

**MODELO DIDÁCTICO DE UNA ESTRUCTURA UTILIZANDO DISIPADORES DE
ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO**

**DIEGO FERNANDO FARFÁN
MARLON DANOVIS RINCÓN**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ALTERNATIVA INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2016**

**MODELO DIDÁCTICO DE UNA ESTRUCTURA UTILIZANDO DISIPADORES DE
ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO**

**DIEGO FERNANDO FARFÁN
MARLON DANOVIS RINCÓN**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Directora:
Marisol Nemocón Ruíz
Ingeniera**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ALTERNATIVA INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2016**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5 CO)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre para:



Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y crear a partir del material

El licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe darle crédito a esta obra **de manera adecuada**, proporcionando un enlace a la licencia, e **indicando si se han realizado cambios**. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con **finés comerciales**.

No hay restricciones adicionales — Usted no puede aplicar términos legales ni **medidas tecnológicas** que restrinjan legalmente a otros hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Aviso:

Usted no tiene que cumplir con la licencia para los materiales en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una **excepción o limitación aplicable**.

No se entregan garantías. La licencia podría no entregarle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como **relativos a publicidad, privacidad, o derechos morales** pueden limitar la forma en que utilice el material.

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 04, noviembre, 2016

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	7
1. GENERALIDADES	9
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	9
1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2.1 Planteamiento del Problema	9
1.2.2 Formulación del Problema	10
1.3 OBJETIVOS	10
1.3.1 Objetivo General	10
1.3.2 Específicos	10
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	10
1.4.1 Alcance	10
1.4.2 Limitaciones	11
1.5 MARCO DE REFERENCIA	11
1.5.1 Marco teórico	11
1.5.2 Marco conceptual	13
1.6 METODOLOGÍA	14
2. RESULTADOS	17
2.1 MODELO DIDÁCTICO DE UNA ESTRUCTURA UTILIZANDO DISIPADORES DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO	17
2.1.1 Descripción física del modelo	17
2.1.2 Fotografías del modelo	18
2.1.2.1 Base del modelo	18
2.1.2.2 Sistema mecánico de desplazamiento horizontal	18
2.1.2.3 Ruedas para desplazamiento horizontal	19
2.1.2.4 Motor eléctrico	19
2.1.2.5 Ensamble sistema desplazamiento horizontal	20
2.1.2.6 Conexión Placa-Columna	21
2.1.3 Descripción del Funcionamiento	21
2.2 FINALIDAD DE ESTE MODELO	22
3. CONCLUSIONES	24
BIBLIOGRAFÍA	25

LISTA DE FIGURAS

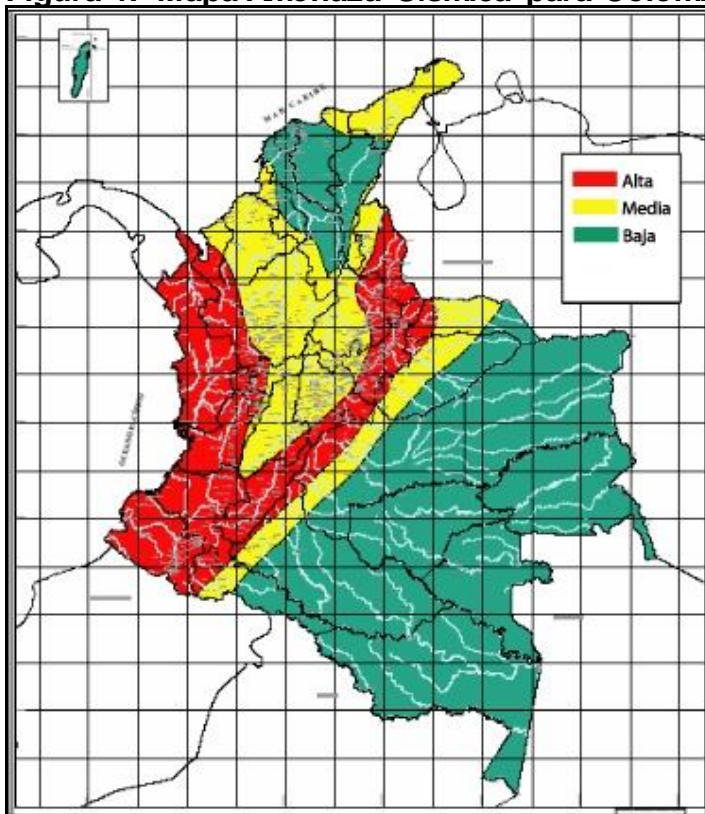
	pág.
Figura 1. Mapa Amenaza Sísmica para Colombia	7
Figura 2. Como Trabaja el Disipador	12
Figura 3. Como trabaja el disipador	13
Figura 4. Instalación	13
Figura 5. Amortiguador	15
Figura 6. Estructura del Amortiguador	15
Figura 7. Base del Modelo	18
Figura 8. Sistema Mecánico de Desplazamiento Horizontal	19
Figura 9. Ruedas para Desplazamiento Horizontal	19
Figura 10. Motor Eléctrico	20
Figura 11. Ensamble Sistema Desplazamiento Horizontal	20
Figura 12. Conexión Placa-Columna	21
Figura 13. Estructura No. 1 Convencional	22
Figura 14. Estructura No. 2 Con disipadores	22

INTRODUCCIÓN

Ante los históricos eventos sísmicos ocurridos a lo largo de la historia ha sido de conocimiento de todo el gremio de la ingeniería los resultados devastadores que se han presentado en construcciones de grandes alturas, las cuales no cuentan con sistemas de protección contra eventos sísmicos que eviten el colapso de la estructura toda vez que el daño es inevitable.

De acuerdo a INGEOMINAS de las cabeceras municipales, “475 correspondientes aproximadamente al 35% de la población colombiana, se encuentran en zonas de amenaza sísmica alta; 435, equivalente al 51% de la población, en zonas de amenaza sísmica intermedia; y 151, equivalente al 14% de la población, en zonas de amenaza sísmica baja”¹ (véase la Figura 1).

Figura 1. Mapa Amenaza Sísmica para Colombia



Fuente. SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Amenaza Sísmica [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=62>

¹ SISMO CLUB. Zonificación Sísmica de Colombia [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <https://sismoclub2011-1.wikispaces.com/Zonificaci%C3%B3n+S%C3%ADsmica+de+Colombia>>

De gran importancia es para todo estudiante de ingeniería civil, el conocer a detalle y de forma visual el comportamiento que teóricamente se ha descrito en las aulas de clase. Partiendo de la experiencia como estudiantes y comprendiendo los vacíos académicos en este tema, surge el interés por crear un modelo didáctico de una estructura, utilizando disipadores de energía de fluido viscoso, que será empleado como instrumento para facilitar la comprensión por medio de la simulación de un fenómeno sísmico a escala, para que los estudiantes puedan identificar el comportamiento e importancia de los disipadores de energía, cuando se presenta un sismo y halle las diferencias entre una estructura convencional y otra modificada con este sistema, estableciendo así una idea mucho más clara de los fenómenos y fuerzas que en los elementos que conforman la estructura se presentan en el eventos de un sismo.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

“Las vibraciones muy fuertes o extendidas en las estructuras civiles causadas por eventos sísmicos, puede llegar a generar daños en sus elementos ya sean estructurales y/o no estructurales. Dichas vibraciones están determinadas por las características dinámicas que posee la estructura como masa, rigidez y su capacidad de amortiguamiento, una vez analizado el comportamiento de estas estructuras”² es allí donde modificando estas características estructurales se logra minimiza la respuesta de la estructura al movimiento generado por el sismo. En esto se basa el diseño sismo resistente que busca garantizar una adecuada resistencia, rigidez y ductilidad permitiendo que el edificio responder a la energía del sismo de una forma controlada generando un comportamiento específico que no genere en los elementos que la conforman daños significativos dado que no va en contra del movimiento natural de la estructura permitiéndole así mantenerse en pie.

En la investigación desarrollada por Gómez (2007), el autor enuncia el alto poder destructivo de los movimientos telúricos, lo que hizo necesario empezar a indagar más sobre métodos que pudieran disminuir este impacto en las estructuras, por eso la noción de control estructural, tal como se conoce actualmente, tiene sus raíces hace más de 100 años, cuando John Milne profesor de ingeniería en Japón construyó una casa pequeña de madera sobre rodillos, con el fin de demostrar que se podía aislar la estructura de los sismos.

Los conceptos modernos de aislamiento de vibración, absorción de vibración y amortiguamiento apenas fueron desarrollados y aplicados en las estructuras de las aeronaves y automóviles que producía altos niveles de fuerzas dinámicas motivados por el motor de combustión interna en la Segunda Guerra Mundial, y sólo a partir de los años sesenta, se comenzó a pensar que estos conceptos también serían aplicables a estructuras civiles sometidas a la acción de viento o sismo. El primer estudio conceptual sobre control estructural en ingeniería civil fue realizado por Yao en 1972 y, desde entonces, un gran número de investigadores ha desarrollado sistemas de control estructural para el control de la respuesta sísmica y eólica, y ha verificado el comportamiento de estos sistemas³.

1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Planteamiento del Problema. Actualmente la universidad católica de Colombia cuenta con laboratorios de análisis de suelos, análisis de pavimentos y análisis de concretos así mismo con el personal capacitado para brindar apoyo a los

² GÓMEZ, Daniel; MARULANDA, JOHANNIO Y THOMSON, Peter. Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas Dinámicas. EN: Revista DYNA. Agosto – diciembre, 2008. vol. 75, no. 155, p. 23

³ Ibid., p. 23

estudiantes que en desarrollo de su formación requieren el uso de dichas instalaciones, en desarrollo de programa de formación académico los estudiantes requieren comprender desde un punto de vista más real ¿Cómo se comporta una estructura ante un evento sísmico? ¿Qué sistemas existen en el mercado que disminuya los daños en la estructura sometida a un evento sísmico? ¿En qué se diferencian? Estas y muchas más dudas surgen en las mentes de los estudiantes durante el transcurso de su carrera y no son aclaradas durante la misma, es de allí donde la idea de implementar un modelo a escala que represente el comportamiento de la estructura y que permita al estudiante y futuro investigador obtener una serie de datos de forma visual contribuyendo a la formación de una idea real que construya bases al estudiante para poder discernir mucho mejor la teoría de esta disciplina desarrollando aptitudes analíticas sólidas, permitirá a los futuros diseñadores y profesionales la tome de decisiones acertadas que garanticen la estabilidad de las estructuras desarrolladas o evaluadas por los mismos.

1.2.2 Formulación del Problema. ¿Es posible diferenciar el comportamiento de una estructura a escala modificada con un sistema de disipadores de energía fluido viscosos y una en condiciones normales, las cuales se encuentran sometidas a una simulación sísmica?.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Elaborar un modelo cualitativo que permita diferenciar el comportamiento de dos estructuras, una de estas convencional y otra modificada con un sistema de disipadores de energía fluido viscoso sometida a una simulación de un evento sísmico.

1.3.2 Específicos.

- Identificar conceptos básicos, características y funcionalidad de los disipadores de energía fluido viscosos.
- Demostrar el desempeño del sistema escogido bajo la simulación de un evento sísmico.
- Proporcionar una herramienta didáctica, que permita a los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia asimilar los beneficios que proporciona el uso de disipadores de energía en estructuras sometida a un evento sísmico.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcance. Presentar un modelo cualitativo basado en las diferentes investigaciones realizadas, exponiendo las características del método de disipación de energía sísmica seleccionado para aplicar en el modelo construido, los materiales empleados y la tecnología con que se elaboró. Así mismo se hará un

comparativo del modelo frente a un sistema estructural tradicional, dicha comparación se realizó bajo condiciones de recreación sísmica semejante.

1.4.2 Limitaciones.

➤ El plazo para la entrega del producto final es de 4 meses, partiendo de la aprobación del anteproyecto.

➤ Ya que en Colombia este tema no ha tenido la acogida esperada es muy poca la información existente de estudios basados en el uso de disipadores de energía sísmica en el país. Lo anterior hace que el proyecto se fundamente a partir de fuentes de información digital de estudios desarrollados en otros países tales como Chile y Perú, donde se enfatiza el uso de estos sistemas para sus obras civiles.

➤ Los materiales empleados en la construcción del modelo, permiten describir el comportamiento de la estructura de pórticos que se construyó, pero estos no son especialmente desarrollados para esta función dados que son materiales de uso propio de técnicas de metalistería y algunos componentes de la carpintería lo que limita el comportamiento físico del modelo; para fines descriptivos proporcionando las características esperadas en modelo desarrollado.

1.5 MARCO DE REFERENCIA

1.5.1 Marco teórico.

En los últimos años los investigadores en el área de la mecánica estructural, han ido incrementando las investigaciones en disipadores de energía, aisladores de energía, péndulos contrarestadores de ondas sísmicas, etc. con la finalidad que los edificios sean diseñados acorde con los requerimientos mínimos de fuerza lateral de los códigos de diseño. Recientes sismos han mostrado que los edificios diseñados y construidos de acuerdo a los códigos más recientes proveen una buena respuesta, pero el costo de reparación de daños y el tiempo necesario para implementar estas reparaciones son más grandes que las anticipadas⁴.

Cano Lagos y Zumaeta Escobedo hablan de “los diversos esfuerzos en Estados Unidos, Japón y Rusia, en desarrollar criterios de diseño sísmico y procedimientos para asegurar objetivos específicos de desempeño”⁵.

⁴ VILLARREAL CASTRO, Genner y OVIEDO SARMIENTO, Ricardo. Edificaciones con disipadores de energía. Lima: Asamblea Nacional de Rectores, 2009. p. 2.

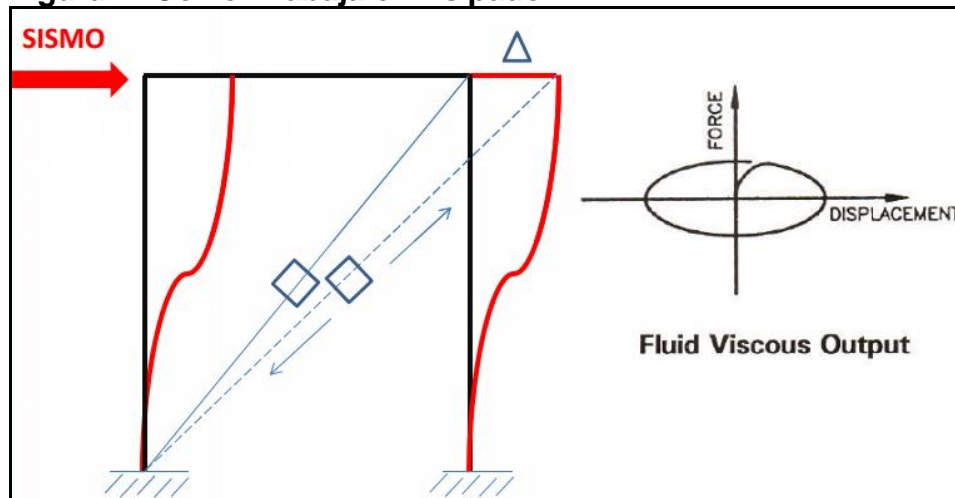
⁵ CANO LAGOS, Himler y ZUMAETA ESCOBEDO, Ener Iván. Diseño estructural de una edificación con disipadores de energía y análisis comparativo sísmico entre el edificio convencional y el edificio con disipadores de energía para un sismo severo. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería. Modalidad trabajo de grado, 2012. p. 7

Según el Dr. G. Villarreal (2009), tres técnicas innovadoras han sido propuestas para usarse individualmente o en combinación, con la finalidad de mejorar el desempeño sísmico de los edificios: aislamiento sísmico, dispositivos suplementarios de disipación de energía y control estructural activo o híbrido. En la actualidad, dicho sistema constructivo se usa con mucha frecuencia en la práctica y se considera un campo abierto en la investigación sísmica, representando el presente trabajo un aporte importante en la actualización de los métodos de cálculo de edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía⁶.

El disipador de energía fluido viscoso reduce los esfuerzos y la deflexión al mismo tiempo porque la fuerza del disipador está completamente fuera de fase con los esfuerzos debido a la flexión de las columnas. Esto sólo se cumple con el amortiguamiento de fluido viscoso, donde la fuerza del disipador varía con la velocidad.

Δ máximo corresponde a fuerza máxima en estructura, en ese momento la fuerza en el disipador viscoso es mínima (véase la Figura 2).

Figura 2. Como Trabaja el Disipador

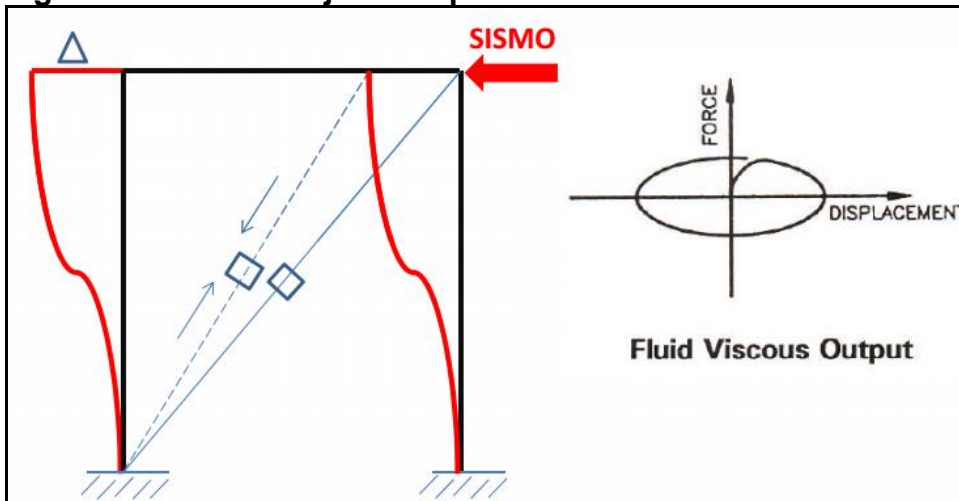


Fuente. REPRESENTACIONES CDV. Disipadores de energía fluido viscoso [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://mabieperu.com/publicaciones/publicacion04.pdf>>

Δ máximo corresponde a fuerza máxima en estructura, en ese momento la fuerza en el disipador viscoso es mínima (véase las Figuras 3 y 4).

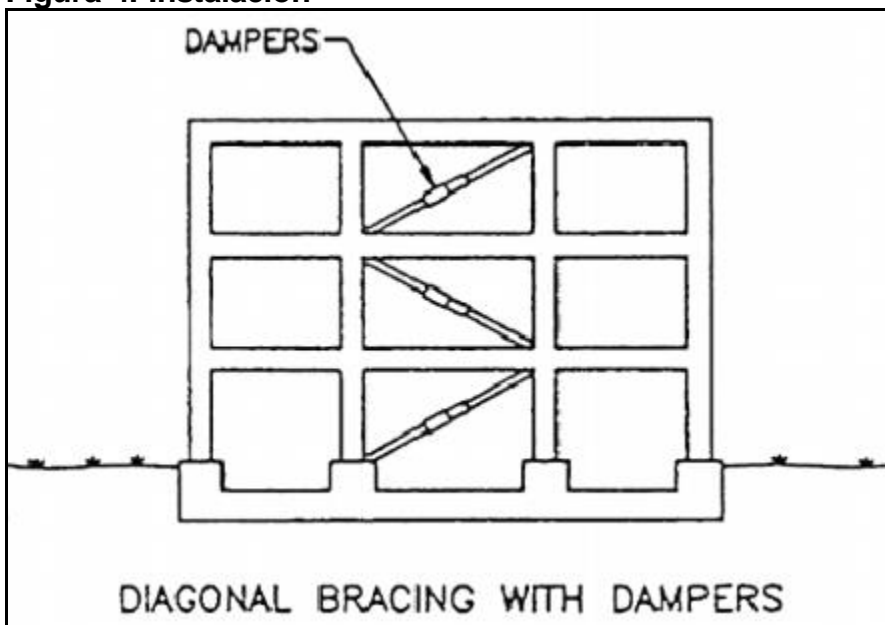
⁶ VILLARREAL CASTRO y OVIEDO SARMIENTO, Op. cit., p. 2

Figura 3. Como trabaja el dissipador



Fuente. REPRESENTACIONES CDV. Disipadores de energía fluido viscosa [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://mabieperu.com/publicaciones/publicacion04.pdf>>

Figura 4. Instalación



Fuente. REPRESENTACIONES CDV. Disipadores de energía fluido viscosa [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://mabieperu.com/publicaciones/publicacion04.pdf>>

1.5.2 Marco conceptual. El autor Cueto hace una introducción en el concepto de Disipación de energía “está pensado en la idea de poner en la estructura elementos destinados a aumentar la capacidad de perder la energía que se suministra a la estructura durante el evento de un sismo prolongado o muy fuerte, la estructura

disipa o elimina la energía de un sismo mediante deformaciones de los elementos que cumplen la función”⁷. “Una vez se suministra a la estructura un dispositivo de disipación de energía, estos van a experimentar fuertes deformaciones con los movimientos de la estructura durante el terremoto, Mediante estas fuertes deformaciones se incrementa notablemente la capacidad de disipar energía de la estructura con una reducción de las deformaciones de la estructura”⁸. Estos dispositivos se conocen como disipadores de energía o amortiguadores sísmicos y pueden ser de diversas formas y principios de operación. Los más conocidos y utilizados en el mercado mundial son los Viscosos que se deforma en uso de una sustancia viscosa en su mayoría de veces aceites absorbiendo la energía del sismo y convirtiéndola en calor, estos comportamientos de la estructura son analizados por un analista estructural avezado en el tema.

La formación universitaria en la rama de ingeniería está rodeada de fórmulas, códigos, normas y como si fuera poco una gran cantidad software de análisis estructural, que permiten un análisis de datos que para el ingeniero sería complejo analizar y tomaría mucho tiempo, es de allí donde un modelo a escala sería un complemento importante en las aulas de clase que permitiría a ingeniero comprender a partir de la recreación, el comportamiento de una estructura ante diferentes efectos de fuerzas sísmicas.

1.6 METODOLOGÍA

- Se realizará un bosquejo inicial para el modelo a construir, selección de materiales y tecnología a utilizar.
- Construcción del modelo cualitativo del sistema aprobado con base en la información previamente recopilada durante el desarrollo de la metodología, posteriores pruebas del sistema sometiéndolo a vibraciones controladas. El modelo planteado permitirá identificar las diferencias entre un modelo rígido con ausencia de algún sistema de aislamiento o amortiguación y el modelo desarrollado con disipadores de energía, sometidos a una simulación de un evento sísmico de iguales proporciones.
- Se realiza la búsqueda del disipador que nos permita asemejar el comportamiento de un elemento en condiciones reales.
- Se emplearán amortiguadores utilizados en muebles para oficinas, son neumáticos, tienen gas nitrógeno, de este modo hace más eficiente el regreso del

⁷ CUETO BAIZ, Jorge Mario. Laboratorio de modelos estructurales. Una alternativa para la enseñanza y la investigación. En: Revista Épsilon. Julio – diciembre, 2010. no. 15, p. 238.

⁸ AGUILAR SALGADO, Manuel Enrique. Edificios antisísmicos y el Taipei 101 [en línea]. Cadiz: Universidad de Cadiz [citado 25 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: http://tep120.uca.es/Docencia/e-duMAT/premio2B?set_language=en>

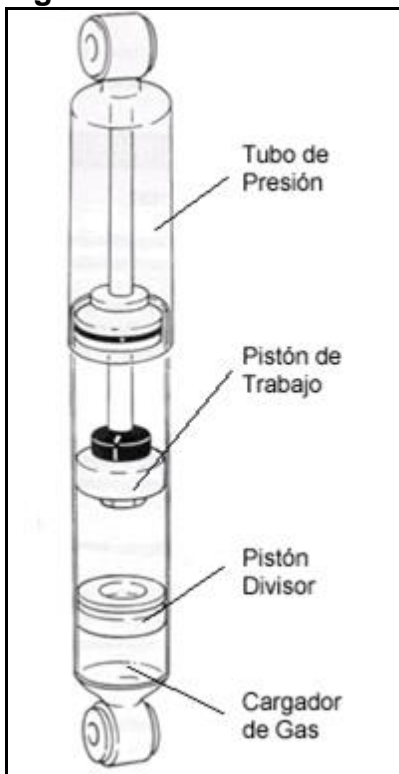
fluido viscoso a las cámaras acelerando la respuesta evita que se formen burbujas lo que genera mejor respuesta en trabajo duro (véase la Figura 5).

Figura 5. Amortiguador



Fuente. Los Autores.

Figura 6. Estructura del Amortiguador



Fuente. MONROE AMORTIGUADORES. Partes del amortiguador [en línea]. México: La Empresa [citado 26 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.monroe.com.mx/>>

➤Recopilación de datos finales, elaboración de conclusiones. El proyecto se someterá a un análisis cualitativo, en donde se evaluará el comportamiento de la maqueta verificando su funcionalidad como elemento didáctico de análisis estructural, dinámica estructural y elementos finitos.

2. RESULTADOS

2.1 MODELO DIDÁCTICO DE UNA ESTRUCTURA UTILIZANDO DISIPADORES DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO

2.1.1 Descripción física del modelo. Los elementos del modelo en general fueron desarrollados durante un proceso de prueba y error empleando recursos como tiempos y dinero entre otros propios del proceso. Este permitió seleccionar los materiales con las características que se consideraron apropiadas para ser implementadas en el modelo construido.

El modelo está elaborado en lámina de acero HR de 3.00 mm, también conocida como Hot Rolled que tiene un uso especializado en la fabricación de tanques de almacenamiento de combustibles y embarcaciones. Este material nos permitió describir el comportamiento de los componentes verticales de la estructura, algunas láminas que se pretendieron utilizar con características de mayor ductilidad y espesores, rigidizaron la estructura y aumentaron su peso final. Las láminas empleadas fueron moduladas e instaladas en el modelo de forma que ejercieran la menor resistencia inercial al movimiento que se pretendió generar en la estructura (sismo) logrando que estas realizarán la descripción requerida en el objetivo del proyecto.

Los entresijos del modelo fueron modulados en el mismo material de las columnas, estos elementos horizontales fueron integrados a las columnas con un diseño específico toda vez que durante el desarrollo del proyecto se observó que no podían interactuar estos dos elementos de forma directa dado que, al hacerlo, la estructura aumentaba su rigidez y se perdería el objetivo principal. Se diseñó una platina horizontal la cual estaría soldada a las platinas verticales, estas cumplen la función de soportar las placas recreadas, la unión de estos dos elementos se realiza por pernos roscados de 3/8" los cuales tienen como aislante un resorte de 1 1/2" con el fin de evitar la fricción ocasionada por la vibración y disminuir la rigidez que se presenta al interactuar los elementos.

Se realiza la construcción de una mesa acorde a las dimensiones de proyecto con una altura de 85cm, dicha mesa cumplirá con la función de mesa de vibración toda vez que se realiza la adaptación de un motor eléctrico de un 1/4 hp de potencia el cual cumplirá la función de generar los movimientos de oscilación necesarias en el proyecto, dicho motor está conectado a un eje excéntrico el cual proporcionará a la mesa el movimiento y posteriormente al modelo de pórtico la energía para describir el comportamiento requerido.

Durante análisis final se evidencia que el motor de 1/4 hp es insuficiente para generar el movimiento continuo de la mesa de vibración toda vez que a consideración nuestra requiere de un motoreductor que permita controlar la potencia del mismo y disminuya las revoluciones proporcionadas por este, sin afectar la integridad del

modelo.

El montaje está concebido para que se pueda comparar y observar la oscilación de dos estructuras, ambas del mismo material, con dimensiones idénticas, una de ellas esta modificada con 4 disipadores de energía (fluido viscoso) y la otra sin ningún tipo de disipador de energía.

Los dos edificios están anclados a una plataforma que realiza movimientos horizontales continuos por medio de un motor eléctrico simulando ondas sísmicas.

2.1.2 Fotografías del modelo.

2.1.2.1 Base del modelo. Rigidizada por un ángulo de 3/16", está apoyada sobre un sistema de rieles que permitirán el movimiento horizontal del modelo (véase la Figura 7).

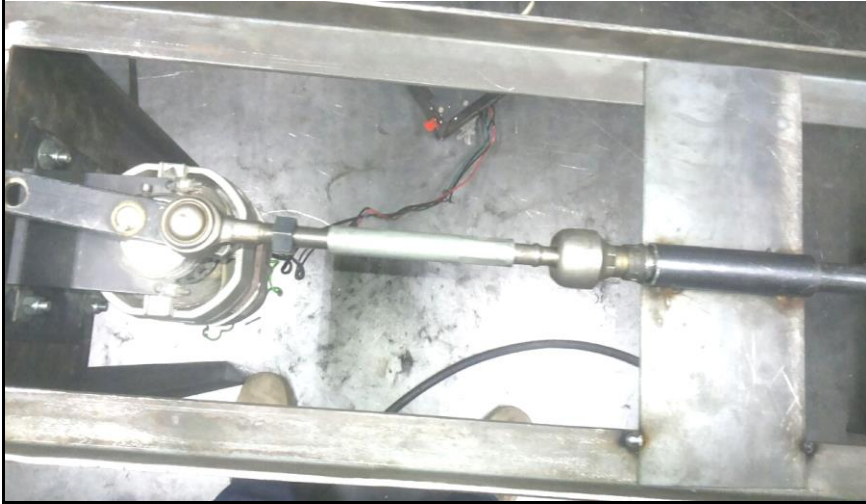
Figura 7. Base del Modelo



Fuente. Los Autores.

2.1.2.2 Sistema mecánico de desplazamiento horizontal. Compuesto por un motor de eje excéntrico conectado a un brazo articulado con guía metálica para definir su línea de movimiento (véase la Figura 8).

Figura 8. Sistema Mecánico de Desplazamiento Horizontal



Fuente. Los Autores.

2.1.2.3 Ruedas para desplazamiento horizontal. Fijadas bajo la base del modelo, tendrán la función de permitir el desplazamiento horizontal sobre rieles (véase la Figura 9).

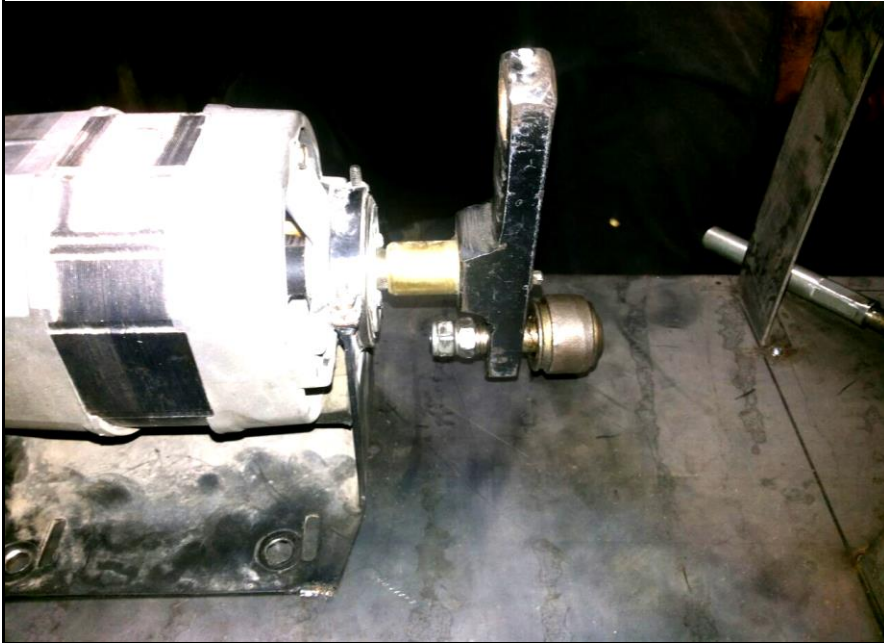
Figura 9. Ruedas para Desplazamiento Horizontal



Fuente. Los Autores.

2.1.2.4 Motor eléctrico. De una potencia nominal de $\frac{1}{4}$ hp con eje excéntrico de $\frac{5}{8}$ " (véase la Figura 10).

Figura 10. Motor Eléctrico



Fuente. Los Autores.

2.1.2.5 Ensamble sistema desplazamiento horizontal. Posicionamiento del motor de forma vertical y conexión del brazo articulado a la base del modelo (véase la Figura 11).

Figura 11. Ensamble Sistema Desplazamiento Horizontal



Fuente. Los Autores.

2.1.2.6 Conexión Placa-Columna. Realiza por pernos roscados de 3/8" los cuales tienen como aislante un resorte de 1 1/2" con el fin de evitar la fricción ocasionada por la vibración y disminuir la rigidez que se presenta al interactuar los elementos (véase la Figura 12).

Figura 12. Conexión Placa-Columna



Fuente. Los Autores.

2.1.3 Descripción del Funcionamiento. Las 2 estructuras están ancladas a la misma base rígida que cuenta con un sistema de rieles que permite un desplazamiento horizontal periódico, este movimiento dinámico simulara el movimiento de las placas tectónicas terrestres cuando se presenta un evento sísmico.

Ambas estructuras estarán sometidas a la misma fuerza dinámica, es ahí donde entrarán a trabajar los disipadores de energía que están incorporados en la estructura No. 2 (véase la Figura 14), se observará la disminución de la energía que se transporta verticalmente desde la base oscilatoria hasta el último nivel de la estructura. Logrando así una importante disminución en la respuesta de la estructura al evento sísmico comparado con la estructura No. 1 (véase la Figura 13) que aún terminada la simulación sísmica seguirá teniendo movimiento ondulatorio.

Figura 13. Estructura No. 1 Convencional



Fuente. Los Autores.

Figura 14. Estructura No. 2 Con disipadores



Fuente. Los Autores.

2.2 FINALIDAD DE ESTE MODELO

Por medio de esta herramienta pedagógica desarrollada se podrá visualizar el comportamiento de las 2 estructuras o edificios sometidos a una fuerza dinámica (Simulación de evento sísmico) idéntica.

Gracias a esta simulación los estudiantes podrán identificar los beneficios del uso de disipadores de energía en estructuras reales ya que cuando entra en funcionamiento el equipo, se observará el papel que juegan los disipadores fluido viscosos, los cuales tienen la capacidad de absorber gran cantidad de la energía dinámica producida por el movimiento al que están sometidas las estructuras durante un evento sísmico.

3. CONCLUSIONES

➤El modelo a escala permite recrear las características reales de un sismo, de la misma manera simula las condiciones reales de la estructura que se ve sometida a dicho fenómeno, lográndose captar en el modelo, la mayor cantidad de características reales como los desplazamientos horizontales, la disipación de la energía ascendente en la estructura, entre otras. De esa manera dando al estudiante e investigador, herramientas didácticas suficientes para realizar un análisis cualitativo completo del comportamiento de una estructura real, durante el desarrollo de un evento sísmico de gran magnitud.

➤Es de anotar que en el momento de generarse una oscilación o balanceo (fuerza dinámica), se transmite por la estructura de forma ascendente la energía describiendo un movimiento ondulatorio, se observa en el modelo, que este movimiento es interrumpido por los disipadores que se instalaron en la parte intermedia de la estructura, evitando que la energía aumente a medida que esta se desplaza verticalmente por la estructura, de esta manera se evita que los pórticos superiores sufran deformaciones exageradas.

➤Al disminuir los tiempos de respuesta del edificio, ante las oscilaciones producidas por una energía sísmica, disminuye la acumulación de energía que se transmite a los niveles superiores del edificio, razón por la cual no se producirá una aceleración en aumento. A medida que la energía transmitida desde los cimientos se desplaza de manera ascendente por la estructura se logra minimizar los posibles daños estructurales, en el caso que se presente un sismo de gran escala se reducen los daños en los elementos estructurales de la edificación, de esta manera se podrá evitar el colapso de la estructura, protegiendo vidas y bienes materiales; reduce el valor de las derivas permitiendo que la estructura aun siga siendo funcional después de dicho evento. Se identificó este comportamiento durante la ejecución de las pruebas que se le realizaron al modelo toda vez que los disipadores absorben gran parte de la energía que se suministraba por las base que oscila constantemente.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR SALGADO, Manuel Enrique. Edificios antisísmicos y el Taipei 101 [en línea]. Cadiz: Universidad de Cadiz [citado 25 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: http://tep120.uca.es/Docencia/e-duMAT/premio2B?set_language=en>

CANO LAGOS, Himler y ZUMAETA ESCOBEDO, Ener Iván. 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. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería. Modalidad trabajo de grado, 2012. 132 p.

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, CDT. Sistemas de aislación sísmica y disipación de energía [en línea]. Santiago de Chile: La Corporación [citado 10 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2495>>

CUETO BAIZ, Jorge Mario. Laboratorio de modelos estructurales. Una alternativa para la enseñanza y la investigación. En: Revista Épsilon. Julio – diciembre, 2010. no. 15.

GARZÓN CASARES, Pablo Antonio Evaluación de la amenaza sísmica de Colombia mediante análisis de valores extremos históricos [en línea]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia [citado 10 septiembre]. Disponible en Internet: <URI: http://www.bdigital.unal.edu.co/5110/1/299996.2011_pte._1.pdf>

GÓMEZ, Daniel; MARULANDA, JOHANNIO Y THOMSON, Peter. Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas Dinámicas. EN: Revista DYNA. Agosto – diciembre, 2008. vol. 75, no. 155.

MONROE AMORTIGUADORES. Partes del amortiguador [en línea]. México: La Empresa [citado 26 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.monroe.com.mx/>>

OVIEDO, Juan Andrés y DUQUE, María del Pilar. Situación de las técnicas de control de respuesta sísmica en Colombia. En: Revista Escuela de Ingenieros de Antioquia. Noviembre – diciembre, 2009. no. 12.

REPRESENTACIONES CDV. Disipadores de energía fluido viscoso [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://mabieperu.com/publicaciones/publicacion04.pdf>>

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Amenaza Sísmica [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=62>

SISMO CLUB. Zonificación Sísmica de Colombia [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 agosto, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <https://sismoclub2011-1.wikispaces.com/Zonificaci%C3%B3n+S%C3%ADsmica+de+Colombia>>

VILLARREAL CASTRO, Genner y OVIEDO SARMIENTO, Ricardo. Edificaciones con disipadores de energía. Lima: Asamblea Nacional de Rectores, 2009. 122 p.