



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

AISLADORES SÍSMICOS EN EL DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO EN ZONAS URBANAS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en **Ingeniería Civil**

Autor:

Dagner Andree Marcell Vega Castillo

Asesor:

Mg. Ing. Alberto Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
METODOLOGÍA	7
RESULTADOS	10
CONCLUSIONES	20
REFERENCIAS	22

RESUMEN

La presente revisión sistemática se realizó con el fin de reunir información relevante y trascendente sobre los aisladores sísmicos y el desempeño sismorresistente en estructuras de concreto armado. Esta revisión nos ayudará a tener un panorama más claro sobre la relación directa entre ambas variables, es por tal motivo que se reúnen los aportes más importantes a nivel global obtenidos de fuentes verificadas y con un respaldo científico.

También se muestra el proceso realizado en la recopilación de información para de esta manera llegar al objetivo el cual es identificar como influyen los aisladores sísmicos en el desempeño sismorresistente de una estructura de concreto armado. Se aplicaron distintos filtros de selección entre ellos una búsqueda usando ambas variables más el rubro, también se descartaron artículos con más de 10 años de antigüedad, lo más influyente en la recopilación fue la incorporación de artículos en otros idiomas, dentro de los cuales predominó el inglés.

Podemos concluir en base a todos los documentos revisados que los aisladores sísmicos influyen directamente en el desempeño sismorresistente para estructuras de concreto armado, ya que flexibilizan la estructura y ayuda a reducir las fuerzas internas generadas durante un sismo, de esta manera se genera un mejor desempeño frente a un sismo de gran intensidad.

PALABRAS CLAVE: Aisladores sísmicos, Desempeño sismorresistente, Comportamiento sísmico, Aisladores de base.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años se han registrado sismos de gran intensidad en el mundo, trayendo como consecuencia el colapso de ciudades enteras, pérdidas económicas y la pérdida de muchas vidas. Esto ha dado inicio a investigaciones científicas para reducir los daños producidos y garantizar la ductilidad de estructuras en respuesta a un sismo. Los estudios muestran que una de las alternativas más óptimas para contrarrestar estos fenómenos es la implementación de aisladores en la base para estructuras de concreto armado, de esta manera reducimos las derivas y esfuerzos excesivos que se pueden generar en un sismo, y como consecuencia se reducen las pérdidas materiales y se garantiza un mejor desempeño sismorresistente. “Las nuevas tecnologías sismorresistentes en el mundo de la construcción representan un importante salto en el conocimiento; permitiendo un comportamiento óptimo y más seguro en la respuesta a un sismo” (Marianella, 2016).

Los aisladores sísmicos son herramientas de alta tecnología de gran rigidez vertical y de muy poca rigidez horizontal que separan o desacoplan la superestructura del suelo logrando reducir las derivas y aumentando el periodo. De esta manera se logra que la estructura presente un mayor amortiguamiento y reduzca las fuerzas de cortante basal y como consecuencia las fuerzas de entre piso. (Tocto, 2018). El comportamiento de un aislador se resume en la reducción de rigidez y un incremento del amortiguamiento, este sistema de aislamiento puede ser aplicable para sistemas de pórticos de concreto armado y albañilería confinada, cabe resaltar que el aislamiento en sistemas de albañilería confinada es más notorio debido al aumento considerable del periodo generando una mayor flexibilización y reduciendo la cortante basal de una manera más notoria. (Herrera, 2017)

El desempeño sísmico de una estructura conlleva el control de muchos parámetros de diseño, abarca desde agrietamientos mínimos hasta el colapso total. Para obtener un buen comportamiento sismorresistente debe prestarse especial atención a los factores involucrados. No basta con cumplir con todos los requisitos que imponen las normas, el comportamiento de la estructura frente a un sismo depende mayormente de su estado actual en el momento de presentarse el sismo y no solamente como se proyectó la estructura para comportarse frente a dicho fenómeno. Es decir se debe tomar en cuenta el mantenimiento y reparación. (Bertero, 2018). Los comportamientos sísmicos varían según la intensidad y los diferentes parámetros o sistemas de construcción que se tengan. En el modelamiento se deben evaluar los parámetros establecidos por la norma tanto de zonificación, como factores de reducción de esta manera podemos determinar la fuerza sísmica y predecir el comportamiento de la estructura frente a esta fuerza horizontal. (Bustamante; 2019).

Los aisladores sísmicos en el desempeño sismorresistente de estructuras guardan relación directa, ya que estos dispositivos reducen de manera significativa los valores que someten a la falla de una estructura, brindándole amortiguamiento, reduciendo la cortante basal, aumentando el periodo de vibración y reduciendo las distorsiones del entrepiso. Los aisladores sísmicos son muy utilizados para mejorar el desempeño de las edificaciones frente a terremotos, uno de los más usados son los elastoméricos con núcleo de plomo (LRB) ya que son los dispositivos que más desarrollo han tenido a lo largo de los años. (Herrera, 2017). La implementación de estos dispositivos ha mejorado en muchos países la respuesta frente a un sismo, reduciendo pérdidas económicas y de vidas humanas, es por tal motivo que se realiza este trabajo de investigación,

brindando una síntesis de información actualizada respecto a la influencia de los aisladores en el desempeño sismorresistente.

Ante lo presentado se desarrolla la revisión sistemática con la finalidad de responder la siguiente pregunta: ¿Cómo influyen los aisladores sísmicos en el desempeño sismorresistente para estructuras de concreto armado en zonas urbanas entre los años 2009-2019?, esta pregunta se planteó como objeto de investigación, motivando a la búsqueda de información y obteniendo como respuesta una síntesis de información lo cual permitirá cumplir con el objetivo de conocer cómo influyen los aisladores sísmicos en el desempeño sismorresistente para estructuras de concreto armado en zonas urbanas.

La presente revisión sistemática se realizó con la finalidad de recopilar información trascendental y actualizada de las variables establecidas, y sobre todo para saber cómo se relacionan los aisladores sísmicos en el desempeño sismorresistente, es por tal motivo que esta revisión, reúne los aportes más importantes respecto a las variables establecidas, y sirve como un medio de información resumida relacionada a los aisladores sísmicos. Dicha información se presenta de manera sintetizada para que sirva como base a futuras investigaciones.

METODOLOGÍA

En la presente revisión sistemática se aplicaron diferentes criterios para reducir y filtrar los artículos en el aporte de información a nuestra investigación, uno de ellos y el más importante a considerar fue el uso de las dos variables más el rubro en la búsqueda de artículos, en este caso fueron “Aisladores sísmicos”, “Desempeño sismorresistente” y “Zonas Urbanas” respectivamente. Además para tener una información más actualizada se filtró por año de publicación, para este caso optamos solo trabajar con información entre el año 2009 al 2019. También se realizaron búsquedas en el idioma inglés de esta manera se obtuvo mayor cantidad de información que aportan a la revisión. La calidad de la información es un parámetro importante en el proceso de selección de los artículos, por tal motivo se recolectaron artículos provenientes de fuentes confiables que cuentan con un respaldo científico o una universidad que acredita la veracidad de los datos. Como último criterio se trató en lo posible trabajar con artículos que estén estructurados por el formato IMRD, de esa manera uniformizamos el contenido y la búsqueda de información en los artículos.

En el proceso de recojo de información, se recopilaron datos de fuentes verificadas que son actualizadas en contenido y que tienen un respaldo científico de por medio, así como repositorios y buscadores que enlazan información de diferentes bases de datos y nos brindan una mejor búsqueda seleccionada. A continuación se mencionaran las bases de datos usadas y el número de artículos que encontrados: Google Académico 8 artículos científicos, Scielo 1 artículo científico, Microsoft Academic aportó con 8 artículos científicos, ScienceDirect con 3 artículos, Doaj con 1 artículo, Dialnet con 1 artículo, Redalyc con 1 artículo científico y Ebsco con 3 tesis de pregrado. En los buscadores mencionados encontramos artículos científicos, revistas, Journal y Tesis de

diferentes grados con el respaldo de haber obtenido información verídica y confiable, cabe resaltar que el número de documentos mencionados será seleccionado más adelante.

Las estrategias utilizadas en la búsqueda de información fueron primordialmente el uso de palabras claves, en este caso: “aisladores sísmicos”, “desempeño sismorresistente”, “aisladores de base”, “respuesta sísmica”, “comportamiento sísmico”. También para obtener mayor información globalizada y trascendente se buscó mediante palabras claves en inglés, tales como: “Seismic isolators” y “Seismic isolators for performance”. Como segundo criterio de búsqueda se aplicó el uso de conectores en palabras claves, de esta manera optimizamos la búsqueda y obtenemos resultados más relacionado al tema, los conectores que usamos fueron “y” e “en”. Cabe precisar que en algunas bases de datos tenemos la opción para buscar por fecha de publicación, eso agilizó la búsqueda brindándonos artículos que están dentro de los años requeridos.

En la búsqueda se encontraron 23 artículos y 3 tesis, todos con los criterios mencionados anteriormente, sin embargo se descartaron 5 artículos porque diferían en el contenido con respecto a las variables y en otros casos existía información repetida. También se descartó 1 tesis por el contenido que no guarda relación con las variables y no aporta mucha información a la revisión.

Por último el método que se utilizó para la extracción y recopilación de datos de los artículos seleccionados fue una matriz en la que se identifica los siguientes campos: base de datos de donde se obtuvo la información, título del trabajo de investigación, nombre de la Universidad de donde proviene el artículo, verificación de la estructura IMRD, los autores del artículo seleccionado, el año de publicación, el tipo de investigación a la que pertenece el artículo (tesis, artículo científico, artículo de revisión), país de donde proviene el estudio, conceptos identificados en el título del

artículo (concepto 1 y 2), la estrategia de búsquedas que se utilizó para la selección del artículo, el motivo por el cual se descartó un artículo, el objetivo del artículo seleccionado, el método usado por el autor para realizar el estudio, los resultados obtenidos en el estudio, instrumentos de medición que se hayan empleado para registrar los resultados y las conclusiones a la que llega el autor sobre su estudio.

RESULTADOS

Proceso de búsqueda

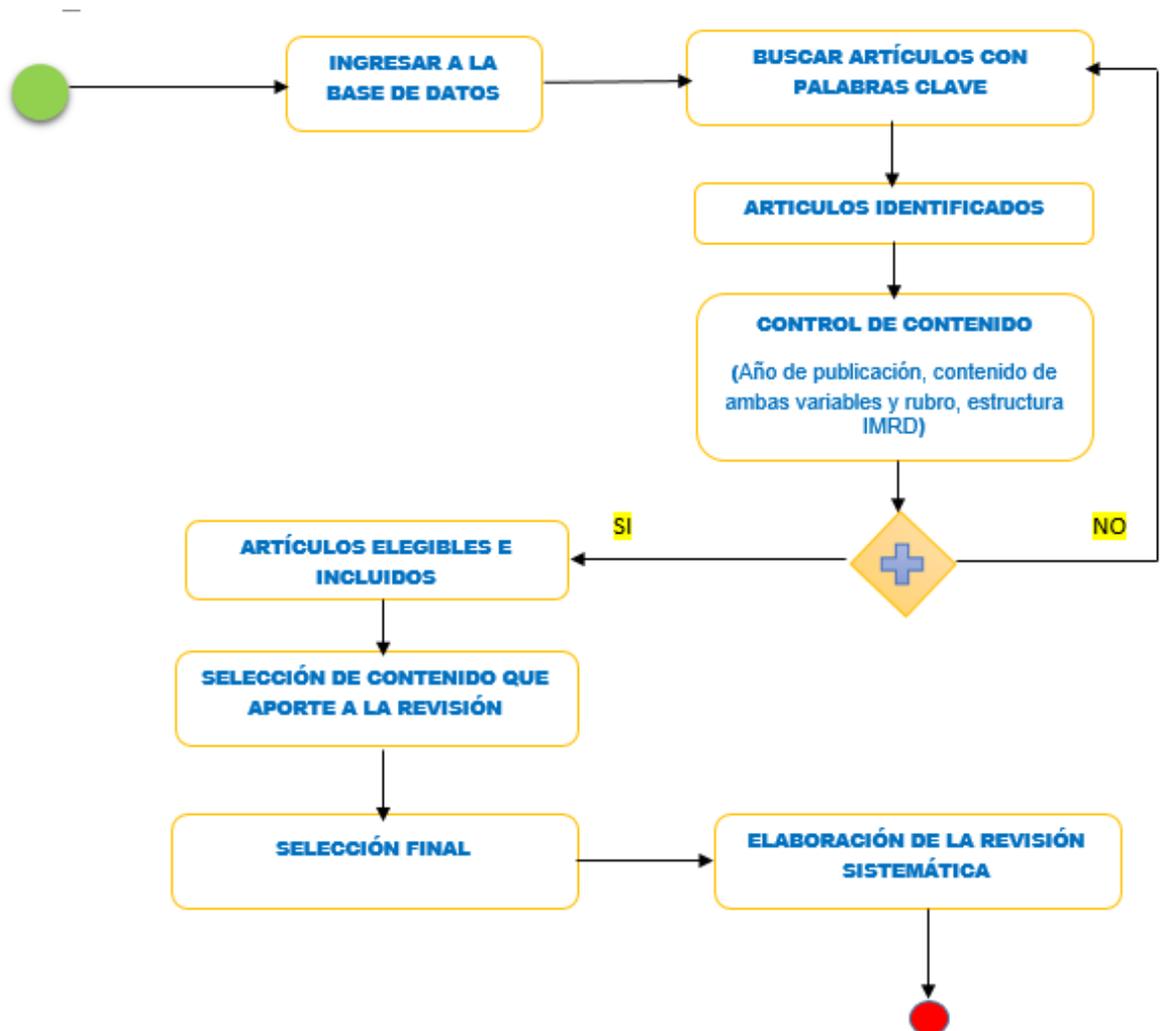


Figura 1: En el diagrama de flujo se presenta el proceso de selección de artículos y el descarte, los controles de contenido son una parte fundamental de la selección, ya que filtra la información para trabajar con artículos más específicos y que aporten información relevante.

Información seleccionada

Tabla 1: *Estudios seleccionados para la revisión sistemática*

N°	BASE DE DATOS	Autor / Autores	Año	Título de artículo de investigación
1	Google Académico	Jung. H, Hyun S, y Hoikoo. J	2011 2.0	Análisis de rendimiento sísmico de un aislamiento de base inteligente sistema que considera la dinámica de los elastómeros MR
2	Dialnet	Herrera Mena Marco Tulio	2017	Desempeño sísmico en estructuras aporticadas de concreto armado y de albañilería confinada utilizando aisladores elastoméricos. Desempeño del aislador FPT empleado en la construcción del centro de investigaciones de UFA-ESPE mediante análisis no lineal
3	Google Académico	Aguilar. R y Morales. E	2015	Estudio del desempeño de los aisladores sísmicos de la pila N° 12 del puente "Los Caras", durante el terremoto del 16 de Abril del 2016
4	Google Académico	Aroca. J, Gómez. M, Morales. E y Romo. M	2018	Comportamiento sísmico de puentes chilenos con dispositivos de protección sísmica
5	Scielo	Moroni O. Moroni, Sarrazi. M, Venegas. B, Villarroel. J	2015	Evaluación del desempeño de aisladores sísmicos de caucho natural como medida de retroajuste para puentes de concreto de varios tramos típicos en el este de Canadá
6	Science Direct	Siquiera. G, Tavares. D, Paultre. P y Padgett. J	2014	Aisladores de péndulo de fricción polinómica (PFPI) para el control de rendimiento del puente de carretera de referencia
7	Microsoft Academic	Saha. A, Saga. P, Patro. K	2016	Estudio comparativo sobre el rendimiento sísmico de aisladores de base de fricción superelástica contra terremotos de campo cercano
8	Google Académico	Ozbulut, O y Hurlebaus, S	2012	

9	Microsoft Academic	Islam. S, Mohammed. J y Jumaat. Z	2011	El aislamiento sísmico en edificios para ser una realidad práctica: Comportamiento de la estructura y técnica de instalación
10	Google Académico	Troy. M y Stephen. M	2010	Lograr una mejora confiable del rendimiento sísmico utilizando aisladores de péndulo de fricción de etapas múltiples
11	Science Direct	Losanno. D, Madera. I, Spizzuoco. M y Marulanda. J	2019	Rendimiento experimental de poliéster no unido y fibra de carbono. Aisladores elastoméricos reforzados bajo excitación sísmica bidireccional
12	Microsoft Academic	Junwon. S y Hu Jong. W	2016	Respuesta sísmica y evaluación del desempeño de aisladores LRB autocentrantes instalados en el edificio CBF bajo movimientos terrestres NF
13	Microsoft Academic	Ozbulut. O y Silwal. B	2014	Rendimiento de edificios aislados con aisladores de base de fricción superelástica bajo alto riesgo Sísmico
14	Microsoft Academic	Devi. S y Mathew. A	2014	Evaluación del desempeño sísmico del reingreso en edificios arrinconados con aisladores de base.
15	Redalyc	Pradilla. R y Chio. G	2012	Uso de aisladores de base en puentes de concreto simplemente apoyados
16	EBSCO	Tocto Cabanillas Samuel David	2018	Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo
17	Google Académico	Herrera Mena Marco	2018	Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso

18	Google Académico	Huang Nan Yin, Whittaker Andrew y Luco Nicolas	2010	Evaluación del desempeño sísmico de la seguridad relacionada con la base aislada en estructuras nucleares
19	Science Direct	Hedayati. D y Alam. S	2013	Optimización de criterios múltiples y evaluación del rendimiento sísmico del aislador elastomérico basado en FRP de carbono
20	DOAJ	Khaled. G, Zainah. I, Mohammed. J, Ahad. A y Hamed. K	2018	Análisis de respuesta sísmica de edificios adyacentes completamente aislados con bases segregadas

Mediante la búsqueda se obtuvieron artículos de diferentes países, y de diferentes años, para ello se filtró según lo requerido ya sea por año de publicación, estructura IMRD y el contenido de ambas variables, obteniendo una selección de 18 artículos científicos y 2 tesis de pregrado tal y como se muestra en la tabla 1.

Características de los estudios

Tipo de documentos	F	%
Artículos científicos	22	84.62
Artículo de revisión	1	3.85
Tesis Pregrado	3	11.54
TOTAL	26	100%

Figura 2: Tabla de la cantidad de estudios extraídos de acuerdo al tipo de documento, en el proceso de recolección de información después de la filtración según los parámetros ya mencionados anteriormente nos quedamos con 26 documentos de los cuales solo influyeron 20 de ellos que se precisaran más adelante.



Figura 3: En este diagrama se resumen la cantidad de artículos encontrados entre el año 2009 al 2019, esto nos da una idea de la tendencia a la investigación en los últimos años y en que periodos se hicieron más estudios sobre el tema.

Análisis y selección por categorías

Tabla 2: *Categoría de mejora en parámetros estructurales*

Categoría	Aportes
<p>INFLUENCIA DE LOS AISLADORES EN EL CONTROL DE PARAMETROS ESTRUCTURA LES.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los aisladores sísmicos elastoméricos con núcleo de plomo al estar sometidos a fuerzas laterales de sismo generan una flexibilización de la estructura, esto se ve reflejado en el incremento del periodo de vibración. Consecuentemente las derivas de entre piso se reducen logrando un mejor comportamiento sismorresistente (Herrera. M, 2018). - En un estudio realizado a tres edificaciones de diferente configuración estructural y con irregularidades tipo “T”, “L” y “X”, se demostró la influencia de los aisladores tipo LRB y FPS resultando una reducción importante en la cizalladura en la base, la deriva del piso y la aceleración del piso. Además la incorporación de estos aisladores aumentó el periodo de tiempo de vibración, lo cual el autor plantea que puede deberse a la flexibilidad de los aisladores (Sreenivas y Mathew, 2016) - En el análisis de una edificación de uso esencial implementada con aisladores LRB en su base en la ciudad de Trujillo se obtuvieron valores de periodo efectivo aumentados en comparación con una estructura convencional de base empotrada, también se demostró que las fuerzas laterales en un sismo se reducen considerablemente. Y por último se obtuvo que las derivas de piso son aproximadamente 7 veces menos que las derivas de una estructura de base empotrada. (Tocto Cabanillas, 2019). - Mediante un software de diseño, se realizó el modelamiento estructural de una edificación con aisladores sísmicos y se utilizó 5 acelerogramas de sismos ocurridos en el Perú. Los resultados obtenidos indican que el uso de aisladores aumenta el periodo de vibración, esto se debe a la flexibilización que aportan los aisladores a la base de la estructura reduciendo también las aceleraciones sísmicas. También se comprobó que se reduce la cortante basal máxima y las derivas de entrepiso (Mena y Tulio, 2018) - En un estudio de dos edificios adyacentes separados por una junta sísmica se estudió los efectos al colocar aisladores sísmicos LRB en la base, obteniendo como resultado una frecuencia más baja lo cual conllevó a tener una aceleración también baja. Además hubo una reducción notoria en las respuestas de cizalladura de base y momentos de base de la superestructura (Ghaedi, Ibrahim, Jameel, Javanmardi, y Khatibi, 2018)

Tabla 3: *Categoría de la tendencia en el uso de puentes*

En esta categoría se observan los aportes de la tendencia de aisladores al aplicarse en puentes.

Categoría	Aportes
<p>TENDENCIA DEL USO DE AISLADORES SEGÚN EL TIPO EN EL DESEMPEÑO DE PUENTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se realizó un análisis de desempeño de un aislador triple péndulo friccionante (TPF) en un puente durante y después de un sismo de gran intensidad, obteniendo un buen desempeño del aislador lo cual alcanzó altos niveles de protección que le permitieron poder seguir funcionando continuamente sin necesidad de mantenimiento alguno (Aroca, Gómez, Morales, y Romo, s. f.). - En una investigación sobre el comportamiento de aisladores sísmicos instalados en un puente de Chile se obtuvo un desempeño efectivo reduciendo las aceleraciones en la plataforma en ambas direcciones tanto longitudinales como transversales. Además se determinó que la respuesta dinámica tiene un comportamiento no lineal (Moroni, Sarrazin, Venegas, y Villarroel, 2015) - Un estudio comparativo de un puente de concreto armado de múltiples tramos usando aisladores de caucho natural en su base, se hizo un modelo de la estructura y se pudo verificar que el uso de estos dispositivos es efectivo para reducir el daño esperado en pilares y también aporta en la reducción de la demanda de deformación en la base de las columnas (Siqueira, Tavares, Paultre, y Padgett, 2014) - En un análisis del rendimiento de tres tipos de aisladores (HDRB, LRB, FPS) aplicados a un puente, se obtuvo una mejor respuesta sísmica en los modos de vibración, una reducción de la fuerza cortante tanto en la dirección longitudinal como en la transversal, la localización de las fuerzas cortantes tienden a ser uniformes en todos los pilares. El aislador FPS es el que más reduce desplazamientos, mientras que el HDRB disminuye bastante la fuerza cortante (Pradilla y Cho, 2012) - Una comparación de dos tipos de aisladores (FPS, PFPI) aplicados a un puente, demostró la eficacia del aislador PFPI, dicho sistema es más robusto que el sistema FPS ya que el primero suprimió las respuestas de desplazamientos y aceleración del puente en un ensayo que se realizó. El cizallamiento en la base y los desplazamientos también se ven reducidos muchos mejor por los aisladores PFPI (Arijit, Pumachandra y Sanjaya, 2016). - Un estudio del rendimiento de aisladores sísmicos en puentes se obtuvo como resultado que el aislamiento sísmico en la mayoría de casos puede proteger eficazmente las estructuras de puentes frente a los efectos que ocurren durante un sismo de gran intensidad. Particularmente los aisladores de base superelástica (S-FBI) dan como resultado la deriva más pequeña de la plataforma (Ozbulut y Hurlebaus, 2012).

Tabla 4: *Categoría de optimización de materiales para aisladores*

En esta categorización de aportes brindados por artículos científicos se buscó artículos

Categoría	Aportes
<p>OPTIMIZACIÓN EN LOS MATERIALES DE LOS AISLADORES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="568 394 1565 793">- En una investigación para dar viabilidad a un sistema inteligente de aislamiento de base que consiste en elastómeros magnetorreológicos (MR) que es una nueva clase de material cuya rigidez elástica es programable, se realizaron los ensayos correspondientes y la modelación numérica para evaluar el desempeño de estos aisladores se concluyó que el nuevo sistema MR superó a un aislamiento pasivo reduciendo las derivas de base, la aceleración estructural y la deriva intersticial. Por lo tanto se concluye que este nuevo sistema de mejora para un aislador tradicional puede usarse en construcciones esenciales sin embargo se recomendó ampliar el estudio para poder ser aplicado a estructuras de gran envergadura (Jung, Eem, Jang, y Koo, 2011) <li data-bbox="568 835 1565 1087">- En el análisis de reemplazar el carbono por polyester en los aisladores para reducir los costos se sometieron a distintas pruebas bidireccionales utilizando tablas de sacudidas para lograr hacer una comparación entre los aisladores tradicionales se obtuvo que los aisladores modificados con polyester lograron deformaciones grandes y estables, también se identificó una mejora en la resistencia al esfuerzo cortante (Lossano, Madera, Spizzuoco y Marulanda, 2019). <li data-bbox="568 1129 1565 1423">- Las barras de flexión superelástica funcionan como amortiguador y autocentrante que mejoran la resistencia de los aisladores, en este estudio se implementaron a los aisladores con estas barras en un intento por reducir desplazamientos máximos en una estructura. Obteniendo que estos dispositivos evitan y mejoran el desplazamiento máximo y por lo tanto reducen la falla de la estructura, en conclusión los aisladores LRB combinados con las barras de flexión superelástica se considera óptimo y adecuado para un buen desempeño sísmico (Seo y Wan, 2016). <li data-bbox="568 1465 1565 1675">- Se investigó el comportamiento de aisladores sísmicos de diferentes materiales para una posible mejora en su modelamiento y desempeño, los resultados determinaron que el aislador HDRB reforzado con fibra de carbono tiene una mejor disipación de la energía, además en puentes reduce la aceleración de las plataformas en el momento de un sismo (Hedayati Dezfuli y Alam, 2013) <p>relacionados a la optimización de materiales para mejorar un buen desempeño, los resultados se muestran en la tabla.</p>

Tabla 5: *Categoría de aplicación de aisladores en obras importantes*

Categoría	Aportes
<p>AISLAMIENTO SÍSMICO EN OBRAS DE GRAN ENVERGADURA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En esta investigación se trabajaron con aisladores triple péndulo friccional (FPT) que será colocado en un centro de investigaciones de la Unidad de Fuerzas Armadas –ESPE, obteniendo un buen desempeño sísmico a pesar de ser sometidos a sismos amplificados registrados en los últimos años a nivel mundial y un desplazamiento mayor a la demanda que obtenida mediante cálculos - Una evaluación sobre la incorporación de aisladores sísmicos a una planta de energía nuclear arrojó que esta mejora reduce la probabilidad de desempeño inaceptable. Además el sistema de aislamiento permite que los sistemas secundarios de la planta nuclear se diseñen para una menor resistencia (Huang, Whittaaker y Luco, 2010).

En esta categoría se resumen los aportes brindados por artículos en los cuales indican el uso de aisladores en estructuras de gran importancia, los resultados resumidos se adjuntan en la tabla.

Análisis de resultados

Los aisladores sísmicos se relacionan directamente con el desempeño sismorresistente de una estructura, es decir mientras mejor sea el desempeño de un aislador mejor se comportará una estructura frente a un sismo, en todo el proceso de revisión sistemática se analizaron los resultados y se interpretaron de la siguiente manera:

Los resultados muestran que efectivamente los aisladores de cualquier tipo siempre optimizarán el comportamiento sísmico reduciendo muchos factores de diseño y mejorando su uso post sismo, ya que en más de 5 artículos revisados se menciona los parámetros estructurales optimizados tales como: aumento del periodo de vibración, reducción de las fuerzas internas, disminución de las derivas de entrepiso, etc. Esto nos permite decir que los aisladores si influyen en el desempeño sísmico, por los motivos ya mencionados anteriormente.

La tendencia del uso de aisladores en puentes en los últimos años ha dado un gran avance, ya que reducen las aceleraciones en las plataformas para ambas direcciones, el cizallamiento en la base y la disminución de desplazamientos estos son los factores más importantes que se toman en cuenta para implementar estos puentes de aisladores en su base y garantizar un buen desempeño sismorresistente.

En la búsqueda de reducir costos y mantener el mismo desempeño de un aislador, diferentes estudios muestran las incorporaciones de elementos que pueden otorgar el mismo rendimiento del aislador reduciendo sus costos. Las barras de flexión superelástica es una implementación que ha tenido más trascendencia en la mejora de aisladores, ya que aportan en la reducción de desplazamientos de la estructura, y esto es un factor importante para su buen desempeño sísmico. Los demás estudios identificados también tienen características importantes, sin embargo no presentan muchos antecedentes, es por eso que el enfoque general de esta categoría hace mención a los aisladores con barras de flexión superelástica.

Finalmente se identificó que los tipos de aisladores que tienen el mejor desempeño son muy costosos y por lo general son aplicables a estructuras de gran importancia, en general, sin estructuras esenciales que requieren una seguridad durante y post sismo. En respuesta del objetivo de la investigación se pudo determinar notablemente en todas las categorías como influyen los aisladores en el desempeño sísmico, obteniendo resultados positivos y diferentes tendencias en su uso.

CONCLUSIONES

Concluimos que los aisladores sísmicos influyen directamente en el desempeño sismorresistente de estructuras de concreto armado, ya que estos flexibilizan la estructura y por ende generan un mejor comportamiento frente a cargas laterales de sismo. Después de hacer todo el proceso de revisión sistemática podemos darnos cuenta que existen tendencias en el uso de estos aisladores, en algunos casos se toman los mejores tipos y se usan en edificaciones muy importantes, el uso en puentes también ha dado buenos resultados y es por eso que se recomienda su uso. También se extrajo información sobre los materiales que mejoran su desempeño sísmico y de los parámetros estructurales que reduce al estar sometida a cargas de sismo.

En resumen se cumplió con el objetivo de conocer la influencia de los aisladores en el desempeño sísmico, todos los documentos revisados mostraron comportamientos positivos en la interacción del aislador y la superestructura, reduciendo valores de diseño y controles por sismo. Cabe resaltar que esta revisión sistemática permite tener un conocimiento global de las variables estudiadas, ya que recopila la mayor cantidad de información y lo sintetiza hallando las posibles tendencias. Es decir apoya en la captación de información por parte de otros investigadores, eso lo hace un documento de gran importancia.

Finalmente para tener una mejor búsqueda de artículos científicos se recomienda usar bases de datos que sean confiables y verificadas, también colocar las variables con su respectivo conector en el buscador esto ayudará a reducir los documentos que no aporten a nuestra revisión. Limitar los años de publicación ayudará a tener artículos más trascendentes y acordes con las nuevas tendencias, todas estas recomendaciones se resumen siguiendo los pasos establecidos en la

metodología ya que es ahí donde se indica el proceso de búsqueda que se realizó y las bases de datos usadas.

REFERENCIAS

- Aguilar, R. & Morales, E. (2015). Desempeño del aislador fpt8833/12-12/8-6 empleado en la construcción del centro de investigaciones de ufa-espe mediante análisis no lineal. *Ingeniería de estructuras*, 24, 1-26. Recuperado de: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/download/584/490>
- Aroca, J., Gómez, M., Morales, E., y Romo, M. (s. f.). Estudio del desempeño de los aisladores sísmicos de la pila no. 12 del puente “los caras”, durante el terremoto del 16 de abril del 2016, *Ingeniería de estructuras*, 33, 1-35. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Aroca2/publication/334207888_ESTUDIO_DEL_DESEMPEÑO_DE_LOS_AISLADORES_SISMICOS_DE_LA_PILA_12_DEL_PUENTE_LOS_CARAS_DURANTE_EL_TERREMOTO_DEL_16_DE_ABRIL_DEL_2016/links/5d1d1f52458515c11c0f757d/ESTUDIO-DEL-DESEMPEÑO-DE-LOS-AISLADORES-SISMICOS-DE-LA-PILA-12-DEL-PUENTE-LOS-CARAS-DURANTE-EL-TERREMOTO-DEL-16-DE-ABRIL-DEL-2016.pdf
- Bertero, V. (2018). Comportamiento sísmico de estructuras de concreto reforzado. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 8, 1-65. Recuperado de <http://www.smis.mx/index.php/RIS/article/view/363/288>
- Bustamante, A. (2019). *Propuesta de aisladores sísmicos para la disipación de energía en el desempeño estructural por desplazamiento*. (Tesis de maestría). Universidad Cesar

Vallejo, Trujillo. Recuperado de:

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30914>

Ghaedi, K., Ibrahim, Z., Jameel, M., Javanmardi, A., y Khatibi, H. (2018). Seismic Response Analysis of Fully Base-Isolated Adjacent Buildings with Segregated Foundations. *Advances in Civil Engineering*, 17, 1-22. Doi: <https://doi.org/10.1155/2018/4517940>

Hedayati Dezfuli, F., y Alam, M. S. (2013). Multi-criteria optimization and seismic performance assessment of carbon FRP-based elastomeric isolator. *Engineering Structures*, 15, 1-16. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.10.028>

Herrera, M. (2018). *Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3246>.

Herrera, M. (2018). *Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso* (Tesis de licenciatura). Universidad de Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3246>

Islam, S. Jameel, M. & Zamin, M. (2011). Seismic isolation in buildings to be a practical reality: Behavior of structure and installation technique. *Journal of Engineering and Technology Research*, 17, 1-19. Doi: <https://doi.org/10.1193/1.4000070>

- Jung, H.-J., Eem, S.-H., Jang, D.-D., y Koo, J.-H. (2011). Seismic Performance Analysis of A Smart Base-isolation System Considering Dynamics of MR Elastomers. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 10, 1-12. Doi: <https://doi.org/10.1177/1045389X11414224>
- Losanno, D. Madera, I. Spizzuoco, M. & Marulanda, J. (2019). Experimental performance of unbonded polyester and carbon fiber reinforced elastomeric isolators under bidirectional seismic excitation. *Engineering Structures*, 10, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.110003>
- Marianella, C. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras. Caracas-Venezuela.* Recuperado de <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1213>.
- Morgan, T. A., y Mahin, S. A. (2010). Achieving reliable seismic performance enhancement using multi-stage friction pendulum isolators. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 18, 1-19. Doi: <https://doi.org/10.1002/eqe.1043>
- Moroni, M. O., Sarrazin, M., Venegas, B., y Villarroel, J. (2015). Comportamiento sísmico de puentes nacionales con dispositivos de aislación. *Revista de la construcción*, 6, 1-7. Doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2015000100007>
- Nan, Y. Whittaker, A. & Luco. N (2010). Seismic performance assessment of base-isolated safety-related nuclear structures. *Earthquake Engineering & amp; Structural*

Dynamics, 19, 1-22. Recuperado de

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eqe.1038>

Ozbulut, O. & Silwal, B. (2014). Performance of Isolated Buildings With Superelastic-Friction Base Isolators Under High Seismic Hazard. *Structures Congress*, 10, 1-11.

Recuperado de: <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784413357.173>

Ozbulut, O. Hurlebaus, S. (2012). *A Comparative Study on the Seismic Performance of Superelastic-Friction Base Isolators against Near-Field Earthquakes*. SAGE JOURNALS, 14, 1-17. Recuperado de

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1193/1.4000070>

Pradilla, L. R., y Cho, G. C. (2012). Uso de aisladores de base en puentes de concreto simplemente apoyados. *Tecnura*, 21, 1-23. Recuperado de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2012000400009

Saha, G. Saha, P. Kumar, S. (2016). Polynomial friction pendulum isolators (PFPIs) for seismic performance control of benchmark highway bridge. *EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING VIBRATION*, 13, 1-13. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s11803-017-0418-5>

- Seo, J. & Wang, J. (2016). Seismic Response and Performance Evaluation of Self-Centering LRB Isolators Installed on the CBF Building under NF Ground Motions. *Sustainability*, 21, 1-22. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/2/109>
- Seo, J. & Wang, J. (2016). Seismic Response and Performance Evaluation of Self-Centering LRB Isolators Installed on the CBF Building under NF Ground Motions. *Sustainability*, 21, 1-22. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/2/109>
- Siqueira, G. H., Tavares, D. H., Paultre, P., y Padgett, J. E. (2014). Performance evaluation of natural rubber seismic isolators as a retrofit measure for typical multi-span concrete bridges in eastern Canada. *Engineering Structures*, 9, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.03.009>
- Sreenivas, D. (2014). Evaluation of Seismic Performance of Re-Entrant Cornered Buildings with Base Isolators. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 6, 1-6. Recuperado de:
https://www.academia.edu/30782684/Evaluation_of_Seismic_Performance_of_Re-Entrant_Cornered_Buildings_with_Base_Isolators
- Tocto, S. (2018). *Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21288>.