



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS
APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO
VISCOSO EN CALLAO, LIMA.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

GARCÍA POLO, LUIS MIGUEL

ASESOR:

MSc. MARQUINA CALLACNA, RODOLFO RICARDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA – PERÚ

2018

PÁGINA DE JURADO

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña) GARCIA POLO, LUIS MIGUEL, cuyo título es: "EVALUACION DE LA REDUCCION DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOOSO EN CALLAO, LIMA"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ...16.. (número) ...Distinta..... (letras).

Lugar y fecha.....06/07/18.....


.....
PRESIDENTE
MSc. CECILIA ARRIOLA MOSCOSO


.....
SECRETARIO
MSc. ORLANDO HUGO RIOS


.....
VOCAL
MSc. RODOLFO RICARDO MARQUINA CALLACNA

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

A mi madre Susana, Por su amor incondicional, y siempre confiar en mí para hacer realidad este Sueño tan anhelado, y que ahora es hecho Realidad. También a mis hermanos y hermanas por su apoyo, sus buenas doctrinas de guiarme con Humildad cada logro alcanzado y enseñarme que para tener éxito deben estar entrelazados los buenos valores, la actitud y la voluntad de hacer las cosas bien con mucho esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTO

A mi Asesor, Msc. Ing. Marquina Callacna, Rodolfo Ricardo por la paciencia y su gran aporte de sus conocimientos para desarrollar este proyecto de investigación.

A mis jurados, Ing. Orlando Ríos Díaz y Ing. Cecilia Arriola Moscoso por sus revisiones y sus valiosos comentarios.

A mis padres y familiares por ser el motor y motivo, a la vez doy gracias por sus consejos y apoyo moral.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Miguel García Polo con DNI N° 77335700, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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, 24 de junio del 2018



GARCIA POLO, LUIS MIGUEL

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Evaluación de la reducción del daño en estructuras aporticadas de concreto armado con disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El Autor: Luis Miguel García Polo

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.	IV
1.1. Realidad Problemática.	17
1.2. Trabajos Previos.	18
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	22
1.3.1. Disipadores de fluido viscoso.....	22
1.3.1.1. Ecuación general de disipadores de fluido viscoso.	22
1.3.1.3. Descripción y detalles de los dispositivos.	26
1.3.1.4. Empresa fabricante líder en sistemas de disipación de energía.....	28
1.3.1.5. Coeficiente de amortiguamiento “C” y Rigidez del disipador “K”.....	29
1.3.1.7. Balance energético en estructuras con y sin disipadores.	32
1.3.2. Intensidad sísmica.....	34
1.3.3. Daños estructurales.....	36
1.4. Formulación del problema.....	38
1.4.1. Problema general.....	38
1.4.2. Problemas específicos.....	38
1.5. Justificación del estudio.....	39
1.6. Hipótesis.....	39
1.6.1. Hipótesis General.....	39
1.6.2. Hipótesis específicas.....	39
1.7. Objetivos.....	40
1.7.1. Objetivo General.....	40
1.7.2. Objetivos específicos.....	40
II. METODOLOGÍA.....	41
2.1. Diseño, tipo, nivel de investigación.....	42
2.1.1. Tipo de Investigación.....	42
2.1.2. Tipo de estudio.....	42
2.1.3. Diseño de Investigación.....	43
2.2. Variables y Operacionalización.....	43
2.2.1. Variable independiente.....	43
2.2.2. Variables independientes.....	43
2.3. Matriz Operacionalización.....	44
2.4. Población y muestra.....	45
2.4.1. Población.....	45
2.4.2. Muestra.....	45

2.4.3. Unidad de análisis.....	45
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	46
2.5.1. Técnicas.	46
2.5.2. Instrumento.....	46
2.5.3. Validez y confiabilidad del Instrumento.....	46
2.6. Métodos de análisis de datos.....	47
III. RESULTADOS.....	48
3.1. Generalidades del Proyecto.	49
3.1.1. Descripción del Proyecto.....	49
3.1.2. Datos del proyecto.	50
3.1.3. Normas y reglamentos.....	52
3.1.4. Estructuración del hospital Luis Negreiros Vega.....	52
3.1.5. Especificaciones y propiedades de los materiales.....	54
3.2. Criterios de modelación estructural.....	54
3.2.1. Dimensionamiento establecido en el proyecto.	57
3.2.2. Metrado de cargas sísmicas.....	59
3.3. Análisis Sísmico.....	59
3.3.1. Análisis sísmico estático.....	59
3.4. Análisis modal Espectral.....	62
3.5. Análisis dinámico modal espectral.....	64
3.5.2. Desplazamientos laterales y control de derivas (Etabs 2016).	66
3.5.3. Análisis de resultados.....	67
3.6. Análisis sísmico dinámico no lineal tiempo historia.....	67
3.6.1. Respuesta de la estructura.....	68
3.6.2. Escalamiento de acelerogramas al espectro de $R = 1$	69
3.6.4. Análisis de resultados:.....	74
3.7. Determinación del sismo de diseño.....	75
3.8. Diseño del sistema de protección sísmica.....	76
3.8.1. Determinación de los Objetivos de diseño.....	76
3.8.2. Calculo de propiedades del disipador.	78
3.8.3. Calculo de rigidez.....	82
3.8.4. Calculo del coeficiente de amortiguamiento.....	84
3.8.5. Modelación y análisis del edificio con disipadores de energía.....	89
3.8.5.2. Respuesta de la estructura con los disipadores de fluido viscoso.	91
3.8.6. Comportamiento histeretico de los disipadores.....	92

3.8.7. Balance de energía.....	96
3.8.8. Desplazamientos en los centros de masa.....	97
3.8.9. Distorsiones de entrepiso.....	97
3.8.10. Esfuerzos cortantes en columnas.....	98
3.9. Diseño de los dispositivos de amortiguamiento.....	102
3.9.1. Agrupación de los dispositivos por niveles de fuerza.....	102
3.9.2. Elección de los disipadores de energía.....	103
3.9.3. Evaluación de costos.....	103
3.9.4. Tratamiento de los resultados.....	104
IV. DISCUSIÓN.....	105
V. CONCLUSIONES.....	106
VI. RECOMENDACIONES.....	107
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
VIII. ANEXOS.....	112

TABLAS DE FIGURAS

Figura 1: Comportamiento desfasado del disipador de fluido viscoso.....	24
Figura 2: componente de un disipador de fluido viscoso.	26
Figura 3: Funcionamiento del disipador de energía de fluido viscoso.	27
Figura 4: Disipador Taylor de fluido viscoso.....	29
Figura 5: Formas simplificadas de entender el comportamiento elastoplástico y el daño. .	37
Figura 6: Vista en 3D del hospital Luis Negreiros Vega.....	49
Figura 7: Ubicación del hospital Luis Negreiros.....	50
Figura 8: Vista en 3D del hospital Luis Negreiros Vega.....	51
Figura 9: Aligerado típico del hospital Luis Negreiros Vega.....	53
Figura 10: Vista Frontal en 3D del Hospital Luis Negreiros Vega.	58
Figura 11: Vista Isométrica del Hospital Luis Negreiros Vega.....	58
Figura 12: Modelo con disipadores en dirección y-y, eje B-B (vista 3D) y elevación	79
Figura 13: Modelo con disipadores en dirección y-y, eje D-D (vista 3D) y elevación	80
Figura 14: Modelo con disipadores en dirección y-y, eje F-F (vista 3D) y elevación.	81
Figura 15: Detalle de la unión Brazo metálico – placa base (Disipador de 110 kip – Taylor)	83
Figura 16: Vista Isométrica 3D del Hospital Luis Negreiros Vega.....	90

TABLA DE GRAFICAS

Grafica 1: Relación Fuerza y desplazamientos de disipadores de fluido viscoso con distintos valores de “ α ”	23
Grafica 2: Relación Fuerza – Desplazamiento en dispositivos de fluido viscoso no lineales con distintos valores de C y $\alpha = 0,6$	25
Grafica 3: Definiciones del Angulo y desplazamiento relativo del disipador.	31
Grafica 4: Relación velocidad Vs Fuerza de los disipadores viscosos.	32
Grafica 5: Distribución de energía en una estructura sin disipadores.	33
Grafica 6: Distribución de energía en una estructura con disipadores viscosos.	34
Grafica 7: Espectro de Diseño en X y Y.	65
Grafica 8: Espectro de diseño R=1	69
Grafica 9: Acelerogramas de cada uno de los registros sísmicos escalados en base al espectro de diseño R=1.	70
Grafica 10: Espectros de respuesta de cada uno de los registros sísmicos.	71
Grafica 11: Acelerogramas de registro sísmico de Lima 1966 EW y NS	71
Grafica 12: Acelerogramas de registro sísmico de Lima 1970 EW y NS.	71
Grafica 13: Acelerogramas de registro sísmico de Lima 1974 EW y NS	72
Grafica 14: Curvas histéresis de los disipadores de fluido viscoso ubicados en el eje B-B	93
Grafica 15: Curvas histéresis de los disipadores de fluido viscoso ubicados en el eje D-D	94
Grafica 16: Curvas histéresis de los disipadores de fluido viscoso ubicados en el eje F-F.	95
Grafica 17: Balance de Energía según el sismo de diseño.	96
Grafica 18: Desplazamientos sin y con disipadores por piso.	97
Grafica 19: Distorsiones sin y con disipadores por piso.	98
Grafica 20: Fuerzas cortantes de la columna C619 sin y con disipadores.	99
Grafica 21: Fuerzas cortantes de la columna C626 sin y con disipadores por piso.	99
Grafica 22: Fuerzas cortantes de la columna C630 sin y con disipadores por piso.	100
Grafica 23: Momentos flectores de la columna C619 sin y con disipadores por piso.	100
Grafica 24: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por piso.	101
Grafica 25: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por piso.	102

TABLAS

Tabla 1: Parámetros lambda en función a exponente de velocidad.	30
Tabla 2: Escala de Intensidad de Mercalli Modificada IMM.	35
Tabla 3: Variables y Operacionalización.	44
Tabla 4: Número mínimo de modos de vibración según el número de pisos.	63
Tabla 5: Modos de Vibración.	64
Tabla 6: Parámetros sísmicos.	65
Tabla 7: Cortante Estática y Dinámica	66
Tabla 8: Deriva de entrepiso real “Norma E.030”, sentido “X”; $\Delta_{real} = 0.75 * R * \Delta_{elastica}$	67
Tabla 9: Deriva de entrepiso real “Norma E.030”, sentido “Y”; $\Delta_{real} = 0.75 * R * \Delta_{elastica}$	67
Tabla 10: Parámetros Sísmicos.	69
Tabla 11: Distorsiones de entrepiso, Dirección X–Componente EW/ Dirección Y–Componente NS.	72
Tabla 12: Distorsiones de entrepiso, Dirección X - Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.	73
Tabla 13: Distorsiones de entrepiso, Dirección X-Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.	73
Tabla 14: Distorsiones de entrepiso, Dirección X-Componente EW/ Dirección Y-Componente NS.	73
Tabla 15: Distorsiones de entrepiso, Dirección X -Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.	73
Tabla 16: Distorsiones de entrepiso, Dirección X - Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.	74
Tabla 17: Distorsiones de entrepiso obtenidas en Dirección X-X (Dinámico Espectral y Tiempo Historia) ...	74
Tabla 18: Distorsiones de entrepiso obtenidas en Dirección Y-Y (Dinámico Espectral y Tiempo Historia) ...	74
Tabla 19: Variaciones entre distorsiones en el eje X-X (Dinámico Espectral y tiempo Historia).....	75
Tabla 20: Variaciones entre distorsiones en el eje Y-Y (Dinámico Espectral y tiempo Historia).....	75
Tabla 21: Propiedades del perfil HSS 7.50x0.50.....	82
Tabla 22: Longitudes de los disipadores y Angulo.....	82
Tabla 23: Masas por Piso	85
Tabla 24: Cálculos para obtener el desplazamiento relativo ϕ_{rl}	85
Tabla 25: Desplazamiento Modal por Niveles.	86
Tabla 26: Periodo Fundamental de la estructura en Y-Y.....	86
Tabla 27: Parámetros de Lambda en función al exponente α	87
Tabla 28: Cálculos realizados para obtener el coeficiente de amortiguamiento C_j	87
Tabla 29: Coeficiente de amortiguamiento y rigideces de disipadores por piso.....	88
Tabla 30: Rigideces de disipadores por Piso.	89
Tabla 31: Control de Distorsiones en la dirección Y-Y (Edificio sin disipadores)	91
Tabla 32: Control de distorsiones en la dirección Y-Y (Edificio con Disipadores)	91
Tabla 33: Porcentaje de disipación de energía en la edificación con disipadores.	96
Tabla 34: Desplazamientos sin y con disipadores por piso.	97
Tabla 35: Distorsiones sin y con disipadores por piso.....	98
Tabla 36: Fuerzas cortantes de la columna C619 sin y con disipadores por piso.	99
Tabla 37: Fuerzas cortantes de la columna C626 sin y con disipadores por piso.	99
Tabla 38: Fuerzas cortantes de la columna C630 sin y con disipadores por piso.	100
Tabla 39: Momentos flectores de la columna C619 sin y con disipadores por piso.	101
Tabla 40: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por piso.	101
Tabla 41: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por Piso.....	102
Tabla 42: Fuerzas Máximas en los disipadores de energía.	102
Tabla 43: Agrupación de los dispositivos por niveles de fuerzas.	103
Tabla 44: Cantidad de los dispositivos.	104

RESUMEN

Las estructuras diseñadas y construidas de acuerdo con las normas más recientes han presentado daños leves, moderados y severos, que en efecto los costos de reparación y el tiempo para implementarlas son mucho más alargadas que las anticipadas. Por ello que los países desarrollados como Estados Unidos, Japón y Rusia emplean sistemas sofisticados que han ayudado a mejorar la respuesta estructural frente a eventuales sismos, implementando criterios de diseño sísmico y procedimientos para asegurar los objetivos específicos de desempeño, la técnica innovadora que se propone es usar: dispositivos de disipación de energía viscoso.

Con el propósito de ilustrar la metodología, se seleccionó una estructura aporticada (Hospital Luis Negreiros Vega) de 3 niveles con 1080 m² de área techada, cuya deriva (13.29%) supera el límite permitido por la norma E.030 (7%). Para cumplir satisfactoriamente el límite se usó dispositivos de amortiguamiento de fluido viscoso.

Como objetivo de diseño se fijó la reducción del daño a nivel moderado frente a un sismo de diseño de 1974 EW. La estrategia se orienta a mantener la deriva por debajo del (7%), Valor propuesto por la Norma E.030. Con el sistema de amortiguamiento al 30% y reducir la deriva a 6.78%. Como parte del trabajo se diseñan los dispositivos regidos a un sismo de diseño de 1974 EW.

Los resultados de la evaluación estructural al implementar de 3 disipadores por nivel en la estructura, se logró disminuir los **desplazamientos máximos** en el último piso en un **27.92%**, así como también se redujo las **distorsiones de entrepiso** desde un **46.25%** hasta un **52.59%**, y también se redujeron los **esfuerzos internos** en columnas donde participaban los disipadores en un **44.21%** hasta un **53.67%** para la fuerza cortante y con valor de **54.25%** para el momento flector.

Palabras claves: Concreto, daño estructural, disipadores.

ABSTRACT

The structures and methods of construction with the most recent standards have presented slight, moderate and severe damages, which in reality the repair costs and the time to implement them are much longer than anticipated. Therefore, countries such as the United States, Japan and Russia use sophisticated systems that have helped to improve the structural response to eventual earthquakes, implementing seismic design criteria and procedures to ensure specific performance objectives, the innovative technique proposed is use: viscous energy dissipation devices.

With the design of the methodology, a structure contributed (Hospital Luis Negreiros Vega) of 3 levels with 1,085 m² of roofed area was selected, whose derivative (13.29%) exceeds the limit allowed by the E.030 standard (7%). To visibly comply with the limit, viscous damping devices were used.

The design goal was moderate damage reduction against a 1974 EW design earthquake. The strategy is oriented to keep the derivative below (7%), Value proposed by the E.030 Standard. With the buffer system at 30% and reduce the drift to 6.78%. As part of the work, the devices governed by a 1974 EW design earthquake are designed.

The results of the structural evaluation by implementing 3 dissipators per level in the structure, the results in the last floor were reduced by 27.92%, as well as the distortions of the mezzanine from 46.25% to 52, 59%, Internal efforts were also reduced in the columns where the dissipators participated in 44.21% to 53.67% for the shear force and with a value of 54.25% for the bending moment.

Keywords: Concrete, structural damage, dissipators.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad Problemática.

Hasta la actualidad, el mundo ha sido impactado por fenómenos sísmicos que han causado miles de muertos, millones de damnificados y graves daños materiales y económicos, asimismo se puede mencionar los terremotos más fuertes en la historia del planeta: el terremoto de cachemira, India y Pakistán (2005) de 7.5 Mw, el terremoto de Haití (2010) de 7.0 Mw, el terremoto de Chile (2010) de 8.8 Mw, el terremoto de Qinghai, China (2010) 7.1 Mw, el terremoto de la Isla de Sumatra, Indonesia (2010) de 7.5 Mw, el terremoto de Japón (2011) de 9.0 Mw, el terremoto de Indonesia (2012) de 8.6 Mw, el terremoto de Sajalín, Rusia (2013) de 8.2 Mw, el terremoto de Nepal (2015) de 7.9 Mw, el terremoto de Ecuador (2016) 7.6 Mw, Por ello que países como Estados Unidos y Japón en la actualidad están empleando diversos tipos de sistemas de disipación de energía y aisladores sísmicos con el fin de disminuir los daños en las estructuras ocasionados por cualquier fenómeno que provoque cambios en las edificaciones (United Explanations, 2011, p. 3).

El Perú, se encuentra en una zona altamente sísmica, donde la franja costera concentra el 85% de actividad sísmica mundial, debido a que esta sobre las placas Nazca y la Continental, también se le conoce como “círculo de fuego del océano pacífico”. Casaverde (2007), menciona que los últimos terremotos que ha soportado el país es el de Pisco, Ica (2007) de 7.9 Mw, la se dio a notar que había inmensas deficiencias constructivas, de tal manera que las fallas fueron de aproximadamente el 90% de las estructuras; por ello, la población debe de tomar mayor conciencia y evitar las autoconstrucciones, ya que es de vital importancia darle mayor énfasis, porque estamos pasando un silencio sísmico; por ello, entrevistando a varios expertos mencionaron que la Ciudad de Lima, si ocurriera un caso similar, la ciudad tendría una destrucción de casi el total de sus estructuras (Párr. 3 y 4).

En el ámbito local se encontraron registros históricos que causaron graves daños, como es caso del terremoto (1746) de 9 Mw, que su epicentro fue en el Aeropuerto del Callao, causo 10, 000 muertos tanto Lima, Callao y Las Villas y las estructuras totalmente destruidas.

Actualmente las Normas de diseño Sismorresistente se basan en diseñar estructuras en el rango lineal, pero si también diseñamos de manera no lineal, esto nos permitirá a la estructura trabajar inelásticamente, pero con ayuda de dispositivos de disipación de energía, la cual interactuaran en conjunto con la estructura, de manera que adicionaran un amortiguamiento y rigidez a una edificación, satisfaciendo la expectativa de brindar más seguridad a la edificación y sus ocupantes.

Últimamente el país se está poniendo a la vanguardia del uso de estos sistemas que mejoran la respuesta estructural frente a sismos severos, por ello que, la presente investigación se basara en evaluar una edificación esencial existente (Hospital Luis Negreiros Vega), con el propósito de analizar y proponer un sistema de reforzamiento usando disipadores de fluido viscoso, con el objetivo de reducir los daños globales de la edificación

1.2. Trabajos Previos.

En relación con **estudios internacionales**, se muestran algunos hallazgos importantes y a continuación se detallan:

- ❖ Jenn-Shin Hwang (2002), Seismic design of structures with viscous dampers, Estructura con disipadores de energía Vs estructura tradicional.

Según este autor sostiene que: La filosofía en el diseño sísmico convencional de una estructura está diseñada para resistir las cargas laterales correspondiente a viento y pequeños terremotos considerando solamente la acción elástica, y llegar que la estructura se produzcan daños, pero no colapsar mientras se somete a una carga lateral asociada a sismos moderados o severos (p. 2).

Los sistemas antisísmicos de control pasivo estructural como “los disipadores de fluido viscoso”, ha sido desarrollados con una filosofía de diseño diferente del método tradicional de diseño sísmico, permitiendo así evitar grandes desplazamientos y aceleraciones, de tal forma que la edificación cuando se encuentre excitada por un movimiento severo del suelo absorban la energía sísmica

con la finalidad de reducir el daño y las grandes funciones de la estructura pueden ser posiblemente conservadas (p. 2).

- ❖ Claros (2009), en su tesis Titulada: “Método simplificado para el análisis de edificios utilizando disipadores de energía Viscosos”. Para optar el grado de Maestro en Ingeniería. El objetivo era comparar dos opciones de rehabilitación de una estructura existente: 1) la primera con amortiguadores viscoso-Lineales (tipo Taylor) y la segunda mediante contravientos.

Según este autor menciona que: Los dispositivos de energía son ampliamente reconocidos, por ser el medio más efectivo para controlar la vibración excesiva de las estructuras ante cargas dinámicas. Por lo que los códigos de diseño para estructuras sismorresistentes están cambiando, basándose en espectros de diseño en vez de usar un coeficiente constante para calcular las fuerzas laterales. Para dichos espectros se consideran amortiguamientos inherentes de 2% a 5% del amortiguamiento crítico. Y si al suponer que los sistemas estructurales entraran en el intervalo inelástico durante un sismo de diseño, permite reducir aún más las fuerzas laterales de diseño, estas reducciones se debe al incremento del “amortiguamiento Efectivo” causado por la disipación de energía de histéresis no lineal, al implementar disipadores de energía viscosos a la estructura, la energía de entrada es absorbida por los amortiguadores mecánicos, y así la estructura absorberá menor cantidad de energía, y con efecto es que la estructura sufrirá daños menores o nulos (p. 7).

Ahora bien, en relación con los **antecedentes Internacionales** se muestran algunos hallazgos importantes y a continuación se detallan:

- ❖ Villarreal & Oviedo (2008), en su tesis titulada: Edificaciones con disipadores de Energía. Libro premio Nacional ANR 2008. El objetivo de la presente investigación fue la finalidad y aplicación de los dispositivos pasivos de disipación de energía en edificios en zonas sísmicas.

Según este autor menciona que: Los disipadores de fluido viscoso tienen la propiedad de reducir simultáneamente los esfuerzos y las deflexiones de la estructura, esto es debido a que los disipadores de viscoso varían su fuerza en función de la velocidad, la cual provee una respuesta que inherentemente fuera de fase con los esfuerzos debido a la flexibilidad de la estructura (p. 42).

Las edificaciones con disipadores exhiben radios de amortiguamiento modal significativamente mayores que aquellos asociados a edificaciones tradicionales, esto es particularmente cierto en los modos superiores, donde los radios de amortiguamiento pueden alcanzar valores cercanos o incluso exceder sus valores críticos. El término de amortiguamiento en la ecuación de movimiento de edificaciones con disipadores se vuelve importante en la determinación de las propiedades modales de la edificación. El efecto de adicionar disipadores a una edificación no es solamente incrementar el amortiguamiento, sino también es redistribuir los amortiguamientos modales. Algunos componentes de la respuesta modal que tienen menor contribución en la estructura tradicional pueden volverse importante después que los disipadores son adicionados (p. 43 y 44).

- ❖ Cano y Zumaeta (2012), en su tesis titulada: “diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y edificio con disipadores de energía para un sismo severo. Para optar el título profesional de Ingeniero Civil. El objetivo era demostrar las características de los sistemas de protección sísmica por amortiguamiento, dando énfasis a los disipadores de fluido viscoso, que se utilizan para mejorar el amortiguamiento, rigidez y resistencia de las estructuras a diversas acciones externas (p. 56 y 57).

Según este autor sostiene que: Al incorporar los disipadores de fluido viscoso en una edificación, estos disipan la energía inducida por los sismos y pueden adicionar rigidez y resistencia a las edificaciones, haciendo un análisis se dice que la respuesta de un sistema dinámico simple de una masa con amortiguamiento viscoso, en primer lugar se revisa para el estado armónico, impulsivo, y la larga duración a través de registros sísmicos de campo cercano, de tal manera que disminuyen los esfuerzos en columnas y muros estructurales (p. 58).

- ❖ Diaz la Rosa (2014), en su tesis titulada: “Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos. Para optar el título profesional de Ingeniero Civil. El objetivo era evaluar el diseño estructural de una clínica, analizando sus parámetros y optimizar el diseño, reestructurando a través de la incorporación de disipadores de energía viscosos Taylor.

Según este autor sostiene que: Para asegurar un adecuado comportamiento de las estructuras frente a la acción de los sismos, el diseño de estas puede plantearse de dos maneras; 1) vendría a ser a base de un diseño convencional, la cual consiste en crear estructuras lo suficientemente rígidas, y a la vez dúctiles (que tengan la capacidad de incursionar en el rango inelástico); 2) Diseñar edificaciones sismorresistentes considerando en el diseño dispositivos de disipación de energía, estos dispositivos se adosan a la estructura con la finalidad de disminuir los desplazamientos, velocidades y aceleraciones, a grosso modo sería que reducen la respuesta dinámica que la estructura experimenta (p. 6).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Disipadores de fluido viscoso.

Son mecanismos que contienen en su interior un líquido viscoso que permite disipar energía forzando su flujo a través de un orificio. Los disipadores dependen de la velocidad, por lo que no incrementan esfuerzos en la estructura, ya que aquellos esfuerzos que esta desarrolla esta fuera de fase con las fuerzas actuantes en los disipadores durante el movimiento (Anampa,2016, p. 37).

1.3.1.1. Ecuación general de disipadores de fluido viscoso.

1.3.1.1.1. Fuerza del disipador.

El comportamiento de esos dispositivos de disipación de energía está en la transmisión de fluido de silicona a través de la fuerza generada por el pistón a causa de los desplazamientos de entrepisos en la parte interna del mecanismo pasando de una cámara a otra generando calor, el cual es el encargado de la disipación de energía.

Estos dispositivos generan una fuerza (F) que depende de una constante de amortiguamiento (C), la velocidad relativa de sus extremos (V) y de un exponente alfa (α) mediante la siguiente expresión:

$$F = CV^\alpha \quad (1)$$

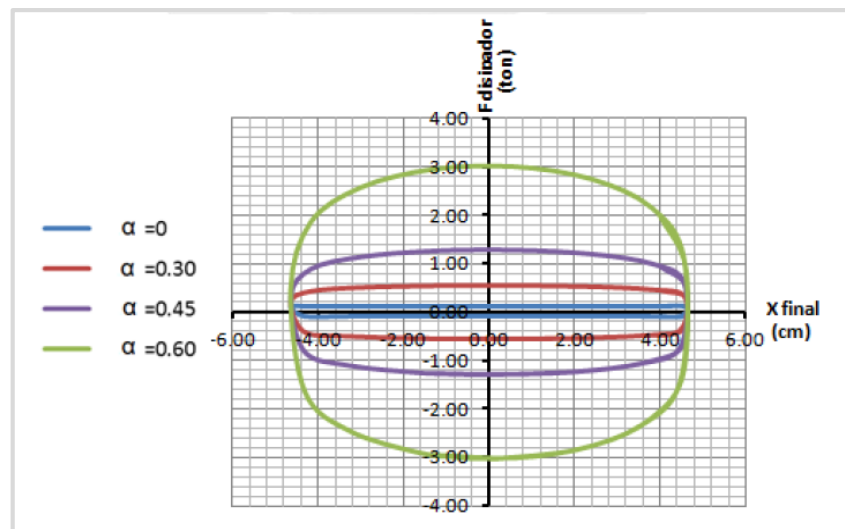
Dónde:

- F: Fuerza en el disipador.
- C: Constante de Amortiguamiento.
- V: Velocidad relativa en el amortiguador.
- α : Coeficiente que varía entre 0.4 y 0.6 para edificaciones.

Nota: Para amortiguadores lineales el valor de $\alpha=1$ y para amortiguadores no lineales el valor de $\alpha<1$.

En la gráfica 1, se muestra la relación en la fuerza del disipador (F) y su desplazamiento relativo (x) para dispositivos no lineales con distintos valores de la constante “ α ” manteniendo el valor de C constante.

Se observa que la relación de fuerza del disipador y desplazamiento toma una forma similar a la de una elipse. Para dispositivos no lineales, las fuerzas de amortiguamiento se van reduciendo conforme disminuye la constante “ α ”.



Grafica 1: Relación Fuerza y desplazamientos de disipadores de fluido viscoso con distintos valores de “ α ”.

Fuente: Morales & Contreras, 2012.

Según el fabricante CDV Representaciones (Taylor Devices), este exponente está ligado a la dimensión de los orificios del pistón y puede tomar valores de 0.3 a 2.

Los valores de α , se recomiendan que deberán de ser el $\alpha < 1$, típico de un disipador no lineal, que para este trabajo se tomarán valores de un rango de 0.4 a 0.6 para la evaluación con registros sísmicos.

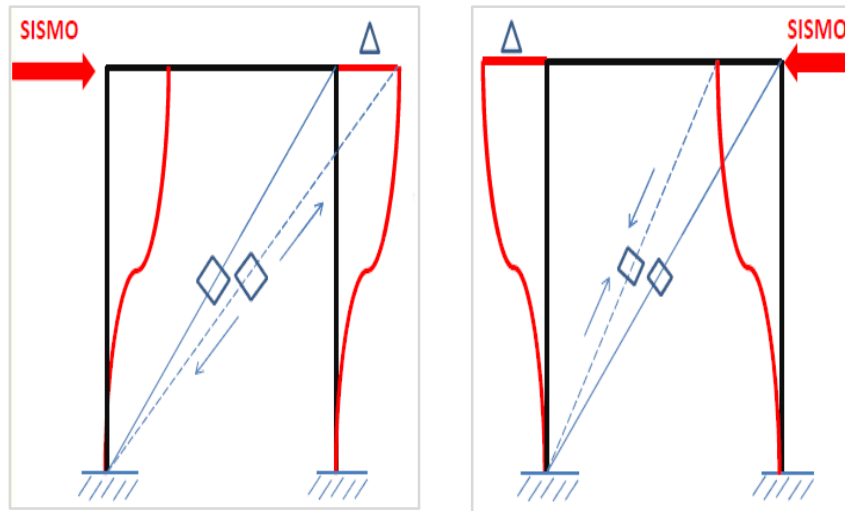


Figura 1: Comportamiento desfasado del disipador de fluido viscoso.

Fuente: Maribel Burgos, 2012.

El esfuerzo en las columnas es máximo (ver figura 1), “Este es el instante donde la estructura comienza a cambiar de dirección y la fuerza de amortiguamiento en el dispositivo, se reducirá a cero en este punto de desplazamiento máximo, debido a que en este instante la velocidad es igual a cero” (Burgos, 2012, p. 14).

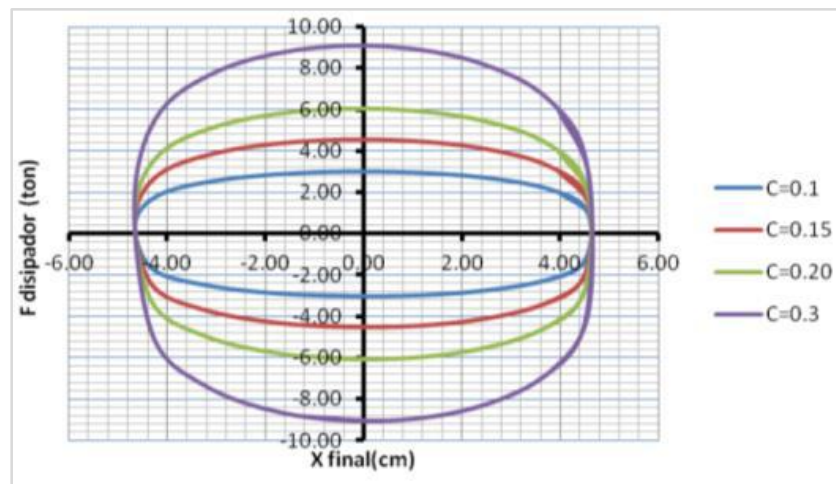
La máxima fuerza de amortiguamiento ocurre cuando la velocidad es máxima, o sea, cuando el desplazamiento de las columnas es igual a cero “instante donde el edificio se encuentra en el punto de equilibrio”, este es también el instante donde los esfuerzos en las columnas es el mínimo.

Esta respuesta desfasada es la característica más importante que poseen los dispositivos de fluido viscoso y lo diferencia de otros disipadores de energía.

En la gráfica 2, se muestra la relación entre la fuerza del disipador (F) y su desplazamiento relativo (X) para dispositivos no lineales con distintos valores de C(ton-s/cm) y $\alpha = 0.6$. Se aprecia que conforme aumenta el valor de C también lo hace la fuerza del disipador.

Una fuerza elevada en los dispositivos puede traer en efecto aumentar la axiales de las columnas adyacentes al dispositivo.

El efecto del amortiguamiento de los disipadores se ve reflejado en el decrecimiento de la energía histerética, debido al aumento de la energía disipada por amortiguamiento.



Grafica 2: Relación Fuerza – Desplazamiento en dispositivos de fluido viscoso no lineales con distintos valores de C y $\alpha = 0,6$.

Fuente: Morales & Contreras, 2012.

1.3.1.2. Componentes de un disipador de fluido viscoso.

Un dispositivo de energía consiste en un cilindro metálico lleno de un líquido viscoso, como aceite o silicona, y una cabeza de pistón con orificios que separa al cilindro en dos cámaras. Una de las cámaras posee un acumulador que compensa el cambio de volumen del fluido debido al posicionamiento del pistón durante el movimiento, como se muestra en la figura 2.

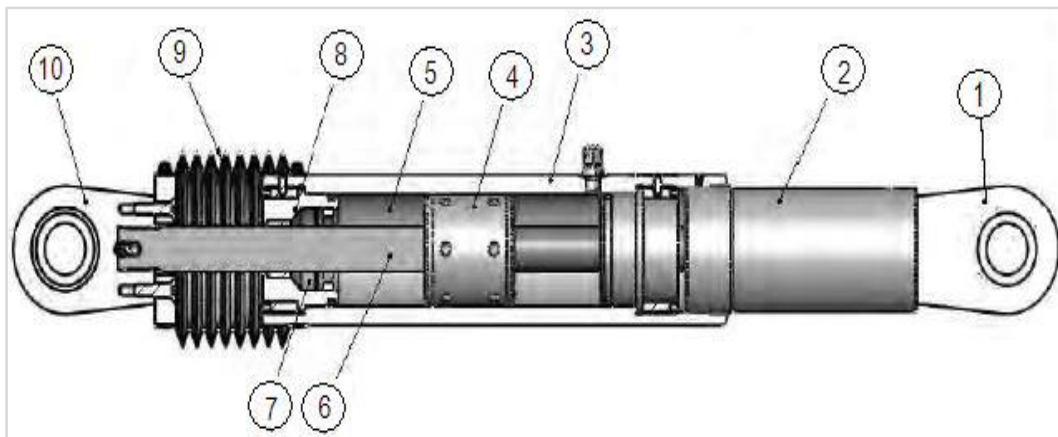


Figura 2: componente de un disipador de fluido viscoso.

Fuente: Marco Díaz, 2014.

Dónde:

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

1.3.1.3. Descripción y detalles de los dispositivos.

Este mecanismo disipa energía transfiriendo un fluido a través de un orificio, produciendo una presión de amortiguamiento. Además “los dispositivos tienen una duración de por lo menos 40 años” (Arroyo, 2004)

“El amortiguador de fluido viscoso consiste en un cilindro de acero inoxidable de alta resistencia, el cual contiene un fluido de alta viscosidad, resistente al fuego (no inflamable y no combustible), estable a los cambios de temperatura y a largos periodos de tiempo” (Taylor, 2004, p. 12).

El cilindro en su interior posee un pistón que se compone de una vara que en su borde interior tiene la llamada “cabeza del pistón”, con orificios (ver figura 3). La fuerza del pistón divide el interior del cilindro en dos cámaras con el fin que cuando el pistón se desplace a altas velocidades este provoque el paso del fluido de una cámara a otra, lo que produce una presión diferencial y esta a su vez origina la fuerza de amortiguamiento.

También, el cilindro en su interior posee una tercera cámara, de acumulación, su principal función es permitir el desplazamiento de la vara del pistón, desde adentro hacia afuera de amortiguador y compensar la expansión y contracción térmica del fluido.

Las perforaciones se gradúan en tamaño y cantidad, para proporcionar la respuesta deseada y prever un efecto de rebote, la válvula de control libera parte del fluido a la cámara 3 de acumulación.

Los amortiguadores de fluido viscoso son estables y funcionales en un gran rango de temperatura (-40°C y 70°C).

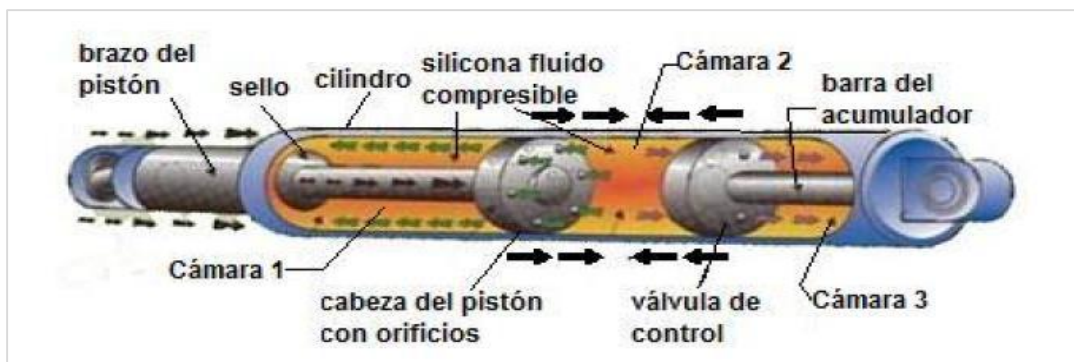


Figura 3: Funcionamiento del disipador de energía de fluido viscoso.

Fuente: Taylor, 1998.

1.3.1.4. Empresa fabricante líder en sistemas de disipación de energía.

1.3.1.4.1. Taylor Devices Inc. (CDV Representaciones - Perú)

En un inicio estos dispositivos de energía estaban solo limitado para ser usado en actividades militares, posteriormente con la culminación de la guerra fría, en 1990 se dio paso a la comercialización para el público en general, comprobando el buen funcionamiento de estos dispositivos tubo rápidamente gran aceptación en el público para ser usados en las construcciones.

La empresa Taylor Devices Inc. Fue fundada en 1955 con sede principal en el estado de New York y fue en el año 1987 que empezó a buscar salidas comerciales formalmente para para sus productos de protección sísmica, los disipadores de fluido viscoso han sido utilizados en muchas aplicaciones, como el control de vibraciones en sistemas aeroespaciales y de defensa en los Estados Unidos, donde fue evaluado con éxito durante muchas décadas. El uso de disipadores de fluido viscoso para la disipación de energía sísmica sobre estructuras netamente de Ingeniería civil empezó en 1993 con su primera aplicación en 5 edificios del centro médico de San Bernardino County en los Ángeles California en donde se colocaron 186 disipadores de 145.6 toneladas de fuerza cada uno.

En la actualidad existen más de 400 estructuras en el mundo que usan disipadores de energía viscosos para darle protección a sus estructuras contra sismos severos y fuerzas laterales por viento.

En el país la marca Taylor es representada por la empresa CDV Representaciones, quien es la encargada de la comercialización de los dispositivos especializados para actuar ante solicitudes sísmicas en la construcción y la industria. El precio unitario por dispositivo es de rango variable, pero aproximadamente estaría costando US\$ 8 000.00, dependiendo de la fuerza de diseño del dispositivo y las propiedades impuestas por el proyectista. Asimismo, se debe considerar el costo de los elementos metálicos involucrados en la construcción.



Figura 4: Disipador Taylor de fluido viscoso

Fuente: Burgos, 2012.

1.3.1.5. Coeficiente de amortiguamiento “C” y Rigidez del disipador “K”.

El coeficiente de amortiguamiento es una constante que depende de las propiedades del fluido y comportamiento del dispositivo, a ello se muestran dos casos un comportamiento lineal para la cual el exponente de la velocidad es la unidad y para los no lineales el exponente de la velocidad en una constante distinta a la unidad, la fórmula para los dispositivos no lineales es la siguiente:

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

Dónde:

- **βH :** Amortiguamiento viscoso de la estructura
- **C_j :** Coeficiente de amortiguamiento del disipador j.
- **m_i :** Masa del nivel i.
- **θ_j :** Angulo de inclinación del disipador j.
- **ϕ_i :** desplazamiento modal en el piso i (correspondiente al primer modo de vibración).
- **ϕ_{rj} :** Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos del disipador j en la dirección horizontal (correspondiente al primer modo de vibración).
- **A :** Amplitud del desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal relativo desde el techo hasta la base).

- ω : Frecuencia angular.
- λ : Parámetro lambda (longitud de la onda).

Luego la rigidez del disipador se obtendrá por la siguiente relación.

$$K_d = \frac{EA}{L} \quad (3)$$

Donde:

- K_d : Rigidez del disipador.
- L : Longitud del disipador

Según la Norma FEMA 274, tenemos las tabulaciones para el parámetro lambda (λ).

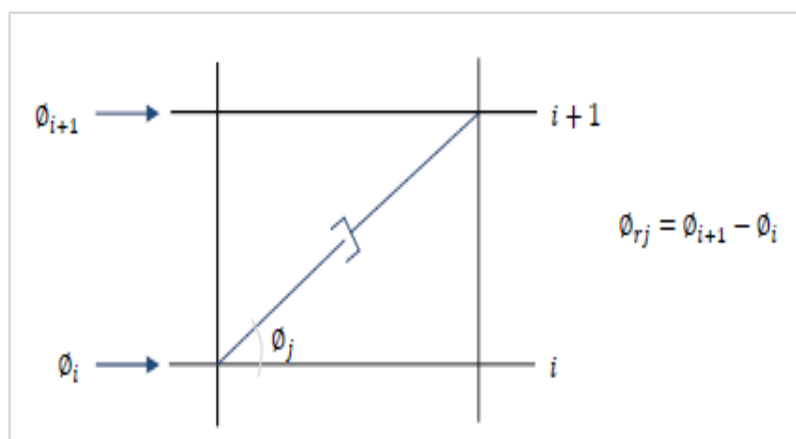
tabla C9-4	
Exponente α	parámetros λ
0.25	3.70
0.50	3.50
0.75	3.30
1.00	3.10
1.25	3.00
1.50	2.90
1.75	2.80
2.00	2.70

Tabla 1: Parámetros lambda en función a exponente de velocidad.

Fuente: FEMA 274, 1997.

1.3.1.6. Angulo de inclinación del dispositivo.

El Angulo de inclinación del dispositivo y su desplazamiento relativo, se muestran en la siguiente grafica 3, con la formula dada por la Norma FEMA 274.



Grafica 3: Definiciones del Angulo y desplazamiento relativo del disipador.

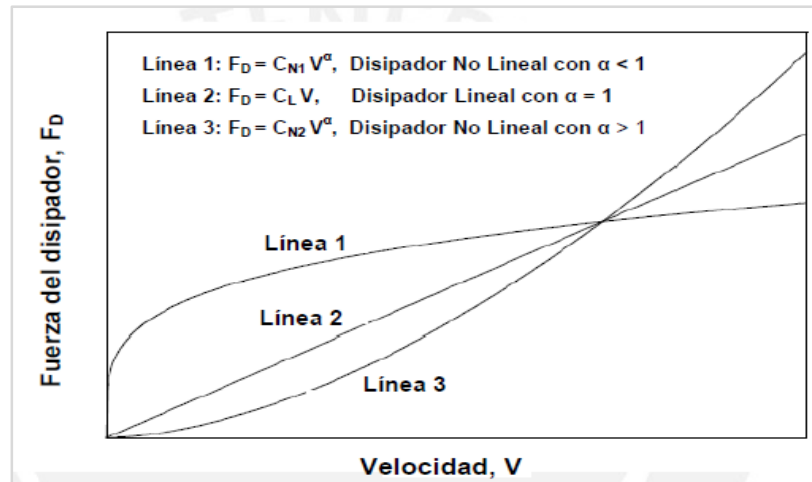
Fuente. FEMA 274, 1997.

1.3.1.6. Exponente de Velocidad “ α ”

“El exponente “ α ”, define la reacción del dispositivo ante los impactos de velocidad, a su vez determina el comportamiento histerético de los disipadores empleados” (Diaz la Rosa, 2014, p.35).

Los disipadores viscosos con un valor de “ α ” igual a uno, son llamados “disipadores lineales”, en ellos la fuerza del disipador es directamente proporcional a la velocidad relativa (Diaz la Rosa, 2014, p.36).

“Los Disipadores con un valor de “ α ” mayor o menor a uno son los llamados “disipadores no lineales”; aquellos con valores menores a 1, son los más efectivos para minimizar los pulsos de alta velocidad. Mientras aquellos con el valor de “ α ” mayor a 1, habitualmente no son empleados en edificaciones, porque se necesitarían de grandes velocidades para incrementar significativamente la fuerza del disipador. En la gráfica 4, se puede apreciar la eficiencia del disipador viscoso no lineal ($\alpha < 1$), ya que, para pequeñas velocidades relativas, puede desarrollar una mayor fuerza de amortiguamiento en comparación a los tipos de disipadores ($\alpha = 1$ y $\alpha > 1$)” (Diaz la Rosa, 2014, p.36).



Grafica 4: Relación velocidad Vs Fuerza de los disipadores viscosos.

Fuente: Jenn-Shin Hwang, 2002.

“En la mayoría de los casos, el valor del exponente de velocidad α esta comprendido en el rango de 0.3 a 1.0, los valores de α que han demostrado ser los mas empleados para el diseño sísmico de edificios y de puentes estañen el orden de 0.4 a 0.5” (Diaz la Rosa, 2014, p.36).

1.3.1.7. Balance energético en estructuras con y sin disipadores.

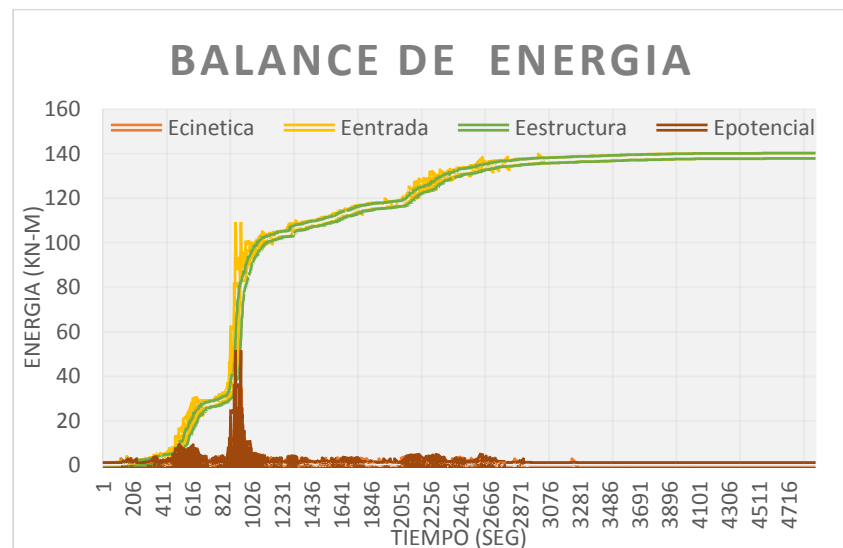
Durante un evento sísmico, una cantidad finita de energía entra a la estructura, esta energía de entrada es transformada en energía cinética y energía potencial “deformación”, las cuales deben ser absorbidas o disipadas a través del calor. Si no hubiese amortiguamiento, las vibraciones podrían existir por todo el tiempo. Por otro lado, siempre existe algún nivel de amortiguación inherente, la cual absorbe parte de la energía de entrada y reduce la amplitud de vibración hasta que el movimiento cese. El desempeño estructural puede ser mejorado si una porción de la energía de entrada puede ser absorbida, no por la estructura misma, pero si por algún tipo de dispositivo suplementario. Esto se muestra claramente en la relación de conservación de la energía (Villarreal & Oviedo, 2009, p.12).

$$E = E_k + E_s + E_h + E_d \quad (4)$$

Dónde:

- **E** : Energía absoluta de entrada del movimiento sísmico.
- **Ek**: Energía cinética
- **Es**: Energía de deformación elástica recuperable.
- **EH**: Energía irrecuperable, disipada por el sistema estructural a través de la inelasticidad u otras formas de acción.
- **Ed**: Energía disipada por los dispositivos de amortiguamientos suplementarios.

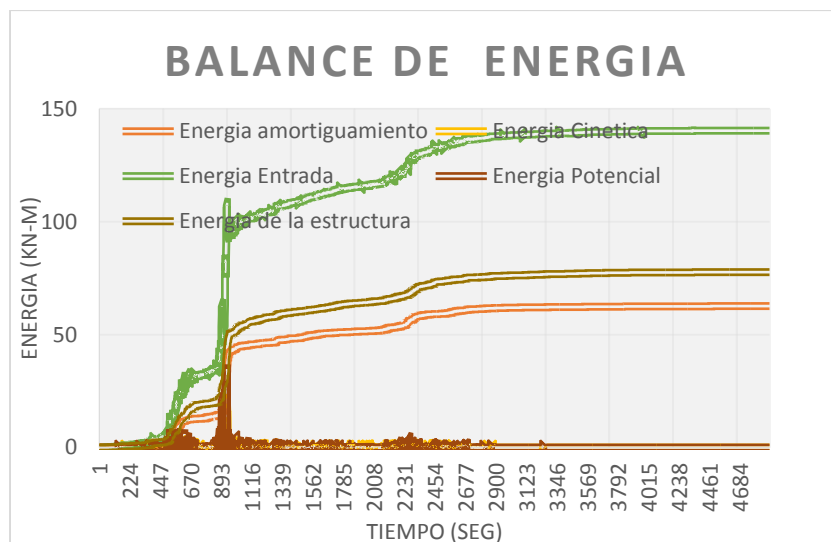
A continuación, en la gráfica 5 se muestra un balance energético de una estructura sin disipadores de energía, en donde se puede apreciar que la mayor energía es asumida por la amortiguación de la estructura durante todo el sismo.



Grafica 5: Distribución de energía en una estructura sin disipadores.

Fuente: Elaboración Propia.

En la gráfica 6, se puede apreciar un segundo balance energético, pero con una edificación con disipadores de energía, de tal manera que se llega a la conclusión que la estructura llega a absorber y disipar energía mínima sin esforzar a los elementos estructurales.



Grafica 6: Distribución de energía en una estructura con disipadores viscosos.

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.2. Intensidad sísmica.

Los efectos producidos por los terremotos sobre las estructuras y personas, se mide por medio de la intensidad sísmica, describiendo de una manera subjetiva el potencial destructivo de los sismos. Existen varias escalas de intensidad, una de ellas es la escala de “Mercalli Modificada”, que fue desarrollado por Wood y Newmann en 1931, que es la que indica en forma resumida los tipos de daños según la intensidad.

IM M	DEFINICION
I	Detectado solo por instrumentos.
II	Sentido por personas en reposo.
III	Sentido por personas dentro de un edificio.
IV	Se siente fuera del edificio.
V	Es notado por todos. Los objetos inestables se caen.
VI	Las personas andan con dificultad. Las ventanas y objetos de vidrio se quiebran. Las estructuras con mampostería débil se agrietan.
VII	Daños moderados en estructuras bien diseñadas, y daños severos en malas construcciones.
VIII	Daños moderados en estructuras bien diseñadas, y daños severos en malas construcciones.
IX	Pánico general. Las estructuras con diseño sismo resistente son seriamente dañadas. Daño en los cimientos.
X	Destrucción grande en edificios bien contruidos. Grandes deslizamientos del terreno.
XI	Casi nada queda en pie. Fisuras en el piso. Tuberías subterráneas fuera de servicio.
XII	Destrucción casi total. Catástrofe. Grandes masas de roca desplazadas.

Tabla 2: Escala de Intensidad de Mercalli Modificada IMM.

Fuente: Wood & Newmann

Intensidad sísmica depende de los siguientes factores:

- ❖ Distancia del sitio al epicentro, mientras más lejos se encuentre del epicentro menor será la intensidad, menor serán los efectos.
- ❖ Del tipo de suelo en que se encuentran las edificaciones; se conoce que los suelos blandos pueden amplificar las ondas sísmicas causando más daño.
- ❖ De la topografía del lugar. Por ejemplo, si una construcción se encuentra al borde de una ladera, tendrá mayor probabilidad de daño que una que se encuentra en un terreno completamente plano.
- ❖ Depende de la resistencia de las estructuras, una edificación que es sismorresistente presentara menos daños que un que no lo es.
- ❖ Depende también del grado de preparación de la gente, en el sentido de saber tomar precauciones para evitar accidentes.

1.3.2.1. Espectro de Diseño.

La probabilidad de excedencia del sismo de diseño en un periodo de tiempo considerado como vida útil media de los edificios. Normalmente, se considera una probabilidad de excedencia del 10% en un periodo de vida de 50 años. En el caso de hospitales, la vida útil supera ampliamente ese valor. La dinámica de la construcción de centros hospitalarios es decididamente menor que la de construcción de viviendas y otro tipo de construcciones. Esto es especialmente crítico en los países en desarrollo, en los que la construcción de grandes centros hospitalarios es escasa debido a que resulta altamente onerosa. Por esta razón la perdurabilidad de dichos centros es muy alta en algunos países, y, en consecuencia, debe pensarse con detenimiento la selección de estas variables.

Las frecuencias dominantes y respuestas máximas. Normalmente, los espectros de sismos exhiben sectores estrechos de frecuencias, donde se encuentran las respuestas máximas. Sin embargo, para cubrir las incertidumbres asociadas a la distancia de ocurrencia del evento y a su contenido de frecuencias, los espectros de diseño presentan una amplia planicie de respuestas máximas, así como factores de amplificación de las respuestas en terrenos blandos con respecto a las de terreno, de acuerdo con comportamientos observados en varios sitios del mundo. No obstante, en el caso de edificaciones especiales, puede ser conveniente la elaboración de un espectro de diseño de acuerdo con las características geológicas del sitio de construcción.

1.3.3. Daños estructurales

El daño es el grado de degradación o destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, los bienes, los sistemas de prestación de servicios y los sistemas naturales o sociales. Desde el punto de vista estructural, generalmente se relaciona con deformaciones irreversibles “Inelásticas”, por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación.

1.3.3.1. Índices de daño estructural.

Los índices de daño se desarrollan para cuantificar el daño local, y global en estructuras dúctiles; sin embargo, al estudiar la respuesta no lineal de estructuras que se proyectan conforme a normas sismorresistentes que prevén valores bajos de ductilidad, se observa que los valores de los índices de daño calculados para un estado previo al colapso, son muy bajos en comparación con los valores calculados para edificios proyectados para tener una respuesta dúctil, por lo que no se les puede considerar como índices para la evaluación objetiva del daño a aplicar en el diseño con base en prestaciones.

El análisis que se presenta a continuación parte de la suposición de que el comportamiento de la estructura no lineal sigue los fundamentos de la teoría del daño mecánico (Oliver et al., 1990). Esta teoría está basada en la mecánica de medios continuos, cumple con los principios fundamentales de la termodinámica. No todos los materiales utilizados con fines estructurales siguen un comportamiento asimilable al daño (degradación/perdida de rigidez), pues hay algunos que se ajustan más a la plasticidad (desarrollo de deformaciones irreversibles) y otros tienen una composición de comportamiento entre daño y plasticidad “degradación con deformaciones irreversibles”, tal como se puede observar en la figura 5

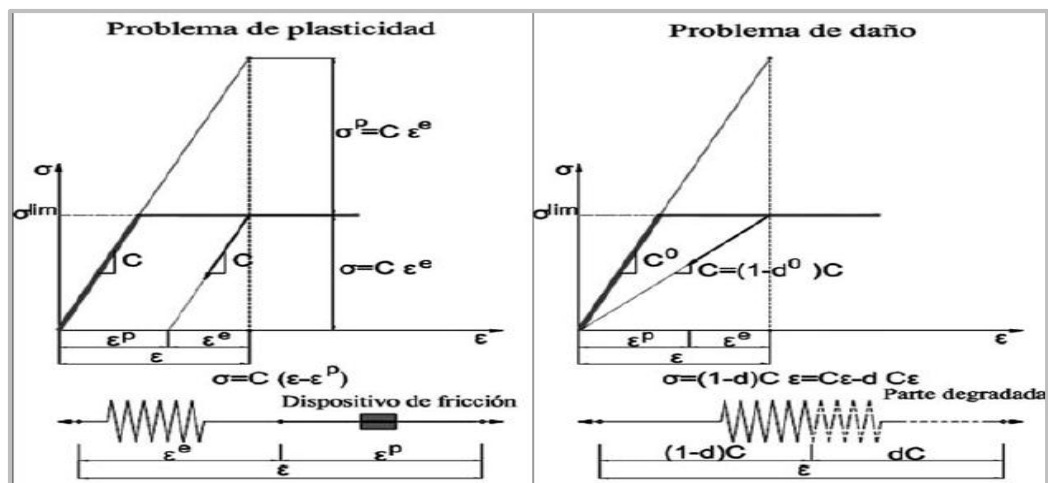


Figura 5: Formas simplificadas de entender el comportamiento elastoplástico y el daño.

Fuente: Oliver et al., 1990.

“El concreto armado tiene un comportamiento mixto daño y plasticidad, pero con preponderancia del efecto de degradación” (Oller et al., 1991, p. 1).

“Esta afirmación puede ser corroborada con ensayos de laboratorio y puede ser cuantificada utilizando la teoría de mezclas de sustancias simples” (Car et al., 2000 y Car et al., 2001, p. 18).

De una manera general, los índices de daño son una medida del estado de deterioro global de la estructura y se obtiene mediante la simulación numérica de una edificación sometida a cargas horizontales, representativas de la acción sísmica, que puede ser de tipo Pseudo estática o dinámica. Dependiendo del tipo de carga, se han formulado diversos índices de daño y se pueden clasificar según parámetros utilizados en su determinación. En este sentido existen índices relacionados con las distorsiones de entrepiso, los desplazamientos máximos, la energía plástica disipada y la combinación de ambos.

1.4. Formulación del problema.

1.4.1. Problema general.

¿En qué porcentaje se reduce el daño en estructuras aporticadas de concreto armado con disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima?

1.4.2. Problemas específicos.

¿En qué porcentaje se reduce la energía sísmica absorbida por la estructura implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima?

¿En qué porcentaje se reduce los desplazamientos y las distorsiones de entrepiso implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima?

¿En qué porcentaje se reduce los esfuerzos internos de las columnas implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima?

1.5. Justificación del estudio.

Económico: cuando una estructura sufre grandes deformaciones se pueden producir daños, en consecuencia, los costos de reparación de estos daños pueden ser muy elevados, pudiendo llegar al extremo que la reparación no sea factible económicamente. Por otro lado, en innumerables casos el contenido dentro de las estructuras puede ser de gran importancia, como: por ejemplo, los hospitales se tienen equipos muy costosos que sobrepasan los 85% y 90% de costo total de la edificación (Díaz la Rosa, M, 2014, p.188).

Técnico: El uso de dispositivos de energía permite reducir significativamente el daño en estructuras aporticadas, disminuyendo los desplazamientos, derivas, aceleraciones, y velocidades en una estructura, lo cual resulta favorable para los elementos estructurales no estructurales.

Social: La reducción del daño en estructuras a porticadas con disipadores tiene por objetivo reducir las distorsiones de entrepiso con el fin mejorar la respuesta estructural edificaciones y de esa manera salvaguardar los lugares donde se reúnen gran cantidad de personas tales como: cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, o donde guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas que cuya funcionalidad es primordial para las personas.

1.6. Hipótesis.

1.6.1. Hipótesis General.

La implementación de disipadores de fluido viscoso reduce el daño en estructuras aporticadas de concreto armado en Callao, Lima.

1.6.2. Hipótesis específicas.

La implementación de disipadores de fluido viscoso reduce la energía sísmica absorbida por la estructura en Callao, Lima.

La implementación de disipadores de Fluido Viscoso reduce los desplazamientos y las distorsiones de entrepiso en Callao, Lima.

La implementación de disipadores de fluido viscoso reduce los esfuerzos internos de las columnas en Callao, Lima.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Evaluar la reducción del daño en estructuras aporricadas de concreto armado con disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima.

1.7.2. Objetivos específicos.

Evaluar la reducción de energía sísmica absorbida por la estructura con disipadores de Fluido viscoso en Callao, Lima.

Evaluar la reducción de distorsiones de entrepiso y los desplazamientos implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima.

Evaluar la reducción de los esfuerzos internos de las columnas implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima.

II. METODOLOGÍA

2.1. Diseño, tipo, nivel de investigación

2.1.1. Tipo de Investigación.

El tipo de estudio es **Aplicada**. Según Valderrama (2013, p.165).
menciona:

“Busca mejorar la situación actual de los individuos o grupos de personas, y para ello tiene que intervenir. La investigación aplicada movida por el espíritu de la investigación fundamental ha enfocado la atención sobre la solución de problemas más que sobre la formulación de teorías [...]. Se refiere a resultados inmediatos y se halla interesada en el perfeccionamiento de los individuos implicados en el proceso de la investigación”.

2.1.2. Tipo de estudio.

La investigación constituye una investigación **correlacional**. Como mencionan:

Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.157).

“su intención de los estudios es en medir dos variables para conocer el nivel o grado de correlaciones. La utilidad y el propósito de los estudios correlacionales es calcular el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas previsiblemente coherentes y, posteriormente se mide y se analizan la relación. Tales correlacionales se sostienen en hipótesis sometidas”.

2.1.3. Diseño de Investigación.

La presente investigación se ubicó en el diseño **No experimental**, como menciona:

Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 149),

“la investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”.

La investigación es no experimental porque las variables independientes están establecidas según normas, manuales y marcos teóricos.

2.2. Variables y Operacionalización.

2.2.1. Variable independiente.

- Daño estructural

2.2.2. Variables independientes

- Intensidad de sismo
- Disipadores de flujo viscosos

2.3. Matriz Operacionalización.

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de Medición
Variable dependiente Daño en la estructura.	“Las estructuras tienen un comportamiento elástico ante sismos leves y uno inelástico cuando esté sujeto a sismos moderados o raros. Este comportamiento inelástico está caracterizado por la disipación de energía a través de deformaciones no recuperables que se agravan conforme la deriva de entrepiso se incrementa; teniendo como consecuencia daño estructural y no estructural cuantioso” (Guevara, 2012, p. 3).	- Índices de daño.	<ul style="list-style-type: none"> - Distorsión de entrepiso y desplazamientos. - Fuerzas internas de las columnas. 	De razón De razón
Variable independiente 1 Intensidad de Sismo	“La intensidad es una medida de los efectos causados por un sismo en un lugar determinado de la superficie terrestre. En ese lugar, un sismo pequeño pero muy cercano puede causar alarma y grandes daños, en cuyo caso decimos que su intensidad es grande; en cambio un sismo muy grande pero muy lejano puede apenas ser sentido ahí y su intensidad, en ese lugar, será pequeña” (Richter, 1958, párr. 2)	- Parámetros del sismo.	<ul style="list-style-type: none"> - Aceleración máxima del Registro de diseño (PGA) - Esfuerzo cortante del suelo. 	De razón
Variable independiente 2 Disipadores de fluido viscoso	“Los sistemas de protección sísmica por amortiguamiento tienen como finalidad reducir los desplazamientos relativos de entrepiso, y por tanto aminorar el daño estructural. Esto se logra mediante un incremento de la participación del amortiguamiento viscoso en la disipación de energía sísmica” (Guevara, 2012, p. 3)	- Porcentaje de Amortiguamiento efectivo(β).	<ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de amortiguamiento - Deriva objetivo 	De razón

Tabla 3: Variables y Operacionalización.

Fuente: Elaboración Propia.

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar en un momento determinado. Cuando se hace una investigación se debe tener en cuenta algunas características esenciales al seleccionar la población de estudio como: Homogeneidad, tiempo, espacio y cantidad (Behar, 2008, p. 4).

Para el presente proyecto de investigación no habría población por ser una unidad de análisis específica, y por lo tanto no se emplearán datos estadísticos.

2.4.2. Muestra.

La población es un subconjunto fielmente representativo de la población.

Los tipos de muestras que se seleccionaran para el proyecto de investigación dependerá mucho de la cantidad y cuan representativa se quiere que sea el estudio de población, la cual puede ser: Aleatoria, estratigráfica, sistemática e intencional (Behar, 2008, p. 6).

Para el presente proyecto de investigación, no habría muestra por ser una unidad de análisis específica, y por lo tanto no se emplearán datos estadísticos.

2.4.3. Unidad de análisis.

La unidad de análisis representa el objeto específico de estudio en una medición y nos referimos al objeto de interés que se desea Investigar (Behar). Para el trabajo de investigación se eligió el Hospital Luis Negreiros Vega, como el modelo de estudio con el fin de evaluar el daño para un sismo de diseño, que para tal caso se propondrá dispositivos de energía viscoso para la reducción del daño de del mismo, la edificación se encuentra situada en la Av. Tomas Valle, cuadra 39, Urb. Santa Rosa, Callao, Lima.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Según Vara (2012), comenta que, los instrumentos se usan para recoger datos científicos que deben ser confiables y válidos. A continuación, tenemos las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

2.5.1. Técnicas.

En el presente trabajo de investigación se emplearon técnicas de análisis sísmico dinámico modal espectral y Tiempo – historia, que permitió evaluar la edificación del Hospital Luis Negreiros.

2.5.2. Instrumento.

Los instrumentos que se emplearon en el presente trabajo de investigación son: planos del hospital Luis Negreiros, Programas computo Etabs 2016 y plantillas de Excel, estos nos servirán para el análisis y evaluación de la edificación tomando en cuenta las características, propiedades y parámetros sísmicos de la edificación, cuyo fin conllevara a la obtención de los resultados.

2.5.3. Validez y confiabilidad del Instrumento.

El programa Etabs pertenece a la misma familia del Sap2000, del cual docentes e investigadores de amplia experiencia avalan los resultados entregados por este programa, tal es el caso de Scheller y Constantiun (1999) de la universidad e Buffalo, quienes realizaron una prueba de laboratorio de una estructura de tres pisos sometida a una excitación basal, correspondiente al registro de la componente sísmica S00E de El Centro 1940, obteniéndose resultados similares a los entregados en el modelo desarrollado en Sap200 (Pardo, 2007, p. 12).

Según algunos Ingenieros como Enrique Martínez Romero (Diseñador de la Torre Mayor de México) Y fabricantes como Taylor, recomiendan el uso de programa Etabs como instrumento de Análisis (Pardo, 2007, p. 12).

2.6. Métodos de análisis de datos.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se consideran algunos criterios: 1, tener en cuenta los parámetros sísmicos del sitio donde se ubica la edificación; 2, hacer el modelamiento considerando todos sus elementos y someterlo a un análisis dinámico lineal con el propósito de hallar las máximas derivas; 3, luego evaluar por el análisis tiempo historia, en la cual se escalaran cada uno de los registros sísmicos a través de programa SeismoMatch, después introducirlos al programa con la finalidad de hacer un diferencia de distorsiones para elegir el sismo de diseño que nos ayudara a determinar la cantidad de amortiguamiento que necesita la edificación (Hospital Luis Negreiros Vega); 4, una vez obtenido el coeficiente de amortiguamiento se procede a iterar con una cierta cantidad de disipadores; 5, elegir el más óptimo y que cumpla con la deriva objetiva; 6, resultados, discusiones y conclusiones.

III. RESULTADOS

3.1. Generalidades del Proyecto.

3.1.1. Descripción del Proyecto

El presente trabajo corresponde a una investigación aplicada y exploratoria de laboratorio, la cual abordara el análisis sísmico de la estructura desde una perspectiva académica, la investigación se enfocara en evaluar el hospital Luis Negreiros Vega, el cual cuenta con 3 niveles, y un área total de 1,085 m², el cual será nuestro objeto de estudio para determinar el daño en los entresijos del hospital utilizando registros históricos que nos ayudaran a analizar los elementos más esforzados y plantear un sistema de disipación de energía.



Figura 6: Vista en 3D del hospital Luis Negreiros Vega.

Fuente: Recuperado de:

https://www.google.com.pe/search?q=hospital+luis+negreiros+vega&rlz=1C1NHXL_esPE753PE758&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjXzOXgkerbAhUSZKwKHdWMC-EQ_AUICigB&biw=1680&bih=944.

3.1.2. Datos del proyecto.

El proyecto de estudio está ubicado en la Av. Tomas Valle, Cdra. 39, Urb. Santa Rosa, Distrito y Provincia Callao y departamento de Lima.

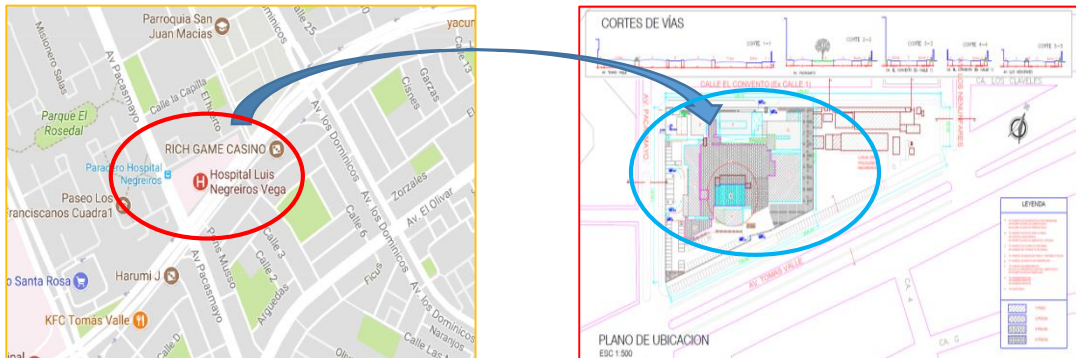


Figura 7: Ubicación del hospital Luis Negreiros.

El proyecto comprende:

- ❖ Primer nivel, segundo nivel, tercer nivel están destinados a establecimientos de salud como: Quirófanos, salas de recuperación, laboratorios, salas de emergencia.

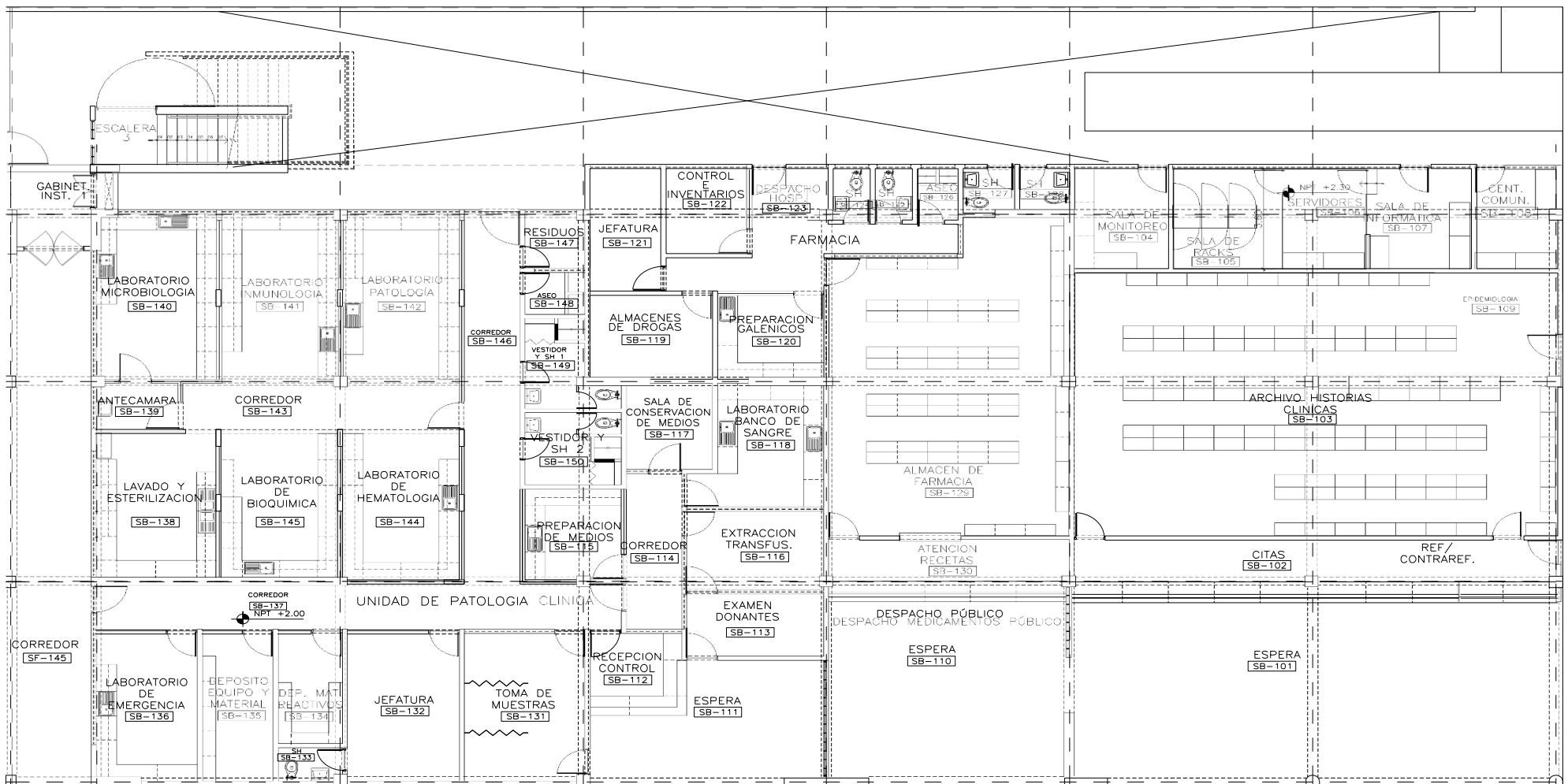


Figura 8: Vista en planta del hospital Luis Negreiros Vega.

Fuente: Hospital Luis Negreiros.

3.1.3. Normas y reglamentos.

Para el desarrollo del proyecto de investigación, se sigue las disposiciones de los reglamentos y normas Nacionales e Internacionales descritos a continuación:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú)
 - NTE E.020 “Cargas”
 - NTE E.060 “Concreto Armado”
 - NTE. 030 “Diseño Sismorresistente”
- A.C.I. 318 – 2014 (American Concrete Institute) – Building Code Requirements for Structural Concrete.
- ASCE/SEI 7-10 “*Minimum Design loads for buildings and other structures*”, (Chapter 26-27 wind loads), EEUU 2010.

Los Reglamentos y Normas que se emplean están en vigencia y/o son de última Edición.

3.1.4. Estructuración del hospital Luis Negreiros Vega.

La edificación es concreto armado con pórticos y muros estructurales, con una resistencia característica a 28 días de $f'c=210$ kg/cm².

Los techos están como losas aligeradas que descansan sobre pórticos y muros estructurales de concreto armado.

El sistema sismorresistente está en base al trabajo en conjunto de pórticos, núcleos de escaleras y muros estructurales de concreto. De acuerdo con las características arquitectónicas del proyecto, el tipo de suelo y la sismicidad de la zona, se plantea necesario incluir disipadores de fluido viscoso para reemplazar los muros de corte en porción importante y así disminuir el peso de la edificación.

El suelo de cimentación tiene una capacidad portante de 2.00 kg/cm², según los ensayos de laboratorio por corte directo sin drenaje. Por esta razón que el edificio se está cimentado con zapatas Aisladas.

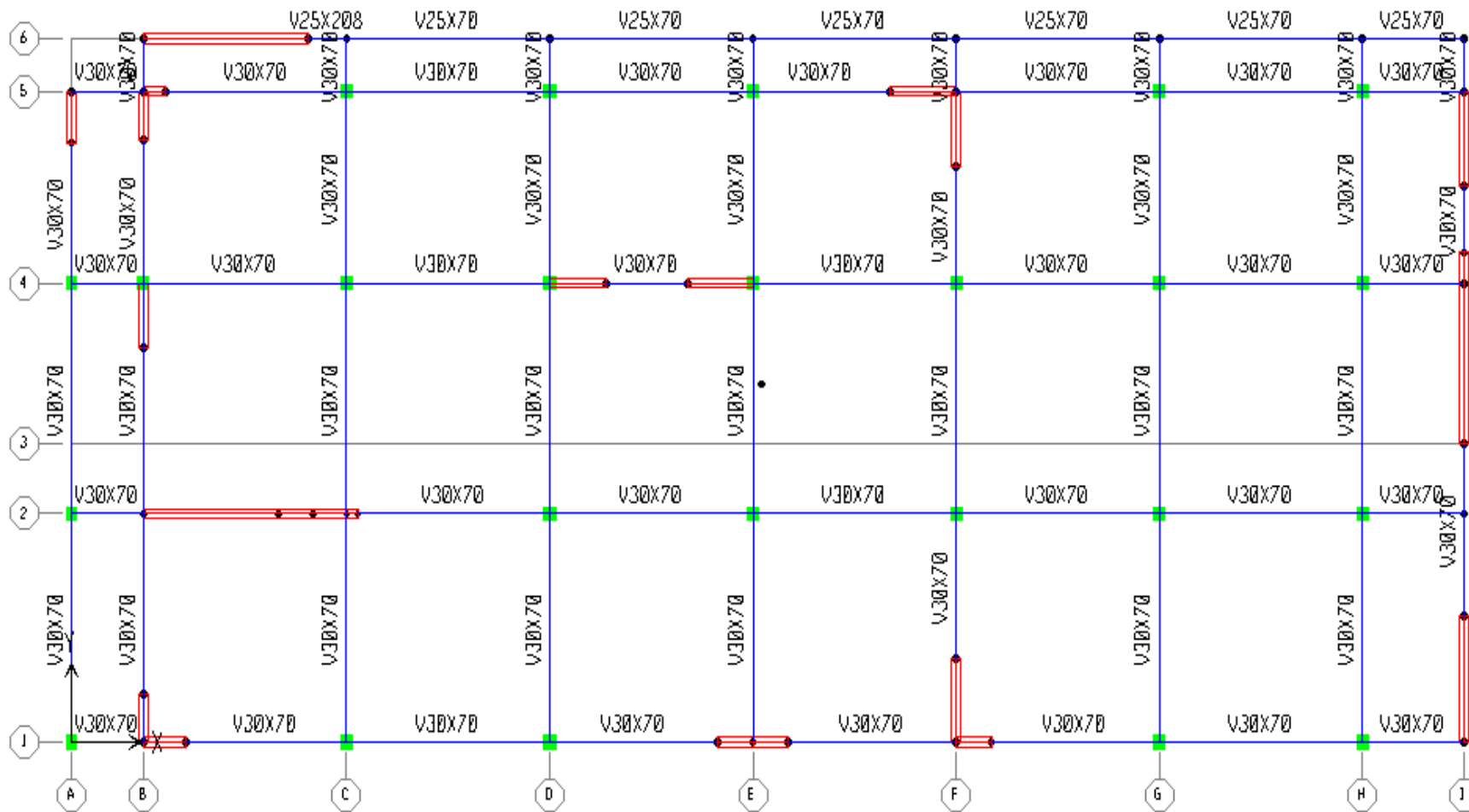


Figura 9: Aligerado típico del hospital Luis Negreiros Vega.

3.1.5. Especificaciones y propiedades de los materiales.

Concreto:

- Resistencia ($f'c$) = 210 kg/cm² (Todos los elementos).
- Módulo de Elasticidad (E) = 217370.6512 kg/cm².
- Módulo de Poisson (μ)= 0.20.
- Peso Específico (γc)= 2400 kg/cm³ (Concreto Armado).

Acero Corrugado (ASTM A605):

- Resistencia a la fluencia (f_y) (Grado 60) =4200 kg/cm²
- Módulo de Elasticidad (E) =2100000 kg/cm².

Recubrimientos mínimos (R)

- Cimientos, Zapatas, Vigas de Cimentación 7.50 cm.
- Columnas = 4.00 cm
- Muros estructurales y vigas chatas = 2.50 cm
- Vigas Peraltadas: Lateral = 6.00 cm, Superior = 4.00 cm.
- Losas Aligeradas, Escaleras 2.00 cm.

Cargas Unitarias (Según Norma E.030).

Sobrecarga:

- Corredores y escaleras : 0.50 Ton/m²
- Azotea : 0.25 Ton/m²
- Acabados : 0.10 Ton/m²
- Tabiquería Móvil : 0.50 Ton/m²
- Losa Aligerada : 0.30 Ton/m²

3.2. Criterios de modelación estructural.

Para la correcta de modelación en el Programa ETABS 2016, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- a. **Brazo rígido.** – Los brazos rígidos son nada menos segmentos de Vigas y columnas que están embebidas dentro del nudo de unión de dichos elementos. Esta longitud normalmente no se tiene en cuenta en el modelamiento, puesto que los

elementos se idealizan por medio de los ejes neutros de los mismos. La longitud del brazo rígido es la longitud en la que se produce el traslape de las secciones con los objetos en el extremo del objeto unidimensional.

- b. **Diafragma rígido.** – El diafragma rígido se asigna a los elementos losa para que se comporte como una estructura rígida que no experimente deformación y a la vez las partículas o puntos parte de la losa se muevan simultáneamente con su centro de masa.

Losa. Es un elemento de geometría tridimensional que soporta cargas en planos bidimensionales, la cual sus deformaciones ocurren en el eje de menor dimensión que es la dirección de las cargas, y a la vez de menor Inercia.

La losa tiene mayor rigidez en relación con los ejes de dimensiones grandes, y viceversa, tiene menor rigidez en relación con el eje de deformación, la dimensión menor.

Un diafragma rígido. – Son los elementos que solo se desplazan en dos direcciones, como es el caso de los diafragmas horizontales es vertical y tiene una rotación sobre la otra dirección. En el caso 2 cuando el diafragma toma dirección vertical, como muros que tienen desplazamientos, pero uno de ellos es con respecto al eje de dimensión menor y la rotación sobre el eje de dimensión mayor, también las cargas están en la dirección de las dos inercias mayores.

Centro de masa. – Para determinar el centro de masas, es necesario multiplicar el peso de cada elemento por su distancia al eje y luego dividir entre la sumatoria del total de los pesos.

- c. **Centro de rigidez.** – Es un punto teórico en planta del edificio, donde al aplicar una fuerza cortante se produce traslación.

- d. **Excentricidad accidental.** – La fuerza de cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas del nivel respectivo, por ello que se considera el efecto de excentricidades accidentales $e_i = 0.05$ veces la dimensión del edificio en la perpendicular a la aplicación de las fuerzas.
- e. **Peso sísmico.** - Es la suma de la carga muerta de la estructura, más el porcentaje de la carga viva, la cual se usa para calcular la Fuerza cortante basal.
- f. **Transferencia de cargas en una estructura.** – La transferencia de cargas por gravedad desarrolla un camino de fuerzas sumatorias, la cual las losas distribuyen su peso a las vigas según su área tributaria y la viga transmiten las cargas a las columnas, estas hacen llegar a la cimentación (zapatas) y luego transmiten al suelo.
- g. **Verificación de irregularidades en las edificaciones**

Elevación (4 Casos):

- Piso blando. No presenta
- Masa mayor del 50% en los pisos adyacentes. No presenta
- Irregularidad geométrica mayor del 30% en los pisos adyacentes. No presenta
- Discontinuidad de los elementos verticales. No presenta

Planta (3 casos)

- Irregularidad torsional. No presenta
- Esquinas Entrantes. No presenta
- Discontinuidad de diagramas. No presenta

¿Porque qué se verifica la irregularidad?; Para saber que de análisis realizar, con el objetivo de esforzar más a las estructuras irregulares (R = factor de reducción).

$$R_{\text{IRREGULAR}} = \frac{3}{4} \cdot R_{\text{REGULAR}}$$

3.2.1. Dimensionamiento establecido en el proyecto.

- ✓ Losa considerada es:

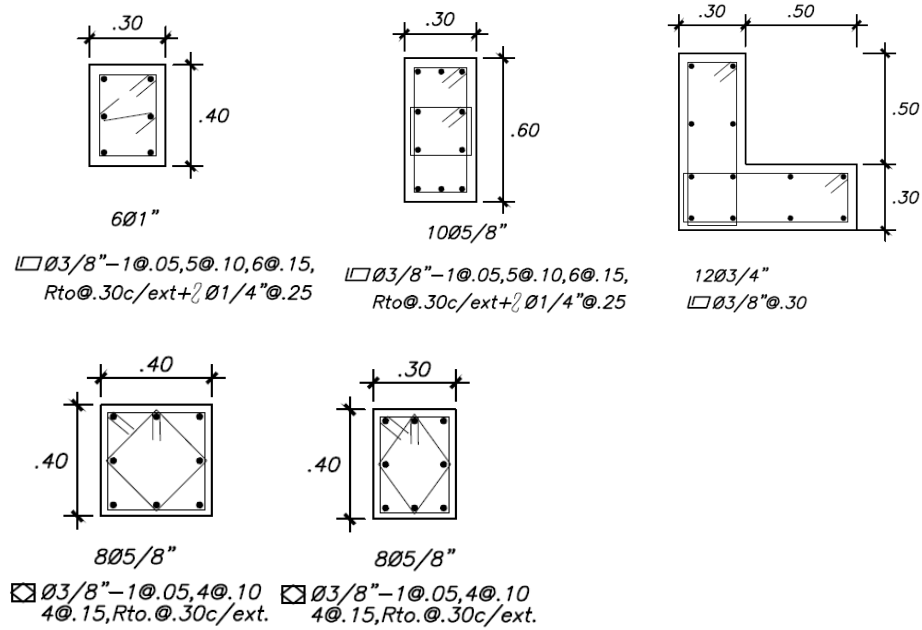
Losa aligerada h= 20 cm

- ✓ Vigas típicas son de:

V 0.3x0.70 m

- ✓ Columnas consideradas son:

C0.3x0.40 m, C0.30x0.60 m, C(L)0.80x0.80 m, C0.40x0.40,



Modelo estructural (3D) del Hospital Luis Negreiros Vega.

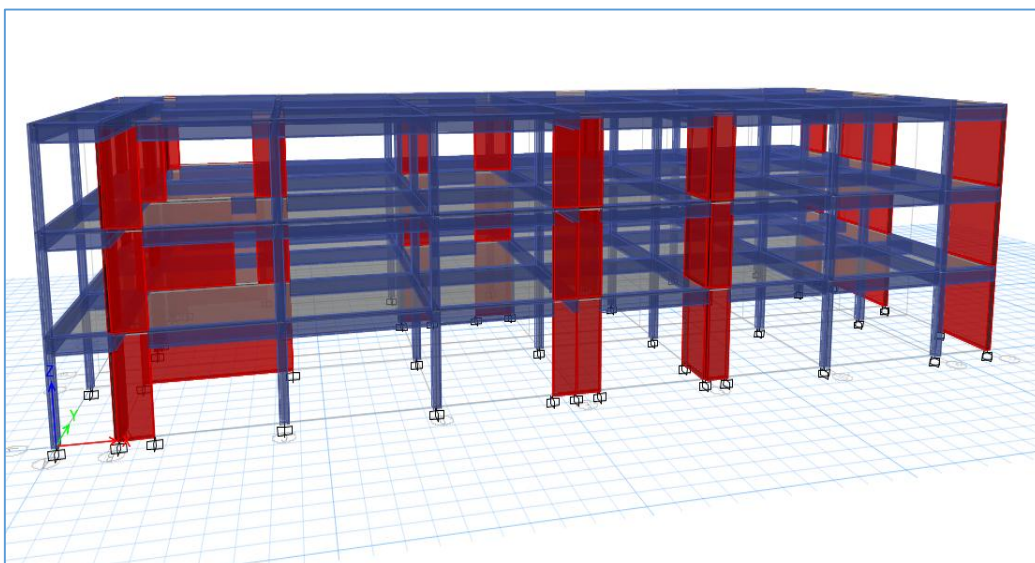


Figura 10: Vista Frontal en 3D del Hospital Luis Negreiros Vega.

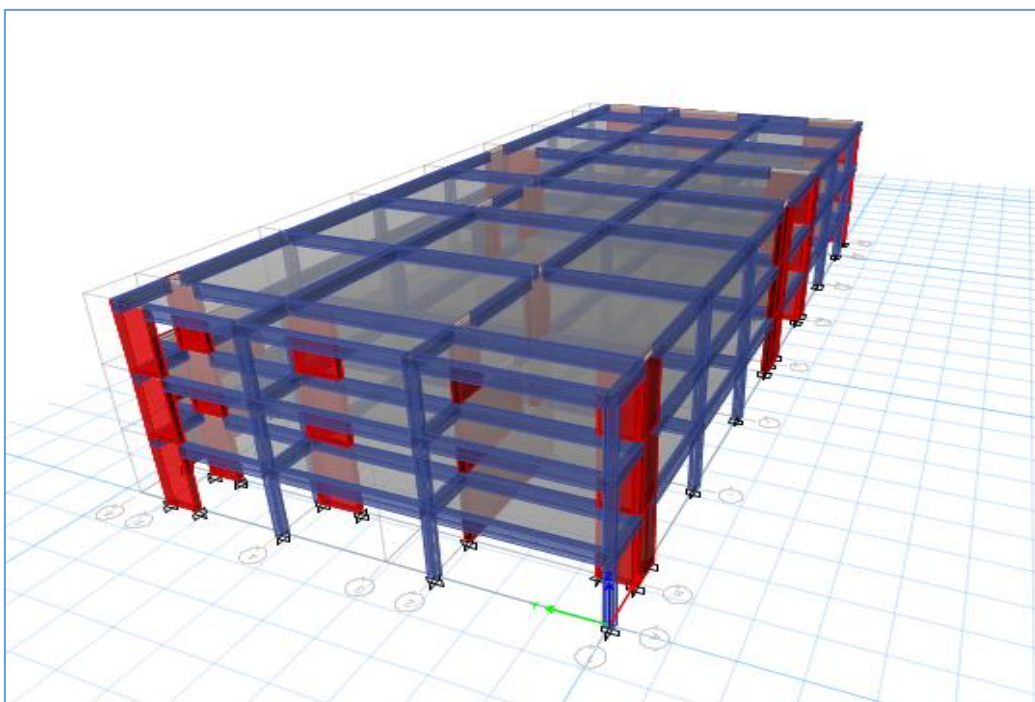


Figura 11: Vista Isométrica del Hospital Luis Negreiros Vega.

3.2.2. Medrado de cargas sísmicas.

METRADO DE CARGAS PARA ANALISIS SISMICO

2 DIR.

PESOS	PISO TIPICO	AZOTEA
CARGA MUERTA:		
P.P TECHO:	350 Kg/m ²	350 Kg/m ²
PISO TERM:	100 Kg/m ²	100 Kg/m ²
TABIQUERIA:	50 Kg/m ²	
COL Y VIGAS:	410 Kg/m ²	300 Kg/m ²
CM:	910 Kg/m ²	750 Kg/m ²

CARGA VIVA:		
S/C:	300 Kg/m ²	100 Kg/m ²
CV:	300 Kg/m ²	100 Kg/m ²

CARGAS SISMICAS

CM:	910 Kg/m ²	750 Kg/m ²	
50%*CV:	150 Kg/m ²	50 Kg/m ²	<< 50%*CV
PESO SISMO /M2	1,060 Kg/m²	800 Kg/m²	

Nivel	Descripción	Altura	Peso x niveles	Masa
1	NIVEL 1	4.20	1001.74	102.11
2	NIVEL 2	3.90	979.04	99.80
3	NIVEL 3	3.90	624.01	63.61
TOTAL		12.00	2604.80	265.52

3.3. Análisis Sísmico

3.3.1. Análisis sísmico estático.

El análisis estático presenta las solicitaciones sísmicas mediante fuerzas horizontales que actúan en cada nivel de la edificación.

- Aplicado para edificios regulares.
- Edificaciones menores a 45 m de altura.

También este método de análisis estático se realiza con fines de comparación y verificación de las vibraciones naturales de la edificación.

Periodo fundamental. Se estima con la siguiente expresión:

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

$T_{x,y} = 0.34$ s; Periodo fundamental de la estructura.

$h_n = 12$ m; Altura del edificio.

$C_T = 35$; Factor dependiente de la configuración estructural en “X” y “Y”.

- A porticado $C_T = 35$
- Dual (Pórtico, Placas) $C_T = 45$
- Muros estructurales, albañilería $C_T = 60$

1°. **Verificación de irregularidad de la estructura.** Se considera como estructura regular, porque no presenta irregularidad en plantas ni en sus elementos, por lo tanto, el coeficiente de reducción se considera $R_x = R_y = 6$.

2°. **Fuerza cortante en la base.** La fuerza cortante total en la base de la estructura se determina con la siguiente expresión:

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

debiendo considerarse para C/R es el valor mínimo:

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

$h_n = 12.00$ m; altura del edificio.

$C_T = 35$; factor de configuración estructural en el eje “X” y “Y” (pórticos y Muros estructurales).

$T_{x,y} = 0.34$ s; periodo fundamental de la estructura.

$Z = 0.45$ g; factor de zona 4, según Norma E.030, Tabla N° 1.

$S = 1.05$; Factor de suelo (Suelo intermedio, Tipo S2), según Norma E.030, Tabla N° 3.

$T_P = 0.6$ s; Periodo del suelo, según Norma E.030, Tabla N° 4.

U=1.5; Factor de categoría A (edificaciones Esenciales, categoría “A1”), según Norma E.030, Tabla N° 5.

C=2.5; Factor de Amplificación sísmica.

C =2.5; porque T < Tp

Rx, Ry=6; Coeficiente de reducción sísmica para estructura regular, según Norma E.030, Tabla N° 7.

Chequeo $\frac{C}{R} = \frac{2.5}{6} = 0.4167 \geq 0.125$ ¡cumple!

P=PSISMICO= 2604.80 Ton; peso sísmico de la estructura.

$$V = \frac{0.45 \cdot 1.5 \cdot 2.5 \cdot 1.05}{6} * 2604.80 \text{ Ton} = 769.23 \text{ Ton.}$$

El coeficiente de corte basal (dato a ingresar en Etabs para que se distribuya automáticamente la fuerzas en altura).

$$\frac{Z * U * C * S}{R} = 0.2953$$

3°. **Distribución de la fuerza sísmica en altura.** Se disminuye la cortante sísmica basal en todos los niveles y según se incremente la altura, la esta fuerza se aplicará en el centro de masa de las losas.

Si $T \leq 0.5s$; en este caso asumimos $k=1$, porque cumple con el periodo fundamental determinado.

En cambio, si no cumpliera empleamos lo siguiente: Si $T > 0.5s$; asumir $k = (0.75 \cdot 0.5 T)$.

$$F_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n (P_i * h_n)} * (V)$$

$$F_1 = \frac{P_i * h_i}{\sum_{j=1}^n (P_i * h_n)} * (V) = 164.84 \text{ ton}$$

$$F_2 = \frac{P_i * h_i}{\sum_{j=1}^n (P_i * h_n)} * (V) = 310.71 \text{ ton}$$

$$F_3 = \frac{P_i * h_i}{\sum_{j=1}^n (P_i * h_n)} * (V) = 293.38 \text{ ton}$$

3.4. Análisis modal Espectral.

El análisis modal espectral determina la frecuencias naturales o frecuencias propias de la estructura, estas se determinan cuando no hay cargas actuando, ni siquiera el propio peso, solamente la propia masa de la estructura esto significa que no depende de la gravedad. Al colocar el espectro de diseño con todos los parámetros de la norma E.030, lo que realmente causa es una excitación, a efecto de la aceleración en función del tiempo considerado como “fuerzas” y si las aceleraciones multiplicamos por su matriz de masas obtenemos una fuerza.

Antes de realizar el análisis sísmico de una edificación, primero se debe saber los modos de vibración y sus periodos fundamentales, debido a estas características depende su respuesta durante un evento sísmico.

Podemos decir del análisis modal:

- ❖ Que es la interacción entre la rigidez y la masa.
- ❖ Se estudia las formas y modos de vibración libre.
- ❖ Mínimo deben ser tres modos de vibración por piso.
- ❖ Se debe considerar más del 90% de masa participativa en la vibración.

En la tabla siguiente se da un alcance de comportamiento del periodo para alturas promedio de entrepiso $h = 3.00 \text{ m}$. “1er Periodo= $(0.1s) * (N^\circ \text{ Pisos})$ ”

Nº PISOS	Nº MINIMO DE MODOS	1ER PERIODO
≤ 5	3	0.5 s
06-jul	5	0.6s -1s
nov-15	8	1.1s – 1.5s
≥ 16	10	≥ 1.6

Tabla 4: Número mínimo de modos de vibración según el número de pisos.

Fuente: SEAOC

- a) **Masas.** Las masas se determinan con los tres grados de libertad, dos de traslación y uno de rotación que regidas con respecto al centro de masa.

Estructura Regular:

Masa traslacional.

$$M_t = M_x = M_y = \frac{P_i}{g}; \left(\text{ton}/\frac{\text{s}^2}{\text{m}}\right)$$

Masa rotacional.

$$M_r = M_{RZ} = \frac{M_t \cdot (a^2 + b^2)}{12}; \left(\text{ton}/\frac{\text{s}^2}{\text{m}}\right)$$

Como la edificación a evaluar es regular se consideran lo siguiente.

Masa traslacional.

$$M_t = M_x = M_y = \frac{P_i}{g}; \left(\text{ton}/\frac{\text{s}^2}{\text{m}}\right) = 659.57 \text{ ton-m}$$

Masa rotacional.

$$M_r = M_{RZ} = \frac{M_t \cdot (a^2 + b^2)}{12}; \left(\text{ton}/\frac{\text{s}^2}{\text{m}}\right) = 5434.13 \text{ ton-m}$$

b) Modelo para el análisis.

Para el análisis de la edificación “Hospital Luis Negreiros Vega”, se empleó como herramienta el programa Etabs 2016, la cual me ayudara para realizar el análisis Modal espectral y el análisis tiempo Historia. Para ello se tomó algunas consideraciones:

- Se consideró diafragma por cada piso, asignando 3 grados de libertad en cada piso. Se tendrán 3 diafragmas y 9 modos de vibración.
- Se restringió el movimiento lateral en la base del primer piso (empotrado).

Mode	Period	UX	UY
1	0.3124	0.27	59.69
2	0.2217	73.17	0.85
3	0.1501	0.86	17.77
4	0.0820	0.87	11.78
5	0.0715	17.53	0.60
6	0.0387	0.00	5.73
7	0.0342	0.03	2.87
8	0.0310	7.27	0.01
9	0.0196	0.01	0.71
Σ=		100.00	100.00

Tabla 5: Modos de Vibración.

c) **Análisis de resultados.** El primer modo de vibración es el que causa mayor desplazamiento, menor frecuencia mayor periodo fundamental ($t = 0.3124s$), la cual participa un 59.69% o se podría decir más del total de masa de la edificación.

Como se observa la tabla 7, con 09 modos de vibración basta ($\text{sum UX}=100\%$) para analizar la estructura, ya que cumple con la Norma E.030, que indica (mínimo 90% de la masa total haya participado en los diferentes modos de vibración).

3.5. Análisis dinámico modal espectral.

Este análisis dinámico modal espectral un método que tiene la finalidad de sumar los modos de vibración, la interacción entre la rigidez del edificio, la masa que se induce y la perturbación externa, que en este caso vendría a ser los espectros y las aceleraciones de registros sísmicos, y entonces se producirá un efecto de sumatoria de fuerzas.

3.5.1. Respuesta de la estructura.

Son los espectros obtenidos de las aceleraciones en el momento que interactúa con la estructura.

Se utilizará un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

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

$Z = 0.45$ g; factor de zona 4, según norma E.030, tabla N°1.

$S = 1.05$; Factor de suelo (Suelo intermedio, Tipo S2), según Norma E.030, Tabla N° 3.

TP = 0.6 s; Periodo del suelo, según Norma E.030, Tabla N° 4.

U = 1.5; Factor de categoría A (edificaciones Esenciales, categoría "A1"), según Norma E.030, Tabla N° 5.

hn = 12.00 m; altura del edificio.

T = 0.3124 s; periodo fundamental de la estructura.

.C = 2.5; porque T < Tp

T = 0.3124s ≤ Tp = 0.6s

Gravedad; g = 9.81 m/s²

Rx, Ry = 6; Coeficiente de reducción sísmica para estructura regular, según Norma E.030, Tabla N° 7.

Chequeo $\frac{C}{R} = \frac{2.5}{6} = 0.4167 \geq 0.125$;cumple!

Grafica 7: Espectro de Diseño en X y Y.

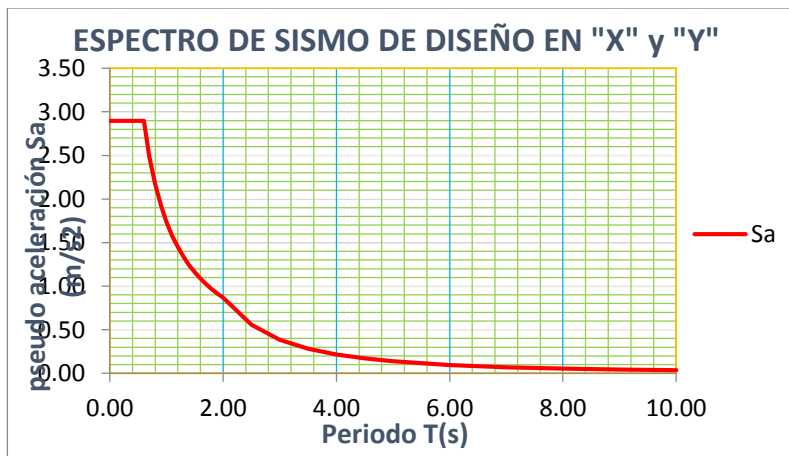


Tabla 6: Parámetros sísmicos.

PARAMETROS SISMICOS		
	TIPO	FACTOR
ZONA	4	Z= 0.45 g
USO	A	U= 1.5
SUELO	S2	S2= 1.05
COEF Rx	F	Rx= 6.0
COEF Ry	F	Ry= 6.0
REG. (SI/NO)	SI	r =1
Hn	12 m	
Ctx	35	Tx= 0.34
Cty	35	Ty= 0.34
FAC. AMP. SÍSM. x:		Cx= 2.50
FAC. AMP. SÍSM. y:		Cy= 2.50

Tp= 0.6

Tabla 7: Cortante Estática y Dinámica

Story	Load	VX	VY	T	MX	MY
PISO 3	SX	-289.47	0.00	3259.84	0.00	0.00
PISO 3	SX	-289.47	0.00	3259.84	0.00	-1128.93
PISO 3	SY	0.00	-289.47	-7859.80	0.00	0.00
PISO 3	SY	0.00	-289.47	-7859.80	1128.93	0.00
PISO 3	SDX	271.75	36.12	2507.45	0.00	0.00
PISO 3	SDX	271.75	36.12	2507.45	140.87	1059.84
PISO 3	SDY	37.90	215.88	5391.71	0.00	0.00
PISO 3	SDY	37.90	215.88	5391.71	841.93	147.80
PISO 2	SX	-609.17	0.00	7264.62	0.00	-1128.93
PISO 2	SX	-609.17	0.00	7264.62	0.00	-3504.70
PISO 2	SY	0.00	-609.17	-16636.27	1128.93	0.00
PISO 2	SY	0.00	-609.17	-16636.27	3504.70	0.00
PISO 2	SDX	490.02	60.63	4573.29	140.87	1059.84
PISO 2	SDX	490.02	60.63	4573.29	361.20	2903.80
PISO 2	SDY	62.28	410.39	10429.25	841.93	147.80
PISO 2	SDY	62.28	410.39	10429.25	2404.89	369.40
PISO 1	SX	-762.91	0.00	9158.56	0.00	-3504.70
PISO 1	SX	-762.91	0.00	9158.56	0.00	-6708.91
PISO 1	SY	0.00	-762.91	-20772.96	3504.70	0.00
PISO 1	SY	0.00	-762.91	-20772.96	6708.91	0.00
PISO 1	SDX	579.73	76.09	5681.04	361.20	2903.80
PISO 1	SDX	579.73	76.09	5681.04	655.07	5263.83
PISO 1	SDY	76.09	491.83	12644.03	2404.89	369.40
PISO 1	SDY	76.09	491.83	12644.03	4411.73	669.40

-1.05 **-1.24** Ok!

-610.328 **-610.328** Ok!

3.5.2. Desplazamientos laterales y control de derivas (Etabs 2016).

Según la Norma E.030 – 2016, en su inciso 16.40, estipula que se debe multiplicar por 0.75R las derivas obtenidas como respuesta máxima elástica del análisis dinámico lineal, esto se hace para estimar los efectos de la incursión en el rango elástico de la estructura durante un sismo severo.

$$\text{Deriva de entrepiso elastica software; } \Delta_{\text{elastico}} = \beta \equiv \tan\beta = \frac{\Delta_{ix} - \Delta_{(i-1)x}}{H_i}$$

Tabla 8: Deriva de entrepiso real “Norma E.030”, sentido “X”; $\Delta_{real} = 0.75 * R * \Delta_{elastica}$.

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplz.max	Max Drift	Drift*.75R _{x,y}	Menor a 0.007
			m	m	m	m
PISO 3	SDX Max	X	0.03843	0.00050	0.00225	OK
PISO 3	SDX Max	Y	0.00772	0.00205	0.00924	NO CUMPLE
PISO 2	SDX Max	X	0.02119	0.00049	0.00221	OK
PISO 2	SDX Max	Y	0.00465	0.00200	0.00899	NO CUMPLE
PISO 1	SDX Max	X	0.00744	0.00027	0.00121	OK
PISO 1	SDX Max	Y	0.00171	0.00113	0.00509	OK

Tabla 9: Deriva de entrepiso real “Norma E.030”, sentido “Y”; $\Delta_{real} = 0.75 * R * \Delta_{elastica}$

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplz.max	Max Drift	Drift*.75R _{x,y}	Menor a 0.007
			m	m	m	m
PISO 3	SDY Max	X	0.02449	0.00085	0.00381	OK
PISO 3	SDY Max	Y	0.08561	0.00287	0.01293	NO CUMPLE
PISO 2	SDY Max	X	0.01477	0.00065	0.00290	OK
PISO 2	SDY Max	Y	0.06235	0.00282	0.01271	NO CUMPLE
PISO 1	SDY Max	X	0.00520	0.00034	0.00155	OK
PISO 1	SDY Max	Y	0.02255	0.00152	0.00683	OK

3.5.3. Análisis de resultados.

Como se muestra en las tablas 10,11, el análisis dinámico Espectral no cumplió con el límite de la Norma E.030, porque los valores obtenidos sobrepasan el 7‰ en el eje Y en el segundo y tercer nivel.

3.6. Análisis sísmico dinámico no lineal tiempo historia.

El método de análisis dinámico lineal Tiempo Historia permite evaluar las condiciones de edificaciones nuevas y existentes, en relación con su interacción entre la rigidez del edificio y la masa que se induce más la perturbación externa de las aceleraciones de los registros sísmicos en la cual se producirá sumatorias de los efectos.

3.6.1. Respuesta de la estructura.

Son los espectros obtenidos de los registros de aceleración con relación a los efectos que se produce en el edificio.

Se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

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

Determinamos los parámetros sísmicos.

Factor de zona (Z), la ciudad de Lima se encuentra ubicada en la zona 4, por lo tanto, según la Tabla N° 1 de la Norma E.030-2016 le corresponde un valor de $Z=0.45$.

Parámetros del suelo (S) y (Tp), De acuerdo a los estudios de suelo mostrados en el laboratorio de mecánica de suelos de la UNI, arrojaron un perfil de tipo S_2 correspondiente a suelos intermedios, porque presento una resistencia al corte en condiciones no drenadas \bar{s}_μ , entre (0.5 kg/cm^2 y 1 kg/cm^2); por ello el factor de amplificación del suelos $S=1.05$ y un periodo $T_p=0.6$ segundos como se indica en la Tabla N° 3 y en la Tabla N° 4 de la Norma E.030-2016.

Categoría de la edificación (U), según la tabla la Tablas N° 5 de la Norma E.030-2016, la categoría de la edificación pertenece a Edificaciones Esenciales porque es un establecimiento de salud (Hospital), le corresponde un factor $U=1$.

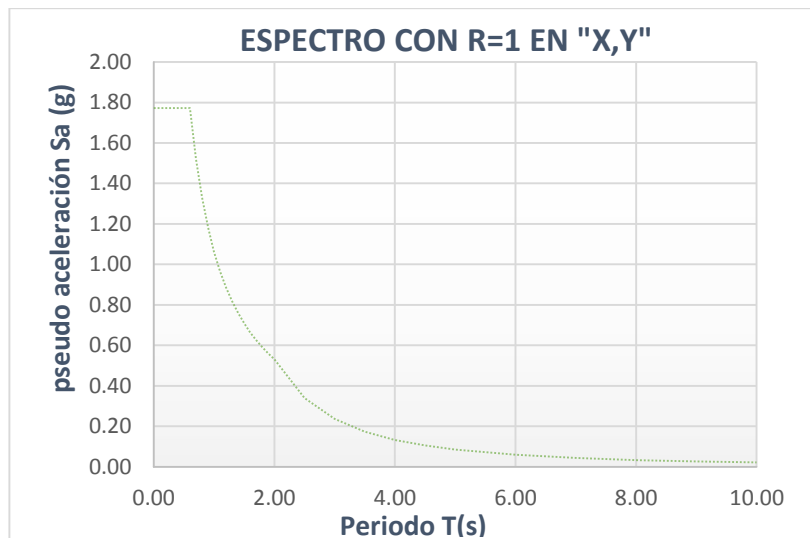
Factor de reducción(R), este valor se toma en base a criterios de la Norma ASCE 7-10 Capitulo 16, fijándose como valor de $R=1$.

Tabla 10: Parámetros Sísmicos.

PARAMETROS SISMICOS		
	TIPO	FACTOR
ZONA	4	Z= 0.45 g
USO	A	U= 1.5
SUELO	S2	S= 1.05
COEF Rx	F	Rx= 1.0
COEF Ry	F	Ry= 1.0
REG. (SI/NO)	SI	r =1
Hn	12 m	
Ctx	35	Tx= 0.34
Cty	35	Ty= 0.34
FAC. AMP. SÍSM. x:		Cx= 2.50
FAC. AMP. SÍSM. y:		Cy= 2.50

g=9.81
Tp= 0.6

Grafica 8: Espectro de diseño R=1



3.6.2. Escalamiento de acelerogramas al espectro de R = 1

A continuación, se muestran los criterios para el escalamiento de los registros sísmicos empleando el SeismoMach v.2.1.

Los registros de aceleración, según la Norma E.030-2016 (Ítem 4.7.1), se usaron 3 registros de aceleraciones del terreno, en ambos sentidos. Las historias de aceleración fueron obtenidas de la página del CISMID cuyas magnitudes, distancia de fallas son cercanas al objeto de estudio; para el escalamiento se consideró amortiguamiento de la estructura $E_D=5\%$, los rangos de periodos entre $0.2T$ y $1.5T$

(siendo T el periodo fundamental), asimismo para el espectro de diseño $R=1$, según lo indicado anteriormente.

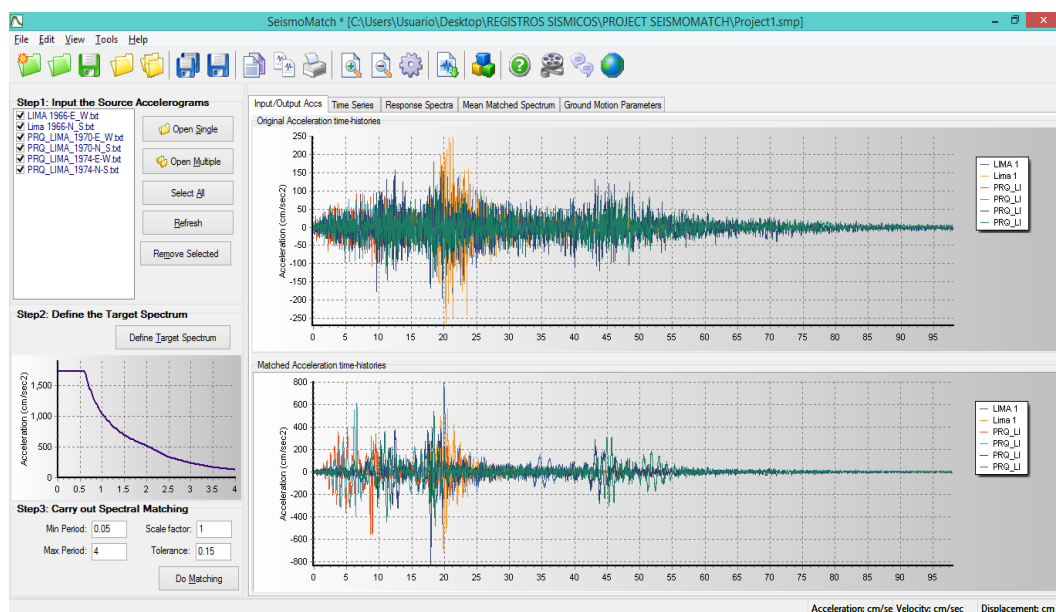
Para escalar los acelerogramas SeismoMatch, solicitara lo siguiente:

- Las aceleraciones desde que fila empiezan.
- Muestra la cantidad de filas.
- El intervalo de muestreo del registro sísmico, para este caso es 0.02.
- Factor de escala de acuerdo con unidades del registro sísmico, para este caso fue 1.

Después de introducir todos los datos, se debe tener en cuenta los valores mínimos y máximos de periodo que para este caso se tomaron como (0.05 y 4), factor de escala igual a 1 y la tolerancia será de 0.15.

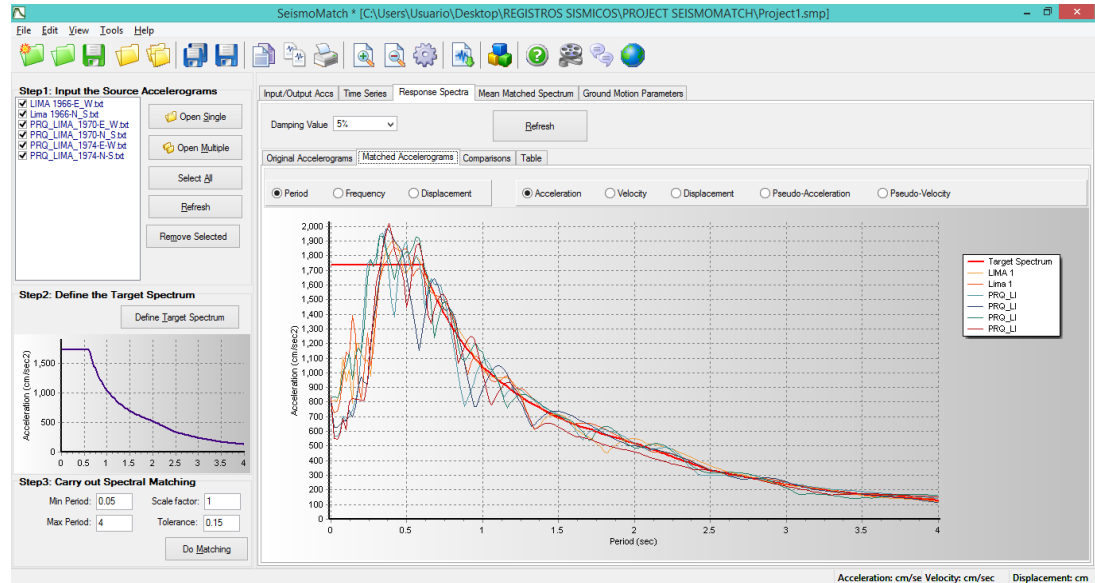
Grafica 9: Acelerogramas de cada uno de los registros sísmicos escalados en base al espectro de diseño $R=1$.

Fuente: SeismoMatch.

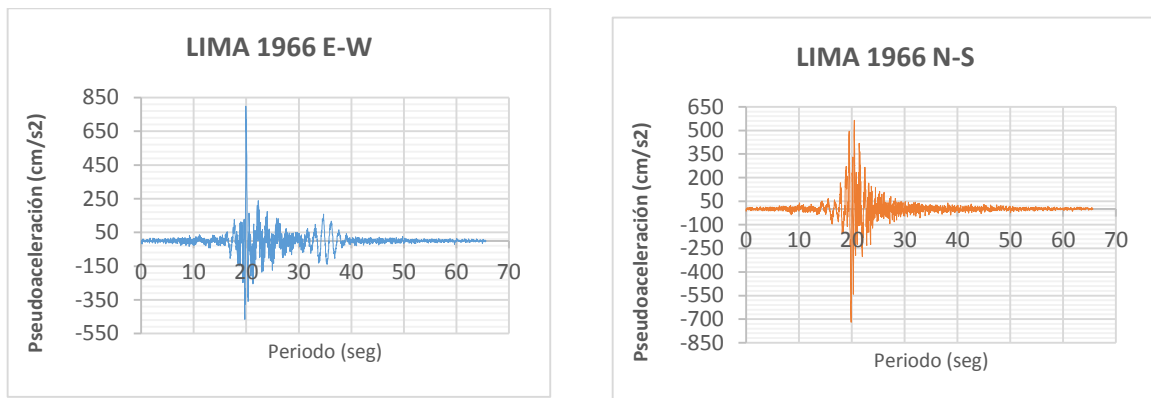


Grafica 10: Espectros de respuesta de cada uno de los registros sísmicos.

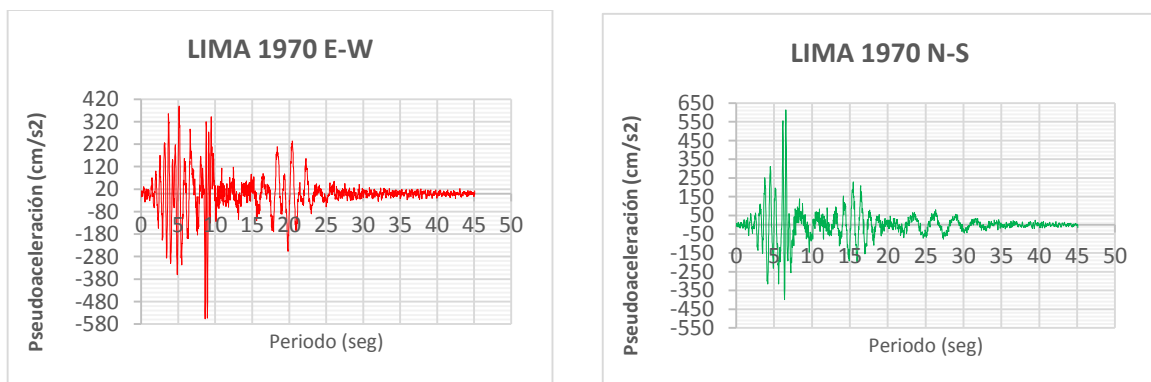
Fuente: SeismoMatch



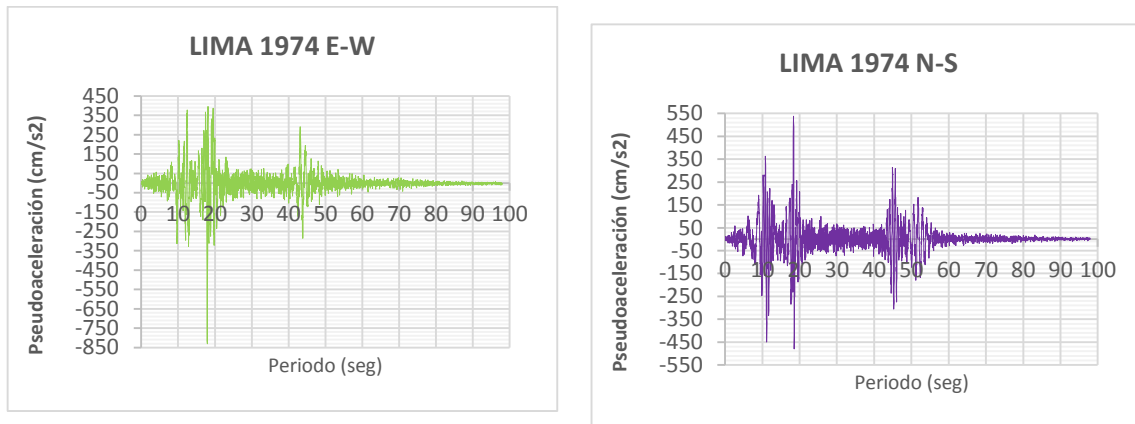
Grafica 11: Acelerogramas de registro sísmico de Lima 1966 EW y NS



Grafica 12: Acelerogramas de registro sísmico de Lima 1970 EW y NS.



Grafica 13: Acelerogramas de registro sísmico de Lima 1974 EW y NS



Una vez obtenidos los escalamientos de los 3 registros sísmicos al espectro de diseño $R=1$, en sus dos componentes podremos realizar el Análisis Dinámico Tiempo Historia.

3.6.3. Desplazamientos laterales y control de derivas (Etabs 2016).

La Norma E.030 especifica en el inciso 4.7.1 que $R = 1$, se considera cuando se hace un análisis de tiempo historia, la cual se analizara de forma inelástica, en este caso los valores obtenidos no se multiplicaran por otro valor si no es más que la unidad, debido a que las respuestas son las máximas esforzadas por el análisis dinámico no lineal.

Deriva de entrepiso elastica software; $\Delta_{elastico} = \beta \equiv \tan\beta = \frac{\Delta_{ix} - \Delta_{(i-1)x}}{H_i}$

Deriva de entrepiso real “Norma E.030”, sentido “X” y “Y”; $\Delta_{real} = 0.75 * R = 1 * \Delta_{elastica}$

Tabla 11: Distorsiones de entrepiso, Dirección X–Componente EW/ Dirección Y–Componente NS.

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplaz. max	Drift	Menor a 0.007 m
			m		
PISO 3	CASO1-LIMA 1966 EW	X	0.01526	0.0028125	OK
PISO 3	CASO1-LIMA 1966 EW	Y	0.05538	0.009612	NO CUMPLE
PISO 2	CASO1-LIMA 1966 EW	X	0.00985	0.002772	OK
PISO 2	CASO1-LIMA 1966 EW	Y	0.03406	0.0096885	NO CUMPLE
PISO 1	CASO1-LIMA 1966 EW	X	0.0037	0.001665	OK
PISO 1	CASO1-LIMA 1966 EW	Y	0.01253	0.0056385	OK

Tabla 12:Distorsiones de entrepiso, Dirección X - Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplaz. max	Drift	Menor a 0.007
			m		
PISO 3	CASO2-LIMA1966 NS	X	0.02164	0.003996	OK
PISO 3	CASO2-LIMA1966 NS	Y	0.03893	0.0069075	OK
PISO 2	CASO2-LIMA1966 NS	X	0.01276	0.0036315	OK
PISO 2	CASO2-LIMA1966 NS	Y	0.02359	0.0067365	OK
PISO 1	CASO2-LIMA1966 NS	X	0.00473	0.0021285	OK
PISO 1	CASO2-LIMA1966 NS	Y	0.0088	0.00396	OK

Tabla 13: Distorsiones de entrepiso, Dirección X-Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.

Story	Load Case/Combo	Direction	Despl. max	Drift	Menor a 0.007
			m		
PISO 3	CASO1-LIMA 1970 EW	X	0.02608	0.0051525	OK
PISO 3	CASO1-LIMA 1970 EW	Y	0.0558	0.009729	NO CUMPLE
PISO 2	CASO1-LIMA 1970 EW	X	0.01467	0.0041895	OK
PISO 2	CASO1-LIMA 1970 EW	Y	0.03419	0.009765	NO CUMPLE
PISO 1	CASO1-LIMA 1970 EW	X	0.00535	0.0024075	OK
PISO 1	CASO1-LIMA 1970 EW	Y	0.01248	0.005616	OK

Tabla 14: Distorsiones de entrepiso, Dirección X-Componente EW/ Dirección Y-Componente NS.

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplaz. max	Drift	Menor a 0.007
			m		
PISO 3	CASO2-LIMA 1970 NS	X	0.0216	0.003897	OK
PISO 3	CASO2-LIMA 1970 NS	Y	0.08119	0.0142785	NO CUMPLE
PISO 2	CASO2-LIMA 1970 NS	X	0.01294	0.0037755	OK
PISO 2	CASO2-LIMA 1970 NS	Y	0.04946	0.014184	NO CUMPLE
PISO 1	CASO2-LIMA 1970 NS	X	0.00455	0.0020475	OK
PISO 1	CASO2-LIMA 1970 NS	Y	0.01794	0.008073	NO CUMPLE

Tabla 15: Distorsiones de entrepiso, Dirección X -Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplaz. max	Drift	Menor a 0.007
			m		
PISO 3	CASO1-LIMA 1974 EW	X	0.02503	0.0047205	OK
PISO 3	CASO1-LIMA 1974 EW	Y	0.07612	0.0132885	NO CUMPLE
PISO 2	CASO1-LIMA 1974 EW	X	0.01455	0.004131	OK
PISO 2	CASO1-LIMA 1974 EW	Y	0.04659	0.013293	NO CUMPLE
PISO 1	CASO1-LIMA 1974 EW	X	0.00537	0.0024165	OK
PISO 1	CASO1-LIMA 1974 EW	Y	0.01706	0.007677	NO CUMPLE

Tabla 16: Distorsiones de entrepiso, Dirección X - Componente EW/ Dirección Y- Componente NS.

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplaz. max	Drift	Menor a 0.007
			m		
PISO 3	CASO2-LIMA 1974 NS	X	0.02526	0.0046215	OK
PISO 3	CASO2-LIMA 1974 NS	Y	0.08414	0.014571	NO CUMPLE
PISO 2	CASO2-LIMA 1974 NS	X	0.01511	0.004356	OK
PISO 2	CASO2-LIMA 1974 NS	Y	0.05175	0.014724	NO CUMPLE
PISO 1	CASO2-LIMA 1974 NS	X	0.00542	0.002439	OK
PISO 1	CASO2-LIMA 1974 NS	Y	0.01903	0.0085635	NO CUMPLE

Tabla 17: Distorsiones de entrepiso obtenidas en Dirección X-X (Dinámico Espectral y Tiempo Historia)

ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA								
Story	Direction	A.D. ESPECTRAL	CASO1-LIMA 1966 EW	CASO2-LIMA 1966 NS	CASO1-LIMA 1970 EW	CASO2-LIMA 1970 NS	CASO1-LIMA 1974 EW	CASO2-LIMA 1974 NS
		m	m	m	m	m	m	m
PISO 3	X	0.00381	0.00281	0.00400	0.00515	0.00390	0.00472	0.00462
PISO 2	X	0.00290	0.00277	0.00363	0.00419	0.00378	0.00413	0.00436
PISO 1	X	0.00155	0.00167	0.00213	0.00241	0.00205	0.00242	0.00244

Tabla 18: Distorsiones de entrepiso obtenidas en Dirección Y-Y (Dinámico Espectral y Tiempo Historia)

ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA								
Story	Direction	A.D. ESPECTRAL	CASO1-LIMA 1966 EW	CASO2-LIMA 1966 NS	CASO1-LIMA 1970 EW	CASO2-LIMA 1970 NS	CASO1-LIMA 1974 EW	CASO2-LIMA 1974 NS
		m	m	m	m	m	m	m
PISO 3	Y	0.01293	0.00961	0.00691	0.00973	0.01428	0.01329	0.01457
PISO 2	Y	0.01271	0.00969	0.00674	0.00977	0.01418	0.01329	0.01472
PISO 1	Y	0.00683	0.00564	0.00396	0.00562	0.00807	0.00768	0.00856

3.6.4. Análisis de resultados:

De acuerdo con los resultados de las derivas mostrados sobrepasaron el límite de la norma E.030, se tomó la decisión de adicionar disipadores de fluido viscoso en la misma edificación.

3.7. Determinación del sismo de diseño

En las siguientes tablas se muestran las variaciones que presentan las distorsiones calculadas en cada caso de análisis con respecto a las distorsiones obtenidas del análisis dinámico espectral, como criterio adicional se recomienda descartar aquellos casos que en los cuales esta variación sea mayor o igual a 1.5‰, en cualquiera de las direcciones (sea en X o Y), según (Villareal & Diaz, 2016, p. 54.).

Tabla 19: Variaciones entre distorsiones en el eje X-X (Dinámico Espectral y tiempo Historia)

Fuente: Elaboración Propia.

		ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA					
Story	Direction	CASO1-LIMA 1966 EW	CASO2-LIMA 1966 NS	CASO1-LIMA 1970 EW	CASO2-LIMA 1970 NS	CASO1-LIMA 1974 EW	CASO2-LIMA 1974 NS
PISO 3	X	- 0.00099	0.00019	0.00135	0.00009	0.00091	0.00081
PISO 2	X	-0.00013	0.00073	0.00128	0.00087	0.00123	0.00145
PISO 1	X	0.00012	0.00058	0.00086	0.00050	0.00087	0.00089

Tabla 20: Variaciones entre distorsiones en el eje Y-Y (Dinámico Espectral y tiempo Historia)

Tabla 21: Elaboración Propia.

		ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA					
Story	Direction	CASO1-LIMA 1966 EW	CASO2-LIMA 1966 NS	CASO1-LIMA 1970 EW	CASO2-LIMA 1970 NS	CASO1-LIMA 1974 EW	CASO2-LIMA 1974 NS
PISO 3	Y	- 0.00331	-0.00602	- 0.00320	0.00135	0.00036	0.00165
PISO 2	Y	- 0.00303	-0.00598	- 0.00295	0.00147	0.00058	0.00201
PISO 1	Y	-0.00119	-0.00287	0.00121	0.00125	0.00085	0.00174

Según los resultados obtenidos, se descarta el sismo de Lima 1966 en sus dos casos de análisis, así mismo, el caso 1 de Lima 1970 y el caso 2 de Lima 1974.

Entonces los sismos que tuvieron menos variaciones son: Lima 1970 (caso 2) y Lima 1974 (caso 2), se consideró como sismo de diseño al de Lima 1974 (caso 1), por presentar menores variaciones con respecto al comportamiento esperado, este sismo servirá para determinar las propiedades del dissipador viscoso.

- Sismo de diseño: Lima 1974 -caso de análisis 1
- Distorsión máxima en X: 4.72‰
- Distorsión máxima en Y: 13.29‰

3.8. Diseño del sistema de protección sísmica.

3.8.1. Determinación de los Objetivos de diseño.

Para la presente investigación se considera una distorsión objetivo $D_{objetivo}=0.007$, esto indica que será la máxima distorsión permitida para estructuras de concreto armado según la Norma de diseño sismorresistente E.030-2016; los cálculos se realizaron para ambos ejes, tanto en XX y YY, porque presentaron mayor distorsión (YY) en el cual sobrepasa el límite permitido; el eje YY tiene una distorsión de (13.29‰) por lo que también requiere de disipadores.

Para determinar el amortiguamiento viscoso necesario para estar dentro de la distorsión objetivo (0.007) se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Factor de reducción de respuesta (B)

$$B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}}$$

Dónde:

$D_{máx}$: Distorsión máxima, es obtenida del análisis dinámico tiempo historia arrojado por el sismo de diseño seleccionado.

$$B = \frac{0.01329}{0.007} = 1.8985$$

- Amortiguamiento efectivo (β_{eff}), se determinará según la siguiente ecuación.

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

Dónde:

β_0 : Amortiguamiento inherente de la estructura que usualmente se fija en 5% para estructuras de concreto armado.

Resolviendo la ecuación, se obtiene el amortiguamiento efectivo, este incluye la acción del disipador y el amortiguamiento inherente de la estructura.

$$\beta_{\text{eff,yy}}=33.58\%=34\%$$

Luego se descuenta el amortiguamiento inherente para obtener el amortiguamiento viscoso que se establecerá.

$$\beta_H=34-5= 29\% =30\%$$

Consideraciones:

❖ Amortiguamiento mínimo y máximo para fines de diseño:

Los expertos fabricantes, recomiendan que los disipadores de energía viscosos deban ser diseñados considerando para el cálculo un amortiguamiento viscoso β_H entre el 20% y 40%.

Si proponemos un diseño de disipadores de energía para lograr un amortiguamiento viscoso menor al de 20% el efecto que estos ofrezcan al sistema no será considerable, o en otro caso si requerimos lograr un amortiguamiento mayor al 40%, esto se permite, pero con la condición de que sea interno, y no para fines de diseños.

Considerando el amortiguamiento viscoso requerido de 30%, si diseñamos los disipadores de energía con este valor la distorsión máxima que se debe alcanzar sería equivalente a 0.007.

Por ello para mantener un margen de seguridad y realmente asegurar que se logre un amortiguamiento viscoso de 20% los cálculos se realizaron fijando el amortiguamiento viscoso requerido en 30%.

❖ Distorsión objetivo:

La distorsión objetivo para este trabajo es 7‰ que es la máxima distorsión permisible para estructuras de concreto armado, según la Norma E.030, entonces

para la determinación de la distorsión objetivo, se empleó una metodología de diseño basada en el control de daño por medio del control de los desplazamientos laterales.

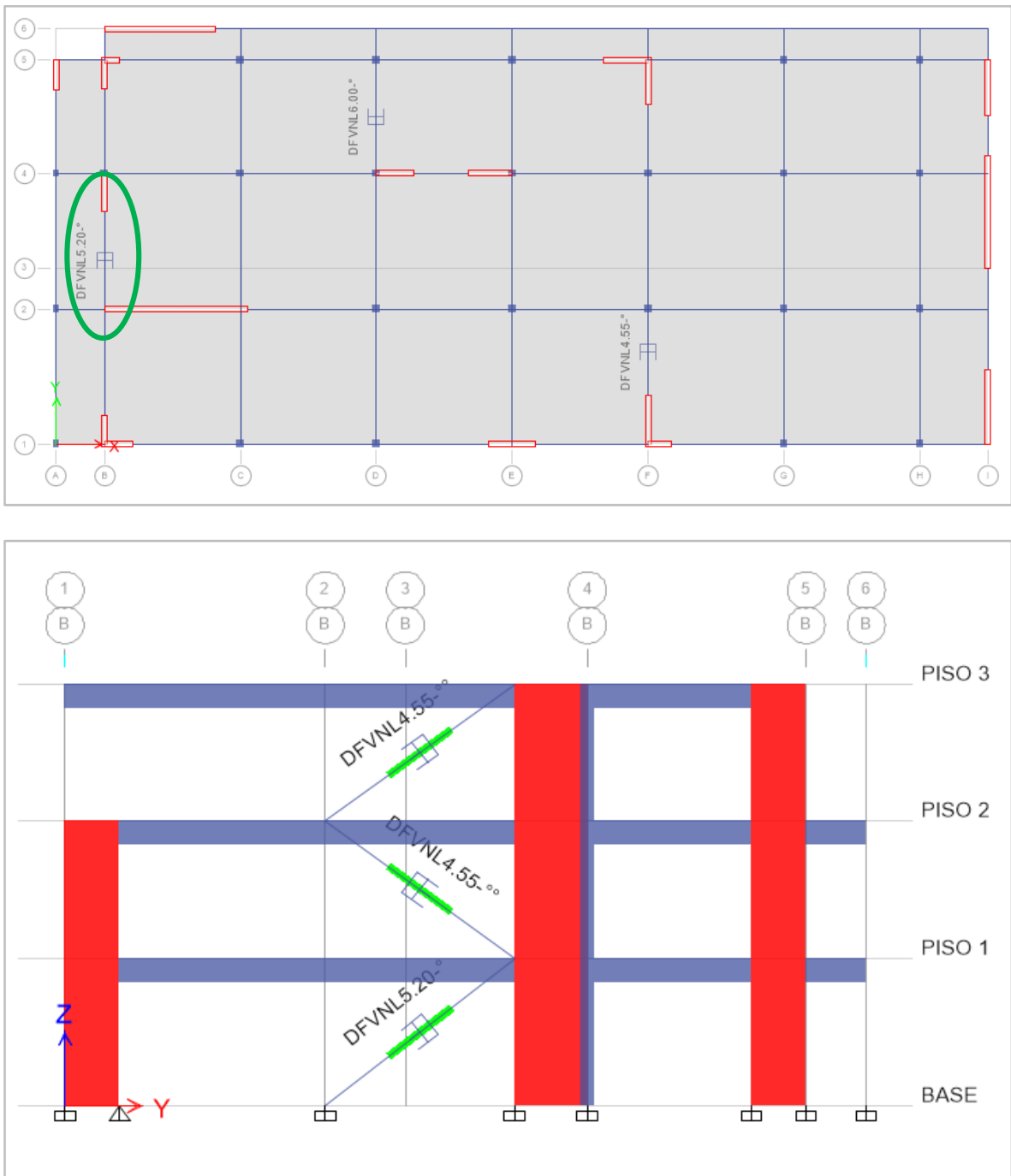
Por tanto, con esta metodología se fijan distorsiones objetivo, para el eje X y el eje Y, considerando como base la propuesta del **Seismology Committe Structural Engineers Association of California** (SEAOC), en su libro *Recommended Lateral Force Requeriments and Commentary* esto para calificar el desempeño sismorresistente y relacionar los conceptos de distorsión y daño estructural siguiendo la propuesta del documento **Multihazard Loss Estimation Methodology (HAZUS)**.

En este trabajo no se consideró esta metodología, porque aún no se hace mención a ella ni en la Norma E.030.

3.8.2. Calculo de propiedades del disipador.

- 1°. Es necesario plantear una disposición inicial, en este caso se emplearán 3 disipadores en arreglo diagonal (dirección Y-Y)

Figura 12: Modelo con disipadores en dirección y-y, eje B-B (vista 3D) y elevación



2º. Una vez que tengamos definida una disposición inicial, podremos calcular la rigidez del brazo metálico (k) y el coeficiente de amortiguamiento de los disipadores (C).

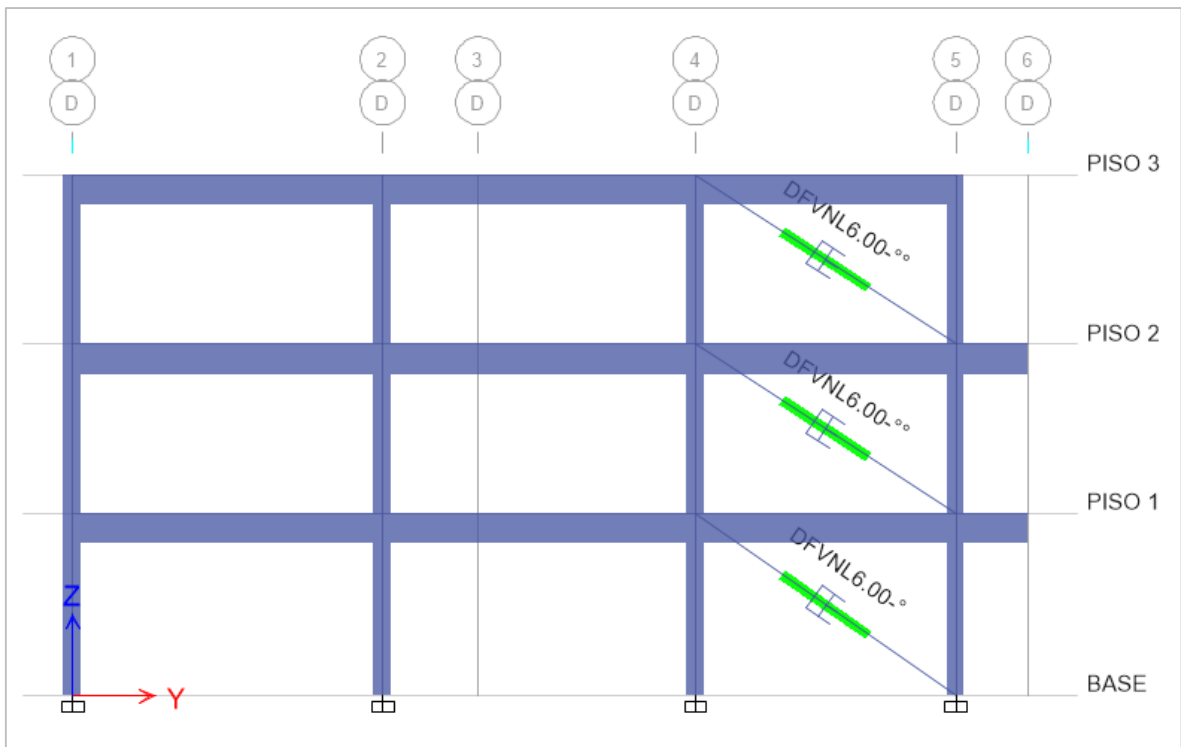
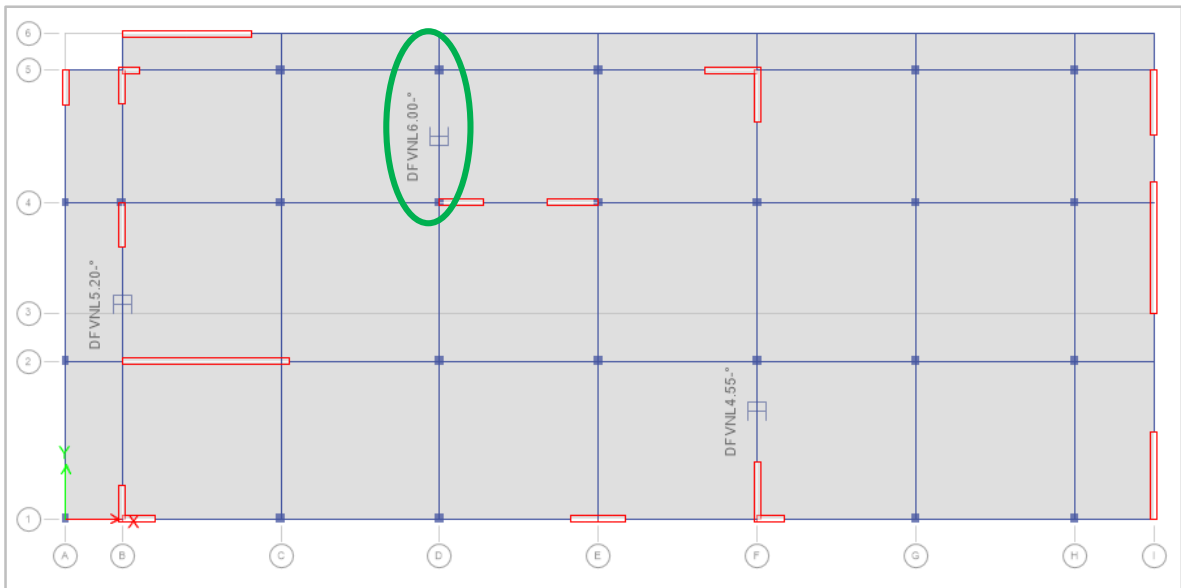


Figura 13: Modelo con disipadores en dirección y-y, eje D-D (vista 3D) y elevación

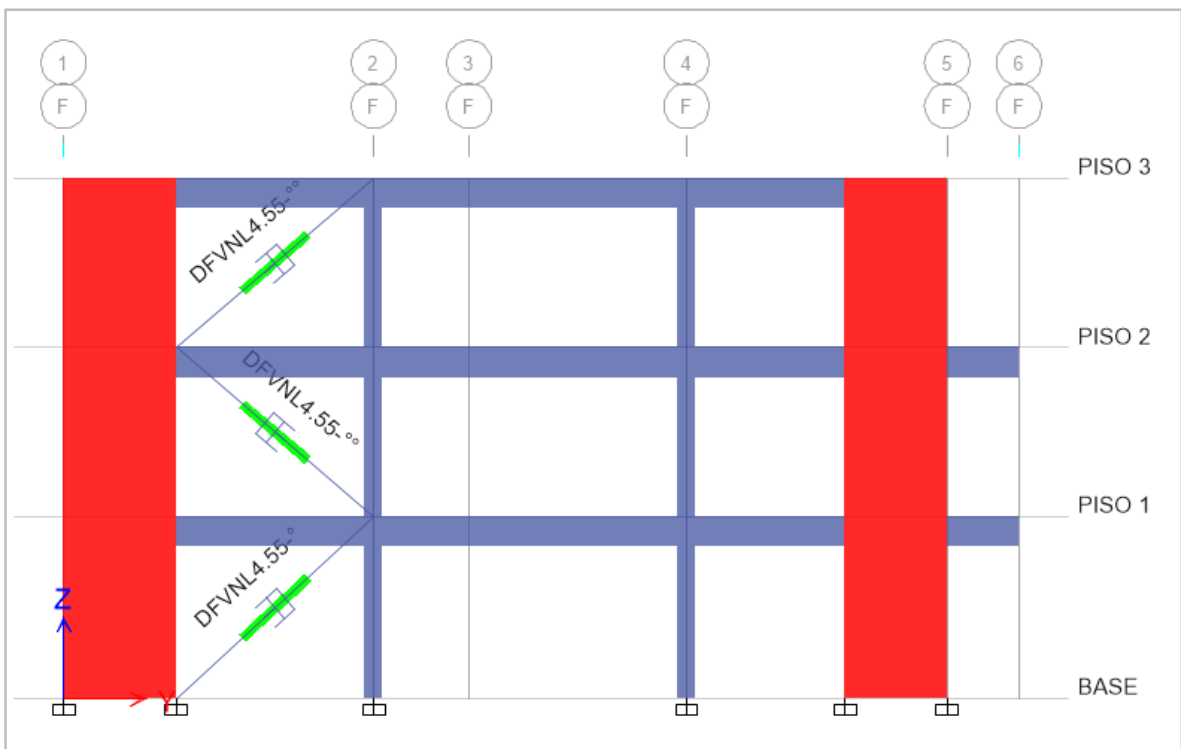
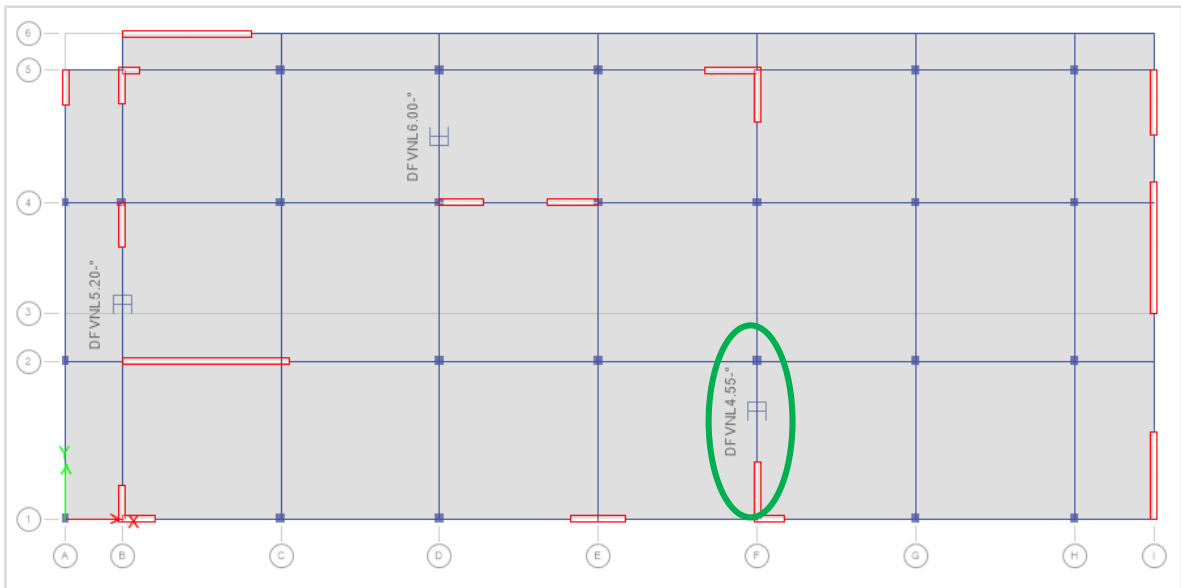


Figura 14: Modelo con disipadores en dirección y-y, eje F-F (vista 3D) y elevación.

3.8.3. Cálculo de rigidez.

En principio se inicia la interacción un perfil metálico estándar HSS o PIPE STD, en el presente trabajo se partió de un perfil de tipo de HSS 7.50x0.50.

Las propiedades de ese perfil son las siguientes:

Tabla 21: Propiedades del perfil HSS 7.50x0.50

DIMENSIONES HSS 7.50x0.50				
D ext. (in)	D Int. (in)	Espesor (in)	Área (in ²)	Inercia (in ⁴)
7.5	7.035	0.465	10.3	63.9

Con las dimensiones y propiedades del disipador y teniendo en consideración la geometría de edificación, se procede a definir las rigideces del dispositivo.

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

Dónde:

$$E_{\text{acero}} = 29000 \text{ksi} = 20.4 \times 10^6 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Área} = 10.30 \text{ in}^2 = 66.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

L es la longitud del brazo de cada disipador se muestra en la Tabla N°18, el valor de L considerando la longitud mínima de los disipadores de energía (31 in).

Tabla 22: Longitudes de los disipadores y Angulo.

DISIPADOR	L (m)	L disip. 1° piso (m)	L disip. 2° y 3° piso (m)	Angulo 1°	Angulo 2° y 3°	K 1° PISO (T/m ²)	K 2° y 3° PISO (T/m ²)
1	4.55	5.40	5.20	42.71	40.60	25093.43	26055.30
2	5.20	5.89	5.71	38.93	36.87	22998.11	23740.46
3	6.00	6.53	6.37	35.00	33.00	20746.77	21293.67

Consideraciones:

- a. Para el modelado de disipadores de energía, la rigidez que se considera es la del dispositivo y mas no la del brazo metálico, en otros casos puede generar errores en nuestros cálculos, si lo llegamos a utilizar.
Si empleamos la rigidez del brazo metálico en la modelación de los disipadores, es una consideración especial del fabricante, podremos encontrar esta recomendación en el archivo ETABS (Documento de Taylor Devices).
- b. Para el perfil metálico a emplear debe tener un área significativa, esto para asegurar que todas las deformaciones se den en el disipador y mas no en el brazo metálico, haciendo que el dispositivo trabaje eficientemente ante un evento sísmico. También es importante la inercia que tenga nuestro perfil- esto para evitar el posible pandeo de nuestro brazo metálico.
- c. A modo de recomendación de algunos autores el perfil HSS 7.50x0.50 se puede emplear como una primera **sección de prueba**, ya que posee suficiente **Área** e **Inercia** para cumplir con las exigencias de diseño, es importante mencionar que es el mayor perfil HSS que podemos emplear (disipadores 110 Kip y 165 Kip), los perfiles que tengan mayores dimensiones se entrecruzan con los pernos de la unión **Brazo Metálico- Disipador** (Diseño de acero de las conexiones).

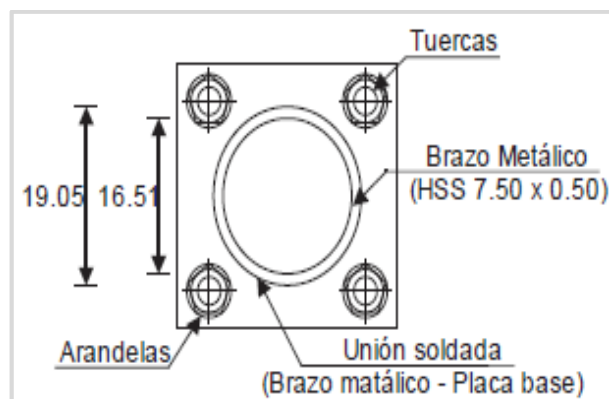


Figura 15: Detalle de la unión Brazo metálico – placa base (Disipador de 110 kip – Taylor)

Fuente: Tesis “Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos”.

3.8.4. Cálculo del coeficiente de amortiguamiento

Para iniciar con el cálculo se debe fijar el valor del exponente de velocidad “ α ”. Asimismo, por tratarse de un dispositivo no lineal, se consideró un valor de $\alpha=0.5$. Luego se procede a resolver la ecuación de amortiguamiento viscoso establecido por el FEMA 274, el desarrollo de esta fórmula se encuentra en el documento SEISMIC DESIGN OF STRUCTURES WITH VISCOUS DAMPERS (Hwang, Jenn. Shin. 2002).

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \Phi_{ri}^{1-\alpha} \cos^{1-\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{1-\alpha} \sum_i m_i \Phi_i^2}$$

$$\sum C_j = \frac{\beta_H 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{1-\alpha} (\sum_i m_i \Phi_i^2)}{(\lambda)(\sum \Phi^{1-\alpha} \cos^{1-\alpha} \theta_j)}$$

Dónde:

- C_j : coeficiente de amortiguamiento del disipador j.
- β_H : amortiguamiento viscoso de la estructura.
- ω : peso tributario por piso.
- ϕ_{ri} : desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j en la dirección horizontal (con nuestro sismo de diseño).
- λ : parámetro lambda.
- θ_j : ángulo de inclinación del disipador j.
- A : Amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal de la losa del ultimo nivel).
- ω : Frecuencia angular.
- m_i : Masa del nivel i.
- ϕ_i : Desplazamiento del nivel i (con nuestro sismo de diseño)

Determinación de datos:

- **m_i : Masa del nivel i.**

Las masas se calcularon tomando la suma de todos los elementos incluyendo cargas muertas y vivas.

Tabla 23: Masas por Piso

Nivel	Descripción	Altura	Peso x niveles	Masa
1	NIVEL 1	4.20	1001.74	102.11
2	NIVEL 2	3.90	979.04	99.80
3	NIVEL 3	3.90	624.01	63.61
<hr/>				
TOTAL		12.00	2604.80	265.52

- **β_H : amortiguamiento viscoso de la estructura.**

El valor de β_H , ya lo tenemos calculado y es igual a $\beta_{H, yy}=30\%$.

- **θ_j : ángulo de inclinación del disipador j.**

Los dispositivos del primer nivel tienen un ángulo de inclinación de 33°

Los dispositivos del segundo al tercer nivel tienen un Angulo de inclinación de 31° .

Figura de ángulo de inclinación de los disipadores en la estructura.

- **ϕ_i : Desplazamiento del nivel i (con nuestro sismo de diseño: Lima 1974- caso 1)**
- **ϕ_{ri} : desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j en la dirección horizontal**

Tabla 24: Cálculos para obtener el desplazamiento relativo ϕ_{ri} .

Nivel	Φ_i	Φ_{i+1}	Φ_{ri}
			diferencia
base	0	0.01706	0.01706
1ro	0.01706	0.04659	0.02953
2do	0.04659	0.07612	0.02953
3ro	0.07612		

- **A** : Amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal de la losa del último nivel).

Los desplazamientos modales se obtienen del sismo de diseño Lima 1974, modelado en ETABS.

Tabla 25: Desplazamiento Modal por Niveles.

Story	UX	UY
	m	m
PISO 3	0.02311	0.04345
PISO 2	0.01318	0.02668
PISO 1	0.00489	0.00993

Entonces, la amplitud será 0.04345.

- **ω : Frecuencia angular.**

La frecuencia angular está determinada en función de $f = \frac{1}{T}$, donde T es el periodo.

Tabla 26: Periodo Fundamental de la estructura en Y-Y

Mode	Period	UX	UY
1	0.3124	0.27	59.69
2	0.2217	73.17	0.85
3	0.1501	0.86	17.77

Entonces la frecuencia angular será:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.3124} = 3.205$$

Después reemplazamos la (f) y obtenemos:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(3.1949) = 20.138 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

- **λ : parámetro lambda.**

El parámetro λ es dependiente del valor del exponente de la velocidad " α ".

Según la Norma FEMA 274, nos muestra los parámetros Lambda (λ).

tabla C9-4	
Exponente α	parámetros λ
0.25	3.70
0.50	3.50
0.75	3.30
1.00	3.10
1.25	3.00
1.50	2.90
1.75	2.80
2.00	2.70

Tabla 27: Parámetros de Lambda en función al exponente α .

Fuente: FEMA 274, 1997.

Como ya se tienen todos los datos, se procede con el cálculo del coeficiente de amortiguamiento del disipador C_j .

Tabla 28: Cálculos realizados para obtener el coeficiente de amortiguamiento C_j .

NIVEL	MASA (TN)	COS θ	$\cos\theta^{(1+\alpha)} * \Phi_{rj}^{(1+\alpha)}$	$m * \Phi_i^2$
1	102.11456	0.829	0.0017	0.0297
2	99.80063	0.857	0.0040	0.2166
3	63.60955	0.857	0.0040	0.3686
			0.0097	0.615

Teniendo un amortiguamiento de $\beta_{H,yy} = 30\%$ y asumimos que todos los dispositivos tendrán el mismo coeficiente de amortiguamiento, se procede a calcular la siguiente ecuación: De esta manera, la rigidez del disipador se obtendrá por la relación:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \Phi_i^2)}{(\lambda) (\sum \Phi^{1-\alpha} \cos^{1-\alpha} \theta_j)}$$

$$\sum C_j = \frac{0.30 * 2(3.1416)(0.04345)^{1-0.55} * 20.138^{2-0.55}(0.615)}{3.46(0.0073)}$$

$$\sum C_j = 310.44 \frac{\text{Ton.s}}{m}$$

Empleando tres disipadores por nivel se tendrá:

$$C_j = \frac{310.44}{3} = 103.481 \frac{\text{Ton.s}}{m}$$

Entonces el valor de $C_j = 103.381 \frac{\text{Ton.s}}{m}$, así finalmente, las propiedades de los disipadores en la dirección Y son las siguientes:

Tabla 29: Coeficiente de amortiguamiento y rigideces de disipadores por piso.

Fuente: Elaboración Propia.

DISIPADOR	K 1° PISO (T/m2)	K 2° y 3° PISO (T/m2)
1	25093.43	26055.30
2	22998.11	23740.46
3	20746.77	21293.67

$$C_j = 103.381 \frac{\text{Ton.s}}{m}$$

$$\alpha = 0.55$$

Consideraciones:

Exponentes de velocidad (α).

Para el cálculo del coeficiente de amortiguamiento C_j se fijó el valor del exponente de velocidad $\alpha = 0.5$, correspondiente a disipadores no lineales.

Se recomienda utilizar disipadores de un valor α de 0.4 a 0.5, porque han demostrado experimentalmente un buen comportamiento para el diseño de edificaciones a través registros sísmicos. Además, se debe saber que el parámetro Lambda λ es dependiente del exponente de velocidad (α), entonces siempre variara de acuerdo con su velocidad.

3.8.5. Modelación y análisis del edificio con disipadores de energía.

En el siguiente paso se hará el diseño de los disipadores empleando cada una de las propiedades calculadas en base a la distorsión objetivo fijado en 7‰; además la estrategia optada para un mejor diseño y ubicación de los disipadores es el método iterativo.

Seguidamente se muestra una Tabla de resumen de todos los datos necesarios para hacer el modelamiento en ETABS 2016.

Tabla 30: Rigideces de disipadores por Piso.

Fuente: Elaboración Propia.

DISIPADOR	K 1° PISO (T/m ²)	K 2° y 3° PISO (T/m ²)
1	25093.43	26055.30
2	22998.11	23740.46
3	20746.77	21293.67

$$C_j = 103.381 \frac{Ton.s}{m}$$

$$\alpha = 0.55$$

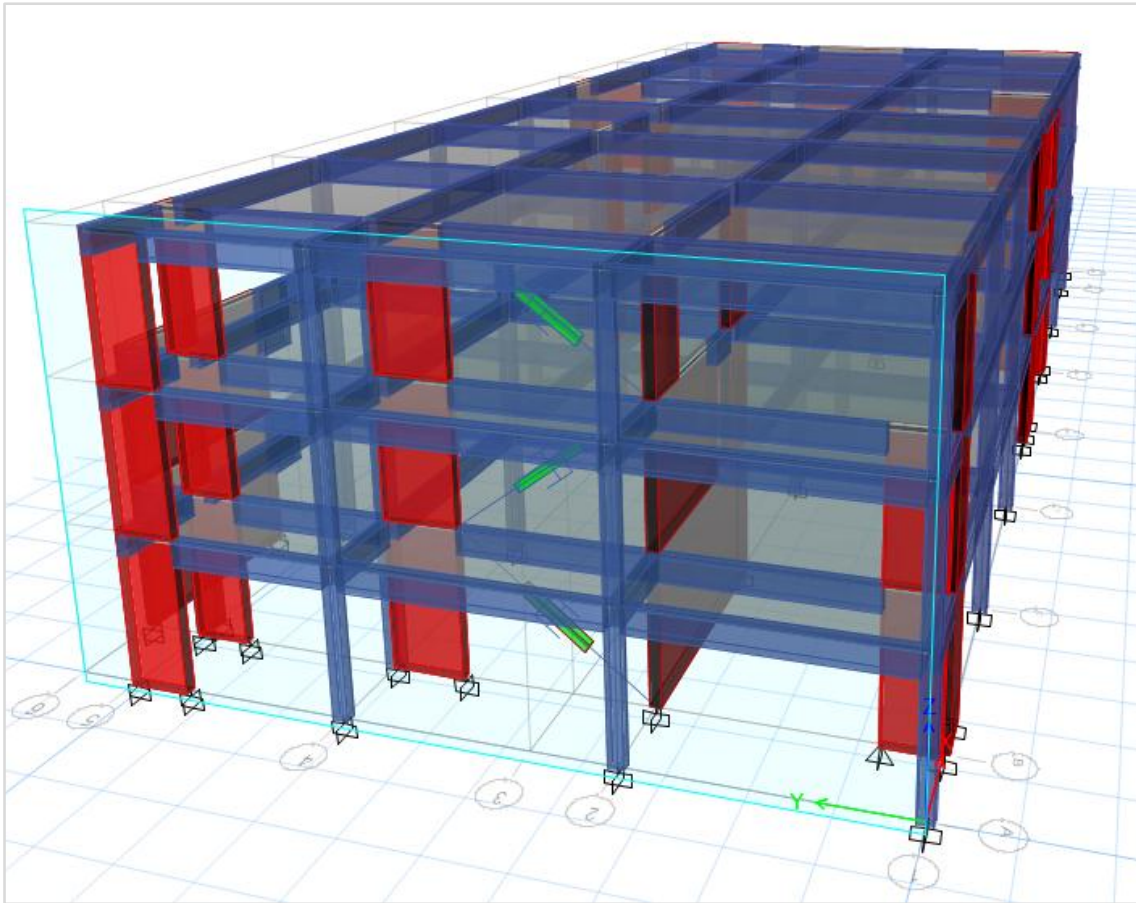


Figura 16: Vista Isométrica 3D del Hospital Luis Negreiros Vega.

3.8.5.1. Criterios de diseño.

Para una mejor ubicación de los disipadores viscosos se consigue a través de un proceso iterativo, en donde se va probando con diversos modelos y ubicaciones. En este proceso es importante tener en cuenta la arquitectura y el uso de edificio para una mejor eficiencia de los sistemas de amortiguamiento.

Según la Norma ASCE 7-10 en su capítulo 18 da algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta:

- ✓ La estructura no debe presentar irregularidades.
- ✓ Se deben emplear como mínimo dos dispositivos en la dirección a reforzar.
- ✓ Para no generar torsión se debe buscar la simetría.

Las configuraciones más comunes que presentan ventajas son:

En la disposición Chevron, debido a que este dispositivo se coloca en posición horizontal de forma paralela al plano del techo, logrando una eficiencia del 100%, en la cual absorben las fuerzas horizontales, es decir que trabajan de una manera eficaz para controlar los movimientos laterales producidos por la excitación sísmica.

En la disposición Diagonal, porque el disipador viscoso se orienta en el ángulo diagonal del pórtico, en la cual tiene menor eficiencia, ya que, solo participa en la componente horizontal absorbiendo fuerzas horizontales.

Entonces se podría decir que el amortiguamiento depende de ángulo de inclinación del brazo metálico que sostiene al disipador, mediante la expresión $f = \cos\theta$. En la cual se ancla en el nudo rígido “unión Viga-Columna, a parte que no requiere de ningún esfuerzo adicional en ningún elemento del pórtico, siendo así la disposición más económica en su instalación.

3.8.5.2. Respuesta de la estructura con los disipadores de fluido viscoso.

3.8.5.2.1. Desplazamientos en los C.M. y control de distorsiones.

Los desplazamientos y las distorsiones obtenidas en el análisis dinámico Tiempo Historia No-lineal de nuestro edificio con disipadores de energía se muestran a continuación.

Tabla 31: Control de Distorsiones en la dirección Y-Y (Edificio sin disipadores)

Fuente: Elaboración Propia.

Story	Load Case/Combo	Direction	Desplaz. max	Drift	Menor a 0.007
			m		
PISO 3	CASO1-LIMA 1974 EW	X	0.02503	0.0047205	OK
PISO 3	CASO1-LIMA 1974 EW	Y	0.07612	0.0132885	NO CUMPLE
PISO 2	CASO1-LIMA 1974 EW	X	0.01455	0.004131	OK
PISO 2	CASO1-LIMA 1974 EW	Y	0.04659	0.013293	NO CUMPLE
PISO 1	CASO1-LIMA 1974 EW	X	0.00537	0.0024165	OK
PISO 1	CASO1-LIMA 1974 EW	Y	0.01706	0.007677	NO CUMPLE

Tabla 32: Control de distorsiones en la dirección Y-Y (Edificio con Disipadores)

Fuente: Elaboración Propia.

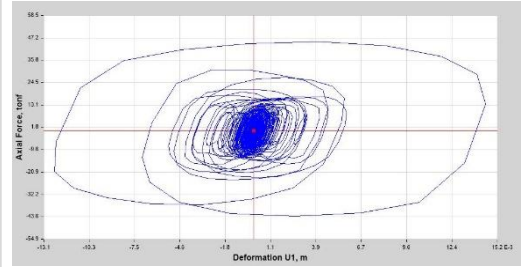
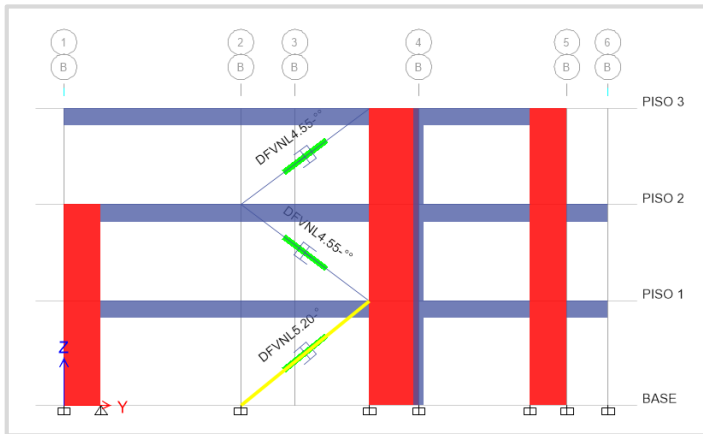
Story	Load Case/Combo	Direction	Desplz.Max	Drift	Menor a 0.007
			m		
PISO 3	SD-LIMA 1974	X	0.02296	0.00442	OK
PISO 3	SD-LIMA 1974	Y	0.03824	0.00630	OK
PISO 2	SD-LIMA 1974	X	0.01321	0.00373	OK
PISO 2	SD-LIMA 1974	Y	0.02424	0.00678	OK
PISO 1	SD-LIMA 1974	X	0.00494	0.00222	OK
PISO 1	SD-LIMA 1974	Y	0.00917	0.00413	OK

La distorsión máxima en la dirección Y de 13.29‰ (edificio sin disipadores) se redujo hasta el 6.78‰, valor que es menor al máximo permitido (7‰), de esta manera se satisfacen la condiciones en cuanto al control de distorsiones que establece la Norma de Diseño sismorresistente E.030-2016.

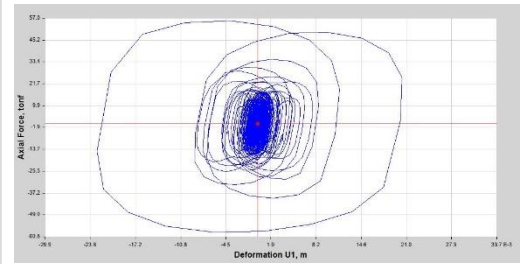
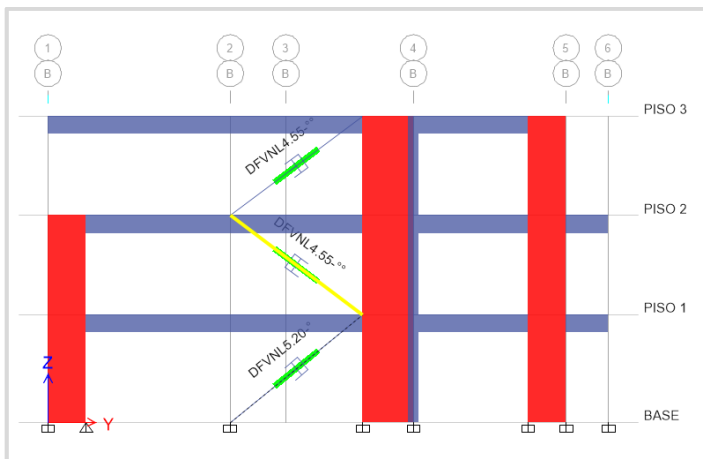
3.8.6. Comportamiento histerético de los disipadores.

A continuación, se muestra la gráfica de desplazamiento VS Fuerza (curva de histéresis) del disipador de energía.

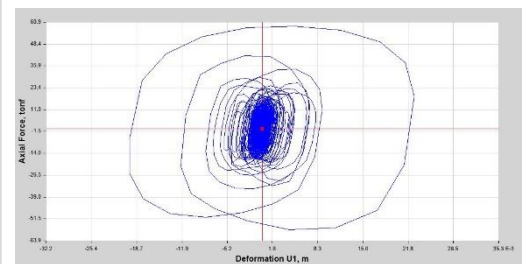
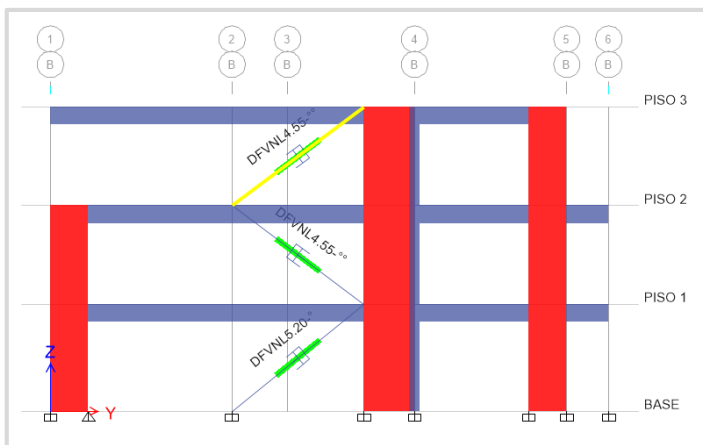
Grafica 14: Curvas histéresis de los disipadores de fluido viscoso ubicados en el eje B-B



DISIPADOR K1

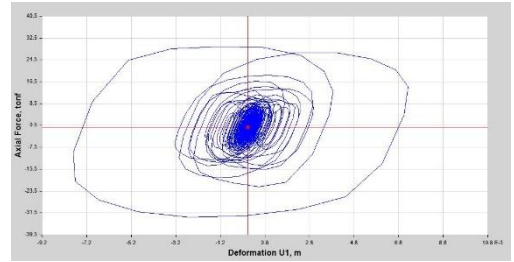
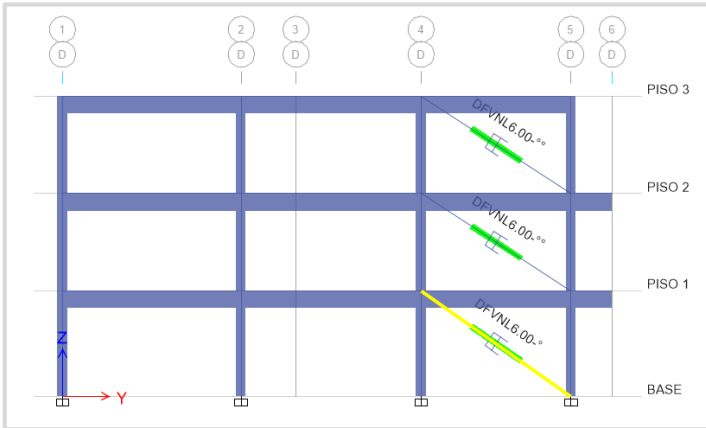


DISIPADOR K4

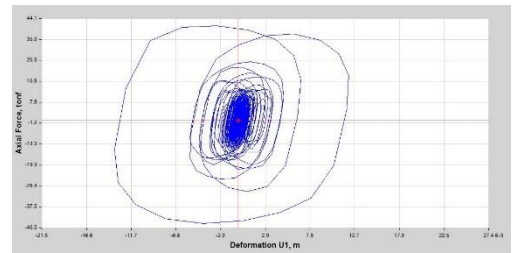
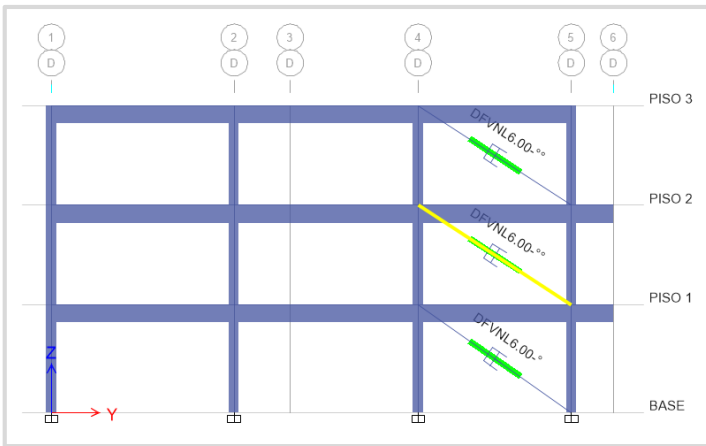


DISIPADOR K7

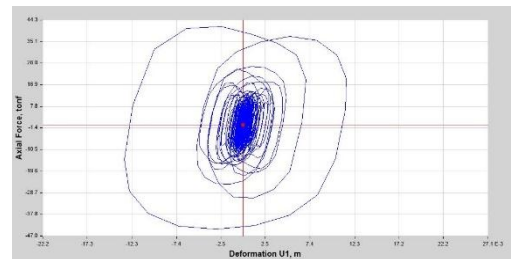
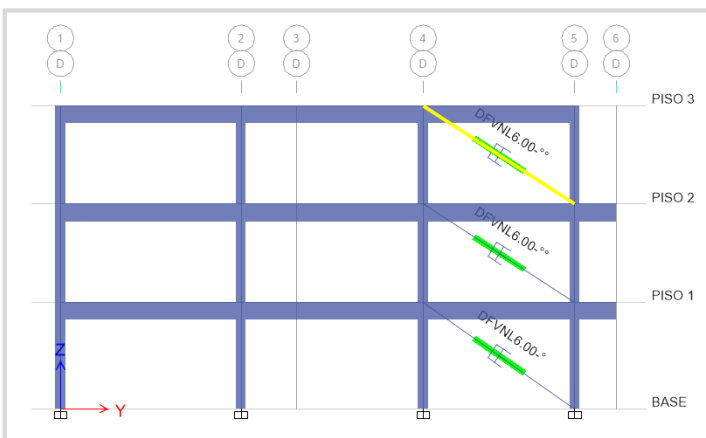
Grafica 15: Curvas histéresis de los disipadores de fluido viscoso ubicados en el eje D-D



DISIPADOR K2

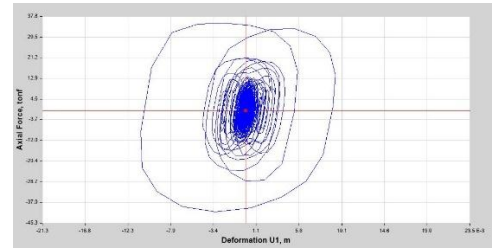
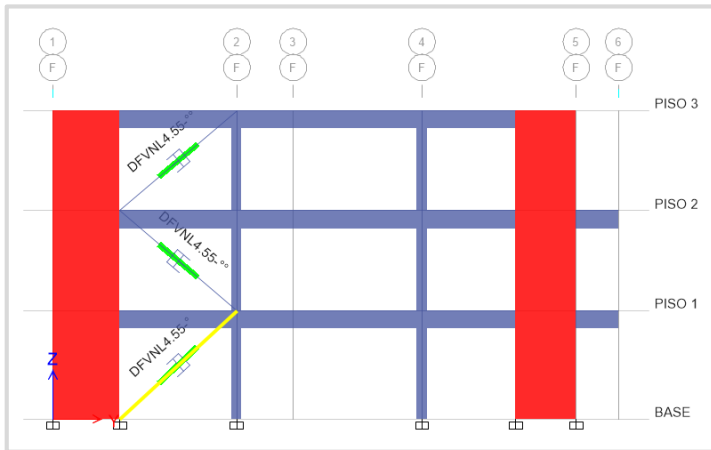


DISIPADOR K5

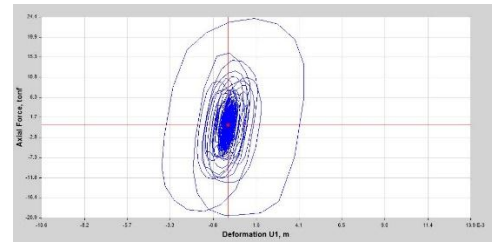
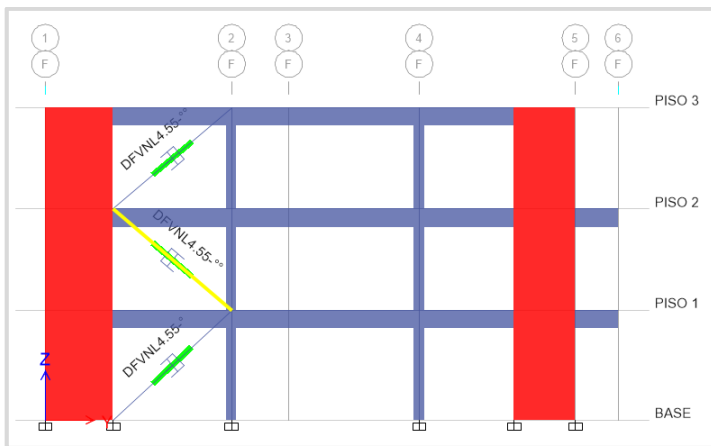


DISIPADOR K8

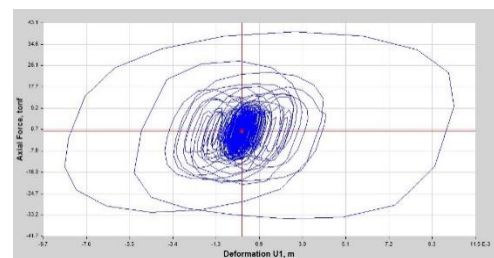
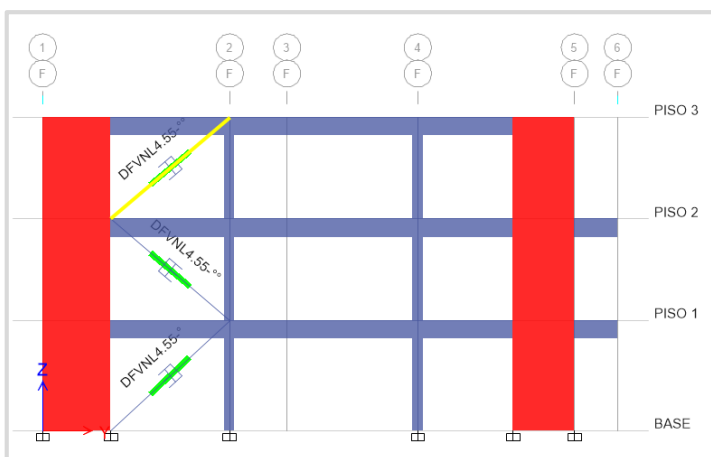
Grafica 16: Curvas histéresis de los disipadores de fluido viscoso ubicados en el eje F-F



DISIPADOR K3



DISIPADOR K6



DISIPADOR K9

3.8.7. Balance de energía.

Como se puede observar en el gráfico, la energía de entrada se muestra de color azul, la energía de amortiguamiento inherente a la estructura de color verde, la de los dispositivos viscosos con color rojo y la energía Potencial color Naranja.

Grafica 17: Balance de Energía según el sismo de diseño.

Fuente: Elaboración Propia.

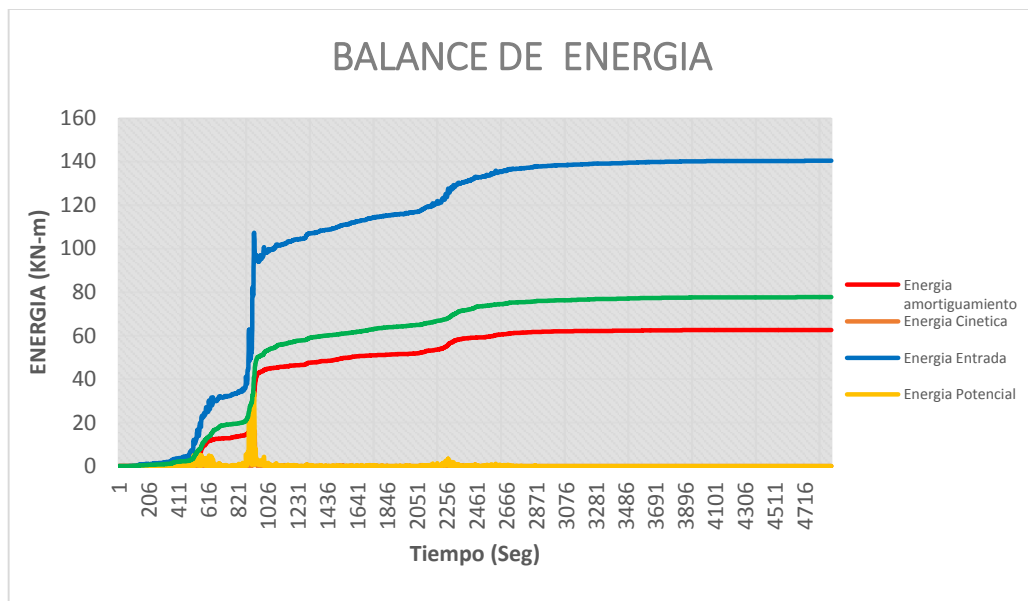
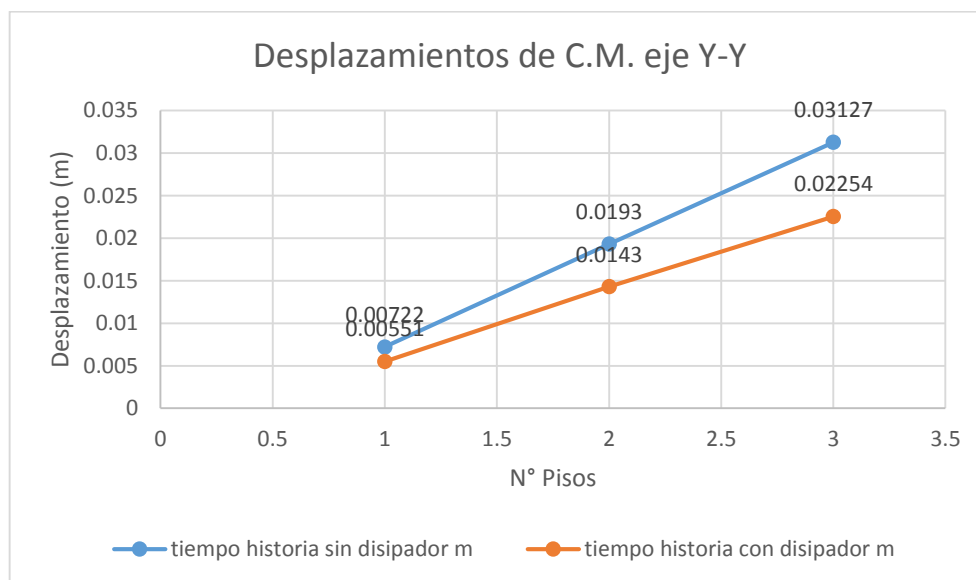


Tabla 33: Porcentaje de disipación de energía en la edificación con disipadores.

PORCENTAJES DE ENERGIA (ton-m)		
Entrada	inherente de la estructura	disipadores
140.34	77.67	62.62
100%	55%	45%

3.8.8. Desplazamientos en los centros de masa

La implementación de disipadores de energía viscosos en la estructura reduce los desplazamientos de piso en la dirección y-y, entre un rango de 23.68% a 27.92% tal como se observa en la gráfica 18, y la Tabla 36.



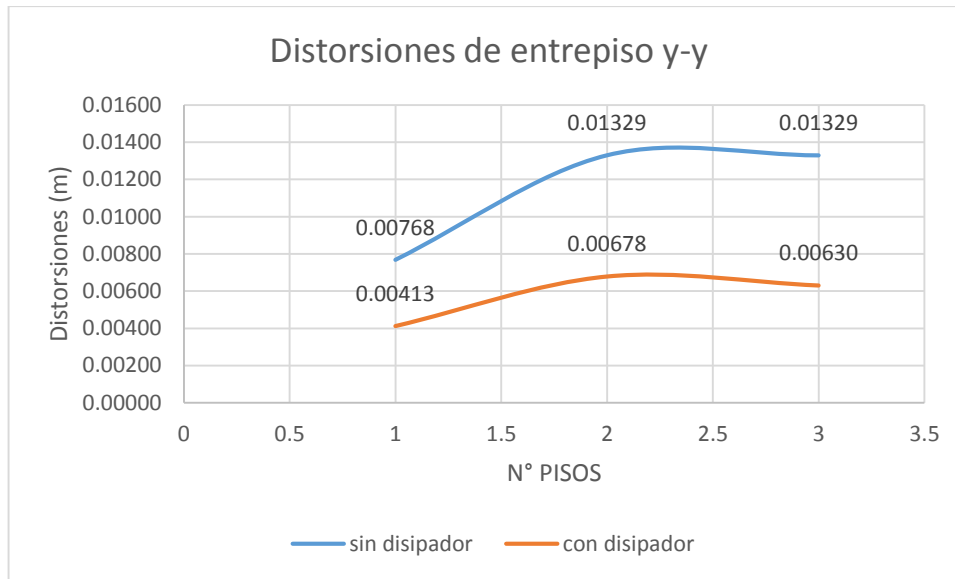
Grafica 18: Desplazamientos sin y con disipadores por piso.

Story	sin disipador	con disipador	% reduccion
	m	m	m
PISO 1	0.00722	0.00551	23.68%
PISO 2	0.0193	0.0143	25.91%
PISO 3	0.03127	0.02254	27.92%

Tabla 34: Desplazamientos sin y con disipadores por piso.

3.8.9. Distorsiones de entrepiso

Las distorsiones de entrepiso en la dirección y-y se redujeron en un rango entre **46.25%** hasta un **52.59%**, así como se observa en la figura 21 y la tabla 33. Además, cabe decir que la distorsión máxima de la estructura usando disipadores de energía viscosos presenta en el primer piso es de 6.62‰, valor que satisface la distorsión objetivo de 7.0 ‰, esto indica que la máxima distorsión permitida por la Norma E.030.



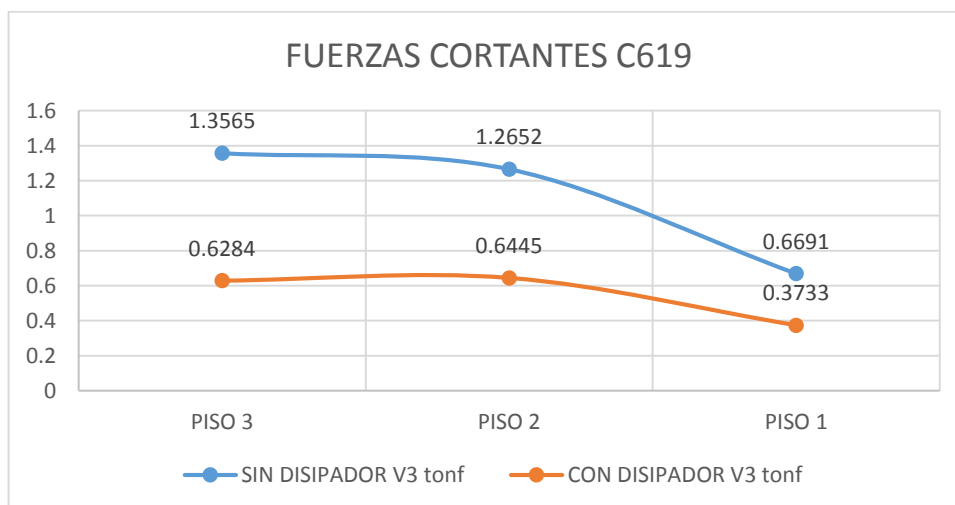
Grafica 19: Distorsiones sin y con disipadores por piso.

Story	sin disipador	con disipador	% reducción
PISO 1	0.00768	0.00413	46.25%
PISO 2	0.01329	0.00678	48.98%
PISO 3	0.01329	0.00630	52.59%

Tabla 35: Distorsiones sin y con disipadores por piso.

3.8.10. Esfuerzos cortantes en columnas.

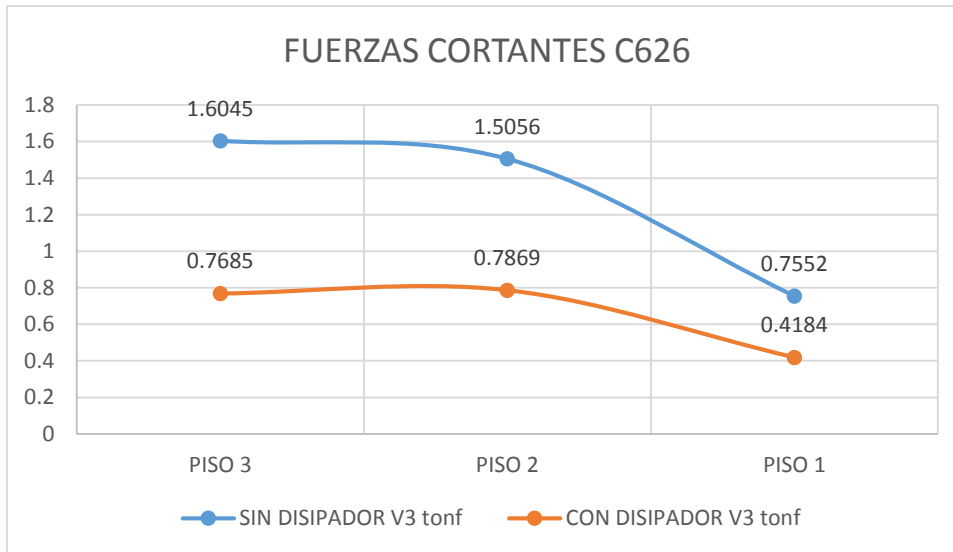
Las fuerzas cortantes y momentos flectores de todas las columnas se redujeron significativamente, a modo de ejemplo se seleccionó 3 columnas con el fin de comparar sus fuerzas (edificio con y sin disipadores).



Grafica 20: Fuerzas cortantes de la columna C619 sin y con disipadores.

Story	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION
	V3	V3	
	tonf	tonf	
PISO 3	1.3565	0.6284	53.67%
PISO 2	1.2652	0.6445	49.06%
PISO 1	0.6691	0.3733	44.21%

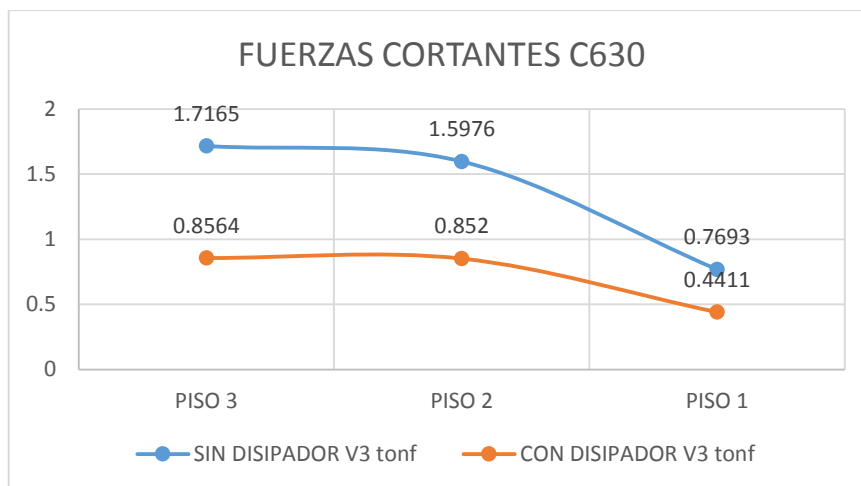
Tabla 36: Fuerzas cortantes de la columna C619 sin y con disipadores por piso.



Grafica 21: Fuerzas cortantes de la columna C626 sin y con disipadores por piso.

Story	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION
	V3	V3	
	tonf	tonf	
PISO 3	1.6045	0.7685	52.10%
PISO 2	1.5056	0.7869	47.74%
PISO 1	0.7552	0.4184	44.60%

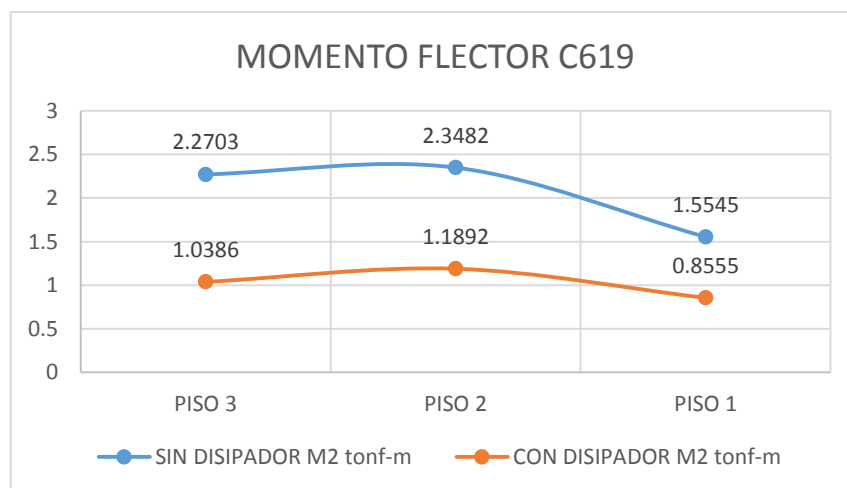
Tabla 37: Fuerzas cortantes de la columna C626 sin y con disipadores por piso.



Grafica 22: Fuerzas cortantes de la columna C630 sin y con disipadores por piso.

Story	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION
	V3 tonf	V3 tonf	
PISO 3	1.7165	0.8564	50.11%
PISO 2	1.5976	0.852	46.67%
PISO 1	0.7693	0.4411	42.66%

Tabla 38: Fuerzas cortantes de la columna C630 sin y con disipadores por piso.

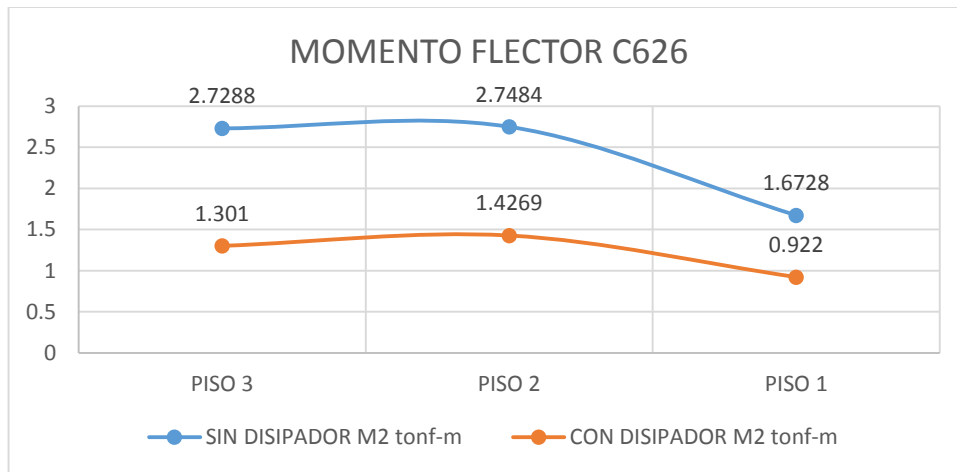


Grafica 23: Momentos flectores de la columna C619 sin y con disipadores por piso.

Story	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION
	M2	M2	
	tonf-m	tonf-m	%
PISO 3	2.2703	1.0386	54.25%
PISO 2	2.3482	1.1892	49.36%
PISO 1	1.5545	0.8555	44.97%

Tabla 39: Momentos flectores de la columna C619 sin y con disipadores por piso.

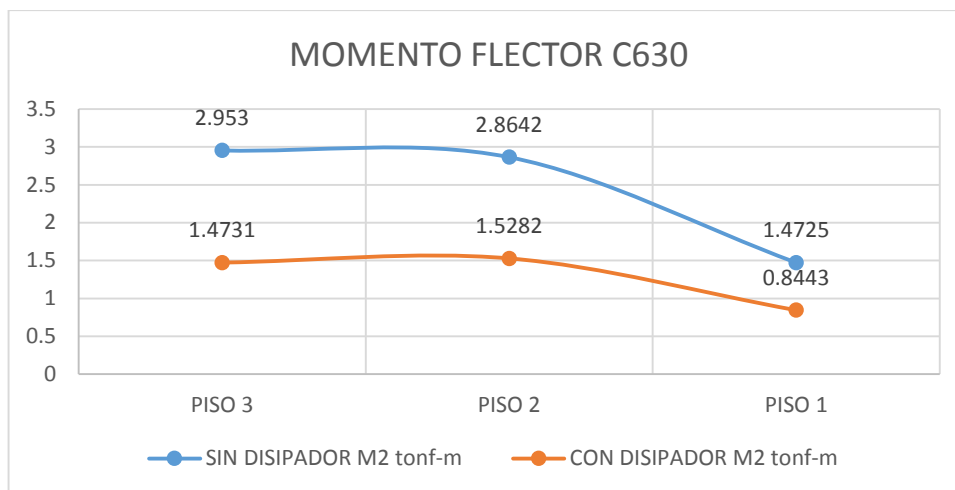
Fuente: Elaboración Propia.



Grafica 24: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por piso.

Story	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION
	M2	M2	
	tonf-m	tonf-m	%
PISO 3	2.7288	1.301	52.32%
PISO 2	2.7484	1.4269	48.08%
PISO 1	1.6728	0.922	44.88%

Tabla 40: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por piso.



Grafica 25: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por piso.

Story	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION
	M2	M2	
	tonf-m	tonf-m	
PISO 3	2.953	1.4731	50.12%
PISO 2	2.8642	1.5282	46.64%
PISO 1	1.4725	0.8443	42.66%

Tabla 41: Momentos flectores de la columna C626 sin y con disipadores por Piso.

3.9. Diseño de los dispositivos de amortiguamiento

3.9.1. Agrupación de los dispositivos por niveles de fuerza.

Luego de obtener las distorsiones de entrepiso dentro del límite según la Norma de Diseño sismorresistente E.030-2016, procedemos a agrupar los dispositivos por niveles de fuerza para así poder solicitar su pedido.

Así mismo se debe saber cuáles son las fuerzas máximas (compresión o tracción) que experimentan cada uno de los dispositivos bajo la acción del sismo de diseño.

Tabla 42: Fuerzas Máximas en los disipadores de energía.

Fuente: Elaboración Propia.

Story	Link	Load Case/Combo	P	P
			kip	kip
PISO 3	K2	SD-LIMA 1974	87.228	110.00
PISO 3	K7	SD-LIMA 1974	91.457	110.00
PISO 3	K6	SD-LIMA 1974	129.081	165.00
PISO 2	K5	SD-LIMA 1974	122.353	165.00
PISO 2	K9	SD-LIMA 1974	90.148	110.00
PISO 2	K10	SD-LIMA 1974	77.242	110.00
PISO 1	K3	SD-LIMA 1974	99.895	110.00
PISO 1	K8	SD-LIMA 1974	63.129	110.00
PISO 1	K1	SD-LIMA 1974	64.957	110.00

Tabla 43: Agrupación de los dispositivos por niveles de fuerzas.

FORCES (KIP)	N° DE DISPOSITIVOS
110	7
165	2
TOTAL	9

3.9.2. Elección de los disipadores de energía.

Considerando los niveles de fuerza obtenidos, se procede a determinar los disipadores, según la capacidad de carga de cada uno; El principal fabricante de los disipadores de Fluido Viscoso en Perú es la Corporación Taylor Devices inc, en la figura N°41, se aprecia las dimensiones provistas por este fabricante de diferentes niveles de fuerza.

3.9.3. Evaluación de costos.

Se evaluará el costo del sistema de disipación teniendo en cuenta por su nivel de fuerza, el proyecto es el Hospital Luis Negreiros Vega la cual cuenta de primer, segundo y tercer piso, con un área techada 1,085 m², los precios de los disipadores son referenciales, ya que se actualizan muchas veces mensualmente.

Tabla 44: Cantidad de los dispositivos.

Fuente: Elaboración Propia.

FORCES (KIP)	N° DE DISPOSITIVOS	PRECIO UNIT. (U\$)	PARCIAL (U\$)
110	7	7000	49000
165	2	8500	17000
CONEXIONES	9	1000	9000
		SUBTOTAL	75000
		IGV (18%)	13500
		TOTAL	88500

3.9.4. Tratamiento de los resultados

Los resultados de evaluación estructural del Hospital Luis Negreiros Vega se efectuaron y validaron contando con el apoyo de tesis, Libros relacionados con el tema de investigación, la cual se llegó a obtener resultados viables en cuanto a desplazamientos, distorsiones, esfuerzos en columnas, aceleraciones y otros del edificio en estudio “con y sin disipadores de fluido viscoso, para ello se usó un sismo de diseño Lima 1974 con una aceleración máxima del suelo de 0.40g.

IV. DISCUSIÓN

- A partir de los hallazgos encontrados afirmo que los resultados obtenidos concuerdan con lo que sostienen Villarreal & Díaz la Rosa (2008). La cual mencionan que normalmente las edificaciones de diseño tradicional absorben el 100% de la energía impactada en la estructura, pero al implementar 4 disipadores de fluido viscoso por nivel se logró disipar el 50.72% de la energía total de sismo de diseño, demostrándose así que la estructura solamente absorberá el 49.28% de la energía sísmica.
- También comparto la idea con Villarreal & Oviedo (2008), la cual afirman en su libro de Edificaciones con disipadores de Energía, que al usar 4 disipadores por piso se disminuyeron los desplazamientos máximos en el octavo nivel en un 41.46%, así como la reducción de las distorsiones de entrepiso desde un 35.84% hasta un 59.25%.
- Los resultados guardan relación con lo que menciona Guevara & Torres (2012). La adición de amortiguamientos permitió reducir las fuerzas internas de las columnas desde un 41.43% hasta un 60.03% para fuerzas cortante y hasta 59.81% para momento flector. Por lo tanto, al aumentar amortiguamiento ayudara a que las derivas disminuyan la incursión del rango inelástico de la estructura, y en efecto ocasiona menores daños.

V. CONCLUSIONES

- La edificación de diseño tradicional en el primer caso de análisis dinámico lineal, se observó que absorbía el 100% de la energía de Entrada; pero en un segundo caso, con la utilización los disipadores de fluido viscoso dentro de la misma, la disipación de energía la realizan los disipadores en un **45%** de tal forma que se redujo **la energía sísmica** a un **55%** absorbida por la estructura, esto quiere decir, que al suscitarse un movimiento de sismo severo, la edificación con dispositivos de energía proporcionara mayor amortiguamiento en la cual la estructura presentara daños menores.
- Además, la implementación de 9 disipadores en la estructura, logro disminuir los **desplazamientos máximos** en el último piso en un **27.92%**, así como también se redujo las **distorsiones de entrepiso** desde un **46.25%** hasta un **52.59%**, esto indica que estos dispositivos de energía mejoran la respuesta estructural frente a la acción sísmica. Por lo tanto, al aumentar amortiguamiento ayuda a que las derivas disminuyan, permitiendo que la estructura incurriere en el rango inelástico, y en efecto ocasione menores daños.
- Según la interpretación de los resultados, se observó que las reducciones **esfuerzos internos** en columnas donde participaban los disipadores, se redujeron de un **44.21%** hasta un **53.67%** para la fuerza cortante y con valor de **54.25%** para el momento flector, de tal forma que al reducir los esfuerzos y momentos en los elementos de la edificación, esto indica que dichos elementos serán esforzados en menor cantidad que dará como resultado tener menores daños tanto local como de forma global en las edificaciones.

VI. RECOMENDACIONES

- Los disipadores no lineales se deben diseñar empleando el análisis no lineal, y con un sismo de diseño escalado para hacer el análisis Tiempo Historia no lineal.
- Para el diseño de disipadores de fluido Viscoso se debe usar las normas FEMA 274 Y ASCE 7-10 capítulo 18, y tener en cuenta los parámetros sísmicos de cada zona.
- Los disipadores de fluido viscoso no requieren de un mantenimiento o ser remplazados después de ocurrido un sismo severo, lo único que requiere es una calibración que está a cargo de la empresa fabricante.
- Se recomienda que al ingresar los datos al programa ETABS se debe de tener cuidado con las unidades para cada análisis, porque es un factor que influye en los resultados de cada uno de los parámetros.
- Verificar la curva histerética de los disipadores con el fin comprobar la trabajabilidad de cada uno de los disipadores en relación con la energía sísmica absorbida ante un evento sísmico.
- Usar el método iterativo con la finalidad elegir el numero óptimo de disipadores.
- Para posteriores investigaciones se hagan el análisis de costos en relación a colocar disipadores u otro tipo de sistema que permita una mejor respuesta estructural.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ACI (1986). *Seismic Design for Existing Structures*, Seminal Course Manual SCM-14(86), Detroit.
- ANAMPA, J. (2016). *Reducción de daños estructurales frente a un sismo severo con dispositivos pasivos de disipación de energía de fluido viscoso para el edificio de la escuela de ingeniería metalúrgica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann*. Tacna, Perú.
- ARROYO, J. (2004). *Metodología para Calcular la Respuesta de Estructuras con Amortiguamiento Viscoso*, Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil.
- BEHAR, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom 2008. ISBN 978-959-212-783-7
- BOZA, Z & Galán, D. (2013). *Diseño de un edificio aporticado con disipadores*.
- BOZZO, L. & Barbat, A. (1999). *Diseño sismorresistente de edificios. Técnicas convencionales y avanzadas*, Editorial Reverte, Barcelona.
- BOZZO, L. & Barbat, A. (2002). *Diseño Sismorresistente de estructuras*. 1ra Edición. Fondo editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).
- BURGOS, M. (2007). *Estudio de la metodología de Diseño por Capacidad en edificaciones aporticadas de concreto armado para ser incorporada a la norma E-060 como alternativa de diseño* (Tesis de Maestría en Ingeniería Estructural). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- BURGOS, M. (2012) *Disipador Taylor de fluido viscoso en CDV representaciones*. UPC. Lima, Perú.
- 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 2012*, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- CAR, E.; Oller, S.; Oñate, E. (2000). An Anisotropic Elasto Plastic Constitutive Model for Large Strain Analysis of Fiber Reinforced Composite Materials. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, v. 185, n. 2-4, p. 245-277, 2000. ISSN: 0045-7825.

- CAR, E.; Oller, S.; Oñate, E. (2001). A Large Strain Plasticity for Anisotropic Materials: Composite Material Application. *International Journal of Plasticity*, V. 17, N. 11, P. 1437-1463, NOV. 2001. ISSN: 0749-6419.
- CASAVARDE, M. (2007). *El país se encuentra en zona de gran potencial sísmico, recuerdan expertos*. Lima: Diario la Republica. *Científica cuantitativa, cualitativa y mixta*. (2ª ed.). Lima: San Marcos.
- CLAROS, E. (2009). *Método simplificado para el análisis y rehabilitación de edificios utilizando disipadores de fluido viscoso*, para optar el grado de Maestro en Ingeniería. DF México: UNAM.
- CONSTANTINOU, M. & Symans, M. (1992). *Experimental and Analytical Investigation of Seismic Response of Structures whit Supplemental Fluid Viscous Dampers*, University of Buffalo, New York.
- CONTRERAS, J. & Morales, L. (2012). *Protección de una Edificación existente con Disipadores de Energía*. (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- DÍAZ La Rosa, M. (2014). *Evaluación del proyecto estructural y optimización del diseño con disipadores de energía viscosos Taylor para una edificación esencial de 6 pisos*. Trujillo, Perú: Fondo Editorial Universidad Antenor Orrego. *En arreglo chevron*. Lima: PUCP
- FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA) (1997). *Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – NEHRP*. FEMA273 - 274. Washington, D.C.
- GONZÁLEZ, M. (2016). Muestreo No Probabilístico. Recuperado de http://www.academia.edu/6997845/MUESTREO_NO_PROBABILISTICO
- GUEVARA, D. & Torres, P. (2012). *Diseño de un edificio aporticado con amortiguadores de fluido viscoso en disipación diagonal*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- HART, G. & Wong, K. (2000). *Structural Dynamics for Structural Engineers*, Estados Unidos, Wiley, Capítulo 9, págs. 483.
- HERNÁNDEZ, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª. ed.). México: McGrawHill.

- HURTADO, F. & Bozzo, L. (2008). *Numerical and experimental analysis of a shear-link energy dissipater for seismic protection of buildings*. 14 th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, Beijing, China.
- JENN Shin Hwang. (2002). *Seismic Design of Structures with Viscous Dampers*.
- WORD, O. y Newmann, F. (1931), proponen una nueva escala, modificando y condensando la escala Mercalli-CancaniSieberg, surgiendo así la escala de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM).
- MORALES, R. (2006). *Diseño en Concreto Armado*. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- NEWMARK, N. & Rosenblueth, E. (1976). *Fundamentos de ingeniería sísmica*. México.
- OLIVER et al. (1990). *Formas simplificadas de entender el comportamiento elastoplástico y el daño*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, v. 12, n. 2, p. 215-238.
- OLLER, S. & Barbat, A. (2006). Moment-curvature damage model for bridges subjected to seismic loads. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, v. 195, p. 4490-4511.
- OLLER, S.; Luccioni, B.; Barbat, A. (1991). *Un método de evaluación del daño sísmico en estructuras de concreto armado*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, v. 12, n. 2, p. 215-238.
- OVIEDO, R. (2008). *Dispositivos pasivos de disipación de energía para diseño sismorresistente de estructuras*. (Tesis de Maestría). Lima: Universidad nacional de ingeniería.
- PARDO, J. (2007). *Control de la Respuesta Dinámica de Estructuras mediante el uso de Disipadores de Energía de Fluido Viscoso del Tipo Lineal*. (Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- PARK, Y. J.; Ang, A. H.-S. (1985). *Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete*, *Journal of Structural Engineering*, v. 111, n. 4, p. 722-739.
- RICHTER, C. (1958). *Elementary Seismology*. W. H. Freeman y Co., EUA.
- SCHELLER, J. & Constantinou, M. (1999). *Response History Analysis of Structures with Seismic Isolation and Energy Dissipation Systems, Verification Examples for Program SAP2000*".

- TAMAYO, M. (1992). *Metodología formal de la investigación científica*. Limusa/ Grupo Noriega editores, 1ª. ed., México.
- TAYLOR, D. (1998). *Funcionamiento del disipador de energía de fluido viscoso*. USA.
- TAYLOR, D. (2000). *History, Design and Applications of Fluid Dampers in Structural Engineering*. (Disponible en www.seismicdamper.com, consultado el 10/07/2006).
- TAYLOR, D. (2004). *Fluid Viscous Damping as an Alternative to Base Isolation*. (Disponible en www.taylordevices.com/fvd_alt1.htm, consultado 20/08/2006).
- UNITED explanations. (2011). *Especial Japón: Los sistemas de seguridad contra terremotos y tsunamis en Japón*.
- VALDERRAMA, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación*. Lima, Perú.
- VILLARREAL, G. & Oviedo, R. (2009). *Edificaciones con Disipadores de Energía*. Primera edición. Lima, Perú.

VIII. ANEXOS.

- Matriz de consistencia.
- Cronograma de tesis.
- Propiedades de los disipadores.
- Informes de estudio de suelos.
- Planos
- Porcentaje de Turnitin

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "Evaluación de la Reducción del Daño en Estructuras Aporticadas de Concreto Armado con Disipadores de Fluido Viscoso en Callao, Lima 2017".
 AUTOR: GARCIA POLO, Luis Miguel

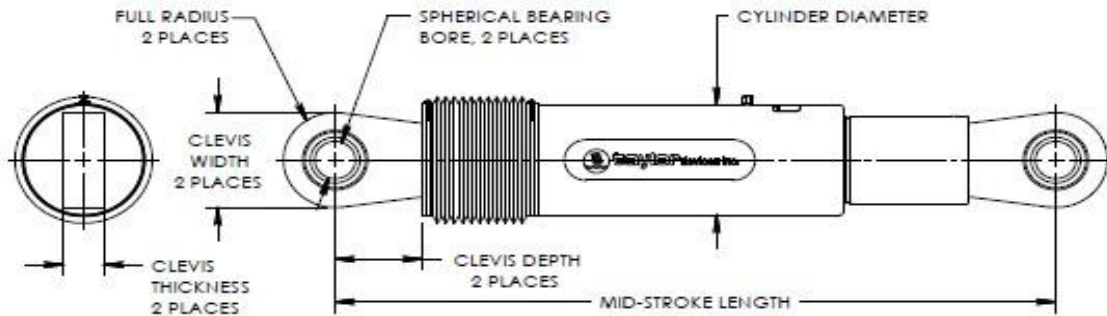
FORMULACIÓN DE PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	JUSTIFICACION
GENERAL:	GENERAL:	GENERAL:	Dependiente:					
¿En qué porcentaje se reduce el daño en estructuras aporticadas de concreto armado con disipadores de Fluido Viscoso en Callao, Lima?	Evaluar la reducción del daño en estructuras a porticadas de concreto armado con disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima.	La implementación de disipadores de fluido viscoso reduce daño en estructuras a porticadas de concreto armado en Callao, Lima.	Daño en la estructura.	“Las estructuras tienen un comportamiento elástico ante sismos leves y uno inelástico cuando esté sujeto a sismos moderados o raros. Este comportamiento inelástico está caracterizado por la disipación de energía a través de deformaciones no recuperables que se agravan conforme la deriva de entrepiso se incrementa; teniendo como consecuencia daño estructural y no estructural cuantioso” (Guevara, 2012, p. 3).	Índices de daño.	Distorsión de entrepiso y desplazamientos. Fuerzas internas de las columnas.	De razón	Económico: Cuando una estructura sufre grandes deformaciones se pueden producir daños. En consecuencia, los costos de reparación de estos daños pueden ser muy elevados, pudiendo llegar al extremo que la reparación no sea factible económicamente. Por otro lado, en innumerables casos el contenido dentro de las estructuras puede ser de gran importancia, como, por ejemplo, en los hospitales se tienen equipos muy costosos que sobrepasan los 85% y 90% del costo total de la edificación (Díaz la Rosa M., 2014, Pág. 188).
ESPECIFICOS:	ESPECIFICOS:	ESPECIFICOS:	Independientes:					
¿En qué porcentaje se reduce la energía sísmica absorbida por la estructura implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima?	Evaluar la reducción de energía sísmica absorbida por la estructura con disipadores de Fluido viscoso en callao, Lima.	La implementación de disipadores de fluido viscoso reduce la energía sísmica absorbida por la estructura en callao, Lima.	Intensidad de Sismo	“La intensidad es una medida de los efectos causados por un sismo en un lugar determinado de la superficie terrestre. En ese lugar, un sismo pequeño pero muy cercano puede causar alarma y grandes daños, en cuyo caso decimos que su intensidad es grande; en cambio un sismo muy grande pero muy lejano puede apenas ser sentido ahí y su intensidad, en ese lugar, será pequeña” (Richter, 1958, párr. 2)	Parámetros del sismo.	Aceleración máxima del Registro de diseño (PGA) Esfuerzo cortante del suelo.	De razón	Técnico: El uso de disipadores de fluido viscoso permite reducir significativamente el daño en estructuras aporticadas, produciendo menos desplazamientos, derivas, aceleraciones y velocidades en una estructura, lo cual resulta favorable para los elementos estructurales y no estructurales.
¿En qué porcentaje se reduce los desplazamientos y las distorsiones de entrepiso implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima?	Evaluar la reducción de distorsiones de entrepiso y los desplazamientos implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima.	La implementación de disipadores de Fluido Viscoso reduce los desplazamientos y las distorsiones de entrepiso en Callao, Lima	Disipadores de Fluido viscoso.	“Los sistemas de protección sísmica por amortiguamiento tienen como finalidad reducir los desplazamientos relativos de entrepiso, y por tanto aminorar el daño estructural. Esto se logra mediante un incremento de la participación del amortiguamiento viscoso en la disipación de energía sísmica” (Guevara,2012, p. 3)	Porcentaje de Amortiguamiento efectivo.	Coeficiente de amortiguamiento.	De razón	Social: La reducción del daño en estructuras aporticadas con disipadores tiene por objetivo salvaguardar edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, o donde guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas que cuya funcionalidad es primordial para las personas.
¿En qué porcentaje se reduce los esfuerzos internos de las columnas implementando disipadores de fluido viscoso en Callao, Lima?	Evaluar la reducción de los esfuerzos internos de las columnas implementando disipadores de Fluido viscoso en Callao, Lima.	La implementación de disipadores de fluido viscoso reduce los esfuerzos internos de las columnas en Callao, Lima.				Deriva objetivo		

Tabla 44: Matriz de consistencia.



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	34.13	±3	1.63	4 MAX.	3.25	4-1/2 MAX.	90
110 KIP	2.00	42.00	±4	2.13	4-3/4 MAX.	4.00	5-3/4 MAX.	185
165 KIP	2.25	47.00	±4	2.25	6 MAX.	5.10	7-1/4 MAX.	300
220 KIP	2.75	48.75	±4	2.75	7-1/2 MAX.	5.88	8-1/4 MAX.	425
330 KIP	3.00	51.75	±4	3.00	8 MAX.	6.38	9-1/2 MAX.	600
440 KIP	3.50	62.00	±5	3.50	9 MAX.	7.50	11-1/4 MAX.	900
675 KIP	4.00	62.00	±5	4.50	12-3/4 MAX.	8.00	13-3/4 MAX.	1300
900 KIP	5.00	74.00	±5	5.50	12-3/4 MAX.	10.75	16-3/4 MAX.	2650
1450 KIP	6.00	84.00	±5	6.00	13-3/4 MAX.	12.00	20-1/4 MAX.	4100
1800 KIP	7.00	88.25	±5	7.00	16-1/4 MAX.	12.50	22-1/4 MAX.	5500

NOTE: VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ±2 TO ±36 INCHES. FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES MID-STROKE LENGTH BY FIVE INCHES PER ±1 INCH OF STROKE.

Figura 40: Propiedades de los disipadores Taylor Devices.

Fuente: CDV Representaciones.

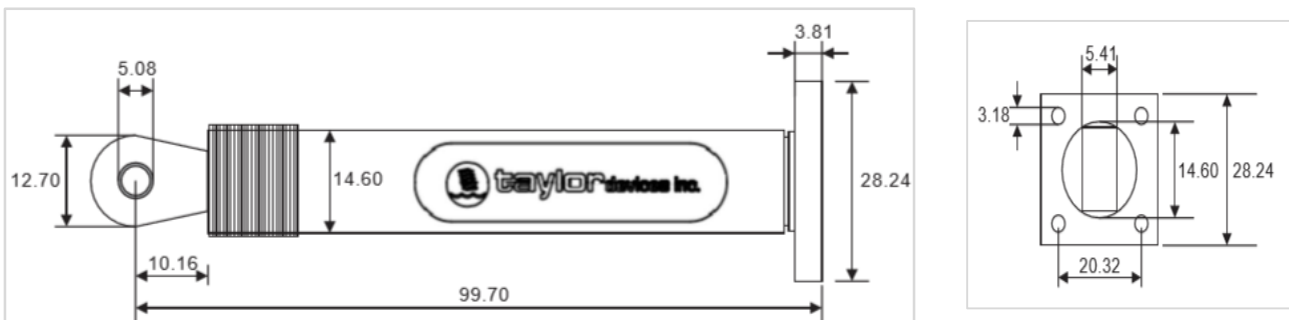


Figura 41: Disipador de fluido viscoso de 110 Kip.

Fuente: CDV Representaciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 316-1

SOLICITANTE : GARCÍA POLO, LUIS MIGUEL
 PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO - CALLAO - 2017"
 UBICACIÓN : AV. TOMÁS VALLE CDRA. 39, URB. SANTA ROSA, CALLAO
 FECHA : 07 DE MAYO 2018

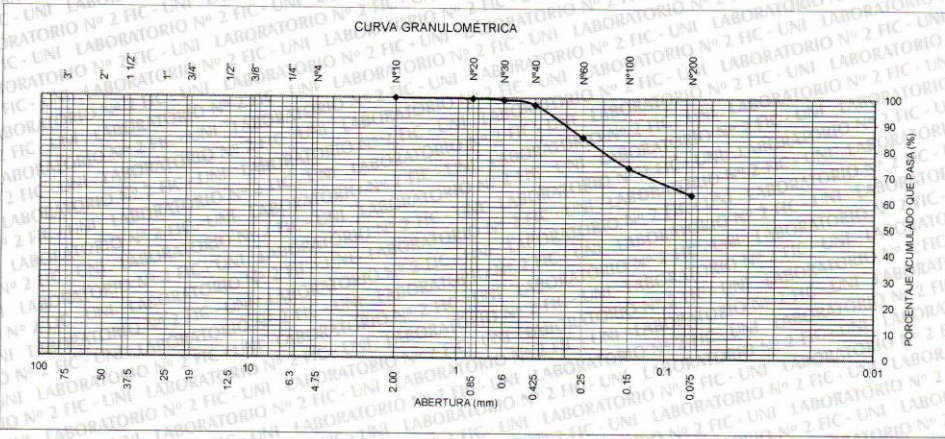
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1
 Prof. (m) : -

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	(%)		(% Acumulado)	
		Parcial Retenido		Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-	-
2"	50.000	-	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-	-
1"	25.000	-	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-	-
3/8"	9.500	-	-	-	-
1/4"	6.300	-	-	-	-
N°4	4.750	-	-	-	-
N°10	2.000	-	-	-	100.0
N°20	0.850	0.3	0.3	99.7	-
N°30	0.600	0.5	0.8	99.2	-
N°40	0.425	1.8	2.6	97.4	-
N°60	0.250	12.4	15.0	85.0	-
N°100	0.150	11.7	26.7	73.3	-
N°200	0.075	10.4	37.1	62.9	-
FONDO		62.9			

% Grava	----
% Arena	37.1
% Finos	62.9



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecutado por: Téc. J. Huambo Ch.

Revisado por: Ing. D. Basurto R.

LABORATORIO N°2 - OFICINA TÉCNICA
 Ing. Daniel J. Basurto R.



[Signature]
 Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 316-2

SOLICITANTE : GARCÍA POLO, LUIS MIGUEL
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO - CALLAO - 2017"
UBICACIÓN : AV. TOMÁS VALLE CDRA. 39, URB. SANTA ROSA, CALLAO
FECHA : 07 DE MAYO 2018

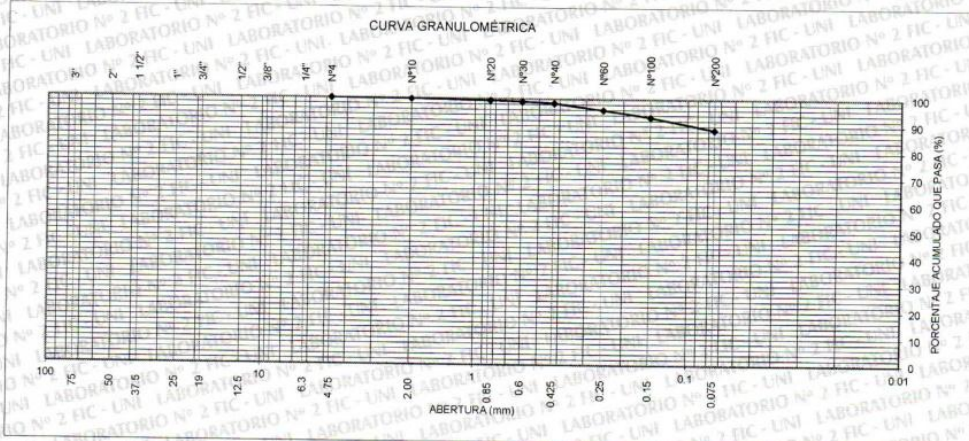
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-2
Prof. (m.) : -

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	Parcial Retenido (%)	Acumulado (%)	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	-
2"	50.000	-	-	-
1 1/2"	37.500	-	-	-
1"	25.000	-	-	-
3/4"	19.000	-	-	-
1/2"	12.500	-	-	-
3/8"	9.500	-	-	-
1/4"	6.300	-	-	-
N°4	4.750	-	-	100.0
N°10	2.000	0.2	0.2	99.8
N°20	0.850	0.5	0.7	99.3
N°30	0.600	0.4	1.0	99.0
N°40	0.425	0.6	1.7	98.3
N°60	0.250	2.4	4.1	95.9
N°100	0.150	2.7	6.8	93.2
N°200	0.075	4.7	11.4	88.6
FONDO		88.6		

% Grava : ----
% Arena : 11.4
% Finos : 88.6



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecutado por : Téc. J. Huambo Ch.

Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCÁS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



INFORME N° S18 - 316-3-1

SOLICITANTE : GARCÍA POLO, LUIS MIGUEL
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO - CALLAO - 2017"
UBICACIÓN : AV. TOMÁS VALLE CDRA. 39, URB. SANTA ROSA, CALLAO
FECHA : 07 DE MAYO 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3
Prof. (m.) : -

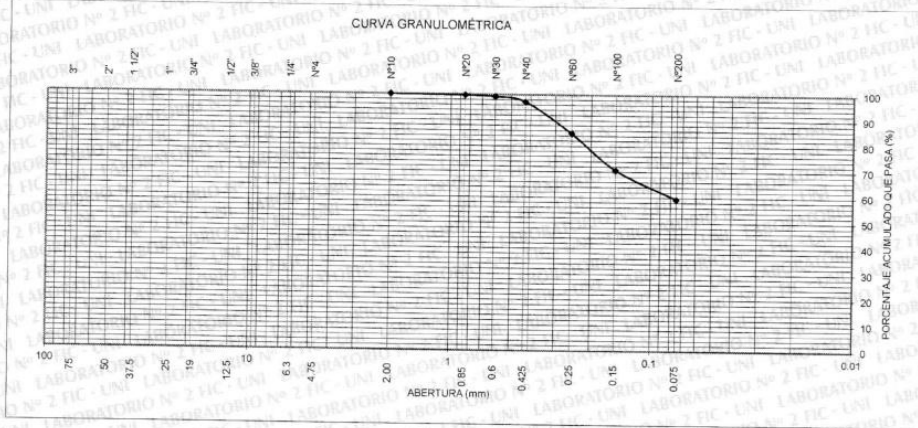
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, Pasa. Rows include various sieve sizes from 3 inches down to FONDO.

Summary table: % Grava : ----, % Arena : 40.7, % Finos : 59.3

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318: Límite Líquido (%): 22.1, Límite Plástico (%): 18.9, Índice Plástico (%): 3.2

Clasificación SUCS ASTM D2487 : ML



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por : Téc. J. Huambo Ch.

Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Handwritten signature of Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS

Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



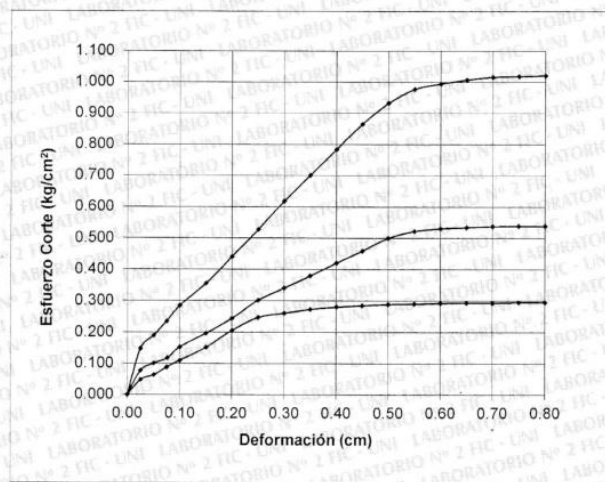
INFORME N° S18 - 316-3-1

SOLICITANTE : GARCÍA POLO, LUIS MIGUEL
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO - CALLAO - 2017"
UBICACIÓN : AV. TOMÁS VALLE CDRA. 39, URB. SANTA ROSA, CALLAO
FECHA : 07 DE MAYO 2018

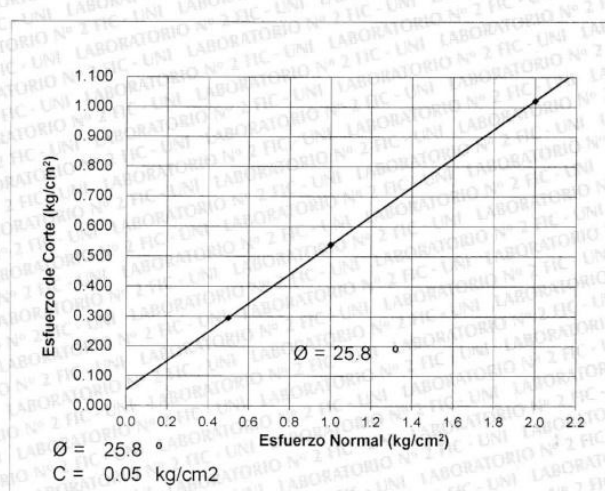
ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C-3
Prof. (m.) : 1

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



LABORATORIO N° 2 - OFICINA TECNICA
Ing. Daniel J. Basurto R.

LABORATORIO N° 2 - UNI - FIC
Ing. Luisa Shuan L.
JEFATURA

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 316-3-1

SOLICITANTE : GARCÍA POLO, LUIS MIGUEL
 PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO - CALLAO - 2017"
 UBICACIÓN : AV. TOMÁS VALLE CDRA. 39, URB. SANTA ROSA, CALLAO
 FECHA : 07 DE MAYO 2018

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
 Calicata : C-3
 Prof. (m.) : -

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm.)	5.95	5.95	5.95
Altura Inicial de la muestra (cm.)	1.88	1.88	1.88
Densidad húmeda inicial (g/cm ³ .)	1.902	1.902	1.902
Densidad seca inicial (g/cm ³ .)	1.636	1.636	1.636
Cont. de humedad inicial (%)	16.2	16.2	16.2
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm.)	1.87	1.86	1.85
Altura final de la muestra (cm.)	1.86	1.85	1.84
Densidad húmeda final (gr/cm ³ .)	2.020	2.024	2.027
Densidad seca final (gr/cm ³ .)	1.655	1.663	1.672
Cont. de humedad final (%)	22.1	21.7	21.2
Esfuerzo normal (kg/cm ² .)	0.5	1.0	2.0
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ² .)	0.295	0.539	1.020
Angulo de fricción interna :	25.8 °		
Cohesión (kg/cm ² .) :	0.05		

Nota : Los especímenes se remoldearon con la densidad del Peso Volumétrico.
 Muestra remitida e identificada por el solicitante.

Realizado por: Téc. J. Huambo Ch.
 Revisado por: Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
 e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 316-3-2

SOLICITANTE : GARCÍA POLO, LUIS MIGUEL
PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORRICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO - CALLAO - 2017"
UBICACIÓN : AV. TOMÁS VALLE CDRA. 39, URB. SANTA ROSA, CALLAO
FECHA : 07 DE MAYO 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3
Prof. (m) : -

ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO DE LOS SUELOS COHESIVOS NTP 339.139

Peso Volumétrico (gr/cm³) : 1.902

Nota - La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Téc. J. Huambo Ch.

Revisado por : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) del Laboratorio N°2 UNI - FIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

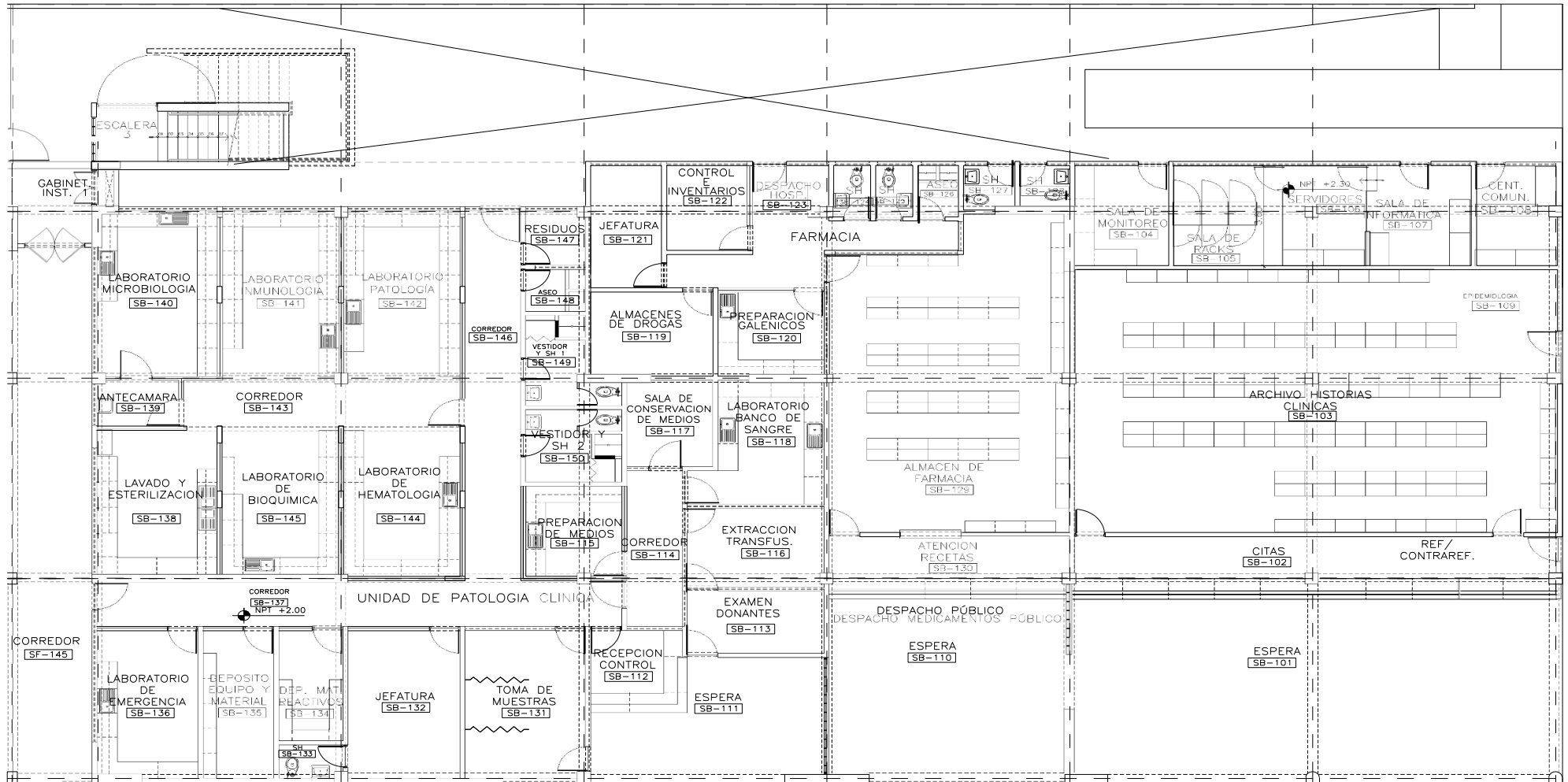
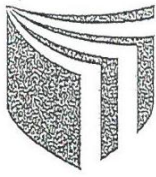


Figura 42: Vista en planta del hospital Luis Negreiros Vega.

Fuente: Hospital Luis Negreiros.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

GARCÍA POZO, LUIS MIGUEL

INFORME TÍTULADO:

*EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS
ARRETIADOS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO
VISCOZO EN CENSAO, LIMA*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

06/07/2018

NOTA O MENCIÓN :

16 (Diez y Seis)

Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, MARQUINA CALLACNA, RODOLFO RICARDO, docente de la Facultad INGENIERIA CIVIL y Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL de la Universidad César Vallejo LIMA NORTE (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

"EVALUACION DE LA REDUCCION DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN CALLAO, LIMA" del (de la) estudiante GARCIA POLO, LUIS MIGUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16. % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 06/07/18.....

.....
 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente Rodolfo Callacna

DNI: 6550931

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Resumen de coincidencias



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACION DE LA REDUCCION DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS
 APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISEÑADORES DE FLUIDO
 VISCOSO EN CALLAO, LIMA.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR
 GARCIA POLO, Luis Miguel

ASESOR
 MSc. MARQUINA CALLACNA, Roberto Ricardo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
 DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA - PERÚ

2018



16 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	www.ciamed.sld.cu	Fuente de internet	1 %
2	dipace.ucoenca.edu.ec	Ciencia de internet	1 %
3	www.researchgate.net	Fuente de internet	1 %
4	repositorio.continental	Fuente de internet	1 %
5	Entregado a Universidad...	Trabajo con estudiante	1 %
6	byasad.indice.gob.pe	Fuente de internet	1 %
7	Entregado a Universidad...	Trabajo de estudiante	1 %
8	preal.com	Fuente de internet	1 %
9	www.coursehero.com	Fuente de internet	1 %
10	searchindia.org	Fuente de internet	<1 %



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo GARCIA POLO, LUIS MIGUEL, identificado con DNI N.º 77335700, egresado de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "EVALUACION DE LA REDUCCION DEL DAÑO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO EN CALLAO, LIMA"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

FIRMA

DNI: 77335700

FECHA: de JULIO del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------