

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
DISIPADORES EN ESTRUCTURAS EXISTENTES, CHICLAYO
2019**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

DIEGO SAMUEL CABRERA DAVILA

ASESOR

HÉCTOR AUGUSTO GAMARRA HUCEDA

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

Chiclayo, 2019

ÍNDICE GENERAL

I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	3
1. ANCEDENTES	3
2. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS	13
2.1. SISMICIDAD	13
2.2. POTENCIAL DESTRUCTIVO DE TERREMOTOS	13
2.3. MECANISMOS DE PROPAGACIÓN DE ENERGÍA SÍSMICA	13
2.4. VULNERABILIDAD SÍSMICA	14
2.5. ESTRUCTURAS CON DISIPADORES DE ENERGÍA	15
2.6. CLASIFICACIÓN DE LOS DISIPADORES DE ENERGÍA	15
2.7. RELACIÓN ENTRE GEOLOGÍA Y SISMO	17
2.7.1. Cuantificación de Sismos	18
2.8. EVALUACIÓN PROBABILÍSTICA DE AMENAZA SÍSMICA	20
2.9. ESPECTRO SÍSMICO DE RESPUESTA	20
2.10. EFECTO DEL MEDIO SOBRE LA TRAYECTORIA DE LA ONDA	21
2.11. EFECTO DEL SISMO LOCAL	22
2.12. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA ENERGÍA DE UN SISMO	23
2.13. RESPUESTA ELÁSTICA DE SISTEMAS CONTINUOS	25
2.14. DAÑO ESTRUCTURAL	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	28
3.2. HIPÓTESIS	28
3.3. VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN	29
3.4. OBJETIVOS	29
3.5. POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO Y MUESTREO	29
3.6. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
3.7. PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31

	1
5. CONCLUSIÓN	33
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
7. ANEXOS	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tipos de ondas que generan sismos	18
Ilustración 2 Escala de Mercalli Modificada - Intensidad	19
Ilustración 4 Elástico sin amortiguamiento	23
Ilustración 3 Elástico con amortiguamiento	23
Ilustración 5 Elastoplástico	24
Ilustración 6 Deformación por cortante	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de Consistencia de Hipótesis	28
Tabla 2 Tabla de Resultados 1	31
Tabla 3 Tabla de Resultados 2	32

RESUMEN

La presente investigación busca realizar un análisis en base a referencias bibliográficas relacionadas a la ductilidad y la implementación de disipadores sísmicos en las edificaciones existentes de concreto armado, tomando como muestra las edificaciones clasificadas como esenciales. La problemática que se busca enfrentar es la falta del diseño sismorresistente con sistemas de amortiguamiento en edificaciones esenciales, ahora ya respaldado por las normas E.030 y E.031. Se realizará una comparativa entre el comportamiento de los disipadores que sean mencionados en las referencias estudiadas. Posteriormente con un procesamiento de datos se buscará presentar conclusiones sobre la necesidad y modalidad de trabajo del sistema de disipación de energía.

PALABRAS CLAVES: Disipadores sísmicos, hospital, terremoto.

ABSTRACT

This research seeks to carry out an analysis based on bibliographic references related to ductility and the implementation of seismic sinks in existing buildings of reinforced concrete, taking as shown the buildings classified as essential. The problem that we are looking to address is the lack of sysperating design with cushioning systems in essential buildings, now backed by E.030 and E.031 standards. A comparison shall be made between the behaviour of the heatsinks mentioned in the references studied. Subsequently, data processing will seek to present conclusions on the need and working mode of the energy dissipation system.

KEYWORDS: Seismic heatsinks, hospital, earthquak

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo todo el litoral peruano se encuentra el acoplamiento de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, este aspecto geográfico hace del Perú un país proclive a sufrir descargas de energías en formas de ondas, dicho en otras palabras, sismos. Lo que nos conlleva a afirmar que la peligrosidad sísmica, en territorio nacional peruano, es un hecho inminente.

Tal fue el caso del día 26 de Noviembre del 2015; un terremoto de grado 6.7 en la escala de Richter sacudió el territorio de Ucayali [1], otro ejemplo, prueba de la actividad sísmica peruana, se dio el 17 de Julio del 2017, donde tres sismos de magnitud entre 3.8 y 4.3 en la escala de Richter remecieron las ciudades de Pisco y Ancash (Ica), Chimbote y Huarney [2]. Un año después, el 14 de Enero, un terremoto de grado 6.8 azotó el departamento de Arequipa y algunas localidades de las regiones de Ayacucho e Ica, donde resaltó la cifra de 15 establecimientos de salud afectados con pequeños colapsos en su estructura [3].

Otro hecho catastrófico ocurrió el día 26 de mayo del actual año 2019; se produjo un sismo de una magnitud de grado 8 en la escala de Richter y VII en la escala de Mercalli Modificada en el distrito de Yurimaguas, provincia del Alto Amazonas, región Loreto [4]; donde se vieron afectadas 833 familias y 402 damnificados, 7 instituciones educativas quedaron inhabitables, y se declararon 38 centros de salud afectados, de los cuales dos de ellos colapsaron [5]. Ante dicha emergencia, los centros de salud afectados, representan la principal problemática para hacer frente rápidamente al auxilio de las víctimas, poniendo en cuestionamiento la cultura de prevención peruana. Por ello, actualmente [6] exige el uso de un sistema de disipación sísmica en las edificaciones que sean catalogadas como esenciales, en este caso centros de salud.

En base a dicha situación problemática, el investigador se plantea ¿La implementación de disipadores sísmicos mejorará el grado de Ductilidad de las Edificaciones existentes clasificadas como Esenciales?

Durante el evento natural la edificación recibe la energía transmitida por el sismo, esta es disipada en relación del grado de amortiguamiento de la estructura y la deformación no elástica en los elementos estructurales. Estos dos parámetros son proporcionados en gran parte por los disipadores de sismos; quienes principalmente controlan y absorben dichas deformaciones. De esta manera podemos afirmar que la implementación de estos dispositivos asegura el funcionamiento de las edificaciones, centros de salud, posterior a la acción sísmica aportando socialmente al garantizar la primera respuesta inmediata. Otro aporte resulta ser el aspecto económico; estos dispositivos poseen la capacidad de absorber los desplazamientos residuales una vez cesado el terremoto, hacemos énfasis en que el costo de implementación de estos dispositivos evaluado de manera indirecta a largo plazo, representa un alto ahorro en reparaciones.

Estos dispositivos ya se han puesto a prueba en el extranjero, en el 2017 se acoplaron 296 amortiguadores en el Hospital General de Veteranos Taichung ubicado en Taipéi, capital de Taiwán [7]. La verificación de la respuesta prevista de la edificación se ve reflejada durante y después del suceso sísmico; para lo cual, el día 6 de febrero del 2018 después del terremoto en Taiwán de grado 6 en la escala de Richter, dicho centro de salud no presentó colapsos o daños severos en su estructura; mostrando el aporte generado por este sistema de disipación de energía sísmica. En este suceso [7] comparó el estado de la edificación con la de edificaciones aledañas a la zona afectada por el sismo, determinando que los daños se apaciguaron hasta en un 75%. La empresa diseñadora y promotora del uso de los disipadores, aportó académicamente al presentar datos estadísticos e incentivado a la investigación del comportamiento de los nuevos sistemas no convencionales de diseño sismorresistente.

II. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

ANTECEDENTE 1:

En la referencia [8], se tiene como objetivo realizar el análisis del comportamiento de los disipadores SLB (Sher Link Bozzo), clasificados como un sistema de disipación pasivo. Estos sistemas se caracterizan por trabajar independientemente de sistemas complementarios; ya que, son activados por los desplazamientos que sufren sus extremos producto de la acción sísmica. [8] Plantea una edificación baja en costos y en tiempo de construcción, es así que optan por la aplicación de estos sistemas a un módulo de concreto prefabricado. La problemática enfrentada es la falta de estudios relacionados a la aplicación de los dispositivos en edificaciones prefabricadas.

El procedimiento en que [8] realiza el desarrollo de la investigación; empieza por la elaboración de estudios de tiempo y respuesta de desplazamiento aplicados a la zona sísmica de territorio Peruano. Selecció los registros del 23/06/2001, 15/08/2007 y 24/08/2011, a causa de los catastróficos daños. [8] Indica, en primera instancia, la obtención de resultados optimistas en los Laboratorios de la Pontifica Universidad Católica del Perú (PUCP); se ensayó un pequeño módulo con y sin disipadores SLB, aplicando las acciones sísmicas registradas en las fechas presentadas anteriormente. Posteriormente, se realizó un análisis numérico con ayuda del programa ETABs, de igual manera se modeló con y sin disipadores con el objetivo de comparar los resultados obtenidos. [8] Señala la relevancia de esta comparación, para obtener la curva histerética más aproximada posible, esta muestra el comportamiento de los disipadores ante la aplicación de cargas tipo cíclicas.

Del experimento realizado y el análisis de los resultados, [8] concluye que los dispositivos aseguran el mejoramiento de la respuesta estructural ante la acción sísmica severa, debido a la reducción de los desplazamientos (derivadas de entrepiso) y a la reducción de la energía sísmica producto del atenuamiento de la aceleración sísmica en la estructura. [8] Propone su investigación para trabajos futuros como una guía para el análisis y modelamiento de estructuras con disipadores sísmicos tipo SBL.

ANTECEDENTE 2:

En el referencia [9], se estudió la problemática que enfrenta el pabellón N°5 del hospital Sant'Orsola Malpighi de Bolonia, el cual cuenta con un área de 38000 metros cuadrados distribuidos en un número de 6 y 7 pisos, con una altura promedio de 3.5 metros. Este edificio es dividido en varios bloques, por su antigüedad representan una pieza histórica y por tal su estabilidad ha sido cuestionada; de esta manera los investigadores plantearon la implementación de disipadores de calor viscosos arreglado horizontalmente o también conocido como Sistema Proporcional a las Masas (MPD).

[9] Plantea el desarrollo de su investigación en 5 pasos para el dimensionamiento del sistema de disipación. El primer paso consistió en identificar el rendimiento general que debe proporcionar el sistema. Para ello calculo la capacidad resistente que posee la estructura del hospital, determinando que el grado necesario de reducción de la fuerza cortante en la base debe ser en un 53% para evitar daños irreversibles y catastróficos en el Hospital. El segundo paso está relacionado al dimensionamiento de los disipadores estableciendo su equivalencia lineal. El tercer paso evalúa las fuerzas y velocidades de diseño relacionadas a la zona aledaña a la ubicación del Hospital. En el cuarto paso evalúa los coeficientes de amortiguación de los dispositivos conjuntamente con la estructura; esto lo realizó con ayuda del programa SAP2000. Por último, optimiza el diseño verificando el comportamiento de la estructura equipada con los disipadores.

[9] Concluye que la principal ventaja del sistema es la reducción de la energía introducida en la estructura, y consecuentemente los costos indirectos por intervenciones tradicionales para la reconstrucción se ven mermados. [9] Afirma que el sistema MPD, es capaz de garantizar un alto rendimiento y considerablemente mayor que los sistemas de disipación de amortiguación viscosa. Por último sintetiza que el uso de sistema disipación externo, provee ventajas en la facilidad de su mantenimiento, control y eventualmente el reemplazo del dispositivo.

ANTECEDENTE 3:

En la referencia [10] se menciona que uno de los disipadores de energía más empleados en el mercado son los de tipo histeréticos. Sin embargo, el modelamiento empleado por los diseñadores se basa en una idealización que no considera todos los grados de libertad; es por ello que los autores proponen analizarlo en un estudio comparativo con un modelamiento de tres dimensiones.

Para optimizar los resultados de la investigación, [10] realizó un análisis aplicado a marcos planos, acoplados y un modelo tridimensional, referidos a disipadores soportados por un sistema de contraviento para edificaciones de 5 y 20 niveles. Estas edificaciones presentaban claros entre columnas de 800 cm, con alturas de 400 cm y con un ángulo de inclinación de contraviento $\theta=45^\circ$. [10] Especifican que los diseños de sus contravientos solo trabajaban en dirección axial; las vigas y columnas se modelaron con rigidez para tensión/compresión, cortantes y momentos flexionantes.

De esta manera, [10], optó por utilizar los programas DRAIN-2DX y el programa MIDAS Gen (2014). [10] Explica que el modelado en ambos programas es diferente, para el caso de MIDAS, el modelamiento de elementos tipo viga-columna se basa en la teoría de Timoshenko; mientras que en el otro caso se utiliza elementos tipo “liga”, caracterizados por ser resortes con deformaciones por cortante, axial, torsión y flexión. Otro punto diferencial entre los programas es que para el caso de DRAIN-2DX el punto de inserción geométrico de las vigas viene predeterminado y se puede acoplar con las zonas rígidas de los extremos de columna; por el contrario, en MIDAS Gen se puede elegir si colocarlo en el centroide geométrico de la sección o el punto superior medio para que coincida con el alineamiento de la altura de entrepiso.

[10] Concluye que la ventaja del programa MIDAS Gen destaca porque finaliza el análisis de manera automática alcanzada la resistencia última, facilitando la obtención de los resultados; caso contrario para DRAIN-2DX, donde es necesario la revisión post-procesamiento para obtener el punto de curvatura. [10] Afirma que análisis dinámico presenta diferencias, consecuencia del modelamiento nudo viga-columna en plano, caso del programa DRAIN-2DX, esto se interpreta como menor rigidez que en el caso de MIDAS Gen donde la unión es modelada tridimensionalmente; este último aspecto genera diferencias en la distorsión de los ciclos de histéresis desarrollados.

ANTECEDENTE 4:

Aguiar [11] en su artículo hace referencia a un caso particular suscitado en el Hospital Rodríguez Zambrano de la ciudad de Manta, Ecuador. Este hospital se vio afectado tras el sismo de 7.8 en la escala Richter el 16 de abril del 2016. Dejando como estragos fisuras presentes en elementos estructurales y no estructurales. El autor señala que el personal del Hospital, se manifestó dispuesto a continuar con las actividades rutinarias; sin embargo, se vio el rechazo determinante de los pacientes asistentes.

La referencia bibliográfica [11] analizó los tres bloques que integran la estructura total del Hospital. Para cumplir con el análisis utilizó el método Espectral y criterios de combinación modal (CQC), con el fin de entender el comportamiento no-lineal de la estructura existente, esto le ayudaría a tener mayor noción sobre la posible ubicación de los disipadores. Es así como [11] señala un criterio sobresaliente, basado en la norma ASCE 7-10 (chapter 18), expresa que la estructura debe tener la capacidad de soportar al menos el 75% de la acción sísmica; caso contrario la interacción estructura-disipador no cumplirá con las expectativas previstas en el diseño.

Una vez comprobado el criterio anteriormente señalado, [11] procedió con el diseño del disipador TADAS, o por su siglas en inglés Triangular Added Damping And Stiffness. [11] Fundamenta que para el diseño de estos disipadores se debe tener en cuenta la capacidad de fluencia del acero a emplear, por lo que seleccionó disipadores compuestos por un número entre 6 y 10 placas de acero con un límite de fluencia de 320 MPa. La principal interrogante frente a estos disipadores está relacionada con su proximidad en la modelación; por consiguiente, el autor realizó ensayos en forma experimental, comprobando el comportamiento y descubriendo la presencia de dos tipos de rigideces: elástica y plástica. Es ahí donde aparecen los factores; “ α ”, relaciona la rigidez de un marco de pórtico con respecto a la rigidez total; “ β ” relaciona la rigidez elástica del disipador con la rigidez elástica diagonal del acero, recalcando que β depende en gran parte del ángulo “ θ ”; de este ángulo depende la descomposición de las rigideces que se encuentran en direcciones diferentes.

En conclusión, [11] optó por el uso de los dispositivos TADAS en los pórticos de fachada, para no impedir el desarrollo laboral del hospital; señalando que la principal limitación se relaciona con el ángulo θ , por la adaptación obligatoria a la estructura existente.

ANTECEDENTE 5:

[12] Plantea su problemática como el diseño de edificaciones esenciales (hospitales) sin criterios sismo-resistentes en zonas de riesgo sísmico; la investigación se desarrolla en la Ciudad de Cuenca, Ecuador. Menciona que muchos hospitales en su ciudad, no cuentan con disipadores de energía, objetando sobre la fiabilidad de su resistencia ante la ocurrencia de un sismo. [12] Decide analizar la aplicación de disipadores viscosos, al bloque de quirófanos del hospital José Carrasco Arteaga.

[12] Indica que la normatividad NEC plantea tres tipos de métodos para el dimensionamiento de estructuras, para lo cual el investigador utilizó el “Diseño basado en fuerzas (DBF)”. Este diseño emplea un método No lineal, el cual puede realizar dos tipos de análisis: Análisis Dinámico Espectral y el Análisis paso a paso en el tiempo. Según [12] el primero también es conocido como análisis dinámico o modal, determina la respuesta de una edificación utilizando espectros de diseño; mientras que el segundo, es conocido como el análisis Tiempo-Historia porque utiliza acelerogramas, es decir, una serie de datos relacionados a la aceleración, magnitud y tiempo.

Según [12] para obtener respuestas y resultados más óptimos, utilizo en análisis Tiempo-Historia, empleando el registro sísmicos del acelerógrafo ubicado en la Universidad de Cuenca correspondiente al día 16 de Abril del 2016, sismo de magnitud 7.8 en la escala Richter. Posteriormente, modeló la estructura del bloque ingresando los parámetros sísmicos, parámetros de norma NEC y las especificaciones de los disipadores a emplear.

[12] Concluye que la inclusión de disipadores sísmicos, asegura el aumento del amortiguamiento ya que se obtuvo una reducción de 32% en derivas, 51.86% en fuerzas internas, 34.5% en fuerza cortante y 34.53% en el momento general. [12] Afirma que el empleo del análisis Tiempo-Historia otorgó mayor validez a sus resultados, por ser el método más cercano a la realidad. Sin embargo, [12] concluye que los disipadores viscosos no son la mejor alternativa para el Hospital estudiado, por motivo de impedimentos en su distribución dentro de la geometría de la estructura.

ANTECEDENTE 6:

Esta tesis está basada en el desarrollo de un nuevo campo de aplicación para los disipadores, si bien hace mención a la utilización y comportamiento de los dispositivos en aplicaciones a Hospitales; propone una ampliación del campo de protección sísmica.

[13] Menciona el caso del día 27 de febrero del 2010 ocurrido en Chile, donde un sismo de grado 8.8 en la escala Richter, generó pérdidas económicas e infraestructurales. [13] Resalta que 130 hospitales ubicados en la zona afectada tuvieron un 62% de daños en elementos estructurales; donde el 83% de los hospitales perdió total o parcialmente la capacidad de funcionamiento. [13] Indica que las causas de esta incapacidad no solo se debían al daño estructural, sino al corto de alimentación de energía eléctrica de respaldo, almacenamientos externos, falla en el sistema interno del hospital, control de cortocircuitos, etc.; [13] denota la importancia de prevención ante un terremoto incierto, no se sabe si podría interrumpir alguna operación o cualquier otra importante intervención.

De esta manera [13] propone el uso de disipadores para la protección de equipos Bushing como son: un transformador de 230 KV (previene descargas eléctricas); interruptor de circuitos de 380KV (protege circuitos eléctricos); chiller industrial pesado (enfria airea para sistemas de aire acondicionado o para frigoríficos de alimentos) y por último, chiller industrial liviano. Para poder plantear la implementación de los disipadores el autor señala que debemos mantener en cuenta las siguientes características: esbeltez, excentricidad, masa. Concluyendo, que los disipadores de energía de anillos friccionales son buenos candidatos para el uso de aplicaciones sismorresistente en apoyos de equipos; distinguiendo la que la esbeltez y la excentricidad son factores contribuyentes a exceder la capacidad de resistencia del disipador; caso contrario para la masa, esta reduce dicha probabilidad.

ANTECEDENTE 7:

[14] Analiza la problemática de la edificación esencial Hospital Clínico Provida, esta presenta irregularidad torsional en el eje Y-Y además de superar el máximo desplazamiento relativo de piso. Para lo que se propone un mejoramiento, que involucra la reestructuración y la implementación de disipadores de energía de tipo viscoso.

El investigador de la referencia [14] parte estudiando el estado actual de la edificación esencial, para ello modela y realiza un análisis estático, donde determina la irregularidad torsional en base a los parámetros establecidos en la Norma E030. De igual manera, con el mismo análisis obtuvo las derivas de los ejes X-X (0.0406) e Y-Y (0.1343), superando considerablemente la deriva máxima establecida (0.007). Posteriormente, [14] presenta una primera estructuración de la edificación, para luego optimizarla con el análisis no lineal tiempo historia en base a los sismos de Moquegua (23 de Junio 2001); Ica (15 de Agosto 2007) y La punta-Lima (15 de Agosto 2007). Es así como [14], aumenta las dimensiones de vigas y columnas, cambia el $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ por $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$; siendo los resultados en derivas de ejes X-X (0.00356) e Y-Y (0.00733). En esta última fase de la investigación se añaden 27 Disipadores tipo viscosos en el eje Y-Y, conllevando a un nuevo dimensionamiento de los elementos integrantes de la estructura.

[14] Concluye que los disipadores de energía tipo viscosos absorben un 53.51% de la fuerza introducida por el sismo, prueba de la eficiencia del sistema. Además, señala que el primer modo de vibración de la estructura no se modificó, ya que, estos dispositivos no alteran en ningún grado la rigidez de la estructura.

ANTECEDENTE 8:

En esta tesis, [15] propuso comparar el comportamiento de una estructura metálica convencional y una estructura metálica con disipadores sísmicos aplicada a una oficina del proyecto Olmos, departamento de Lambayeque; basándose en la problemática de la falta de conocimiento en cuanto a los parámetros determinantes para la elección de qué tipo de sistema estructural presenta los mejores costos y respuesta ante la acción sísmica. [15] Destaca que las estructuras metálicas representan un futuro exitoso para el país, producto de ser un material más económico, abarca mayores luces, es empleado en el sector comercial e industrial, factible para edificaciones de gran altura, entre otras.

Como parte de la investigación [15] hace énfasis en la relación de la demanda de ductilidad y la acción sísmica, afirmando que esta influye de manera directa en la respuesta de la estructura ante dicho evento. La ductilidad a su vez, significa daños en los elementos integrantes de la estructura. Las estructuras metálicas convencionales presentan un grado considerable de ductilidad en comparación con las estructuras convencionales de concreto; sin embargo, [15] plantea trabajar una medida adicional, implementado disipadores de energía con el fin de evitar dichos daños o en todo caso, localizarlos en áreas de poca influencia hacia el conjunto total de elementos. Consideró el modelamiento de los disipadores viscosos, por su facilidad de diseño y el costo en comparación a los otros tipos, en vista a que estos son anexados a la estructura en un nudo rígido (viga-columna) sin la necesidad de emplear algún tipo de refuerzo adicional. Es por ello, que hace hincapié en la simpleza de implementación en estructuras ya existentes.

[15] Señala la dependencia de los disipadores viscosos con el ángulo de inclinación del brazo, ya que el amortiguamiento se basa en la descomposición del mencionado ángulo. Para el caso del sistema con acero convencional, su diseño se fundamentó en inducir rótulas plásticas en zonas determinadas con el objetivo de disipar energía a través de ellas.

Es así como [15] concluye que el costo del sistema estructural con disipadores influye en un 14% sobre el costo del sistema convencional; sin embargo, este costo evaluado de manera indirecta a largo plazo, es absorbido por los costos de reconstrucción y mantenimiento post-sismos.

ANTECEDENTE 9:

[16] Plantea la implementación de un sistemas de disipación sísmica aplicado en la casa de estudios superiores, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo; analizando el edificio del Centro de Capacitación y Servicios Odontológicos con un aislador de núcleo de plomo y un disipador de fluido viscoso, comparando los resultados del análisis estructural y costos de ambos sistemas. Cabe recalcar que la elaboración del presente antecedente se realizó en la fase de proyecto de la edificación.

[16] Partió analizando el área correspondiente al emplazamiento de la edificación, con estudios geotécnicos, arquitectónicos y datos técnicos relacionados a los dispositivos. Este autor realizó un registro sísmico del Perú, tomando como modelo los simos ocurridos en Ica 2007, Lima 1996 y Moquegua 2001; en base a estos eventos analiza y evalúa en una situación hipotética del comportamiento que pudo haber tenido la edificación si se hubiese suscitado un simo de la misma magnitud, de esta manera es como se estima la respuesta estructural incluyendo la aislación sísmica y los disipadores, tomando como base de comparación el comportamiento de la estructura sin ningún tipo de protección sísmica.

[16] Concluye que el uso de los disipadores reduce los desplazamientos en un 37% y las derivas de entre piso en un 40%. Por otra parte, para el caso del aislador sísmico, nos dice que reduce en un 89% los desplazamientos y un 91% las derivas de entrepiso. El autor recomienda emplear los aisladores para estructuras que se encuentren en fase de proyecto a causa del enorme costo que conllevaría la implementación a estructuras ya existentes.

BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS

1.1. Sismicidad

La referencia [17] afirma que actualmente mediante la recopilación de los estudios realizados a lo largo de los años, han permitido recopilar datos de distribución espacio-tiempo de los terremotos, e incluso se han obtenido correlaciones con la distribución de características fisiográficas, geológicas, magnitud, duración coordenadas del foco, profundidad, etc

1.2. Potencial destructivo de terremotos

En [17] señalan que el potencial de los terremotos corresponde a 4 condiciones generales: la primera, la severidad y sus daños colaterales ante las estructuras; la segunda, la fuente sísmica y la distancia a la que se encuentre de la zona urbana, mientras más lejos esté menor será el impacto del sismo; la tercera, el tamaño, distribución y desarrollo económico por parte de la población para superar las adversidades; y por último la preparación, como un plan de contingencia, es decir la respuesta y medidas preventivas. De igual manera, debemos tomar en cuenta que la sobrepoblación de edificaciones y una estructuración vulnerable, aumentan significativamente el número de afectados.

Por otra parte, [17] indica que la cuantificación del potencial sísmico se puede realizar por dos métodos:

- **Determinista**

Este método realiza un estudio del historial sísmico de la zona, bajo la hipótesis que la actividad será la misma que en eventos pasados; sin embargo, la principal crítica es que no se puede afirmar que el máximo valor pasado, será el máximo valor futuro.

- **Probabilístico:**

De manera similar que el método determinista, realiza un historial sísmico de la zona, pero ahora establece una relación estadística que puedan plantear las posibles características de un sismo a futuro.

1.3. Mecanismos de propagación de energía sísmica

Frente a la propagación de las ondas sísmicas, la teoría de [17] indica la presencia de dos factores determinantes de las características; la expansión geométrica y la atenuación anelástica. La primera enfatiza la pérdida de amplitud por el cambio de densidad o la distribución de la energía total; por otra parte, la atenuación anelástica expresa la disminución de amplitud, pero ahora en relación a la atenuación intrínseca (pérdida de energía de las ondas en forma de calor y deformaciones inelásticas del medio) o la atenuación dispersiva (depende de la distancia y del medio donde se propagan).

1.4. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica según [17], se refiere a la susceptibilidad de una estructura a sufrir daños mucho más severos en comparación con otras estructuras expuestas a las mismas condiciones sísmicas. Los daños que puede sufrir una estructura es de dos tipos: elementos estructurales, medidos a partir del comportamiento de vigas, columnas, placas, etc.; y los daños de elementos no estructurales, calificado a partir de las deformaciones o distorsiones de la estructura.

De igual manera, podemos calificar los daños en base a los costos financieros que implica su reparación, para lo que el autor nos presenta la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de daño económico} = \frac{\text{costo de reparación del daño}}{\text{costo de reposición}}$$

Estos dos parámetros de vulnerabilidad mencionados en [17], pueden tomarse como referencia, puesto que no existe un índice global que pueda caracterizar la vulnerabilidad; esto debido a que es independiente de los riesgos sísmicos y mitigación de desastres de las zonas.

1.5. Estructuras con disipadores de energía

Actualmente los diseños sismorresistente buscan estructuras significativamente económicas y una respuesta satisfactoria ante un evento sísmico. Por ello [17], indican los principales factores que determinan dicha respuesta, es la ductilidad y la redundancia estructural; estos determinan el grado de reducción de las fuerzas a las que son sometidas la edificación. La teoría [17] afirma que el diseño con disipadores de energía otorga un mayor grado de ductilidad localizándola en puntos débiles que permitan que la disipación y la reparación de dichos elementos sean de forma segura y estable

1.6. Clasificación de los disipadores de energía

[17] Realiza una clasificación en tres grandes campos de sistemas, el activo, semi-activos y pasivos. El activo se caracteriza por trabajar con sensores de movimiento, sistemas de control y procesamiento de datos dinámicos; sin embargo, este sistema necesita de un abastecimiento continuo de energía, que no aseguran el funcionamiento frente a la acción sísmica; el sistema semi-activo, realiza un monitoreo en tiempo real, su comportamiento se basa en la aplicación de una fuerzas de control a la estructura con el objetivo de contrarrestar las fuerzas introducidas por la acción sísmico; y por último el sistema pasivo, son los más empleados en la actualidad, su comportamiento es independiente de sistemas complementarios, ya que su respuesta se basa en los desplazamientos relativos, movimiento y velocidades que sufre una estructura ante el evento sísmico. Dentro de los pasivos encontraremos la siguiente clasificación

- Plastificación de metales

[17] Son caracterizados por aportar plastificación, además de cambiar las propiedades dinámicas de la edificación, debido a su comportamiento análogo de rotulas plásticas de los diseños convencionales. Estas propiedades se basan en la respuesta histerética del tipo de metal a emplear, por eso resulta de gran importancia el conocimiento sobre las propiedades mecánicas del mencionado metal.

Son dispositivos que usualmente son ubicados sobre las diagonales ubicadas por debajo de las vigas de piso, o en algunos casos debajo de los muros de concreto.

- Sistemas de fricción

La ventaja de estos sistemas es la producción de curvas histeréticas rígido-plásticas. Según [17] su comportamiento genera fuerzas de fricción en cada conexión, resultante del producto de la fuerza normal y el coeficiente de fricción, estos dos puede variar por el tipo de conexión empleado o por el cambio de superficie, respectivamente. Sin embargo, este sistema presenta la desventaja del cambio continuo de la fricción en relación con el desplazamiento, generando que su análisis resulte más difícil por la variación constante del coeficiente de fricción

- Extrusión de metales

[17] Fundamenta que el funcionamiento de estos disipadores somete a un material blando a un cambio mecánico, generando una curva histerética muy estable aun siendo expuesta ante varios ciclos repetitivos de carga. Una de las principales desventajas, al igual que el anterior sistema de disipador, presenta un análisis más complicado, como lo es el análisis no lineal, el cual permite obtener un amortiguamiento equivalente más cercano.

- Disipadores viscoelásticos

Estos disipadores están formados por planchas metálicas unidas por un material viscoelásticos. [17] Hace énfasis en su adición de amortiguamiento a la estructura, siendo eficientes para el control de vibraciones. A pesar de que su pendiente en la curva histerética resulta estable permitiendo un análisis lineal elástico, la desventaja de su uso radica en la reducción de las fuerzas sísmicas, ya que esta depende de la temperatura ambiente durante el suceso sísmico.

1.7. Relación entre Geología y Sismo

[18] Asevera que los sismos son producidos por el movimiento de las placas tectónicas, en otras palabras, el empuje entre ellas. La geología interviene en el sentido del desplazamiento y distribución de las ondas, dando lugar a la Teoría Tectónica de placas. El campo de desarrollo de esta teoría, se basa en determinar las zonas que geológicamente producen sismos; por ejemplo, se afirma que los sismos en la corteza son causados por desplazamientos inesperados de las fallas. Hasta el momento las limitaciones no permiten concluir con total certeza la ubicación de los núcleos de sismos; no obstante, se sabe que los sismos son producidos por fallas geológicas y subducción

- Falla por desplazamiento lateral

[18] Menciona su presencia en las zonas dorsales oceánicas, en bordes de placas, zonas de subducción, zonas colisión y zonas triples; siendo las más peligrosas conocidas: la falla de San Andrés, falla de Motagua y falla de Alpina

- Fallas normales

Se desarrollan en zonas de la corteza, [18] las caracteriza por el sentido vertical de su esfuerzo máximo de compresión. Suelen ser asociadas a los arcos volcánicos, cuencas y altiplanos altos. Estas fallas están presentes en Bulgaria, Sur de Tíbet, Norte de Nueva Zelanda, entre otras.

- Fallas inversas

Según la referencia [18] dice que están presentes en las zonas de encuentro de continentes. Resultan ser las más difíciles de reconocer, producto de la irregularidad superficial, además de ser consideradas como las más devastadoras. Las más conocidas es la falla inversa del Himalaya.

- Zonas de subducción

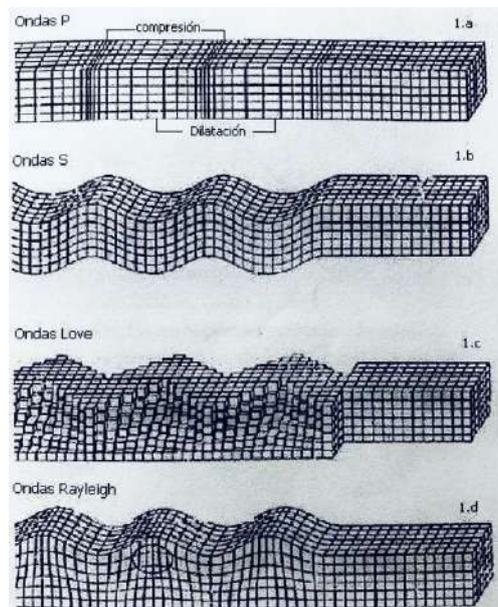
[18] Atribuye el 90% de movimiento sísmico entre los años 1900 y 1989. Estos sismos ocurren regularmente; aun así, no se ha logrado establecer un estudio probabilístico que relacione el acontecimiento de un sismo.

Producto de la ocurrencia de los distintos tipos de fallas explicados, da lugar a la exposición de vibraciones a causa de las ondas sísmicas, las cuales son transmitidas en diferentes sentidos y magnitudes; se clasifican en internas y superficiales.

[18] Clasifica a las ondas sísmicas internas; en las primarias, de compresión P o longitudinales; generan vibraciones en el mismo plano de propagación, comprimiendo y dilatando el medio. Las secundarias o también llamadas ondas S , producen vibraciones en diferentes sentidos, estas pueden ser descompuestas en el plano horizontal del desplazamiento y el plano vertical al vector de onda

Para el caso de las ondas superficiales, [18] menciona las ondas *Love*, quienes ocasionan vibraciones horizontales en el sentido perpendicular a la dirección de propagación; mientras que las ondas *Rayleigh* tienen una vibración elíptica en el sentido de la trayectoria de ondas.

Ilustración 1 Tipos de ondas que generan sismos



Fuente: Introducción a la Ingeniería Sismológica, 2009. Alfaro.

1.7.1. Cuantificación de Sismos

Existen tres parámetros determinantes para calificar el tamaño del sismo: intensidad, magnitud y momento sísmico.

- Intensidad

Alfaro [18] dice que la intensidad califica los efectos destructivos del sismo, de manera cuantitativa y cualitativa, en la zona aledaña a dicho evento. Como es de esperar, la intensidad se presenta con mayor grado en el área epicentral y esta se aminora en relación directa a su distancia del foco. La escala calificativa de la intensidad, fue la presentada por el vulcanólogo Mercalli y posteriormente modificada por el Consejo de Cancani, teniendo como resultado la siguiente tabla:

Ilustración 2 Escala de Mercalli Modificada - Intensidad

ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA:		
Grado	Intensidad	Efectos
I	Instrumental	Registrado sólo por sismógrafos.
II	Muy débil	Percibido por algunas personas en pisos altos.
III	Ligero	Perceptible en interiores, los objetos suspendidos se balancean, similar al paso de un camión.
IV	Moderado	Percibido por la mayoría de las personas en la calle y en interiores, oscilación de objetos colgantes, ventanas y cristalería crujen.
V	Algo fuerte	Despiertan las personas dormidas, algunos objetos caen, cuadros, puertas y contraventanas se balancean.
VI	Fuerte	Los muebles se mueven, los cuadros se caen, los platos y la cristalería se rompen, las campanas suenan solas y algunas chimeneas se derrumban, los tabiques se resquebrajan.
VII	Muy fuerte	Es difícil mantenerse en pie, se caen los aleros de los tejados, tejas chimeneas y cornisas de edificios, se forman olas en los estanques. Suenan todas las campanas.
VIII	Destructivo	Caen algunas estatuas y muros, torres y edificios son deteriorados. Aparecen grietas en suelos húmedos y en taludes abruptos. Cambian los niveles de los acuíferos.
IX	Ruinoso	Pánico general, las casas comienzan a caer, grietas en el suelo, railes de tren deformados, puentes y conducciones subterráneas rotas.
X	Desastroso	Pánico general. Muchos edificios destruidos, graves daños en presas. Desprendimientos de tierras, desbordamientos de ríos, canales, lagos, etc.
XI	Muy desastroso	Pánico general. Pocos edificios en pie, railes muy deformados, conducciones subterráneas inservibles. Aparecen fallas en el terreno de salto apreciable.
XII	Catastrófico	Destrucción total, los objetos son lanzados al aire, desplazamiento de grandes masas rocosas. La topografía queda cambiada.

Fuente: Introducción a la Ingeniería Sismológica, 2009. Alfaro.

- Magnitud

Según [18], la magnitud califica de manera cuantitativa e instrumental el evento sísmico. Caracterizada por no presentar un límite, a pesar de que no se han registrados sismos mayores de grado 8 o 9, ya que los estudios realizados a los materiales mostraron esfuerzos límites capaces de acumular y liberar. Una de las escalas más utilizadas es la de Richter, presentada en 1932 en California.

1.8. Evaluación probabilística de amenaza sísmica

La principal problemática de los sismos según [18], es la deficiencia en su predicción, sin embargo se pueden aplicar algunos métodos como son la probabilística, que emplea datos de los sismos registrados en la zona estudiada; y la determinista, que requiere de un mayor trabajo de campo, recursos y dinero, ya que analiza la profundidad de las fuentes sismológicas.

La evaluación más factible para un estudio, es la evaluación probabilística; podemos definir parámetros como localización, tamaño y ocurrencia de sismos. Por ello [18] propone aplicar un filtro, tomando sismos de magnitud mayor a 5 en la escala Richter, ya que sismos menores que dicho valor, no representa un peligro severo.

1.9. Espectro sísmico de respuesta

[18] Lo define como las respuestas máximas, pudiendo ser estas la velocidad, aceleración, desplazamiento o cualquier otro parámetro determinante en el estudio sísmico. El cálculo de estos espectros requiere de repetidas soluciones numéricas que podemos resolver mediante el uso de un ordenador computarizado, con el objetivo de obtener un espectro de diseño.

1.10. Efecto del medio sobre la trayectoria de la onda

[18] Afirma que los principales efectos que pueden darse producto de la trayectoria que tome las ondas sísmicas. El medio actúa sobre la amplitud de onda y su composición frecuencial. Para lo que presenta los siguientes factores:

- Expansión geométrica del frente de onda

A medida que se aleje del foco epicentral, la velocidad y amplitud del avance onda disminuirá

- Absorción anelástica del medio

Al tratarse del suelo, un material no elástico puro, las diferentes capas que lo componen genera una atenuación de la amplitud, la cual se puede expresar a través del factor de fricción interna.

$$Y = \frac{\pi * f}{Q * C}$$

Donde:

C : Velocidad de propagación de onda.

f : Frecuencia de la onda

Q : Factor de calidad

Q^{-1} : Factor de fricción

1.11. Efecto del sismo local

[18] Lo entendiente como la variación que sufren las ondas sísmicas desde el punto epicentral hasta la zona superficial del área de estudio, a causa de la geológica característica y propiedades mecánicas de los medios atravesados; modificándolas en lo siguiente:

- Contenido frecuencial

Correspondiente al espesor de la capa y a la velocidad de las ondas.

- Amplitud

Puede darse por la presencia de depósitos de suelo sobre un basamento rocoso, donde las características mecánicas (densidad o módulo de elasticidad) sean totalmente divergentes.

- Duración

[18] La vincula a discontinuidades laterales, difracción de ondas y el atrapamiento de las ondas por la presencia de un sedimento poco consolidado, que en consecuencia aumentaría la duración de la propagación sísmica.

De igual manera podemos estimar los efectos sísmicos locales, a partir de la topografía, para ello [18] propone dividirla en dos grupos. El primero debido a los materiales constituyentes, en otras palabras, el tipo de suelo que encontremos; y el segundo, los efectos geométricos que modifican la orientación o la inclinación de incidencia de las ondas, como puede suceder cuando las extensiones topográficas coinciden con las longitudes de onda de movimiento, produciendo amplificaciones en laderas y montañas.

1.12. Importancia del estudio de la energía de un sismo

[19] Señala que actualmente para poder conocer la forma en que una estructura colapsará a consecuencia del ataque de un terremoto, debemos resolver ecuaciones estrechamente relacionadas con un alto grado de no-linealidad. El autor propone resolver esta incógnita multiplicando los miembros de la ecuación del movimiento por el incremento diferencial de desplazamiento, posteriormente integrar durante el periodo sísmico ocurrido. Para lo cual plantea lo siguiente:

$$W_e + W_p + W_h = E$$

Donde:

W_e : Energía de vibración elástica.

W_p : Energía de deformación plástica acumulada.

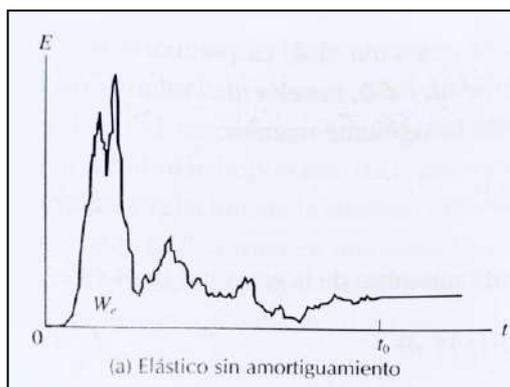
W_h : Energía consumida por el mecanismo de amortiguamiento.

E : Input de energía total introducida en el sistema por el movimiento de suelo.

Con severidad [19] afirma que la fuerza transmitida por el sismo resulta ser muy estable, sólo depende del periodo fundamental de vibración de las masa total de la estructura, la gran incógnita con la que los ingenieros estructurales trabajamos es la manera en cómo se distribuirá la mencionada fuerza. La ecuación presentada anteriormente permitirá conocer de manera global la relación existente entre la entrada del sismo y el comportamiento del edificio.

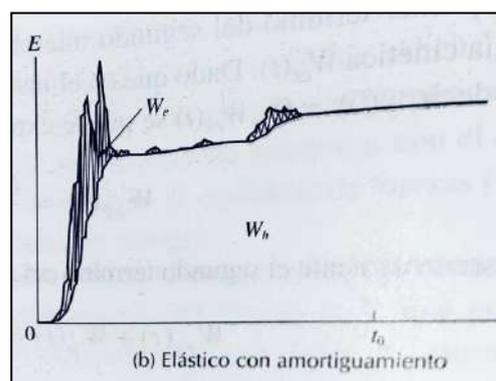
Es así como [19], parte analizando el comportamiento de entrada para un grado de libertad, haciendo comparativa sobre un sistema con y sin amortiguamiento.

Ilustración 3 Elástico sin amortiguamiento



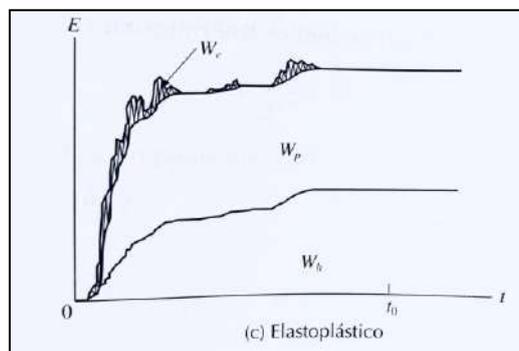
Fuente: Metodología de proyecto sismorresistente de edificios basada en el balance energético, 2003. Akiyama

Ilustración 4 Elástico con amortiguamiento



Fuente: Metodología de proyecto sismorresistente de edificios basada en el balance energético, 2003. Akiyama

Ilustración 5 Elastoplástico



Fuente: Metodología de proyecto
sismorresistente de edificios basada en el
balance energético, 2003. Akiyama

Observamos claramente los picos de energía ingresados en la estructura. [19] Expone la diferencia en su distribución; para el primer caso, en un sistema sin amortiguamiento, toda la energía ingresada se convierte en energía vibratoria elástica y para el tiempo $t=t_0$ (tiempo de duración del sismo) la estructura continúa vibrando de forma imprecisa. Caso contrario, para el sistema elástico con amortiguamiento, donde observamos en primera instancia la respuesta inmediata de disipación; [19] afirma que la energía disipada (W_h) se convierte a una función monótona creciente generando a su vez que el desplazamiento relativo sea amortiguado y tienda a cero a medida que $t > t_0$. Y por último, el tercer caso, el más cercano a las construcciones tradicionales de concreto con refuerzo de acero; donde aparece la energía acumulada, W_p , creciendo de como una función monótona.

De este caso podemos extraer que aun teniendo el mismo coeficiente de amortiguamiento, el caso número 2, presenta las mejor de energía disipada y al mismo tiempo, el control de la energía plástica acumulada, la principal causante de los daños aparentes, explicados más adelante.

1.13. Respuesta elástica de sistemas continuos

[19] Indica que el método más efectivo para conocer las respuestas de sistemas vibratoriales elásticos, es el análisis modal o el método de superposición modal. Este método relaciona la altura del grado de libertad vibracional, el desplazamiento horizontal del mismo, la deformación angular, fuerza cortante y el módulo de elasticidad transversal, en la siguiente fórmula general.

$$Q = G * \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$$

Donde:

Q : Fuerza cortante.

G : Módulo de elasticidad transversal o rigidez al cortante.

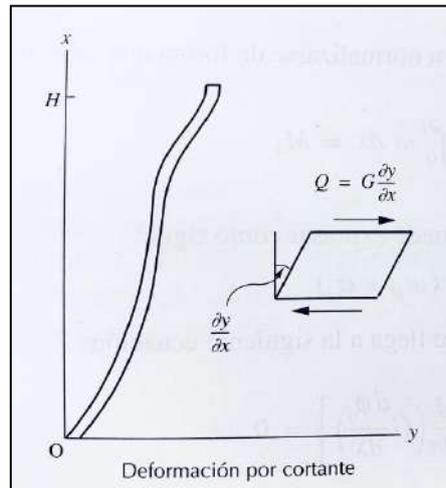
x : Altura de cada punto respecto al suelo.

y : Desplazamiento horizontal del punto.

1.14. Daño estructural

El segundo término de la formula general del balance de energía, W_p , para [19] representa la cantidad de energía plástica acumulada; a diferencia de la energía elástica, la cual se desvanece terminada la carga, esta permanece y se aglomera hasta llegar a la situación de colapso; es por ello que autor señala la relación entre el nivel de daño estructural y la energía mencionada

Ilustración 6 Deformación por cortante



Fuente: Metodología de proyecto sismorresistente de edificios basada en el balance energético, 2003. Akiyama

De igual manera, señala, en el caso de contar con múltiples elementos, W_p , es la resultante de la suma de la energía plástica acumulada en cada uno de ellos.

$$W_p = \sum W_{pi}$$

Si partimos suponiendo una estructura más simple compuesta por un solo elemento, W_p , se expresa de la siguiente manera:

$$W_p = Q_Y + \delta_p = \eta * Q_Y * \delta_Y$$

De donde:

$$\eta = \frac{W_p}{Q_Y * \delta_Y}$$

δ_p : Deformación plástica acumulada.

η : Expresión adimensional de W_p , denominada ratio de deformación plástica acumulada

Es así que [19] parte de un modelo dinámico con la característica de la fuerza restauradora tipo elástico perfectamente plástico, se puede expresar:

$$\eta = \frac{\delta_p^+ - \delta_p^-}{\delta_Y} = \eta^+ + \eta^-$$

Donde:

$\eta^+ = \frac{\delta_p^+}{\delta_Y}$: Ratio de deformación plástica acumulada en la dirección positiva de δ

$\eta^- = \frac{\delta_p^-}{\delta_Y}$: Ratio de deformación plástica acumulada en la dirección negativa de δ

[19] Considera que la expresión adimensional η es el resultado del cociente de la deformación plástica acumulada entre la deformación de fluencia.

Otros daños importantes, según [19], es el daño aparente, aquel visible producto de la deformación plástica remanente, aquella que permanece una vez culminado el terremoto. Expresada de la siguiente manera:

$$\delta_r = |\delta_p^+ - \delta_p^-| = |(\eta^+ + \eta^-)| * \delta_Y$$

De igual manera [19], afirma que es necesario suministrar de flexibilidad a las particiones interiores y los cerramientos exteriores, con el fin de evitar daños en elementos no estructurales producto de la deformación máxima, que dicho de paso también es un factor de daño en los mencionados elementos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.15. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Se desarrollará el tipo de investigación No experimental, de tipo Descriptiva-Correlacional porque se busca encontrar la vinculación del grado de ductilidad de una edificación esencial con la implementación de disipadores en base a las referencias bibliográficas revisadas.

1.16. HIPÓTESIS

La implementación de disipadores de sismo, mejorará la respuesta sísmica de las edificaciones esenciales existentes.

Tabla 1 Tabla de Consistencia de Hipótesis

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente
Falta de ductilidad en el sistema estructural de edificaciones esenciales existentes	Analizar el mejoramiento de la respuesta sísmica mediante la implementación de disipadores sísmicos en edificaciones existentes.	La implementación de disipadores de sismos, mejorará la respuesta sísmica de las edificaciones existentes	Respuesta sísmica (derivas de entrepiso, reducción de cortante basal, indicador de disipación).
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Dependiente
Falta de conocimiento de criterios de selección, colocación y modelamiento del disipador.	Identificar los criterios de selección, colocación, ubicación disipador.	Los criterios de selección, colocación y modelamiento del disipador dependen de la geometría y estado de la estructura.	Ubicación de los disipadores, cantidad de disipadores y tipo de disipador
Falta de conocimiento de la relación entre el número de disipadores implementados y el amortiguamiento de la estructura.	Identificar la relación entre el número de disipadores implementados y el amortiguamiento de la estructura.	El grado de amortiguamiento de la estructura aumentará de manera directamente proporcional al número de disipadores empleados.	Cantidad de Disipadores.

Fuente: Propia

1.17. VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN

- Variable independiente:
 - Respuesta sísmica en base a derivas de entrepiso, reducción de cortante basal, indicador de disipación (%).
- Variable Dependiente:
 - Tipos de disipadores.
 - Número de disipadores.
 - Ubicación de disipadores.

1.18. OBJETIVOS

- OBJETIVO GENERAL
 - Analizar mejoramiento de la respuesta sísmica mediante la implementación de disipadores sísmicos en edificaciones esenciales existentes.
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS
 - Identificar los criterios de selección, colocación y modelamiento del disipador.
 - Identificar la relación entre el número de disipadores implementados y el amortiguamiento de la estructura.

1.19. POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO Y MUESTREO

Población: La población de estudio está constituido por las estructuras de concreto armado existentes.

Muestra: La muestra de estudio está constituido por todas las tesis y artículos que han sido seleccionados para dar solución a esta problemática.

1.20. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Análisis de referencias bibliográficas: Se busca sistematizar e interpretar la información extraída de fuentes bibliográficas relacionadas al estudio.

1.21. PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS

Como primera fase del proyecto se realizará una investigación de antecedentes con el mismo enfoque objetivo de estudio que el presente documento. Continuamente se recopilará información bibliográfica teórica, que ayude a comprender los puntos expuestos en los antecedentes, además de mejorar el criterio del investigador para su análisis. Una vez estudiado los antecedentes y bases teóricas de la investigación, se procesarán con la finalidad de presentar las conclusiones del caso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2 Tabla de Resultados 1

ANTECEDENTE	TÍTULO	CRITERIOS		
		SELECCIÓN TIPO DE DISIPADOR	UBICACIÓN	MODELAMIENTO
N° 1	THE USE AND DESING OF "SHEAR LINK BOZZO" (SLB) ENERGY DISSIPATION DEVICES FOR SEISMIC PROTECTION OF PRECAST R.C. BUILDINGS	<p>Sher Link Bozzo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dispositivo de clase pasivo. -Independiente de sistemas, complementarios. -Sistema económico. -Permite trabajar a la estructura en el rango elástico no lineal, sin daños severos. -Facilidad de Reemplazo. 	<p>Edificio de 5 niveles</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ubicados en el perímetro de la edificación, apoyados sobre "muros desacoplados", y conectados en la parte baja de las vigas principales de la estructura. 	<p>Tipo de análisis: Modal Espectral y Tiempo Historia</p> <p>Fuerza sísmica: 100% CM + 25% CV</p> <p>Modelamiento disipador:</p> <p>1° Para un prediseño fue modelado como elemento "frame" (Doble T)</p> <p>2° Se elimina propiedades de absorción de fuerza axial</p>
N° 2	SEISMIC RETROFIT OF AN HOSPITAL FACILITY WITH AN EXTERNAL DAMPING MPD SYSTEM	<p>Muros disipativos externos conectados con disipadores viscosos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Consiste en paredes externas conectadas a la estructura principal a través de amortiguadores fluidos viscosos. -Pared externa posee rigidez significativamente alta. 	<p>Pabellón de 6 y 7 pisos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ubicados en zonas poco invasivas en las actividades del complejo. - 	<p>Tipo de análisis: Modal Espectral y Dinámica no lineal de tiempo historia.</p> <p>Modelamiento disipador:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Disipadores modelados en SAP, empleando elementos liga, con propiedades no lineales. <p>Modelamiento sismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Software SIMQKE utilizado para generar entradas sísmicas.
N° 3	MODELADO DE DISIPADORES HISTERÉTICOS DE ENERGÍA EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO. DIFERENCIA ENTRE ANÁLISIS EN EL PLANO Y EN TRES DIMENSIONES	<p>Disipadores histeréticos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Facilidad de diseño. -Facilidad de comercialización. 	<p>Configuración tipo chevrón</p> <ul style="list-style-type: none"> -Colocación de dispositivo sobre contravientos de acero en forma de "V" invertida. 	<p>Tipo de análisis: Análisis no lineal</p> <p>Modelamiento disipador:</p> <ul style="list-style-type: none"> -DRAIN 2DX: elemento tipo viga-columna -MIDAS Gen (2014): Elemento tipo viga-columna y elemento tipo liga.
N° 4	ANALISIS DE DISIPADORES TADAS UTILIZADOS EN REFORZAMIENTO DEL HOSPITAL RODRÍGUEZ ZAMBRANO DE MANTA	<p>Disipador tipo TADAS (Triangular added damping and stiffness)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cada disipador cuenta con 6 placas de acero. 	<p>Configuración tipo chevrón</p> <ul style="list-style-type: none"> -Colocación sobre contravientos de acero en forma de "V" invertida. -Ubicados en las fachadas de los tres bloques del hospital. 	<p>Tipo de análisis: Modal Espectral</p> <p>Modelamiento disipador:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Consiste en la descomposición de la rigidez de las barras de apoyo y del disipador. -Por fórmula se calcula una rigidez, ahora en un mismo sentido. -El modelamiento en software lo realizó como resortes en serie
N° 5	DISIPADORES DE ENERGÍA PARA EDIFICACIONES ESENCIALES: CASO QUIRÓGANOS DEL HOSPITAL DEL IESS JOSÉ CARRASCO ARTEAGA DE LA CIUDAD DE LA CUENCA	<p>Disipadores viscosos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Fácil comercialización. -Disipador más empleado. 	<ul style="list-style-type: none"> -Colocados en pórticos exteriores de manera que queden alejados del centro de masa, para trabajar en zonas de máximas velocidades. -Diposición de dispositivos viscosos: diagonal. 	<p>Tipo de análisis: Paso a paso en el tiempo (Tiempo Historia)</p> <p>Modelamiento disipadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Modelamiento tipo LINK en dos puntos.
N° 6	OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION ESENCIAL MEDIANTE EL EMPLO DE DISIPADORES VISCOSOS	<p>Disipadores viscosos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Facilidad de Modelamiento. -Facil comercialización 	<ul style="list-style-type: none"> -Marcos externos de los pórticos de fachada. 	<p>Tipo de análisis: Espectro de diseño, empleando programa Sismomatch. Análisis tiempo historia</p>
N° 7	DISEÑO Y ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CON AISLADORES DE NUCLEO DE PLOMO Y UN SISTEMA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN UNA EDIFICACIÓN DE 4 NIVELES, CHICLAYO, 2017	<p>Disipador viscoso</p> <ul style="list-style-type: none"> -Costo económico. -Facilidad de Modelamiento. -Facil comercialización. 	<ul style="list-style-type: none"> -Disipadores por piso en dirección X, ubicados en los porticos de fachada. Angulo de inclinación: 35° -Disipadores por piso en dirección Y, conectados en las zonas de placa. Angulo de inclinación: 40.5° 	<p>Tipo de análisis: Dinámico Espectral y análisis tiempo - historia</p>

Fuente: Propia

Tabla 3 Tabla de Resultados 2

ANTECEDENTE	TÍTULO	CRITERIOS		
		RESULTADOS - RESPUESTA SÍSMICA	Nº DISIPADORES	PARAMETROS ESTRUCTURALES
Nº 1	THE USE AND DESIGN OF "SHEAR LINK BOZZO" (SLB) ENERGY DISSIPATION DEVICES FOR SEISMIC PROTECTION OF PRECAST R.C. BUILDINGS	-Reducción de las derivas de entrepiso aproximadamente tres veces menos en comparación con el sistema sin los dispositivos.	Colocó disipadores SLB en cada muro desacoplado integrante de la estructura	-Conexión con muros desacoplados por ser los que absorben la mayor parte de la energía ingresada a la estructura.
Nº 2	SEISMIC RETROFIT OF AN HOSPITAL FACILITY WITH AN EXTERNAL DAMPING MPD SYSTEM	-Fuerza cortante basal en ambas direcciones se redujo a la mitad, en comparación a la estructura sin disipadores. -Derivas de entrepiso reducidas aproximadamente en un 30%. -Indicador de disipación general para el sistema es aproximadamente 6.	74 dispositivos colocados horizontalmente en cada nivel.	-Conexión horizontal con muros de concreto de 2m de espesor y longitud de 3m.
Nº 3	MODELADO DE DISIPADORES HISTERÉTICOS DE ENERGÍA EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO. DIFERENCIA ENTRE ANÁLISIS EN EL PLANO Y EN TRES DIMENSIONES	-Grado de ductilidad última se ve atenuada a medida que el modelo se vuelve más esbelto.	Consideró un disipador por cada nivel para cada caso: marco plano 5 niveles y marco plano 20 niveles.	-Configuración tipo chevrón que consiste en dos barras diagonales sobre la que se apoya el disipador histérico, se considera en el modelamiento que no se trabajan con fuerzas axiales.
Nº 4	ANÁLISIS DE DISIPADORES TADAS UTILIZADOS EN REFORZAMIENTO DEL HOSPITAL RODRÍGUEZ ZAMBRANO DE MANTA	-Absorción en un 50% de los desplazamientos. -Reducción de derivas de entrepiso en un 40%	3 disipadores por nivel en los marcos extremos de cada portico de fachada	Método Diagonal equivalente -Consiste en la descomposición de la rigidez de las barras de apoyo y del disipador. -Se trabaja con una sola rigidez en una misma dirección.
Nº 5	DISIPADORES DE ENERGIA PARA EDIFICACIONES ESENCIALES. CASO QUIRÓGANOS DEL HOSPITAL DEL IESS JOSÉ CARRASCO ARTEAGA DE LA CIUDAD DE LA CUENCA	-Desplazamiento eje X: reducido en un promedio de 27% por piso. -Desplazamiento eje Y: reducido en un promedio de 9% por piso. -Cortante máxima en columnas X: reducido en 34.49%. -Cortante máxima en columnas Y: reducido en 17.84%. -Momento máximo en columnas X: reducido en 34.55%. -Momento máximo en columnas Y: reducido en 13.70%.	-Considera dos dispositivos viscosos por nivel en los marcos integrantes de porticos de fachada.	-Modelo disipador en SAP9000 tipo LINK, amortiguamiento tipo DAMPER-Exponential, trabajo solo axial
Nº 6	OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION ESENCIAL MEDIANTE EL EMPLO DE DISIPADORES VISCOSOS	-Deriva máxima 0.00971 reducida en 0.00587 -Disipación de energía en 53.51%.	27 disipadores distribuidos en los marcos de los porticos de fachadas.	Modelo disipador -Exponente velocidad: 0.5 -Coeficiente Amortiguamiento: 10.37% -Perfil Metálico: HSS 7.5x0.50
Nº 7	DISEÑO Y ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CON AISLADORES DE NUCLEO DE PLOMO Y UN SISTEMA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN UNA EDIFICACIÓN DE 4 NIVELES, CHICLAYO, 2017	-Disipadores de fluido viscoso reducen 37% los desplazamientos y 40% las derivas de entrepiso.	19 Dispositivos viscosos distribuidos en dirección X y dirección Y, ubicados en zonas de fachadas en X y en zona de muros de corte en dirección Y.	-Disipadores dispuestos en forma diagonal que trabajan solo a esfuerzos axiales.

Fuente: Propia

CONCLUSIÓN

En base a las referencias bibliográficas y los resultados presentados anteriormente, se exponen las siguientes conclusiones:

- Se concluye que el mejoramiento de la respuesta sísmica con la implementación de disipadores sísmicos es inequívoco, en base a derivas de entrepiso, reducción de cortante basal e indicador de disipación (%).
- Se concluye que los principales criterios de selección están relacionados a la distribución geométrica de la estructura existente y a la ubicación de su centro de masa y rigidez; los disipadores deben ubicarse lo más alejado posible de los mencionados.
- Se llega a la conclusión que el modelamiento de los disipadores queda a criterio del diseñador, siendo los más empleados los elementos tipo liga y unión viga-columna.
- En conclusión, a la relación del número de disipadores implementados y el amortiguamiento de la estructura, estos se encuentran en una relación directamente proporcional; es decir, a medida que agreguemos más disipadores incrementaremos la capacidad de amortiguamiento de la estructura existente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Geofísico del Perú, "Sismo del 26 de noviembre del 2015," Lima, Perú, 2015.
- [2] Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, "Boletín N° 317," Lima, Perú, 2017.
- [3] Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, "Boletín N° 681," Lima, Perú, 2018.
- [4] Instituto Geofísico del Perú, «Sismo del 26 de mayo del 2019,» Lima, Peru, 2019.
- [5] Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, "Boletín N° 1438," Lima, Peru, 2019.
- [6] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Norma E.030 Diseño Sismoresistente," Lima, Perú , 2018.
- [7] Mageba, "Referencias de Proyectos - Protección Sísmica de hospitales y estación de bomberos," 2019. [Online]. Available: <https://www.mageba-group.com/southamerica/es/1023/Asia/Taiw%C3%A1n/63530/Hospital-de-Veteranos-de-Taichung.htm>. [Accessed 25 Septiembre 2019].
- [8] G. Serino, L. Bozzo and I. Nuzzo , "The use and desing of "Shear Link Bozzo" (SLB) Energy Disipation Devices for Seismic Protection of Precast R.C. Buildings," Nápoles, Italia, 2019.

- [9] M. Palermo , G. Gasparini , S. Silvestri , V. Laghi and T. Trombetti , "Seismic Retrofit of an Hospital Facility with an external Damping MPD System," *Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica ANIDIS*, vol. 15, no. 19, 2019.
- [10] H. d. J. Nangullasmu Hernández and A. Tena Colunga , "Modelado de disipadores histeréticos de energía en estructuras de concreto reforzado. Diferencia entre análisis en el plano y en tres dimensiones," *Ingeniería de Estructuras*, vol. 22, no. 2, pp. 135-165, Enero 2017.
- [11] R. Aguiar, "Análisis de disipadores TADAS utilizados en reforzamiento del Hospital Zambrano de Manta," *Internacional de Ingeniera de Estructuras*, vol. 23, no. 1, pp. 1-28, 2018.
- [12] L. M. Gamelar Guaranga , "Disipadores de Energia para Edificaciones Esenciales: Caso quirófanos del Hospital del IESS José Carrasco Arteaga de la Ciudad de la Cuenca," Cuenca, Ecuador, 2016.
- [13] F. E. Ruiz Siebald, "Metodología de selección de disipadores de anillos friccionales para protección sísmica de equipos sensibles a aceleraciones," Santiago de Chile, Chile, 2019.
- [14] M. Díaz La Rosa Sánchez , "Optimización del Diseño Estructural de una Edificación Esencial mediante el Empleo de Disipadores Viscosos," *Pueblo Continente*, vol. 25, no. 2, pp. 147-161, Diciembre 2014.
- [15] C. K. Arroyo Sampén, "Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación con sistemas de acero convencional y acero con amortiguadores, en la ciudad de Chiclayo," Chiclayo, Perú., 2018.

- [16] E. A. Chillón Zárata , "Diseño y Análisis sísmico comparativo entre un sistema con aisladores de núcleo de plomo y un sistema con disipadores de fluido viscoso en un edificación de 4 niveles, Chiclayo 2017," Chiclayo, Perú., 2019.
- [17] L. M. Bozzo Rotondo and H. A. Barbat Barbat, Diseño Sismoresistente de Estructuras, Lima: Editorial ICG, 2008.
- [18] A. J. Alfaro Castillo, Introducción a la Ingeniería Simológica, Bogotá: Universidad de la Salle , 2009.
- [19] H. Akiyama, Metodología de Proyecto Sismoresistente de Edificios basada en el Balance Energético, Barcelona: Editorial Reverté, 2003.
- [20] R. Aguiar , L. Bozzo, H. Coyago and C. Andino , "Análisis sísmico del Bloque Estructura 4 de UFA-ESPE con Disipadores de Energía Shear Link Bozzo," *Ciencia*, vol. 18, no. 2, pp. 123-160, Marzo 2016.

ANEXOS

Tabla 4 Antecedente 1

TITULO DE LA TESIS	THE USE AND DESIGN OF "SHEAR LINK BOZZO" (SLB) ENERGY DISSIPATION DEVICES FOR SEISMIC PROTECTION OF PRECAST R.C. BUILDINGS
UNIVERSIDAD	UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
FECHA	2019
AUTOR (ES)	Serino Giorgio, Bozzo M. Luis y Nuzzo Iolanda
TIPO DE INFORME (Tesis doctora..., tesis maestría, etc)	Tesis de Laurea
Ciudad y País de origen	Nápoles, Italia
PROBLEMA QUE SOLUCIONO LA INVESTIGACIÓN	Falta de conocimiento del comportamiento de los disipadores SLB en edificaciones elaborada por elementos prefabricados.
SOLUCION PROPUESTA	Realizar la experimentación del módulo de hormigón prefabricado para obtener el comportamiento con y sin disipadores sísmicos; para posteriormente evaluarlo en una edificación
METODOLOGIA, MÉTODOS, TÉCNICA, NORMA, PRUEBAS DIAGRAMAS, etc. HERRAMIENTAS QUE UTILIZAN EL ING. CIVIL Indicar el nombre y para que utilizo en la investigación	-Elaboración de estudios en aceleración del historial de tiempo y respuesta de desplazamiento, para aplicárselos al módulo de concreto prefabricado de 5 niveles . -Ensayo en Laboratorio PUCP. -Se Realizó el modelo numérico en el programa Estructural ETABS, con el fin de comparar la respuesta numérica con las experimentales. -Realizó un análisis lineal estático y un análisis no lineal o dinámico implementando las rótulas plásticas. -Para optimizar su diseño rediseño la sección transversal y cambio el refuerzo de acero NORMATIVIDAD: Código Peruano (RNE) y Código Estadounidense (ASCE 7-10)
CONCLUSIONES (Enumeradas)	1. a implementación de estos dispositivos asegura el aumento del grado de ductilidad para la respuesta ante la acción sísmica severa. 2. os experimentos realizados al modulo prefabricado de concreto en el laboratorio de la PUCP , muestran la efectividad del sistema de disipación ya que a pesar de hacer trabajar a la edificación en el rango no elástico, no se apreciaron daños visibles. 3. Prueba de los ensayos concluyo que la ventaja de estos dispositivos se puede reducir el desplazamiento (derivas) y al mismo tiempo reducir la energía sísmica al reducir la aceleración sísmica en la estructura.
TRABAJOS FUTUROS	-El autor propone su investigación como una guía para el análisis de futuras construcción mediante la aplicación de prefabricados y elementos de disipación sísmica. Reduciendo Costos y tiempos de construcción.
DIRRECÓN URL	

Tabla 5 Antecedente 2

TITULO DEL ARTICULO	SEISMIC RETROFIT OF AN HOSPITAL FACILITY WITH AN EXTERNAL DAMPING MPD SYSTEM
NOMBRE DE LA REVISTA	Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica ANIDIS
FECHA	Septiembre 2019
AUTOR (ES)	Palermo Michele, Gasparini Giada, Silvestri Stefano, Laghi Vittoria y Trombetti Tomaso
Volumne (numero) , paginas	Vol 15, 19
PROBLEMA QUE SOLUCIONO LA INVESTIGACIÓN	-La energía ingresada a la estructura por la acción sísmica es significativamente mayor a la energía elástica que puede almacenar la estructura, este exceso causa la excursión de la estructura en un campo inelástico, desarrollando consecuentemente deformaciones irreversibles y en casos extremos causar el colapso estructural.
SOLUCIÓN PROPUESTA	-Unión de los 3 bloques componentes del Hospital mediante el uso de disipadores de calor viscosos arreglado horizontalmente, sistema conocido como Sistema Proporcional a las masas (MPD).
MEDTOLOGÍA, MÉTODO, TÉCNICA, NORMAS, PRUEBAS, DIAGRAMAS, etc. HERRAMIENTAS QUE UTILIZA EL ING CIVIL Indicar el nombre y para que utilizo en la investigación.	-Metodo del proyecto: Procedimiento de Cinco Pasos, utilizado para dimensionar el sistema de disipación. El 1er paso, consiste en identificar el redimiento general que debe proporcionar el sistema de disipación. El 2do paso, es dimensionar los coeficientes de amortiguamiento de los dispositivos lineales equivalentes únicos. El 3er paso, se evalua las fuerzas y velocidades de diseño de dispositivos lineales equivalentes. El 4to paso, se evaluan los coeficients de amortiguación de los dispositivos, y finalmente el 5to paso consiste en la verificación final del comportamiento de la estructura equipada con los disipadores. -El proyecto buscaba reducir el cortante sobre la base en un 53%.
CONCLUSIONES	PROGRAMAS: SAP2000 1.El uso del sistema tiene la ventaja fundamental de minimizar la energía introducida en la estructura, además de reducir los costos indirectos típicos de más intervenciones tradicionales para reconstrucciones de estructuras dañadas. 2.El sistema tipo MPD, es capaz de garantizar un alto rendimiento sísmico, y considerablemente mayor que los sistemas de disipación más tradicionales como son los amortiguadores viscosos. 3.El uso del sistema de disipación externo, presenta ventajas en la facilidad de mantenimiento, control y eventual reemplazo del dispositivo.
TRABAJOS FUTUROS	No menciona
BASE DE DATOS	-
UBICACIÓN	Bologna, Italy

Tabla 6 Antecedente 3

TITULO DEL ARTICULO	MODELADO DE DISIPADORES HISTERÉTICOS DE ENERGÍA EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO. DIFERENCIA ENTRE ANÁLISIS EN EL PLANO Y EN TRES DIMENSIONES
NOMBRE DE LA REVISTA	Ingeniería de Estructuras
FECHA	Enero 2017
AUTOR (ES)	Nanguilasmú Hernández Horadio de Jesús y Tena colunga Arturo
Volumne (numero) , paginas	Vol 22, N°2, pag 135-165
PROBLEMA QUE SOLUCIONÓ LA	Ampliación del campo de estudio de los disipadores histeréticos a un modelamiento de tres dimensiones con múltiples grados de libertad.
SOLUCIÓN PROPUESTA	-Estudio comparativo mediante evaluación en software, y determinaciones de parámetros -Realizaron análisis en marcos planos, acoplados y modelos tridimensionales con disipadores de energía soportados mediante un sistema de contraventeo. En modelos de 5 y 20 niveles de marcos planos claros de 800cm, 400cm de altura de entrepiso y con ángulo de inclinación de contravientos $\theta=45^\circ$ -Para modelamiento los elementos de contraventeo solo trabajan en dirección axial, vigas y columnas cuentan con efectos de rigidez para tensión/compresión, cortantes y momentos flexionantes. -Los disipadores se modelaron en el programa DRAIN 2DX como elementos tipo viga-columna, mientras que en MIDAS GEN (2014) se modelaron de dos maneras distintas. La primera de ellas, como elementos tipo viga-columna y su formulación se basa en la teoría de vigas Timoshenko. La segunda, como elementos tipo ligar, los cuales son resortes que individualmente representan una deformación axial, dos deformaciones por cortante, una deformación por torsión y dos deformaciones por flexión. -En el programa DRAIN-2DX este punto de inserción geométrico de las vigas viene definido de manera predeterminada y se puede ajustar con la ubicación de las zonas rígidas de los extremos de columnas; en MIDAS Gen se puede elegir directamente entre insertar la viga en el centroide geométrico de la sección o en el punto superior medio para alinearlo con la altura del entrepiso.
MEDTOLOGÍA, MÉTODO, TÉCNICA, NORMAS, PRUEBAS, DIAGRAMAS, etc. HERRAMIENTAS QUE UTILIZA EL ING CIVIL Indicar el nombre y para que utilizo en la investigación.	
CONCLUSIONES	1. Ventaja del programa MIDAS Gen, los análisis se detienen en automático cuando los elementos han llegado a su resistencia última, mientras que DRAIN-2DX es necesario la revisión y el post-procesamiento de los datos obtenidos para evaluar el punto curvatura que se calculan internamente en el programa. 2. Comparando los ciclos de histéresis desarrollados se observa que existen diferencias en la ductilidad última desarrollada por los disipadores; esta se va acentuando conforme el modelo es más esbelto. 3. En el análisis dinámico paso a paso, se observan diferencias en la distorsión alcanzada en los ciclos de histéresis desarrollados por los modelos analizados en MIDAS Gen y en DRAIN-2DX, obteniendo mayor capacidad de deformación en el último. Esto se debe a que en el programa midas que la zonas de nudo viga-columna presenta mayor rigidez pues es modelado tridimensionalmente, mientras que en DRAIN-2DX se modela en el plano conforme a la teoría elemento viga-columna
TRABAJOS FUTUROS	-
BASE DE DATOS	-
UBICACIÓN	México

Tabla 8 Antecedente 4

TITULO DEL ARTICULO	ANALISIS DE DISIPADORES TADAS UTILIZADOS EN REFORZAMIENTO DEL HOSPITAL RODRIGUEZ ZAMBRANO DE MANTA
NOMBRE DE LA REVISTA	Internacional de Ingeniería de Estructuras
FECHA	Enero 2018
AUTOR (ES)	Roberto Aguiar
Volumne (numero) , paginas	Vol 23, 1, 1-28
PROBLEMA QUE SOLUCIONÓ LA INVESTIGACIÓN	<p>-Presencia de fisuras en elementos no estructurales y estructurales después del sismo del 16 de Abril del 2016 de magnitud de 7.8 en el Ecuador.</p> <p>-La normativa ecuatoriana NEC-15 y la mayoría de normas aceptan que las estructuras incursionen en el rano no lineal.</p> <p>-No todas las estructuras se pueden reforzar con disipadores; solo aquellas que esten en capacidad de soportar el 75% de acción sísmica de acuerdo a la ASCE-10</p> <p>-Existen dos rigideces, una elástica denominada K_e y una plástica K_p; la relación entre la rigidez plástica y la rigidez elástica se identifica con la variable "α". Es decir que relaciona la rigidez de un marco con respecto a la rigidez total.</p> <p>-El parámetro β, es aquel que relaciona la rigidez elástica del disipador y la rigidez elástica diagonal del acero. "β" mucho depende del ángulo "θ", debido que este ángulo representa la diagonal del contraviento con respecto a la horizontal. Esto genera problemas al momento de tener dos rigideces elásticas en sentidos diferentes, por ello el valor de "θ" se utiliza para la transformación de rigidez de la diagonal de contraviento.</p> <p>-Colocar disipadores en los porticos exteriores es lo más funcional ya que no se altera el funcionamiento del hospital.</p> <p>-A medida que sube el número de piso el valor de α disminuye, esto significa que los disipadores de energía trabajan más en los pisos superiores, debido a que en esos pisos son los que tienen mayor desplazamiento lateral.</p>
SOLUCIÓN PROPUESTA	-Implementación de Disipadores tipo TADAS con el objetivo de reforzar el Hospital Rodriguez Zambrano, en la ciudad de Manta. Este hospital sufrió daños en elementos estructurales como no en no estructurales, presentando en ambos casos, enormes fisuras. Es por ello que se planteo el uso de disipadores por el resultado económico en comparación con la demolición y
METODOLOGÍA, MÉTODO, TÉCNICA, NORMAS, PRUEBAS, DIAGRAMAS, etc. HERRAMIENTAS QUE UTILIZA EL ING CIVIL Indicar el nombre y para que utilizo en la investigación.	-ASCE - 10
CONCLUSIONES	1 El reforzamiento de la estructura, muy poco se puede hacer con el ángulo θ ; debido a que el proyectista Estructural tiene que adaptarse a la geometría de la estructura existente. Sin embargo puede utilizar las variables β y α para determinar la geometría del disipador y de las diagonales del contraviento.
TRABAJOS FUTUROS	No menciona
BASE DE DATOS	Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras
UBICACIÓN	Ecuador

Tabla 7 Antecedente 5

TITULO DE LA TESIS	DISIPADORES DE ENERGIA PARA EDIFICACIONES ESENCIALES: CASO QUIRÓGANOS DEL HOSPITAL DEL IESS JOSÉ CARRASCO ARTEAGA DE LA CIUDAD DE LA CUENCA
UNIVERSIDAD	Universidad Católica de Cuenca
FECHA	2016
AUTOR (ES)	Carmilema Guanga Luis Miguel
TIPO DE INFORME (Tesis doctora..., tesis maestria, etc)	Trabajo de graduación previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil
Ciudad y Pais de origen	Cuenca, Ecuador
PROBLEMA QUE SOLUCIONO LA	Diseño de edificaciones esenciales sin criterios sismo-resistentes en zonas de riesgo sísmico
SOLUCION PROPUESTA	Reforzamiento de una estructura esencial del Hospital José Carrascto Arteaga con la aplicación de disipadores de energía viscosos
METODOLOGIA, MÉTODOS, TÉCNICA, NORMA, PRUEBAS DIAGRAMAS, etc. HERRAMIENTAS QUE UTILIZAN EL ING. CIVIL Indicar el nombre y para que utilizo en la investigación	<p>-Diseño basado en Fuerzas (DBF): método estático utilizado según condiciones de regularidad. Realiza análisis por el método estático (transforma la fuerza sísmica dinámica a una fuerza equivalente lateral, denominada cortante basal) y por el método no lineal: análisis dinámico Espectral (análisis dinámico o modal, utiliza como parámetro de respuesta máxima la aceleración) y el análisis paso a paso en el tiempo (Tiempo-Historia, utiliza acelerogramas</p> <p>-Normatividad: NEC-DS-SE (Norma Ecuatoriana de la Construcción, Cargas Sísmicas de Diseño Sismo Rresistente)</p> <p>-PROGRAMA: SAP2000</p>
CONCLUSIONES (Enumeradas)	<ol style="list-style-type: none"> 1. La inclusión de los disipadores de energía, muestra el aumento importante del amortiguamiento de la estructura. 2. Análisis Tiempo-Historia o Paso a paso en el Tiempo según la NEC se adapta mejor a la manera de modelamiento y análisis de estructuras con disipadores, ya que realiza sismos reales. 3. La aplicación de disipadores no influyo en los periodos de vibración de la estructura. 4. Los disipadores redujeron derivas en un 32%, fuerzas internas en un 51.86%, 34.5% en fuerza cortante y 34.53% en momento general
TRABAJOS FUTUROS	-No menciona
DIRRECÓN URL	

Tabla 9 Antecedente 6

TITULO DEL ARTICULO	OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION ESENCIAL MEDIANTE EL EMPLO DE DISIPADORES VISCOSOS
NOMBRE DE LA REVISTA	Pueblo Continente
FECHA	Diciembre 2014
AUTOR (ES)	Díaz La Rosa Sánchez Marco
Volumne (numero) , paginas	Vol 25, N°2, pag 147-161
PROBLEMA QUE SOLUCIONÓ LA INVESTIGACIÓN	-Edificación esencial de 6 pisos ubicada en la ciudad de Chiclayo, Hospital Clínico Provida, presenta irregularidad torsional en el eje Y-Y y supera el máximo valor fijado por norma peruana de diseño sismorresistente para control de derivas
SOLUCIÓN PROPUESTA	-Optimización del diseño, resstrukturando e implementando disipadores de energía viscosos para lograr el mejor desempeño de estructura. -Normatividad: ASCE 7-10 capítulo 18; Fema 273 y 274; Reglamento Nacional de Edificaciones en sección de diseño sismorresistente E030.
MEDTOLOGÍA, MÉTODO, TÉCNICA, NORMAS, PRUEBAS, DIAGRAMAS, etc. HERRAMIENTAS QUE UTILIZA EL ING CIVIL Indicar el nombre y para que utilizo en la investigación.	-Primero evaluo el diseño de la edificación mediante un análisis dinámico espectral, para determinar si satisface los parámetros establecidos por norma peruana, de donde se obtuvo que presentaba irregularidad torsional en el eje Y-Y; de igual manera las derivas máximas obtenidas en X-X y Y-Y fueron de 4.06% y 13.43%. -Considero los sismos de Moquegua (23de Junio de 2001), Ica (15 de Agosto 2007) y La punta - Lima (15 de Agosto 2007) -Reestructuración del modelo, en esta fase se planteo una propuesta de diseño estructural inicial, para que la estructura no presente irregularidades y se buso incrementar la rigidez de la misma. -Reforzamiento con disipadores de energía viscoso. Se reforzó el eje Y-Y. Nuevamente se analizo la estructura pero ahora con un análisis no lineal tiempo historia, determinando el sismo de diseño y las propiedades de los disipadores viscosos. El diseño contempla el empleo de 27 disipadores viscosos.
CONCLUSIONES	1. Los disipadores de energía absorben un gran porcentaje de la fuerza introducida por el sismo, generando menores daños a la estructura. 2. La disipación de energía de los disipadores es del 53.51%, demostrando el incremento de la capacidad de disipación de energía ante un sismo. 3. el primer modo de vibración de la estructura se mantuvo intacto, demostrando que el uso de los disipadores no altera la rigidez de la estructura.
TRABAJOS FUTUROS	-
BASE DE DATOS	-
UBICACIÓN	Chiclayo, Lambayeque, Peru

Tabla 10 Antecedente 7

TITULO DE LA TESIS	DISEÑO Y ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CON AISLADORES DE NÚCLEO DE PLOMO Y UN SISTEMA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO EN UNA EDIFICACIÓN DE 4 NIVELES, CHICLAYO, 2017
UNIVERSIDAD	Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
FECHA	2019
AUTOR (ES)	Chilón Zárate Eder Alexis
TIPO DE INFORME (Tesis doctora..., tesis maestría, etc)	Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil Ambiental
Ciudad y País de origen	Chiclayo, Perú.
PROBLEMA QUE SOLUCIONO LA INVESTIGACIÓN	-Preveer el funcionamiento de las edificaciones luego de un evento sísmico, en especial edificaciones esenciales que deben permanecer operativas como Hospitales, Clínicas, Puertos, Estaciones de bomberos, entre otras. De esta manera puedan servir como refugio.
SOLUCION PROPUESTTA	-Determinar qué sistema representa la alternativa con mejor respuesta sísmica, evaluación económica, costo de mantenimiento y viabilidad del desarrollo de obra. -Minimum Desing Loads Buildins and Other Structures (ASCE / SEI 7-10) -Federal Emergency Management Agency, 1197. NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings. -Norma E.020: Cargas (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) -Norma E.30: Diseño Sismorresistente (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016) -Norma E.050: Suelos y cimentaciones (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) -Norma E.060 Concreto Armado (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009) -Villareal Castro, Genner, y Ricardo Oviedo Sarmiento. 2009. Edificaciones con Disipadores de Energía. Lima.
METODOLOGIA, MÉTODOS, TÉCNICA, NORMA, PRUEBAS DIAGRAMAS, etc. HERRAMIENTAS QUE UTILIZAN EL ING. CIVIL Indicar el nombre y para que utilizo en la investigación	TECNICAS: -Análisis de Contenido: Sistematizando e interpretando información de fuentes bibliográficos y normativas. -Evaluación: Analizando resultados obtenidos por desempeño sísmico y costos. HERRAMIENTAS: -ETABS V16.2.0 -ASCE CAP 18: Metodología para análisis de disipador viscoso -FEMA (Agencia Federal Para manejo de Emergencias): el FEMA elaboró un documento "Multi-Hazard Loss Estimation Methodology (HAZUS), donde establece el estado de daño de una estructura y deriva característica asociada a un determinado sistema estructural. -Catálogo de Taylor- Disipadores: Aspectos técnicos de los dispositivos
CONCLUSIONES (Enumeradas)	1.El uso de disipadores fluido viscosos logran reducir hasta un 37% los desplazamientos y en un 40% las derivas de entrepiso, llegando a un valor de deriva de 0.0056, cumpliendo la deriva objetivo. 2.Los aisladores de núcleo de plomo, logran reducir hasta en un 89% los desplazamientos y un 91% las derivas de entrepiso. 3.Para el caso de Estructuras en fase de proyecto. 4.Dentro del alcance de Edificaciones por construir, el uso de aisladores sísmicos resulta ser la más costosa, sin embargo dichos resultados justifican la inversión.
TRABAJOS FUTUROS	No menciona trabajos futuros.
DIRRECÓN URL	