	Desplazamiento de C.M en Y (Cm)	Distorsión en Y (Δ)	Norma E.030 ≤ 0.007	Control Hazus ≤ 0.0056
P. Escalera	4.9832	0.00163	SI	CUMPLE
4	18.038	0.00474	SI	CUMPLE
3	11.544	0.00471	SI	CUMPLE
2	6.4606	0.00393	SI	CUMPLE
1	2.2374	0.00200	SI	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

3.8 Disipación de energía sísmica

Se determinara el balance de energía disipada que toman simultáneamente todos los disipadores en ambas direcciones cada uno con el respectivo sismo de diseño así mismo se conoce el ingreso de la energía del sismo como las de otras energías que sobre actúan en la edificación.

Disipación del sismo de lima 1966 dirección - X

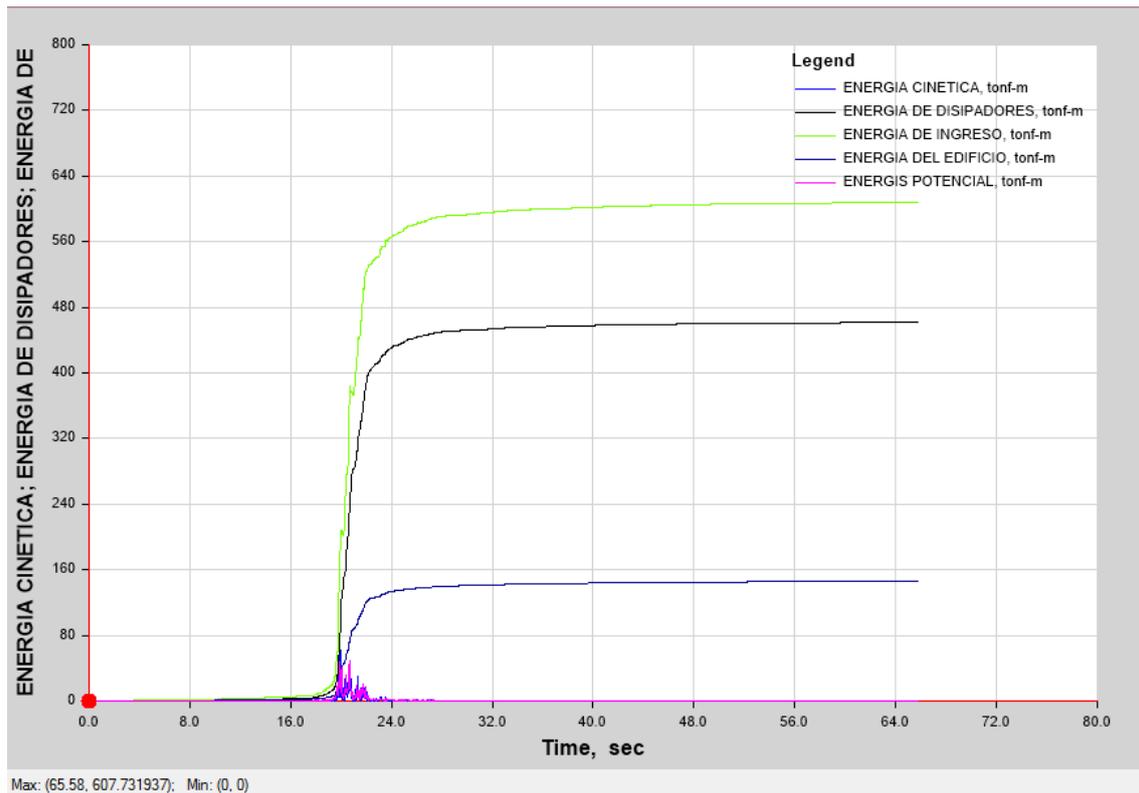


Figura 39. Balance energético en dirección X (ETABS 2016)

En el grafico representa el tiempo límite de comienzo del sismo donde se registra mediante una línea verde la representación gráfica máxima del sismo severo así mismo se resalta la energía disipada por los disipadores mediante la línea de color negro y por también el azul que es la amortiguación por medio de las rotulas plásticas del edificio.

$$\%DISIPACION DE ENERGIA = \frac{ENERGIA DISIPADA POR LOS AMORTIGUADORES}{ENERGIA DE ENTRADA DEL SISMO SEVERO} X 100$$

$$= \frac{461.67 \text{ Tnf}}{607.63 \text{ Tnf}} * 100 = 75.97\%$$

3.8.1 Disipación del sismo de Chimbote 1970 dirección – Y

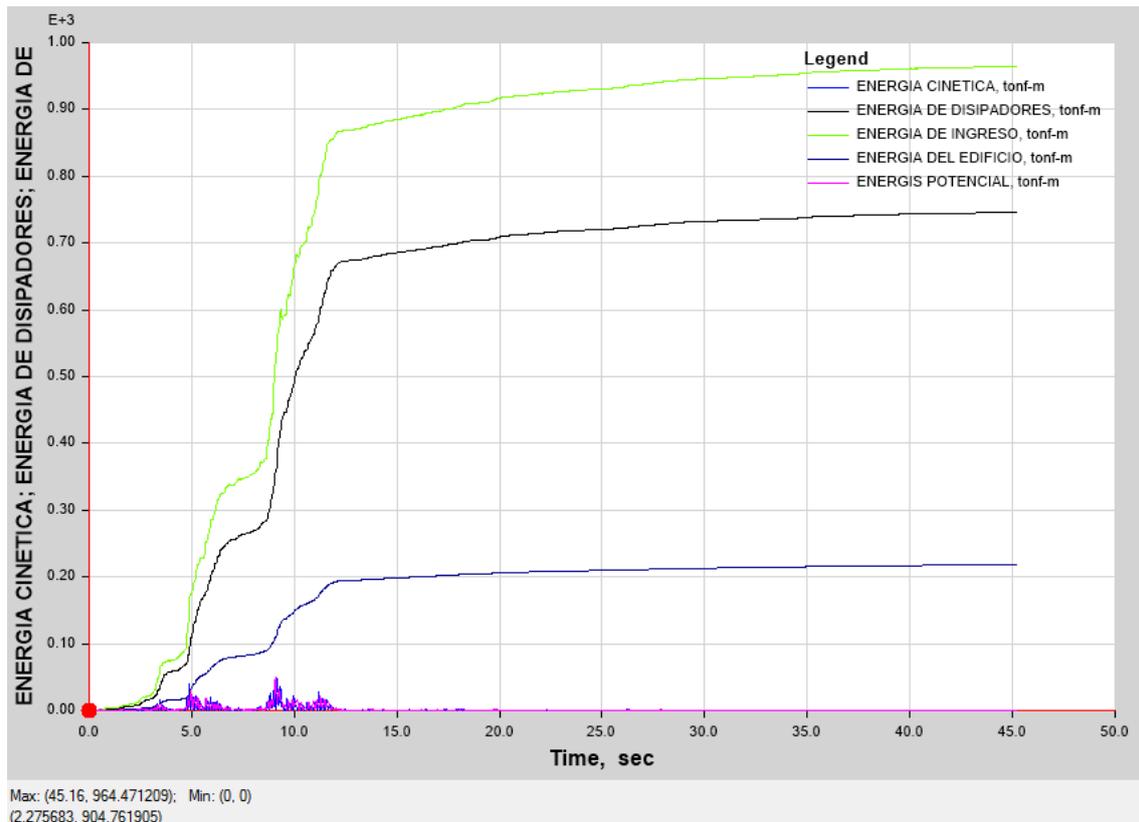


Figura 40. Balance energético en dirección Y (ETABS 2016)

$$\%DISIPACION DE ENERGIA = \frac{ENERGIA DISIPADA POR LOS AMORTIGUADORES}{ENERGIA DE ENTRADA DEL SISMO SEVERO} \times 100$$

$$= \frac{745.70 \text{ Tnf}}{964.47 \text{ Tnf}} * 100 = 77.32\%$$

Como se puede apreciar la importante disipación de energía en ambas direcciones tanto en X con 462.61 Tnf y en Y 745.7 Tnf que representa el 76 % y 77% de la energía total del sismo la cual el daño del edificio tendría daños moderados reparables la cual la diferencia lo disipara la estructura de concreto armado a través de las rotulas plásticas y al suelo de de fundación si se considera el efecto de la interacción sísmica suelo estructura.

3.9 Fuerza de los disipadores

Cuando el edificio ya se encuentre óptimo satisfaciendo de la eficacia de los disipadores en ambas direcciones por debajo de estipulado por la metodología Hazus de relación de daño – deriva para un desempeño moderado reparable ahora seguidamente se tendrá que obtener la información de las fuerzas de tracción y compresión producidas en todos los disipadores para conseguir el disipador adecuado según los diseños que haya disponible

3.9.1 Fuerzas en el eje – X

Seguidamente se procede en obtener las fuerzas axiales en los disipadores de disposición Chevron en la parte frontal del edificio de la elevación “2”

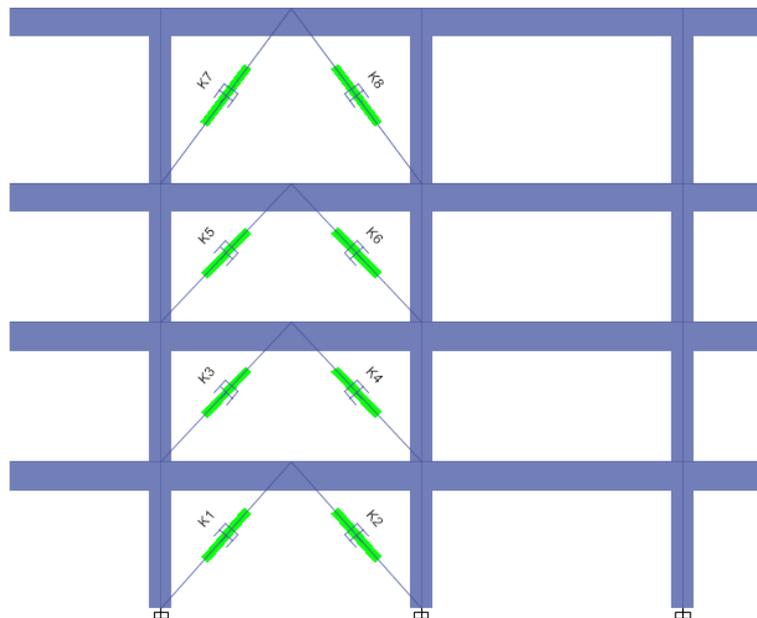


Figura 41. Disipadores en elevación 2 (ETABS 2016)

Tabla 38. Fuerza por disipadores en elevación 2

DISIPADOR	NIVEL	FUERZA (T-f)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
K1	1	121.977	268.909	330
K2	1	141.396	311.720	330
K3	2	161.264	355.520	440
K4	2	188.615	415.817	440
K5	3	175.691	387.326	440
K6	3	197.163	434.662	440
K7	4	185.393	408.715	440
K8	4	209.769	462.454	675

Fuente: elaboración propia

De la misma manera se procede en obtener las fuerzas axiales en los disipadores de disposición Chevron en la parte frontal del edificio de la elevación “4”

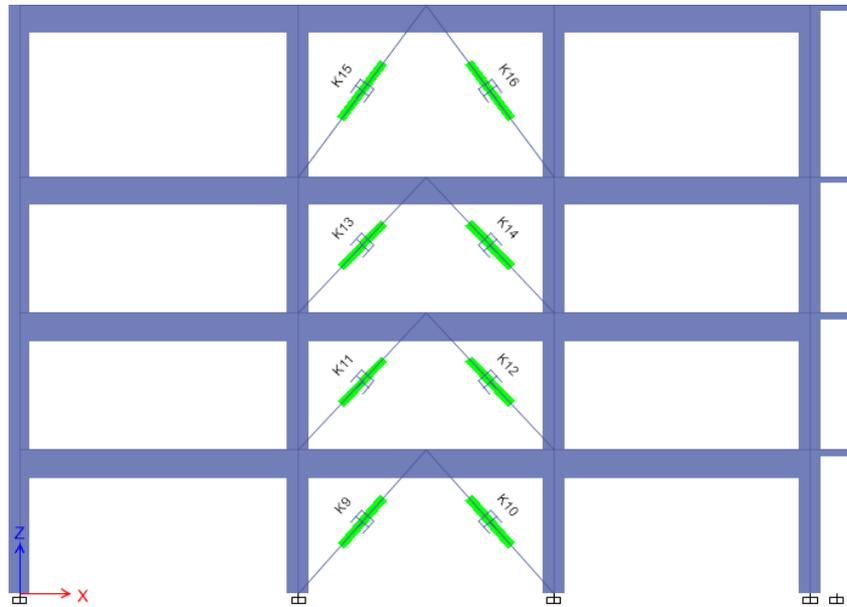


Figura 42. Disipadores en elevación 4 (ETABS 2016)

Tabla 39. Fuerza por disipadores en elevación 4

DISIPADOR	NIVEL	FUERZA (T-f)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
K9	1	118.380	260.9786	330
K10	1	125.276	276.1812	330
K11	2	148.696	327.8126	330
K12	2	168.217	370.8481	440
K13	3	172.830	381.0179	440
K14	3	182.283	401.8574	440
K15	4	186.117	410.3108	440
K16	4	194.652	429.1261	440

Fuente: Elaboración propia

3.9.2 Fuerzas en el eje – Y

Se procede en obtener las fuerzas axiales en los disipadores en la parte lateral de disposición en diagonal del edificio de la elevación “A”

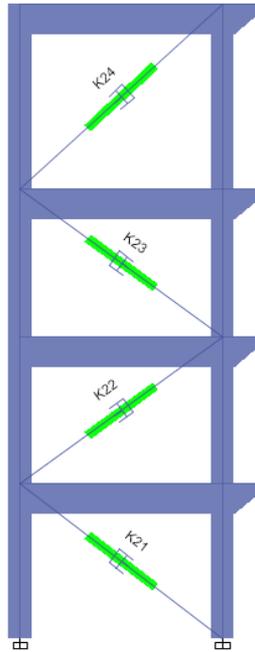


Figura 43. Disipadores en elevación A (ETABS 2016)

Tabla 40. Fuerza por disipadores en elevación A

DISIPADOR	NIVEL	FUERZA (T-f)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
K21	1	180.324	397.539	440
K22	2	226.758	499.906	675
K23	3	261.773	577.100	675
K24	4	259.676	572.478	675

Fuente: elaboración propia

- Por último se procede en obtener las fuerzas axiales en los disipadores en la parte lateral de disposición en diagonal del edificio de la elevación “G”

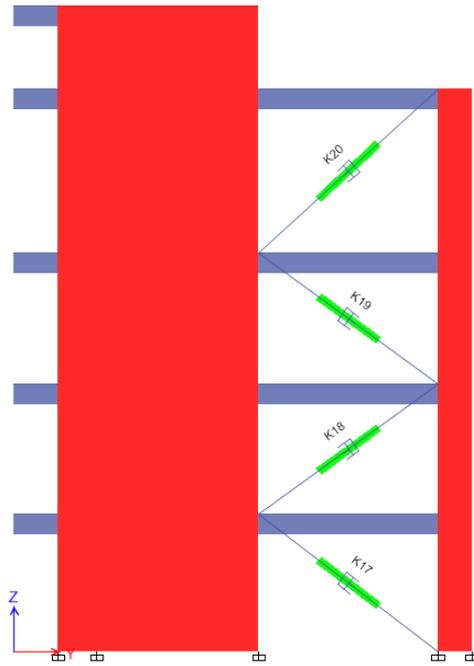


Figura 44. Disipadores en elevación G (ETABS 2016)

Tabla 41. Fuerza por disipadores en elevación G

DISIPADOR	NIVEL	FUERZA (T-f)	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
K17	1	154.509	340.6274	440
K18	2	171.069	377.1351	440
K19	3	176.208	388.4656	440
K20	4	200.855	442.8022	440

Fuente: Elaboración propia

3.10 Verificación del comportamiento histórico

A continuación se evaluará el correcto comportamiento y la forma histórica cabe mencionar que el lazo histórico de relación fuerza vs deformación deberán ser curvas elípticas en posición paralelas al eje de las abscisas de todos los disipadores tanto en el Eje X como en el Eje Y en la que se mostrara el nivel más crítico

Comportamiento Histérico en el eje X cuarto nivel

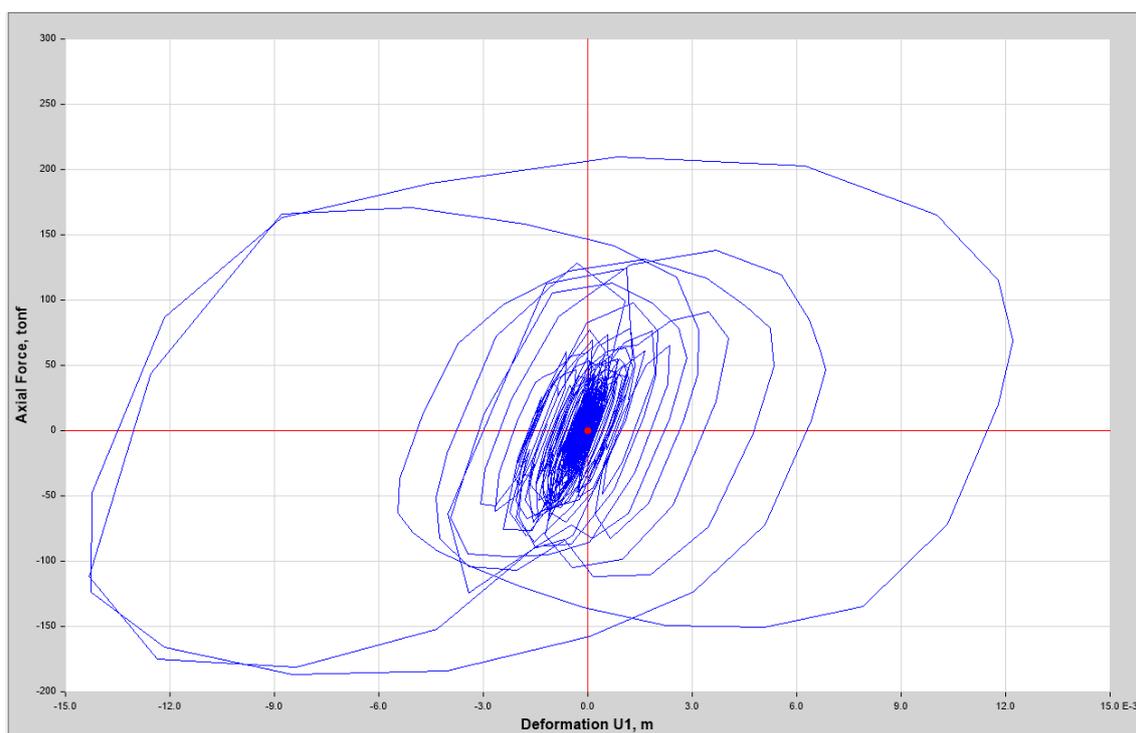


Figura 45. Elevación 2 - K8 (ETABS 2016)

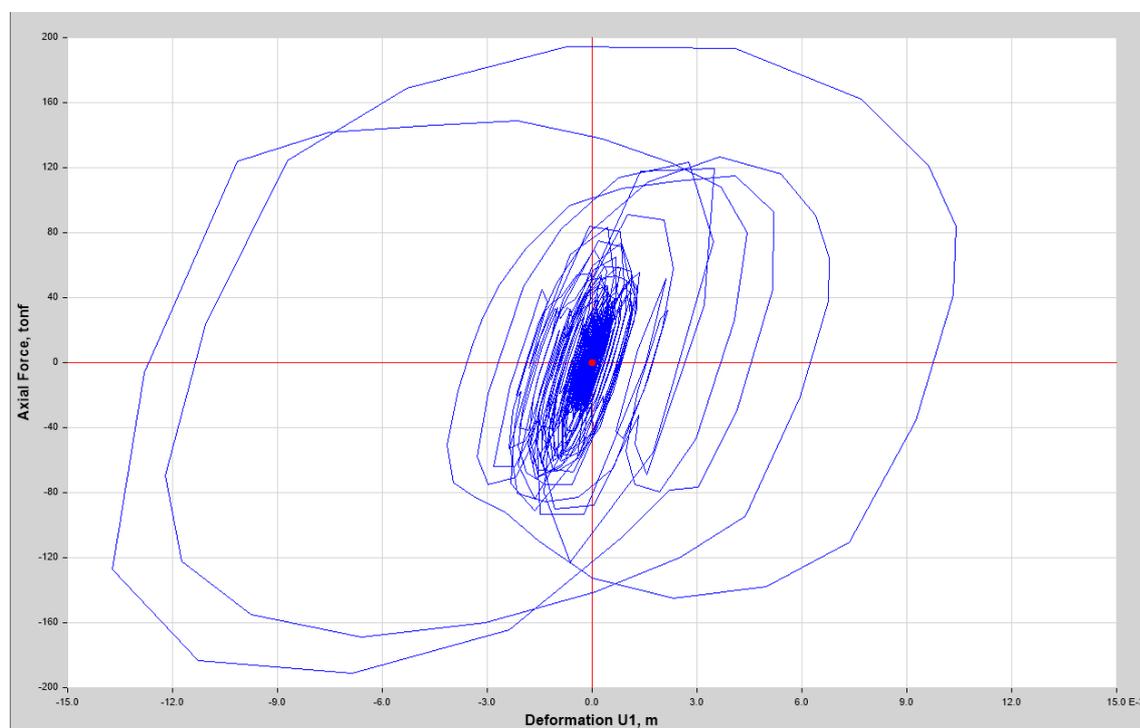


Figura 46 Elevación 4 - K16 (ETABS 2016)

Comportamiento Histérico en el eje Y cuarto nivel

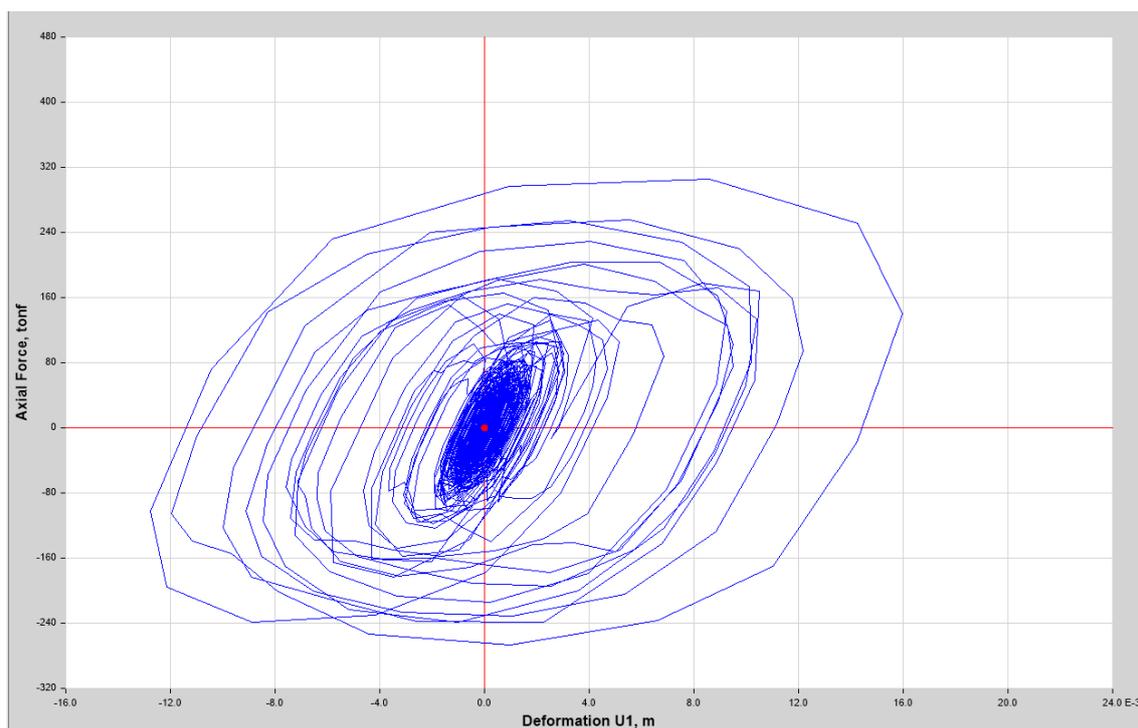


Figura 47. Elevación G - K20 (ETABS 2016)

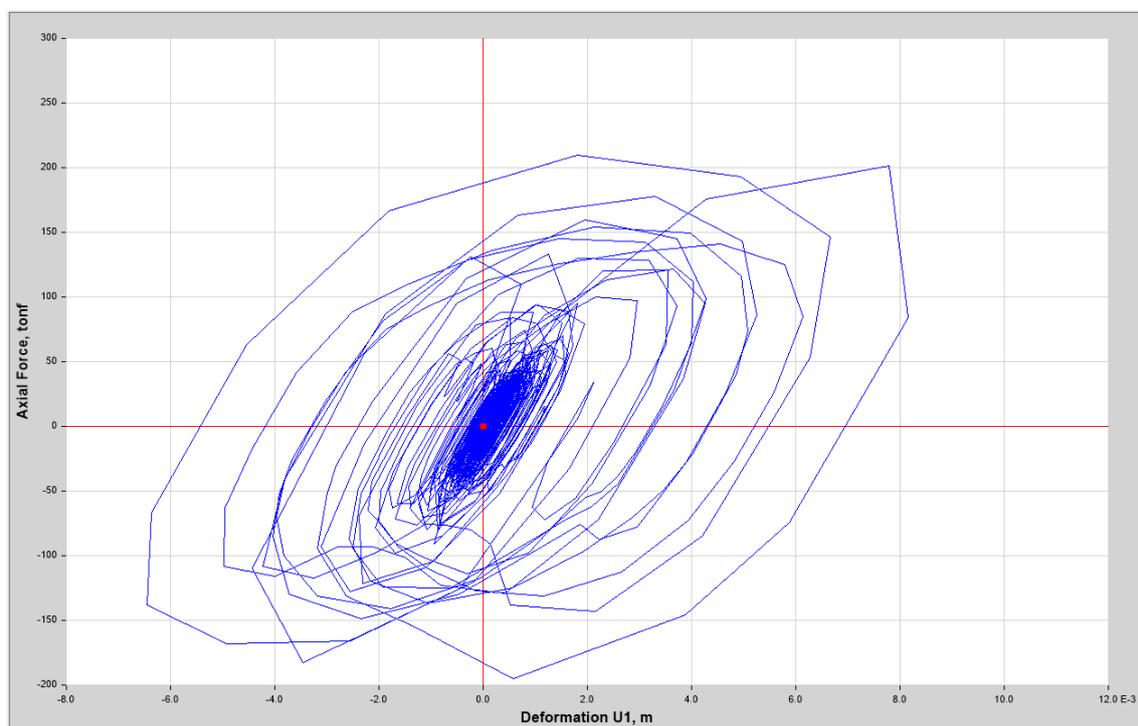


Figura 48. Elevación A - K24 (ETABS 2016)

3.11 Diseño de los elementos de acero del sistema

Para el acoplamiento de los disipadores tanto en el eje X como en el eje Y se emplearan dado los resultados en su fuerza estos corresponden a los tres tipos de disipadores de 330KIP, 440KIP, 675KIP y las características se detallan en catálogo de los distribuidores de Taylor Device

Tabla 42. *Catálogo de disipadores Taylor Device*

FORCE	SPHERICAL BEARING BORE DIA. (INCHES)	MID-STROKE LENGTH (INCHES)	STROKE (INCHES)	CLEVIS THICKNESS (INCHES)	CLEVIS WIDTH (INCHES)	CLEVIS DEPTH (INCHES)	CYLINDER DIA. (INCHES)	WEIGHT (lbs.)
330 KIP	3.00	43.50	±4	3.00	8 MAX	6.38	9-1/2 MAX.	675
440 KIP	3.50	53.00	±5	3.50	9 MAX	7.50	11-1/4 MAX.	1000
675 KIP	4.00	56.75	±5	4.50	11-1/4 MAX.	8.00	13-3/4 MAX.	1750

Fuente: Elaboración Propia

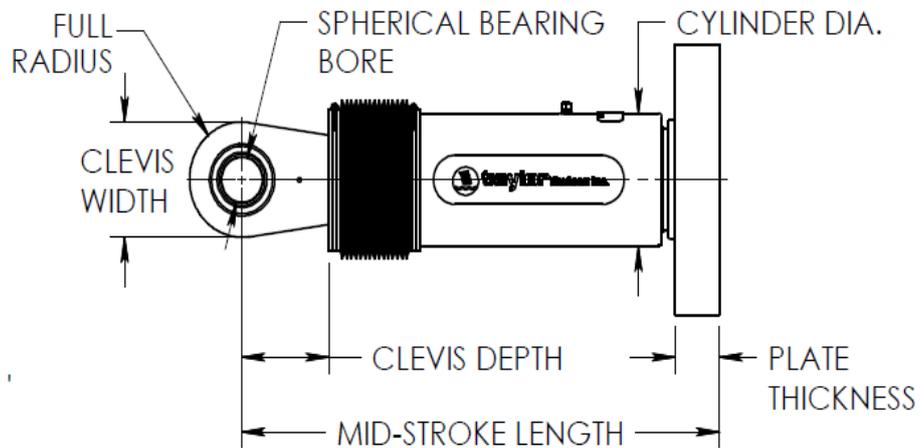


Figura 49. Demisiones de disipador Taylor Device

Tabla 43. Catálogo de placa de base de disipadores Taylor Device

FORCE	A	B	C	D	PLATE THICKNESS (INCHES)
330 KIP	7.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.010	3.00±.06
440 KIP	18.00±.12	13.50±.01	6.75±.01	1.500±.010	4.00±.06
675 KIP	20.00±.12	16.00±.01	8.00±.01	1.63±.01	4.00±.06

Fuente: Elaboración propia

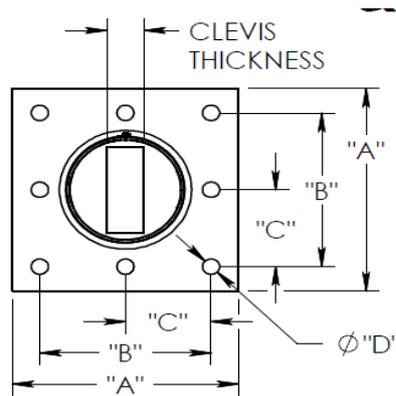


Figura 50. Dimensiones de placa del disipador Taylor Device (Fuente propia)

3.11.1 Disipador de 330 Kip

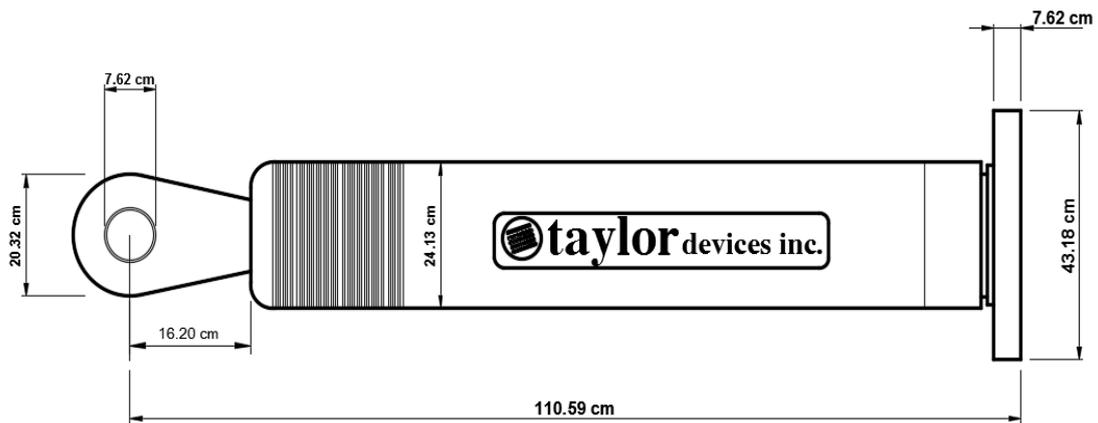


Figura 51. Dimensiones de disipador de 330 KIP (Fuente propia)

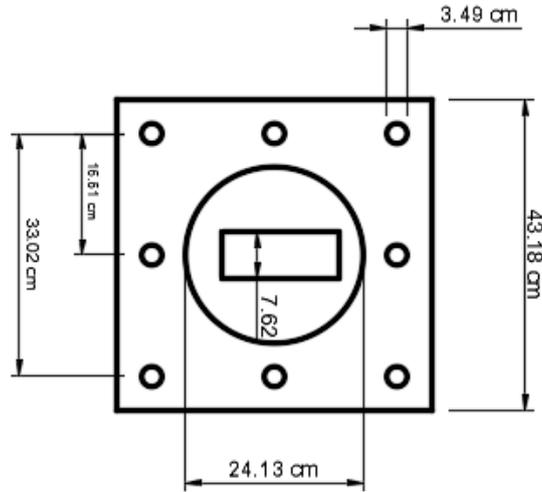


Figura 52 Dimensiones de placa disipador 330 KIP (Fuente propia)

3.11.2 Disipador de 440 Kip

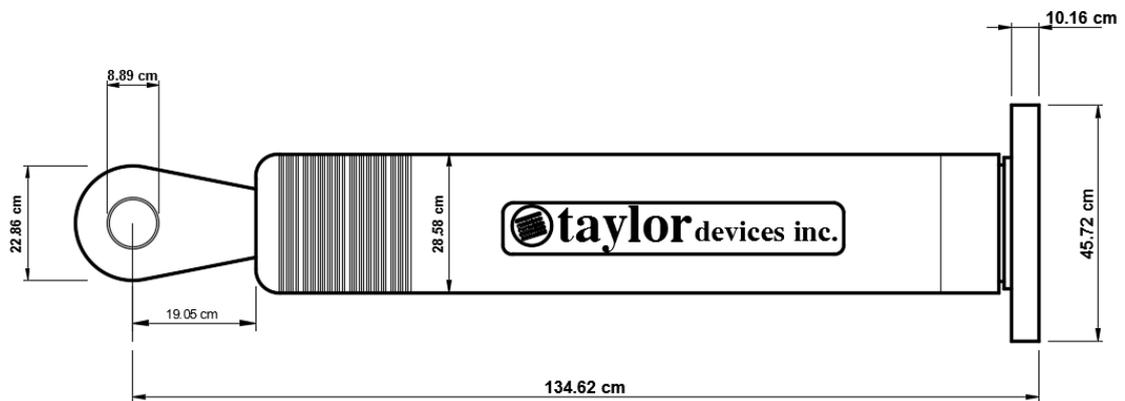


Figura 53. Dimensiones de disipador de 440 KIP (Fuente propia)

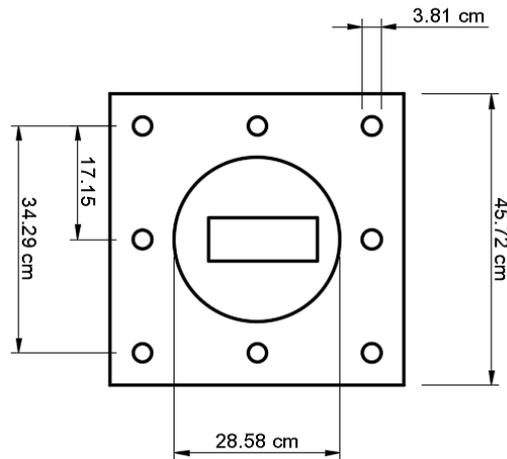


Figura 54. Dimensiones de placa de disipador 440 KIP (Fuente propio)

3.11.3 Disipador de 675 Kip

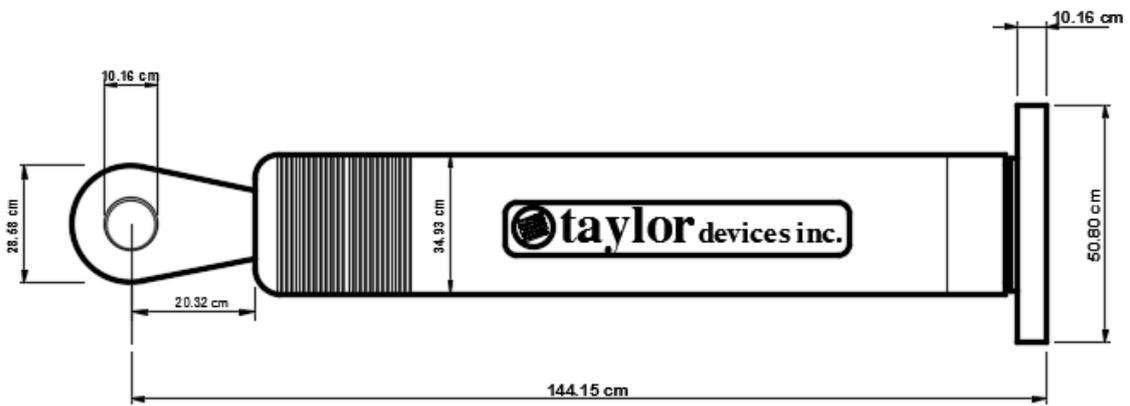


Figura 55. Dimensiones de disipador de 675 KIP (Fuente Propio)

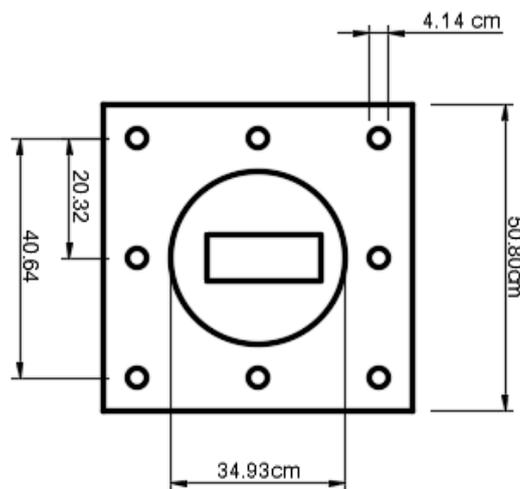


Figura 56. Dimensiones de placa de disipador 675 KIP (Fuente propio)

3.12 Diseño de brazos metálicos

Los brazos metálicos deberán ser diseñados para resistir la fuerza axial de tracción y compresión generado en el dissipador por un sismo de diseño escogido en ambas direcciones además se tomara en cuenta para el caso más desfavorable para un diseño estándar.

Tabla 44. *Diseño de brazos metálicos*

Shape	Design Wall Thickness, t	Nominal Wt	Area, A	D/t	I	S	r	Z	Torsion	
									J	C
HSS16X0.625	0.581	103.00	28.10	27.50	838.0	105.0	5.46	138.00	1680.00	209.00
X0.500	0.465	82.85	22.70	34.40	685.0	85.7	5.49	112.00	1370.00	171.00

Fuente: AISC Steel Construction manual 13th

3.12.1 Disposición Chevron eje X

Seguidamente se procede a diseñar el dispositivo que se tomó como ejemplar en el eje X que concierne en disposición Chevron Brace lo cual constan de dos brazos metálicos, estos brazos deberán ser diseñados para resistir la fuerza axial de tracción y compresión generada en el dissipador por un sismo severo que es de 197 Tnf, se recuerda que se está empleando el perfil tubular metálico Round HSS 16 x 0.625 al cual se considera las siguientes características

$$\text{Área de perfil (A)} = 22.7 \text{ in}^2$$

$$\text{Radio del perfil metálico (r)} = 5.49 \text{ in}$$

$$\text{Módulo de elasticidad del acero (E)} = 29000 \text{ KSI}$$

$$\text{Esfuerzo de fluencia (Fy)} = 35 \text{ KSI}$$

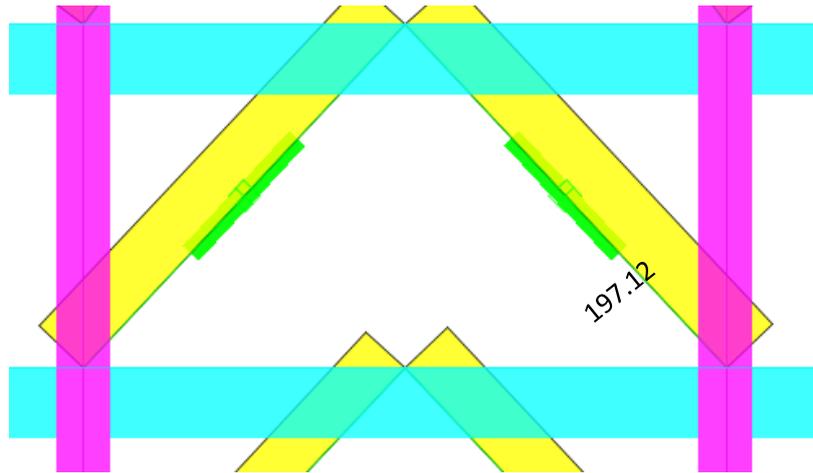


Figura 57. Fuera axial de pórtico causado por el dissipador en el eje X (ETABS 2016)

- Se calcula la longitud del brazo descontando en su medida la longitud del dissipador

$$L_{total} = 5.26m$$

$$L_{total} - L_{dissipador} = 5.26 - 1.35 m = 3.91m$$

$$L_{brazo} = 3.91 m \rightarrow 153.94 in$$

3.12.2 Se calcula el esfuerzo de pandeo crítico

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 29000}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad F_e = \frac{\pi^2 \times 29000}{\left(\frac{153.94}{5.49}\right)^2} = 364 \text{ KSI}$$

- Seguidamente se calcula el esfuerzo de pandeo por flexión en el perfil HSS con la siguiente fórmula

$$F_{rc} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) \times F_y \quad F_{rc} = \left(0.658 \frac{35}{364}\right) \times 35 = 33.62 \text{ KSI}$$

- La resistencia de nominal mediante de método LRFD será

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

$$\phi P_n = 0.9 \times 33.62 \times 22.7 = 686.86 \text{ KIPS} \approx 311.55 \text{ Tnf}$$

- La resistencia del perfil con el total de trabajo en fluencia será lo siguiente

$$\phi T_n = \phi \times F_y \times A$$

$$\phi T_n = 0.9 \times 35 \times 22.7 = 715.05 \text{ KIPS} \approx 324.32 \text{ Tnf}$$

Se comprueba si cumple

$$\phi P_n = 312 \text{ Tnf} > 197 \text{ Tnf} \text{ (OK)}$$

$$\phi T_n = 324 \text{ Tnf} > 197 \text{ Tnf} \text{ (OK)}$$

3.13 Disposición Diagonal eje Y

Asimismo se procede a diseñar el dispositivo que se tomó como ejemplar en el eje Y que concierne en disposición diagonal lo cual constan de dos brazos metálicos, estos brazos deberán ser diseñados para resistir la fuerza axial de tracción y compresión generada en el disipador por un sismo severo que es de 261 Tnf, se recuerda que se está empleando el perfil tubular metálico Round HSS 16 x 0.625 al cual se considera las siguientes características

$$\text{Área de perfil (A)} = 28.1 \text{ in}^2$$

$$\text{Radio del perfil metálico (r)} = 5.46 \text{ in}$$

$$\text{Módulo de elasticidad del acero (E)} = 29000 \text{ KSI}$$

$$\text{Esfuerzo de fluencia (Fy)} = 28 \text{ KSI}$$

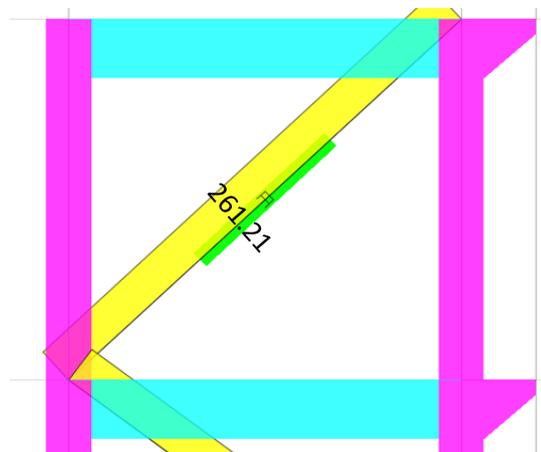


Figura 58. Fuerza axial causado pórtico en el eje Y (ETABS 2016)

- Se calcula la longitud del brazo descontando en su medida la longitud del disipador

$$L_{total} = 6.50 \text{ m}$$

$$L_{total} - L_{disipador} = 6.50 - 1.44 = 5 \text{ m}$$

$$L_{brazo} = 5 \text{ m} \rightarrow 196.85 \text{ in}$$

3.13.1 Se calcula el esfuerzo de pandeo crítico

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 29000}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} \quad F_e = \frac{\pi^2 \times 29000}{\left(\frac{196.85}{5.46}\right)^2} = 220.2 \text{ KSI}$$

- Seguidamente se calcula el esfuerzo de pandeo por flexión en el perfil HSS con la siguiente fórmula

$$F_{rc} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) \times F_y \quad F_{rc} = \left(0.658 \frac{28}{220.2}\right) \times 28 = 26.55 \text{ KSI}$$

- La resistencia de nominal mediante de método LRFD será

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

$$\phi P_n = 0.9 \times 26.55 \times 28.1 = 671.45 \text{ KIPS} \approx 304.56 \text{ Tnf}$$

- La resistencia del perfil con el total de trabajo en fluencia será lo siguiente

$$\phi T_n = \phi \times F_y \times A$$

$$\phi T_n = 0.9 \times 28 \times 28.1 = 708.12 \text{ KIPS} \approx 321.2 \text{ Tnf}$$

Se comprueba si cumple

$$\phi P_n = 305 \text{ Tnf} > 261 \text{ Tnf} \text{ (OK)}$$

$$\phi T_n = 321 \text{ Tnf} > 261 \text{ Tnf} \text{ (OK)}$$

3.14 Esquemas de resultados finales

3.14.1 Desplazamientos en el centro de masa en el eje X

Se procede s determinar los desplazamientos en el centro de masa en dirección Y de la edificación con respecto por sismo de Lima de 1966

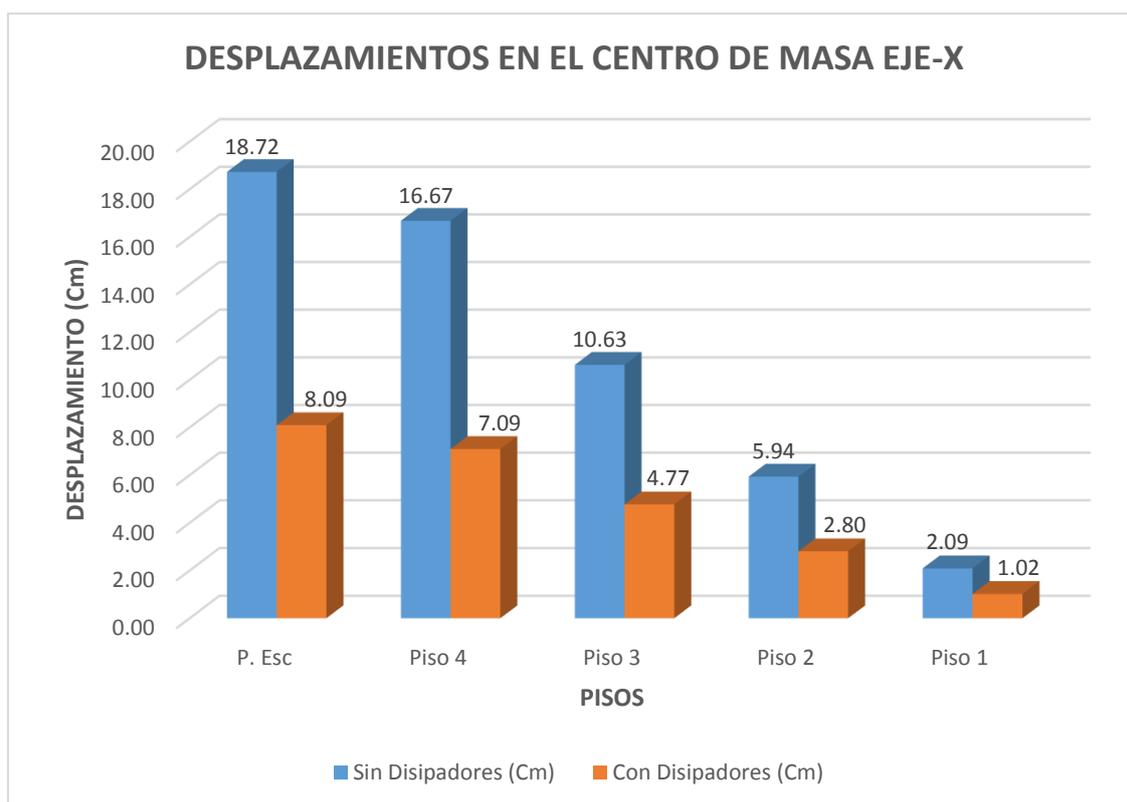


Figura 59. Desplazamientos en el centro de masa eje-X (Fuente propio)

Tabla 45. Comparación de desplazamientos del edificio con y sin disipadores

Piso	Sin Disipadores (Cm)	Con Disipadores (Cm)	% Reducción
P. Esc	18.72	8.09	57%
Piso 4	16.67	7.09	57%
Piso 3	10.63	4.77	55%
Piso 2	5.94	2.80	53%
Piso 1	2.09	1.02	51%

Fuente: Elaboración propia

3.14.2 Desplazamientos en el centro de masa en el eje Y

Se procede s determinar los desplazamientos en el centro de masa en dirección Y de la edificación con respecto por sismo de Chimbote de 1970

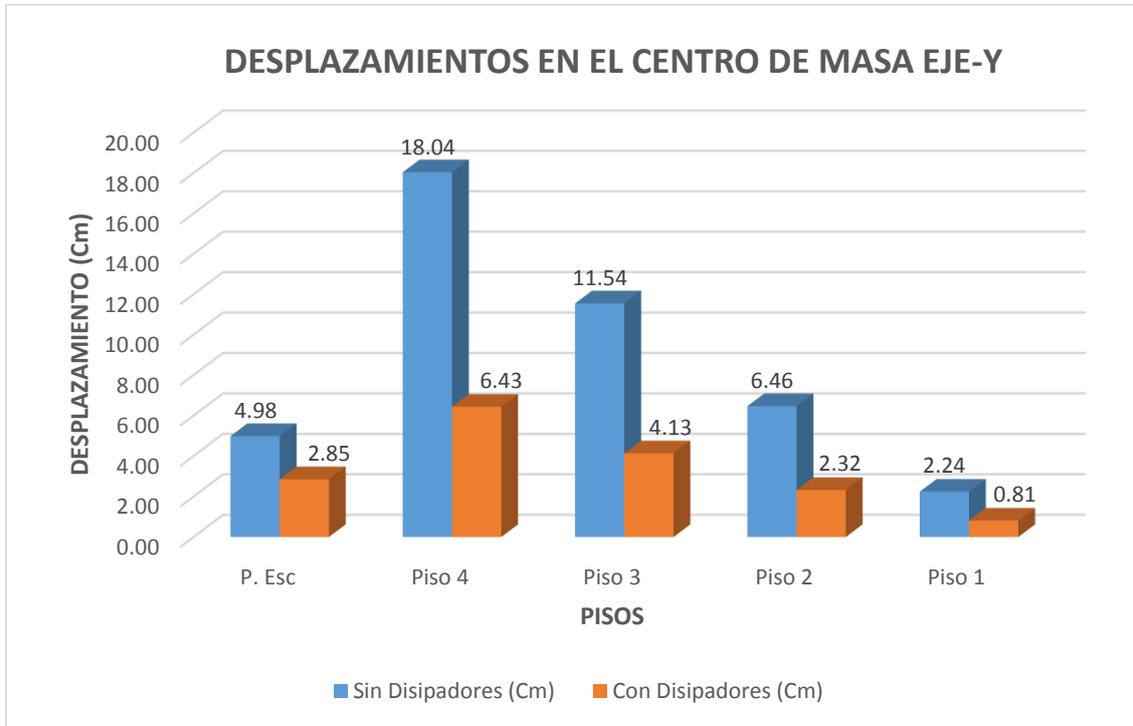


Figura 60. Desplazamientos en el centro de masa eje - Y (Fuente propio)

Tabla 46. Desplazamientos en el centro de masa eje - Y

Piso	Sin Disipadores (Cm)	Con Disipadores (Cm)	% Reducción
P. Esc	4.98	2.85	43%
Piso 4	18.04	6.43	64%
Piso 3	11.54	4.13	64%
Piso 2	6.46	2.32	64%
Piso 1	2.24	0.81	64%

Fuente: elaboración propia

3.14.3 Derivas entre piso en el eje X

Se procede s determinar las derivas de entrepiso en dirección X de la edificación con respecto por sismo de Lima de 1966

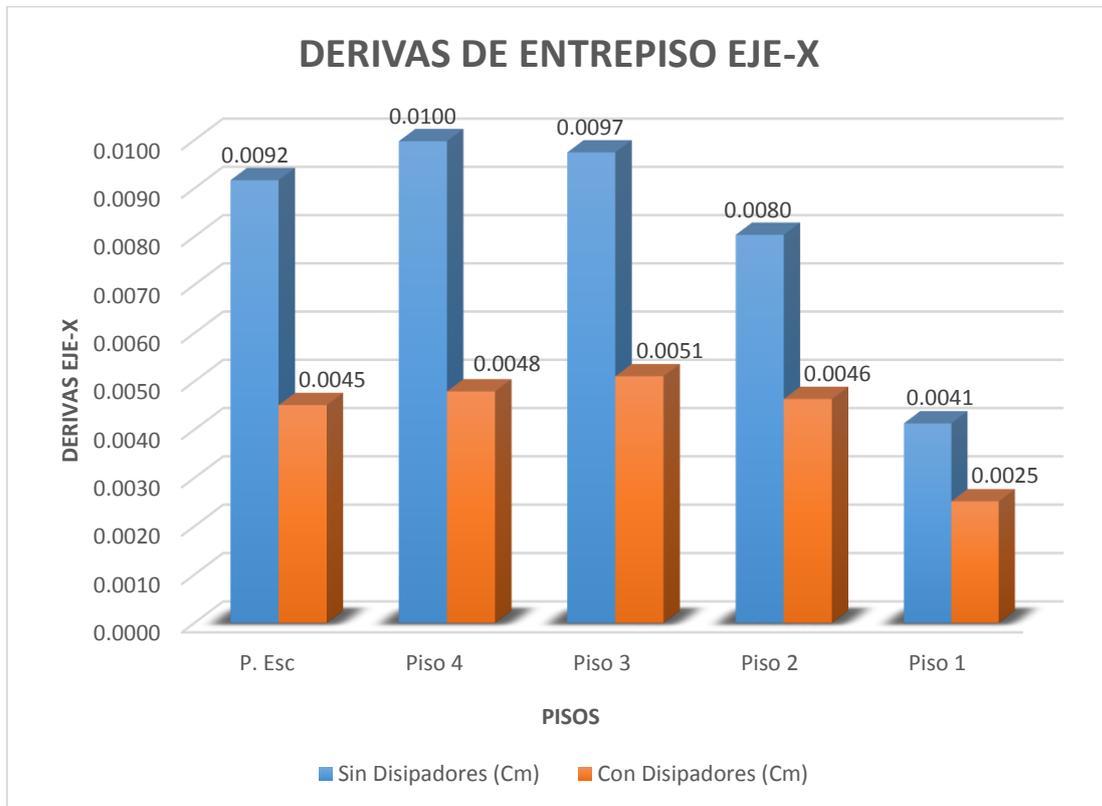


Figura 61. Derivas de entrepiso eje - X (Fuente propio)

Tabla 47. Derivas de entre piso eje - X

Piso	Sin Disipadores (Cm)	Con Disipadores (Cm)	% Reducción
P. Esc	0.0092	0.0045	51%
Piso 4	0.0100	0.0048	52%
Piso 3	0.0097	0.0051	48%
Piso 2	0.0080	0.0046	43%
Piso 1	0.0041	0.0025	39%

Fuente: Elaboración propia

3.14.4 Derivas entre piso en el eje Y

Así mismo se procede a determinar las derivas de entrepiso en dirección Y de la edificación con respecto por sismo de Chimbote de 1970

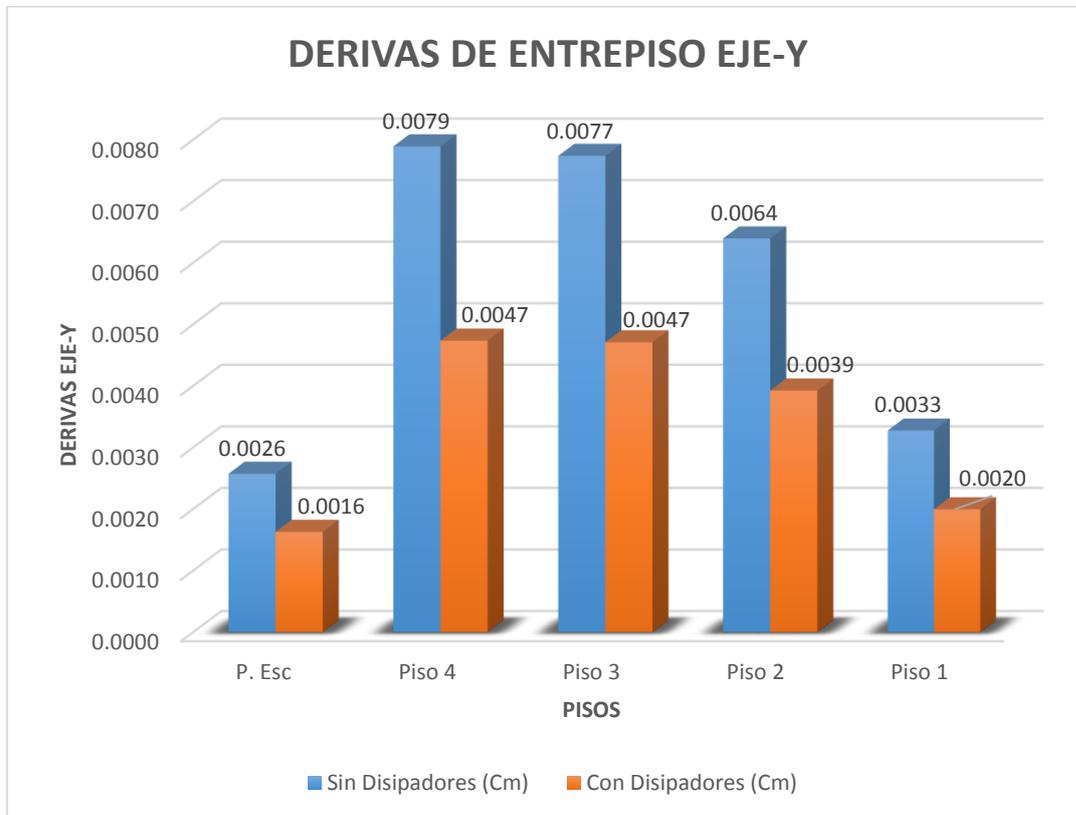


Figura 62. Derivas de entre piso eje - Y (Fuente propio)

Tabla 48. Derivas de entre piso eje - Y

Piso	Sin Disipadores (Cm)	Con Disipadores (Cm)	% Reducción
P. Esc	0.0026	0.0016	37%
Piso 4	0.0079	0.0047	40%
Piso 3	0.0077	0.0047	39%
Piso 2	0.0064	0.0039	39%
Piso 1	0.0033	0.0020	39%

Fuente: Elaboración propia

3.15 Esfuerzos máximos en elementos estructurales

3.15.1 Cortante en placas dirección eje X

Se procede s determinar las cortantes en las diferentes placas del edificio de la primera planta donde se es más desfavorable con respecto al sismo de Lima de 1966

Tabla 49. Cortantes en placas dirección eje - X

Piso	Placa	Locación	Sin Disipadores V2 tonf	Con Disipadores V2 tonf	% Reducción
Piso 1	PL 1	Base	1886.012	1029.6073	45%
Piso 1	PL 2	Base	94.1513	53.6704	43%
Piso 1	PL 3	Base	849.8675	652.8208	23%
Piso 1	PL 4	Base	912.9695	676.5891	26%
Piso 1	PL 5	Base	3003.79	1425.6731	52%
Piso 1	PL 6	Base	73.3064	49.0693	33%
Piso 1	PL 7	Base	216.9628	99.7877	45%
Piso 1	PL 8	Base	955.1212	545.968	42%

Fuente: elaboración propia

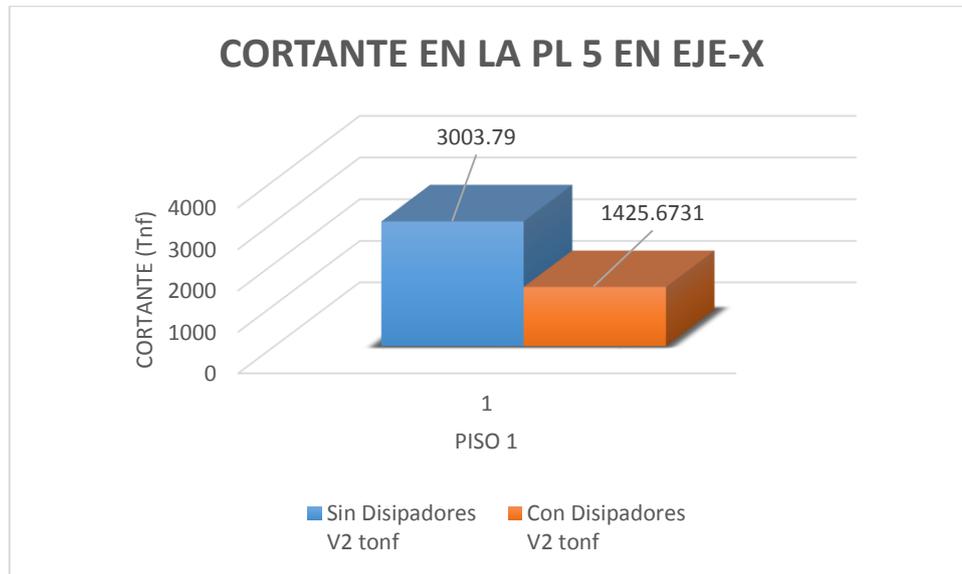


Figura 63. Cortantes en PL 5 eje - X (Fuente propio)

3.15.2 Cortantes en placas dirección eje Y

Así mismo se procede a determinar las cortantes en las diferentes placas del edificio de la primera planta donde se es más desfavorable con respecto al sismo de Chimbote de 1970

Tabla 50. Cortantes en placas dirección eje - Y

Piso	Placa	Locación	Sin Disipadores V2 tonf	Con Disipadores V2 tonf	% Reducción
Piso 1	PL 1	Base	2074.4018	906.7611	45%
Piso 1	PL 2	Base	89.3463	52.2834	43%
Piso 1	PL 3	Base	876.4306	576.4739	23%
Piso 1	PL 4	Base	684.0779	536.6545	26%
Piso 1	PL 5	Base	2585.5299	1466.0854	52%
Piso 1	PL 6	Base	98.3904	46.8786	33%
Piso 1	PL 7	Base	159.0139	71.8247	45%
Piso 1	PL 8	Base	923.5503	547.9395	42%

Fuente: Elaboración propia

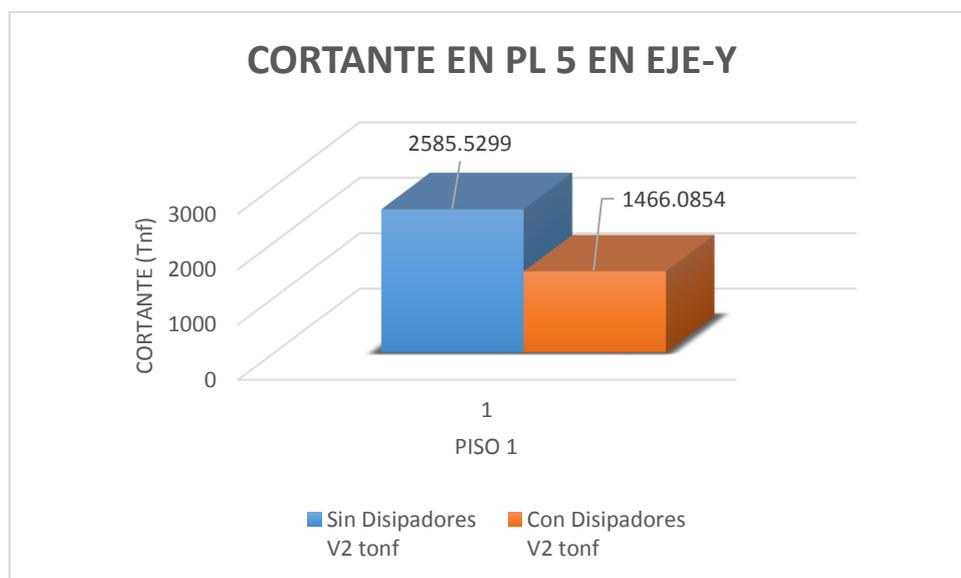


Figura 64. Cortante en PL 5 en el eje - Y (Fuente propio)

3.15.3 Momentos en placas dirección eje X

Tabla 51. Momentos en placas dirección eje - X

Piso 1	Placa	Locación	Sin Disipadores M3 tonf-m	Con Disipadores M3 tonf-m	% Reducción
Piso 1	PL 1	Base	13654.748	7279.1803	47%
Piso 1	PL 2	Base	200.0461	112.5934	44%
Piso 1	PL 3	Base	7191.3175	4455.8651	38%
Piso 1	PL 4	Base	7024.6423	4097.2459	42%
Piso 1	PL 5	Base	16374.5577	6117.778	63%
Piso 1	PL 6	Base	138.4458	102.1713	26%
Piso 1	PL 7	Base	455.0662	217.619	52%
Piso 1	PL 8	Base	4268.7115	2393.6901	44%

Fuente: elaboración propia

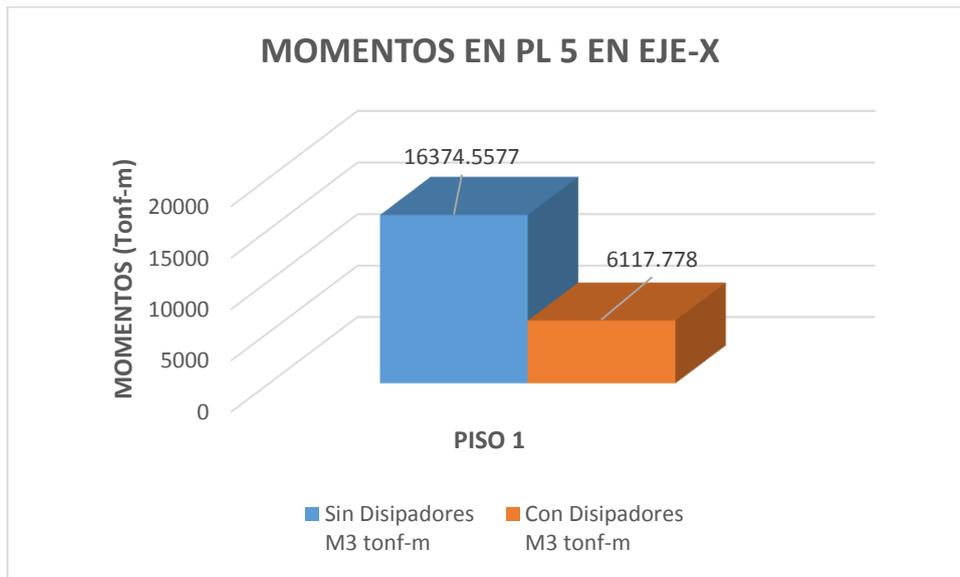


Figura 65. Momentos en PL 5 eje - X (Fuente propia)

3.15.4 Momentos en placas dirección eje Y

Tabla 52. Momentos en placas dirección eje - Y

Piso 1	Placa	Locación	Sin Disipadores M3 tonf-m	Con Disipadores M3 tonf-m	% Reducción
Piso 1	PL 1	Base	14453.3417	7097.5993	51%
Piso 1	PL 2	Base	190.1589	111.1152	42%
Piso 1	PL 3	Base	6490.9709	3753.9599	34%
Piso 1	PL 4	Base	5255.8307	3480.7208	34%
Piso 1	PL 5	Base	13725.5011	6512.5053	53%
Piso 1	PL 6	Base	204.6381	90.848	56%
Piso 1	PL 7	Base	321.613	142.0245	56%
Piso 1	PL 8	Base	4483.7628	2339.3974	48%

Fuente: elaboración propia

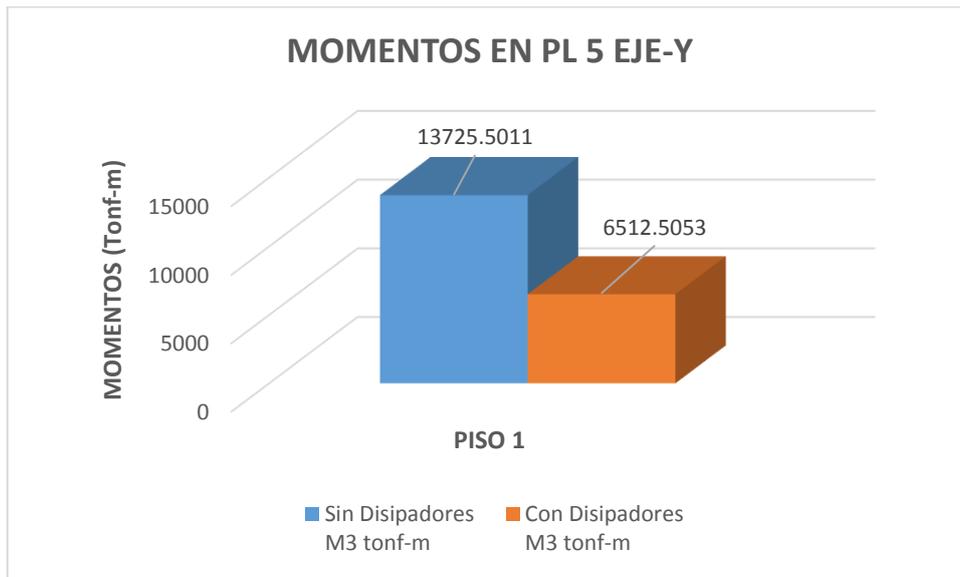


Figura 66. Momentos en PL 5 eje – Y (Fuente propio)

3.16 Cortantes en columna C6

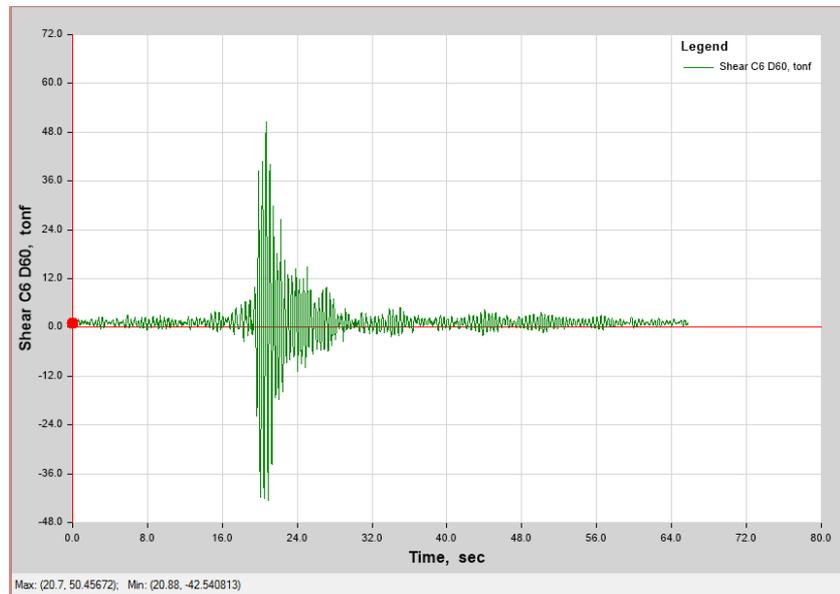


Figura 67. Cortante en columna C6 (ETAS 2016)

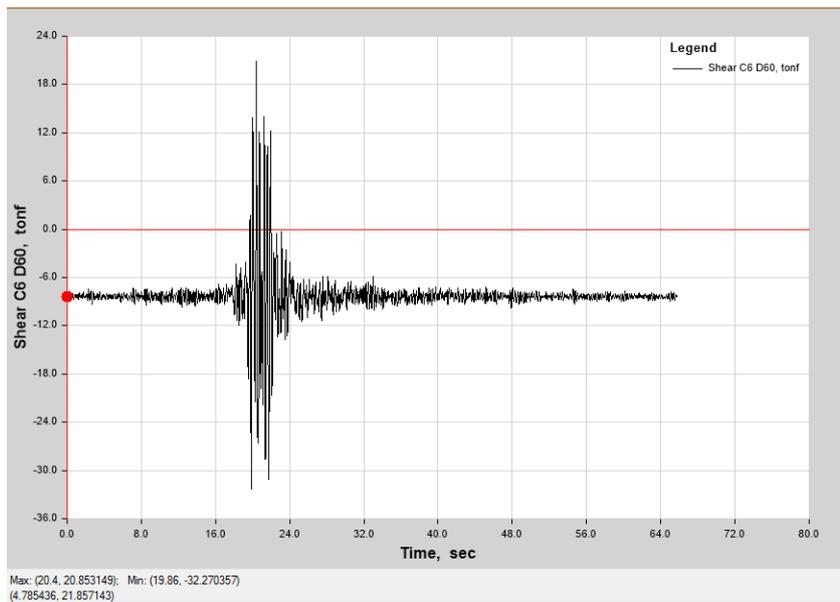


Figura 68. Cortante en columna C6 (ETABS 2016)

Tabla 53. Valores máximos de cortantes en columnas

Piso 1	Sin disipador	Con disipador	% Reducción
1	50.46	20.85	58.68

IV DISCUCIONES

Para la incorporación de los disipadores de fluido viscoso se basa primordialmente de los expedientes técnicos en particular de los planos estructural e arquitectónico en la cual nos brinda la información necesaria de los parámetros sísmicos con unos desplazamientos de centro de masa y distorsiones de entre piso:

Para expediente técnico el desplazamiento de ultimo nivel para la dirección X es de 2.3 cm, para presente estudio de evaluación del pabellón D es de 2 cm lo que difiere en 13% de igual modo para la dirección en Y el expediente en el último nivel es de 1 cm y para la evaluación es de 1.5 cm lo que difiere en 30%

Para el expediente técnico las distorsiones de entre piso máximo para la dirección X son de 0.0055 y para estudio de evaluación es de 0.0066 difiriendo en 15% de igual modo para la dirección Y el expediente la distorsión es de 0.0056 y para la evaluación es de 0.0065 difiriendo en 13.8%

Para la implementación de los disipadores la norma peruana E.030 permite utilizar la norma (ASCE/SEI 7 – 10) tomando en cuenta las fuerzas cortantes mínimas y distorsión entre piso permisible pero tener en cuenta que esta norma tiene otros parámetros en cuestión de análisis sísmico

La incorporación de los disipadores de fluido viscoso proporciona solo amortiguación más no rigidez y tendrá diferente comportamiento en distintas edificaciones y que no siempre los resultados están en proporción al número de disipadores

Con nuestro sismo de diseño el de lima de 1966 en dirección X se redujeron las distorsiones entre piso hasta un 53% y los desplazamientos en centímetros en 57% así mismo las fuerzas cortantes en 52% lo que implica una reducción importante para el desempeño de que se propuso

Con el sismo de diseño el de Huaraz de 1970 en dirección Y se redujeron las distorsiones entre piso hasta un 40% y los desplazamientos en centímetros en 64% asimismo las fuerzas cortantes en 45% cabe mencionar que para la dirección se implementó 2 disipadores por piso

Las normas Internacionales como el comité Vision 2000 y la Metodología Hazus tuvieron cercanos respuestas según sus proposiciones tomando las deriva de objetivo de 0.0056 según el uso de la edificación y el nivel de daño variando en solo el 0.85%

V. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo satisfactoriamente el análisis modal espectral del pabellón D cumpliendo con las exigencias para el futuro acoplamiento de los disipadores de fluido viscoso teniendo en cuenta con los datos proporcionados por los planos y especificaciones técnicas

Quedo aclarado durante la investigación que los disipadores de fluido viscoso no modifico los periodos (T) originales de un primer análisis tanto en el eje X y el eje Y las cuales se mantienen invariables 0.4 y 0.33 respectivamente demostrando que solo aportaron amortiguación

El acoplamiento de los dispositivos viscosos reducen un gran porcentaje considerable de las fuerzas actuantes en todos los elementos estructurales, adicionando la amortiguación necesaria y controlando en cuanto ambientes libres se refiere, evitando así muros de corte y columnas de grandes dimensiones.

Dada la arquitectura del pabellón D se tuvo que optar por dos disposiciones tales como el Chevron y la disposición en diagonal donde se logró satisfacer las necesidades estructurales y minimizar las incomodidades de los espacios interiores natural

Durante el análisis se pudo comparar, que si no hay ninguna inconveniencia como la de luces largas la disposición en diagonal tiene mejores respuestas mínimas en cuestión de fuerzas axiales que la de la disposición Chevron en un pórtico de regular distancia

La energía disipada por los disipadores tuvo un gran porcentaje de absorción en ambas direcciones superando el 75% de toda la energía entrante en la edificación esto implica que solo tendría daños moderados reparables

VI. RECOMENDACIONES

Para edificaciones en proyecto se puede elegir con mejor viabilidad el amortiguamiento requerido desde 15% hasta el 40% logrando una cantidad requerida de disipadores por otro lado en edificios ya existentes sedara el amortiguamiento de acuerdo al estado en que se encuentra y las remodelaciones que se puede dar

Para mejor eficacia de los disipadores se recomienda acoplar los disipadores en ambos ejes del edificio 2 disipadores como mínimo en cada entre piso que se necesite cabe mencionar que en edificios existentes el acoplamiento en un solo eje causaría un ligero aumento de las fuerza cortante

Los disipadores de fluido viscoso tienen mejor efectividad en estructuras de gran altura de flexibilidad moderada la cual demuestra más su eficacia a comparación de edificaciones rígidas

El mecanismo de estos dispositivos no tiene mayor complejidad a comparación de otros sistemas no requieren mantenimiento hasta por un periodo de 25 años solo requieren supervisión técnica luego de un sismo severo aprovechando estas condiciones son más favorables en cuestiones económicos

Estudiar minuciosamente la edificación antes del acoplamiento de los disipadores reforzar si es necesario para no tener mayores dificultades en su desempeño ya que la carga propia de los disipadores podría causar patologías a un sin la venida de un sismo

Los disipadores de fluido viscosos tienen cierta ventaja contra otros dispositivos antisísmicos como los aisladores en términos económicos así mismo son más favorables en edificaciones existentes

VII. REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

Pardo, J. (2007). Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal. (Tesis para obtener el título de ingeniería civil). Universidad Austral de Chile, Valdivia Chile

Sandoval, M. (2008). Algoritmo de control de desplazamientos de edificios semiactivo de manera descentralizada (Tesis para obtener el título de ingeniería civil). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, México

Pinzón, N. & Martínez, E. (2014). Estado del arte y modelo didáctico-descriptivo de amortiguadores y aisladores sísmicos. (Tesis para obtener el título de ingeniería civil). Universidad Católica de Colombia, Bogotá

Maruri, C. (2015). Modelo estructural a escala utilizando amortiguadores viscosos como sistemas de disipación pasiva de energía. (Tesis para obtener el título de Ingeniería civil). Universidad San Francisco, Quito Ecuador

Cano, H. & Zumaeta, E. (2012). Diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y el edificio con disipadores de energía para un sismo severo. (Tesis para obtener el título de Ingeniería civil). Universidad Peruana de ciencias Aplicadas, Lima Perú

Carranza, J y Calderón, E. (2015). Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo. (Tesis para obtener el título de Ingeniería civil). Universidad privada Antenor Orrego, Trujillo Perú

Segovia, M. (2016). Diseño de disipadores de energía metálicos para una edificación de baja altura de concreto armado (Tesis para obtener el grado de magister). Pontificia Universidad Católica, Lima Perú

Romero D. (2013). Diseño de edificaciones con disipadores de energía sísmica de tipo de fluido viscoso. (Tesis para obtener el título de ingeniero civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca Perú

Villarreal Genner Y Oviedo Sarmiento (2008). Edificaciones con Dispositivos Pasivos de Disipación de Energía. Primera edición. Lima: Grafica norte S.R.L.

Chopra Anil. (2014). Dinámica de Estructuras. Cuarta edición. Estado de México: Pearson Educación

Chávez J. (2017). Diseño sismo resistente de edificios con disipadores de fluido viscoso. Primera edición Lima: Grupo universitario S.A.C

Oviedo, J & Pilar, M. (2009). Disipadores histeréticos metálicos como técnica de control de respuesta sísmica en edificaciones colombianas. *EIA*. p.60.

Desarrollo Tecnológico. (2011). Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía. Protección Sísmica de estructuras, 19-20

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION SANEAMIENTO – 2016 Decreto Supremo que modifica la norma técnica E-030 Diseño Sismoresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por el decreto supremo N. 011 2006-Vivienda, Modificada con Decreto Supremo. (El Peruano, Lima)

Hernández, Fernández, & Baptista. (2003). Metodología de la investigación. Bogotá: Mc Graw HILL

ETABS. Computers and structures. Inc CD-ROM. Version 16.0.2. ingeniería antisísmica

Herraiz, Miguel (1997). Conceptos básicos de sismología para ingenieros 1.aed Lima: Cismid. 140pp

Aisc Steel Construction (EEUU). American institute Steel constructions. s.l 2005. 2181pp

International Journal of Research in Engineering and Technology. (2018). Study On the Effect of Viscous Damper for RCC Frame Structure. Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/323239248_STUDY_ON_THE_EFFECT_OF_VISCOUS_DAMPER_FOR_RCC_FRAME_STRUCTURE

ANEXOS

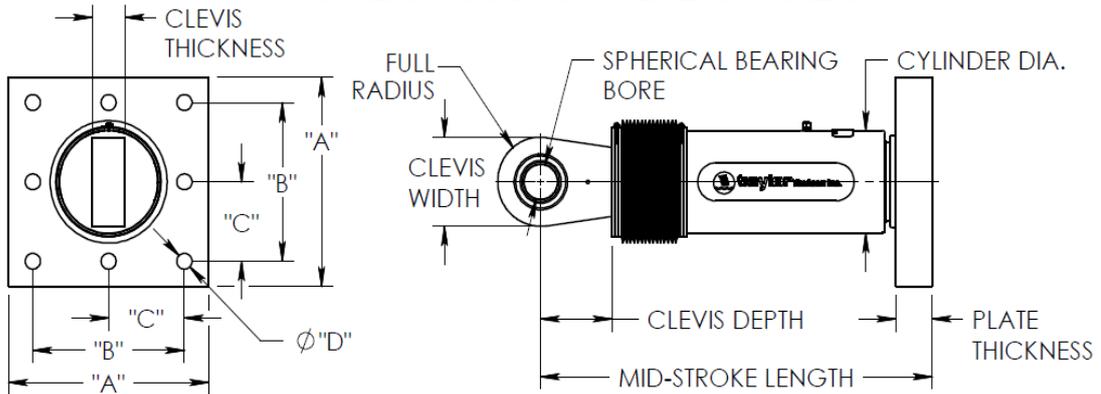
Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE (X)	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cómo realizar el análisis sísmico en el pabellón D utilizando disipadores de energía de fluido viscoso en la Universidad Cesar Vallejo?	Desarrollar el análisis sísmico en el pabellón D utilizando disipadores de energía de fluido viscoso en la Universidad Cesar Vallejo	El disipador de energía fluido viscoso mejora las respuestas del análisis sísmico en el pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima este	Análisis Sísmico	Distorsión de entre piso Metodología Hazus Comportamiento histeretico	Norma sismoresistente E.030 _Derivas _Desempeño _Formalidad _Fuerza de sismo
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	VARIABLE (Y)	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuánto se reducen las distorsiones de entre piso, aplicando el porcentaje de amortiguamiento viscoso en el pabellón D de la UCV Lima Este?	Reducir las distorsiones de entre piso aumentando el porcentaje de amortiguamiento viscoso en el pabellón D en UCV sede Lima Este	Las distorsiones de entre piso se reducen aumentando el 15% por ciento de amortiguamiento viscoso en el pabellón D en la UCV sede Lima Este		Amortiguamiento Viscoso (BH)	Especificaciones Técnicas de amortiguación (15 - 40)%
¿Cuál será el coeficiente de amortiguamiento necesario para que las derivas cumplan con la Metodología Hazus en el pabellón D de la UCV sede Lima Este?	Determinar el coeficiente de amortiguamiento para que las derivas cumplan con la Metodología Hazus en el pabellón D en la UCV sede Lima Este	El coeficiente de amortiguamiento cumple con la deriva en la zona moderada (0.0056) según la Metodología Hazus en el pabellón D de la UCV sede Lima Este	Disipadores de Energía de Fluido Viscoso	Coeficiente de Amortiguación (C)	- Masa de edificio - Desplazamiento - Periodo
¿El comportamiento histeretico cumple con la fuerza del disipador Taylor Device en pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este?	Determinar el comportamiento histeretico que cumpla con la fuerza Taylor Device en el pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este	El comportamiento histeretico cumple con la fuerza del disipador de 330 a 650kip en pabellón D de la Universidad Cesar Vallejo sede Lima Este		Disipador Taylor Devive	_ Longitud _ Área _ Liquidos



taylor devices inc.

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



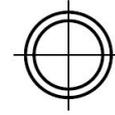
FORCE	SPHERICAL BEARING BORE DIA. (INCHES)	MID-STROKE LENGTH (INCHES)	STROKE (INCHES)	CLEVIS THICKNESS (INCHES)	CLEVIS WIDTH (INCHES)	CLEVIS DEPTH (INCHES)	CYLINDER DIA. (INCHES)	WEIGHT (lbs.)
55 KIP	1.50	31.00	±3	1.63	4 MAX	3.25	4-1/2 MAX.	98
110 KIP	2.00	39.25	±4	2.13	5 MAX	4.00	5-3/4 MAX.	215
165 KIP	2.25	40.00	±4	2.25	6 MAX	5.10	7-1/4 MAX.	400
220 KIP	2.75	41.25	±4	2.75	7-1/2 MAX.	5.88	8-1/4 MAX.	560
330 KIP	3.00	43.50	±4	3.00	8 MAX	6.38	9-1/2 MAX.	675
440 KIP	3.50	53.00	±5	3.50	9 MAX	7.50	11-1/4 MAX.	1000
675 KIP	4.00	56.75	±5	4.50	11-1/4 MAX.	8.00	13-3/4 MAX.	1750
900 KIP	5.00	64.00	±5	5.50	12-3/4 MAX.	10.75	16-3/4 MAX.	2400
1450 KIP	0	0	0	0	0	0	0	0
1800 KIP	0	0	0	0	0	0	0	0

FORCE	"A"	"B"	"C"	"D"	PLATE THICKNESS (INCHES)
55 KIP	7.00±.12	5.00±.01	†	0.81±.01	1.50±.03
110 KIP	11.12±.12	8.00±.01	†	1.25±.01	1.50±.03
165 KIP	13.50±.12	10.00±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03
220 KIP	16.50±.12	12.50±.01	6.25±.01	1.25±.01	3.00±.06
330 KIP	7.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.010	3.00±.06
440 KIP	18.00±.12	13.50±.01	6.75±.01	1.500±.010	4.00±.06
675 KIP	20.00±.12	16.00±.01	8.00±.01	1.63±.01	4.00±.06
900 KIP	†	†	†	†	†
1450 KIP	†	†	†	†	†

Anexo 2. Dimensiones y propiedades de brazo metálico HSS



**DIMENSIONS AND SECTION
PROPERTIES OF ROUND HSS**



Shape	Design Wall Thickness, t	Nominal Wt	Area, A	D/t	I	S	r	Z	Torsion	
	in.	lb/ft	in.2		in.4	in.3	in.	in.3	J	C
									in.4	in.3
HSS20X0.500	0.465	104.00	28.50	43.00	1360.0	136.0	6.91	177.00	2720.00	272.00
X0.375	0.349	78.67	21.50	57.30	1040.0	104.0	6.95	135.00	2080.00	208.00
HSS18X0.500	0.465	93.54	25.60	38.70	985.0	109.0	6.20	143.00	1970.00	219.00
X0.375	0.349	70.66	19.40	51.60	754.0	83.8	6.24	109.00	1510.00	168.00
HSS16X0.625	0.581	103.00	28.10	27.50	838.0	105.0	5.46	138.00	1680.00	209.00
X0.500	0.465	82.85	22.70	34.40	685.0	85.7	5.49	112.00	1370.00	171.00
X0.438	0.407	72.87	19.90	39.30	606.0	75.8	5.51	99.00	1210.00	152.00
X0.375	0.349	62.64	17.20	45.80	526.0	65.7	5.53	85.50	1050.00	131.00
X0.312	0.291	52.32	14.40	55.00	443.0	55.4	5.55	71.80	886.00	111.00

Fuente: AISC STEEL

Anexo 3. Clasificación tipo de estructura

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ($\leq 5,000$ sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2			All	2	24
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120
22	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
23	C3M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
24	C3H		High-Rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15
26	PC2L	Precast Concrete Frames with Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
27	PC2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
28	PC2H		High-Rise	8+	12	120
29	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1-3	2	20
30	RM1M		Mid-Rise	4+	5	50
31	RM2L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms	Low-Rise	1 - 3	2	20
32	RM2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
33	RM2H		High-Rise	8+	12	120
34	URML	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Low-Rise	1 - 2	1	15
35	URMM		Mid-Rise	3+	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

Fuente: Multi – Hazard Loss Estimation Methodology Hazus, 2010

Anexo 4. Relación de daño - deriva según clasificación de estructura

Building Properties			Interstory Drift at			
Type	Height (inches)		Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300
C3L						
C3M						
C3H						
PC1	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
PC2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
PC2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
PC2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263
RM1L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
RM1M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
RM2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
RM2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
RM2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263
URML						
URMM						
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700

Fuente: Multi – Hazard Loss Estimation Methodology Hazus, 2010