

Identificación del proyecto*

Título del proyecto:

**PRUEBAS EXPERIMENTALES DE AISLADORES SISMICOS Y ESTRUCTURAS
CON AISLAMIENTO SISMICO DE BASE**

Investigador Principal: **Carlos Mario Piscal**

Extensión telefónica:

Nombre y firma Coinvestigador 1: **Jesús Daniel Villalba**

Nombre y firma del Coinvestigador 2: **Daniel Ruiz**

Nombre y firma del Coinvestigador 3: **Yezid Alvarado**

Programa doctoral que apoya el proyecto (si aplica):

1. Descriptores del Proyecto:

1.1. Planteamiento del problema de investigación y Justificación:

El aislamiento sísmico de base es una técnica empleada para la reducción del riesgo sísmico en la infraestructura. Su eficacia ha sido evidenciada en el buen desempeño estructural experimentado por diversas estructuras alrededor del mundo, las cuales incorporan la técnica y han sido sometidas a sismos severos.

En Colombia y en Latinoamérica en general, el uso del aislamiento de base aun es limitado, entre otras cosas, debido a la falta de estudios locales y más aún, a la falta de experimentación que soporte técnicamente el desarrollo de normativas propias.

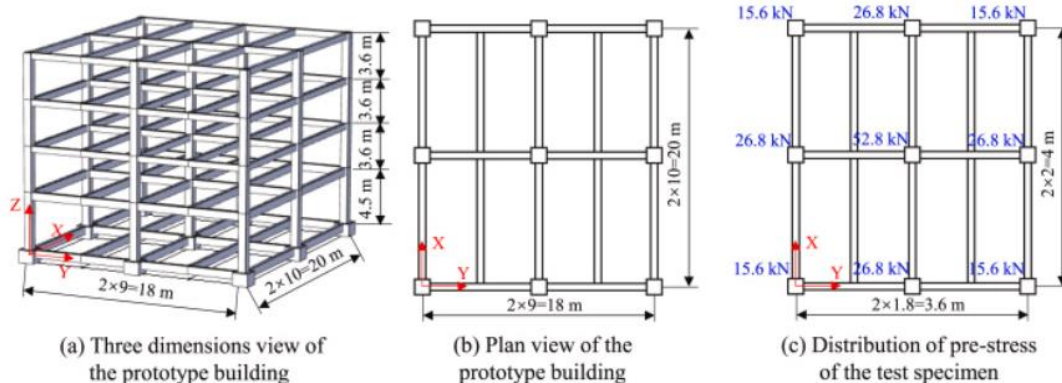
Debido a lo anterior y contando con uno de los laboratorios más importantes de Latinoamérica, se hace necesario realizar una serie de ensayos tanto a nivel de dispositivo como a nivel de estructura, que permitan validar hipótesis y modelos teóricos desarrollados, para definir la posibilidad de ser incorporados en normas de la región, de tal forma que se aporte a la seguridad, economía e implementación de este tipo de sistemas.

1.2 Marco Teórico y Estado del Arte

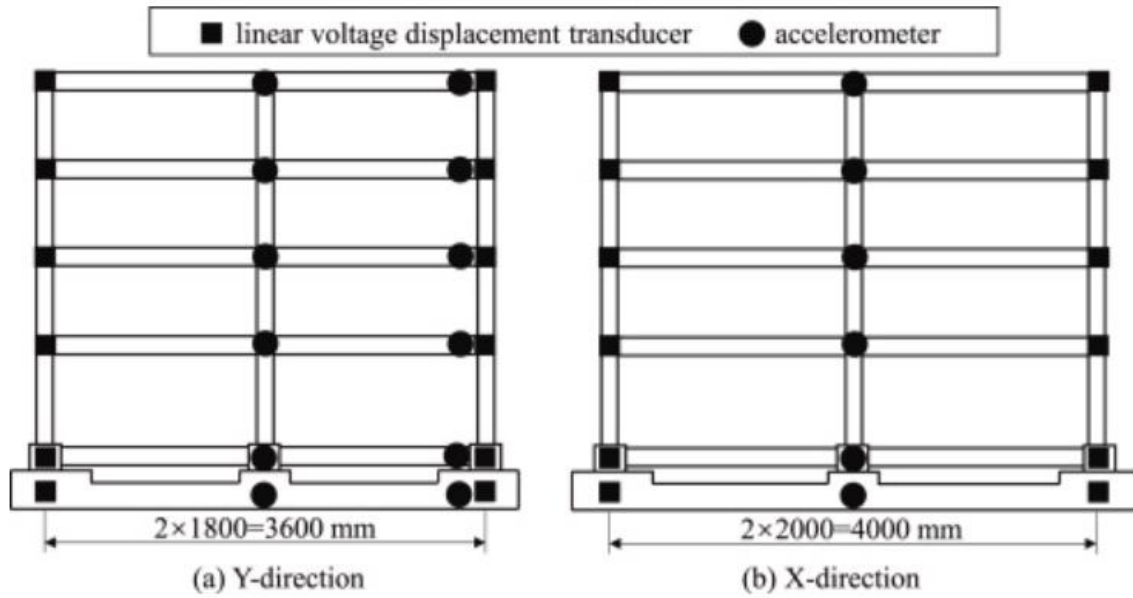
A continuación, se referencian algunas características de trabajos relacionados con ensayos a nivel de dispositivo y estructura con aislamiento sísmico de base.

Shaking table investigation of inelastic deformation demand for a structure isolated using friction-pendulum sliding bearings [1]

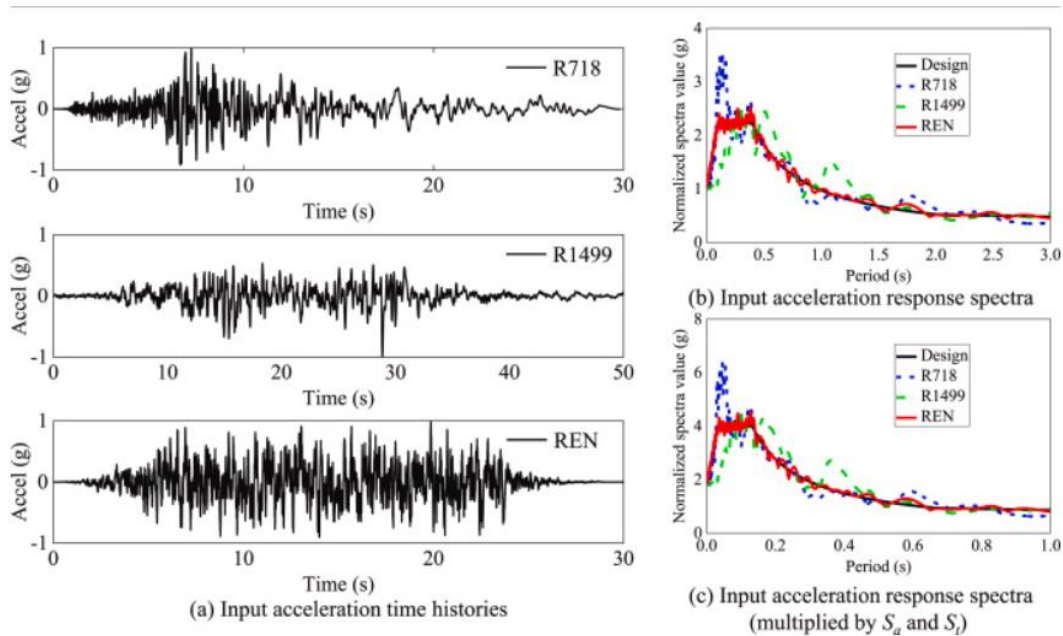
Características de la edificación analizada:



Instrumentación:



Demanda sísmica: 3 registros (2 reales y uno artificial escalados a diferentes intensidades)



Respuesta de la estructura:

Base fija

Corner beam-column joint



Side beam-column joint



(a) Cracks of the first story after the triaxial loading under the excitation of 0.72 g

Corner column



Side beam-column joint



(b) Cracks of the first story after the triaxial loading under the excitation of 1.11 g

Side beam-column joint



Middle column



(c) Cracks of the first story after the triaxial loading under the excitation of 1.79 g

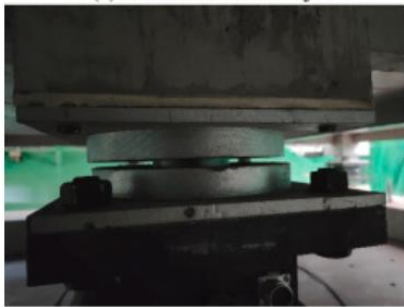
Base aislada



(a) Side beam-column joint



(b) Corner beam-column joint

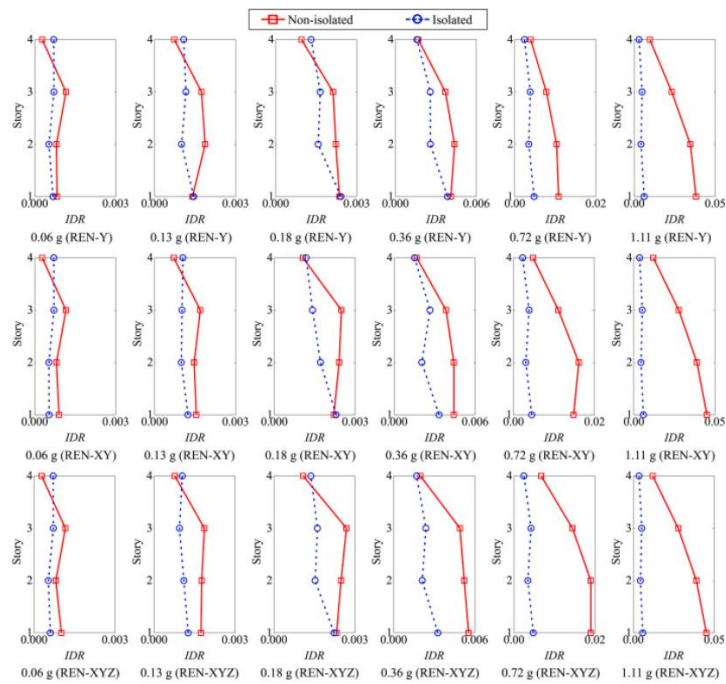


(c) Residual displacement of DFPB under the middle column

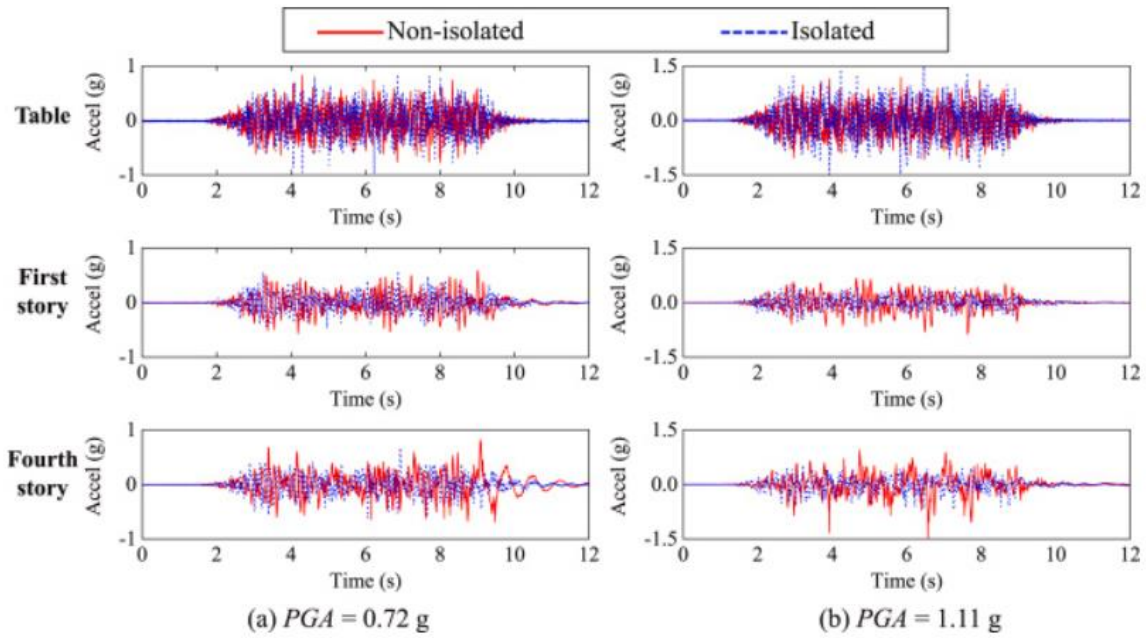


(d) DFPB after shaking table tests

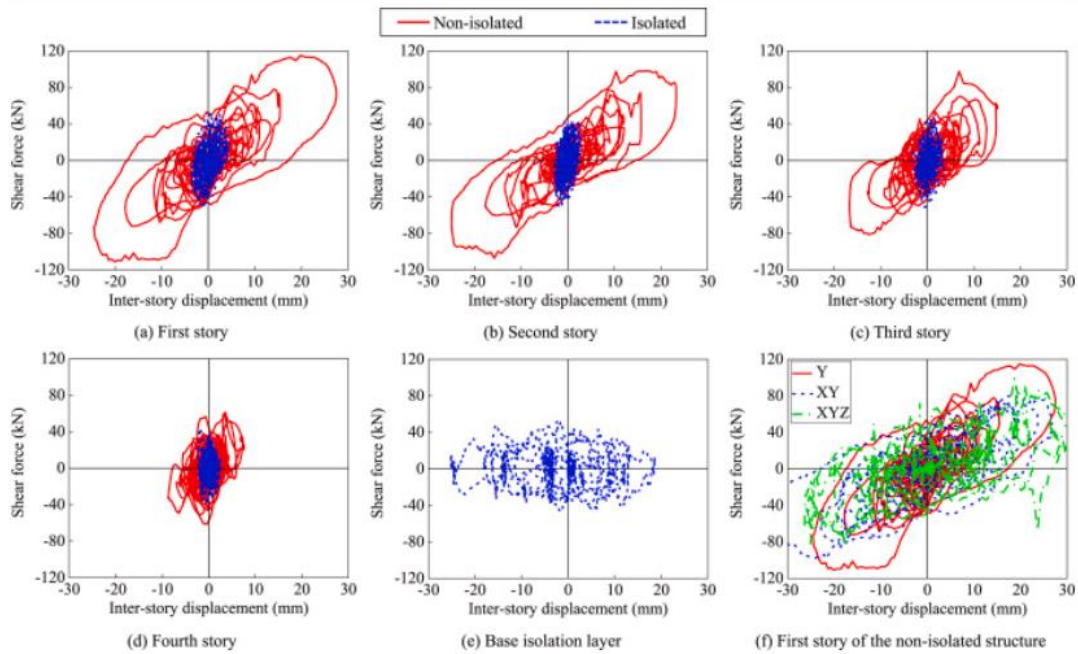
Desplazamientos:



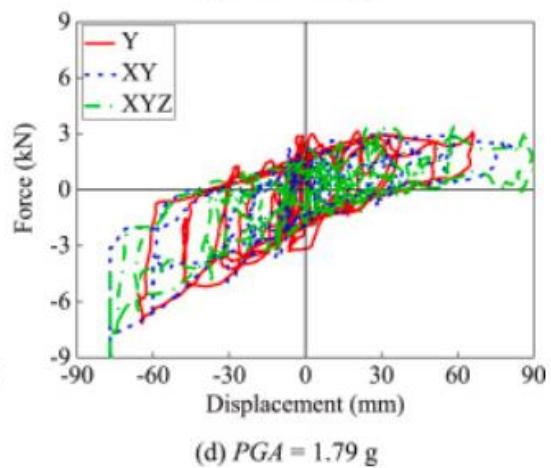
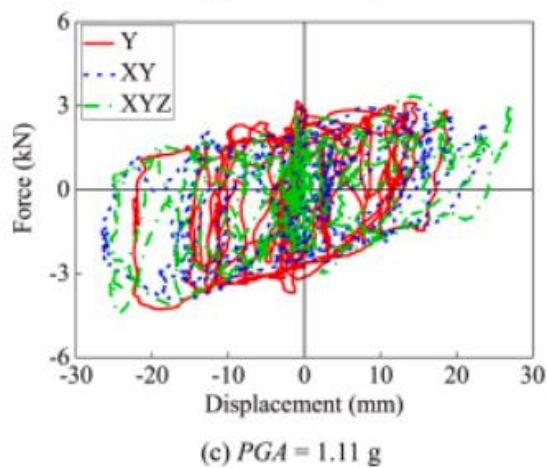
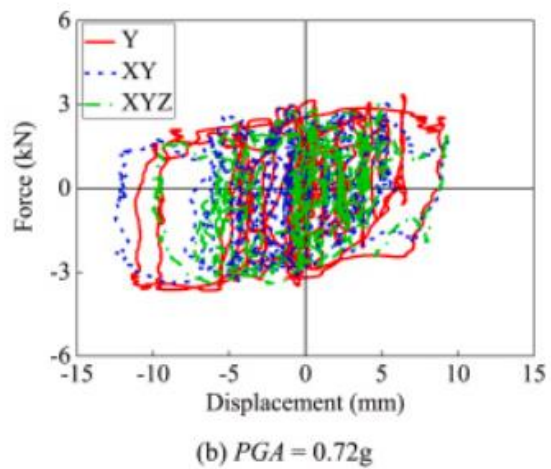
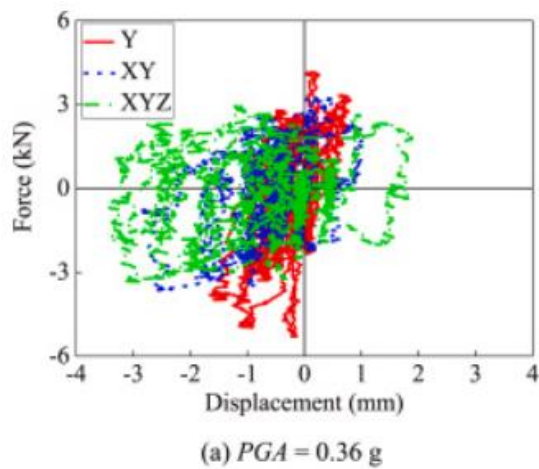
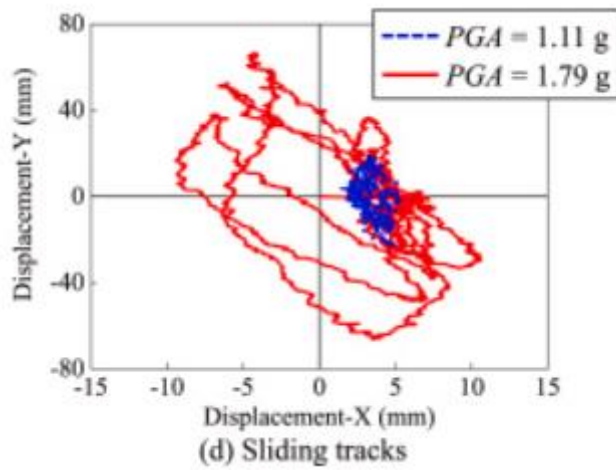
Aceleraciones de piso:



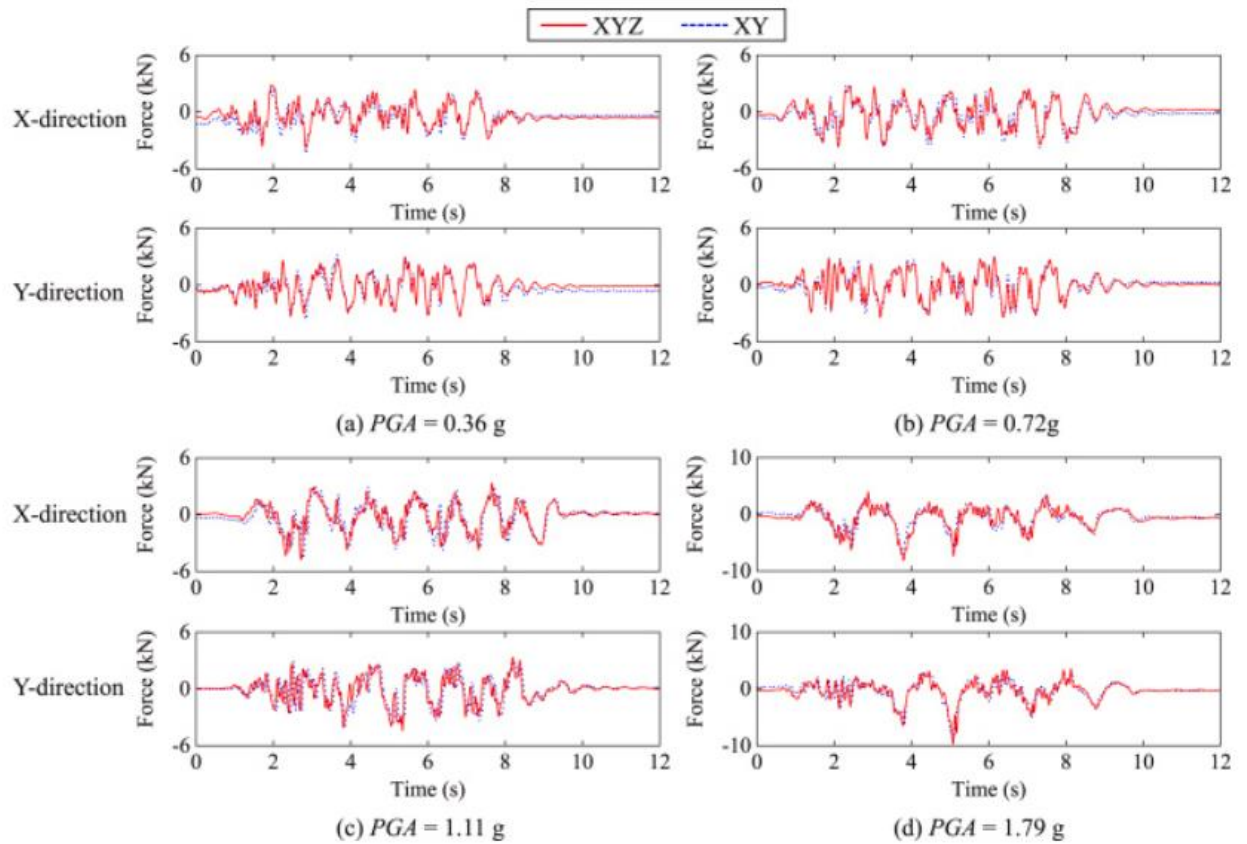
Curvas histereticas de piso:



Respuesta dinámica del aislador

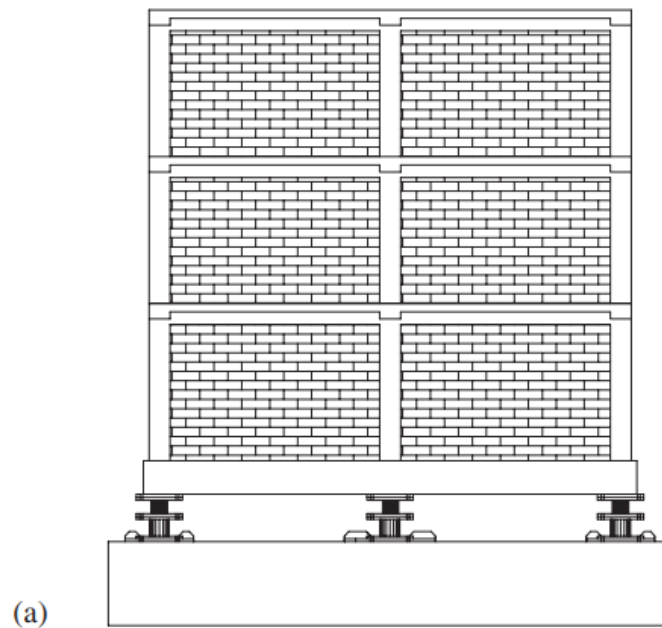
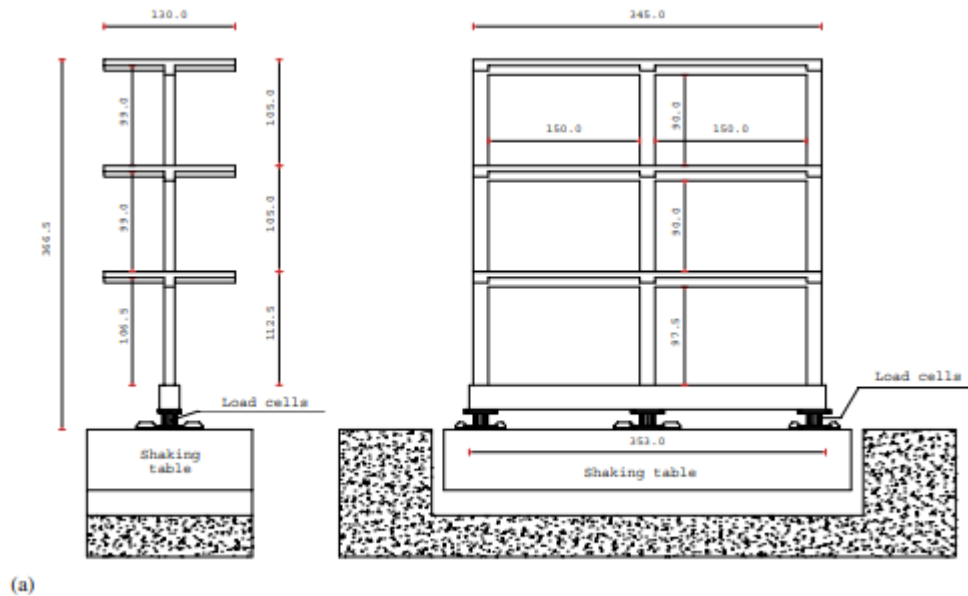


Fuerzas cortantes en el aislador

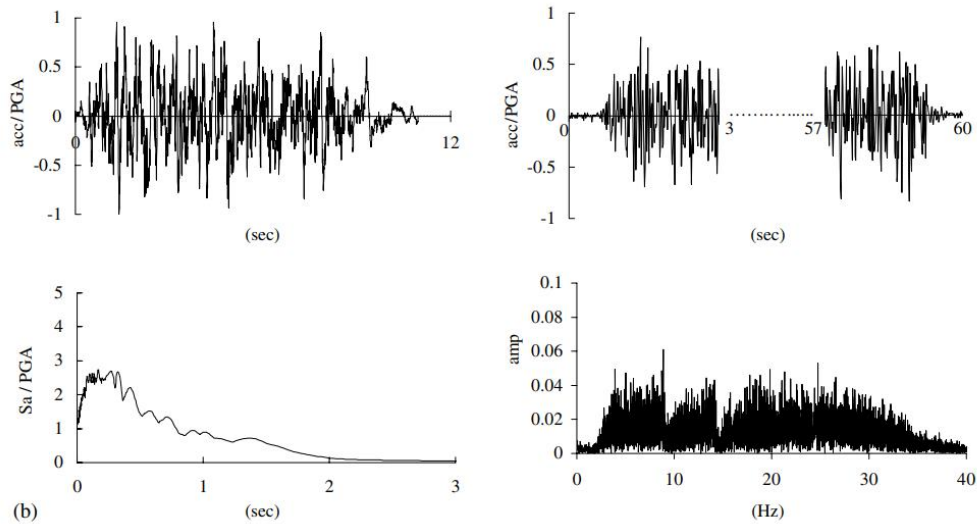


Shaking-table tests on reinforced concrete frames with different isolation systems[2]

Características de la edificación analizada: Escala 1/3.3



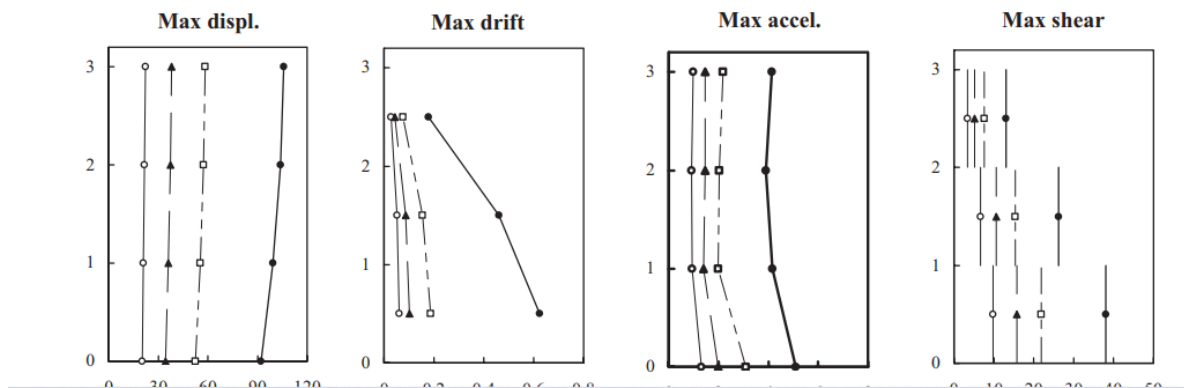
Demanda sísmica: Acelerograma artificial compatibles con EC8 escalado al modelo



Instrumentación:

4 LVDTs conectados a un pórtico externo a la mesa vibratoria, 3 celdas de carga (momento, cortante y fuerza axial) en la base del modelo, 8 acelerómetros para medir aceleraciones verticales y horizontales. 1 LVDT y 4 strain gauges para medir desplazamientos relativos y fuerzas asociadas en los aisladores

Respuesta de la estructura:



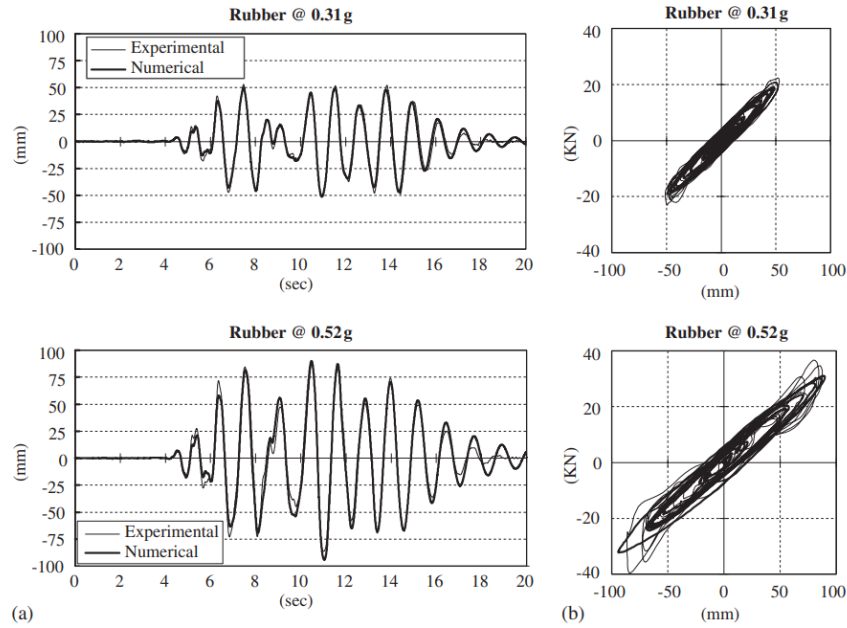
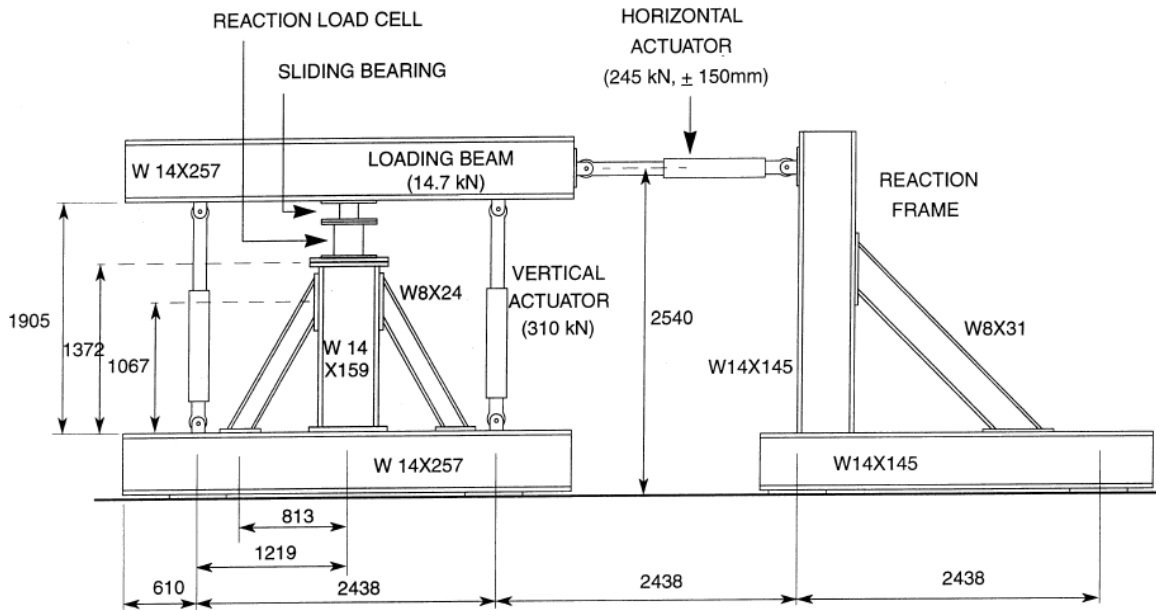


Figure 5. Response of the bare frame with rubber isolators: (a) experimental vs numerical base displacement-time histories; and (b) experimental vs numerical force-displacement behaviours of the isolation system, for different PGA, from 0.13g to 0.52g.

Property Modification Factors for Seismic Isolation Bearings [3]

La configuración propuesta para ensayar los aisladores se muestra en la siguiente figura



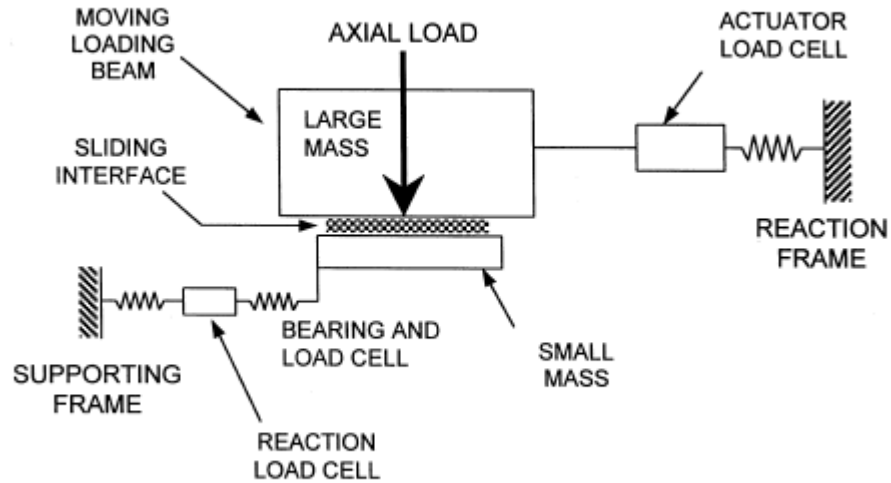


FIGURE 3-4 Simplified Diagram of Testing Machine

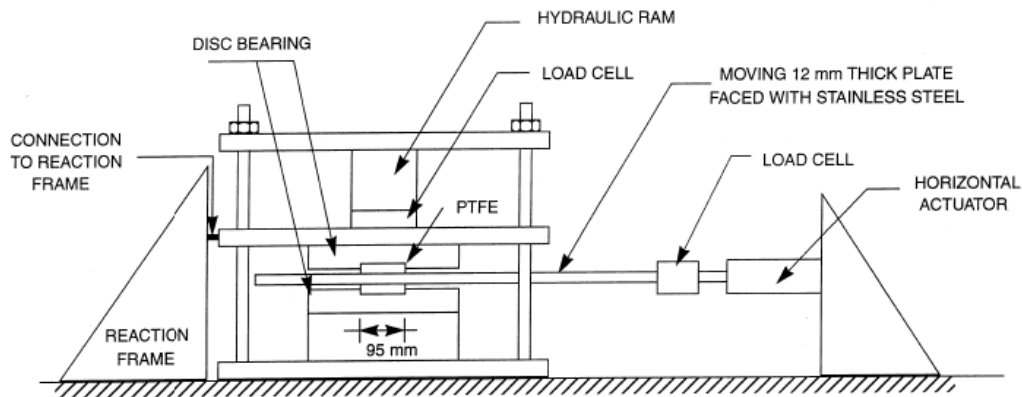


FIGURE 4-1 Testing Arrangement Used in Testing of Sliding Bearings

Theory and experimental verification of a double sliding isolator with variable curvature [4]

Características de la edificación analizada:

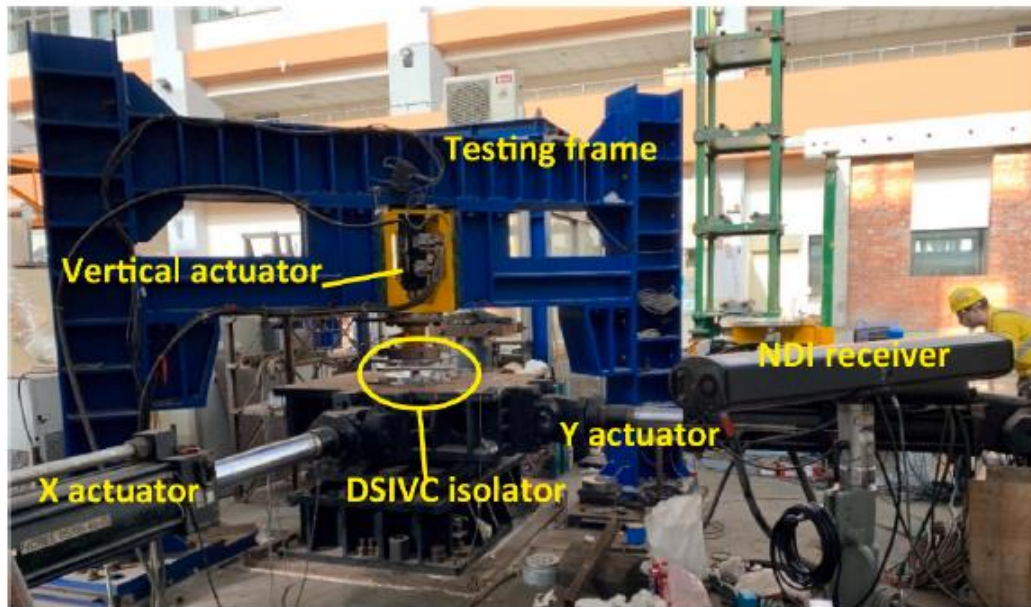
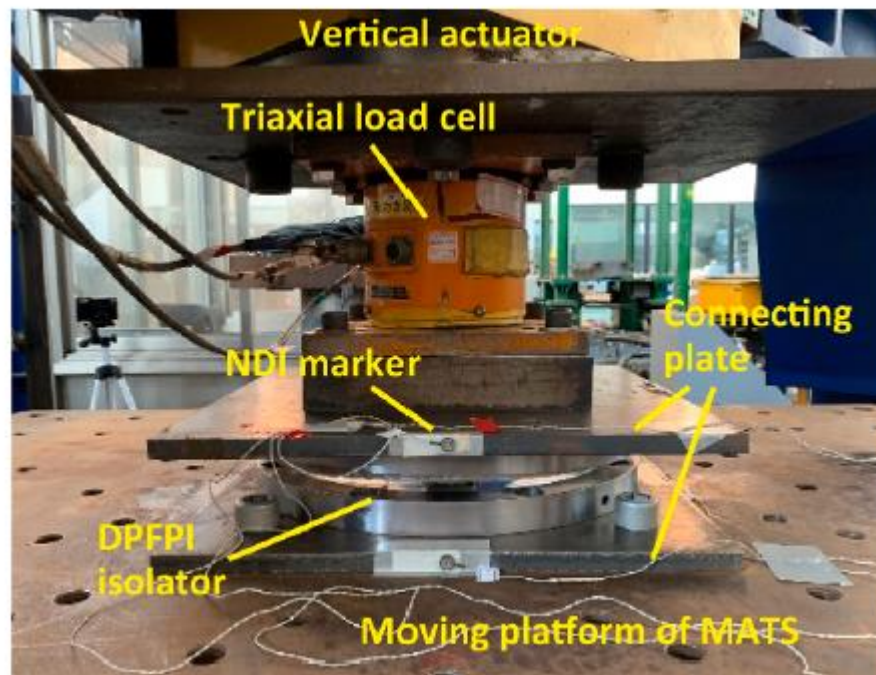


Fig. 9. Photo of the MATS testing frame used in the DPFPI element test.



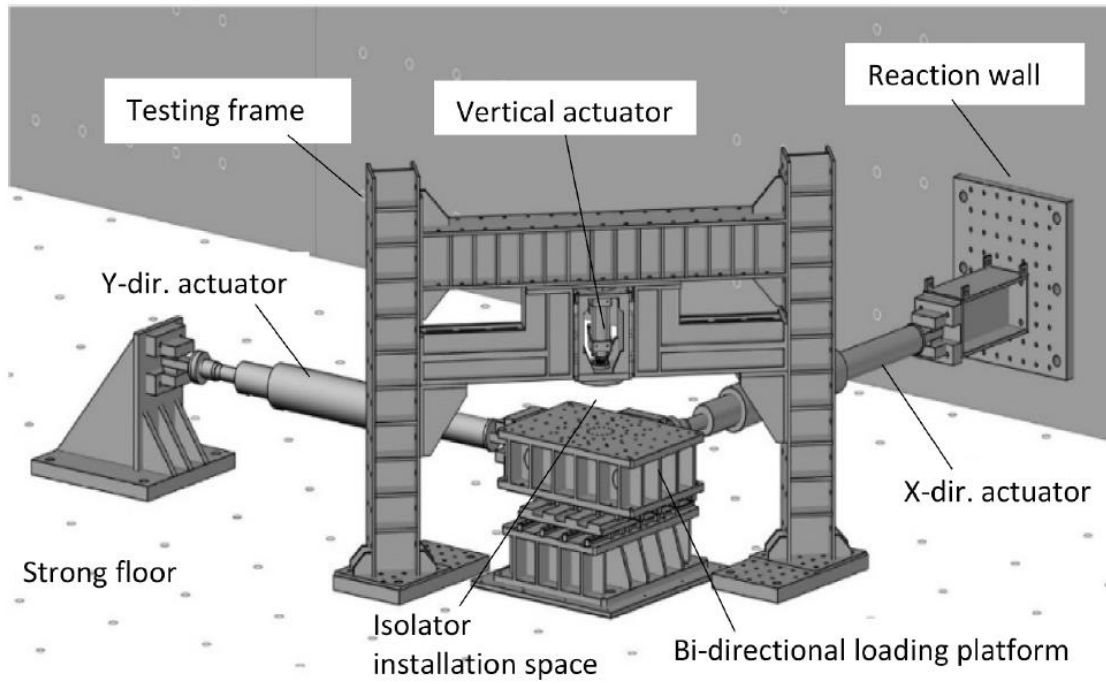
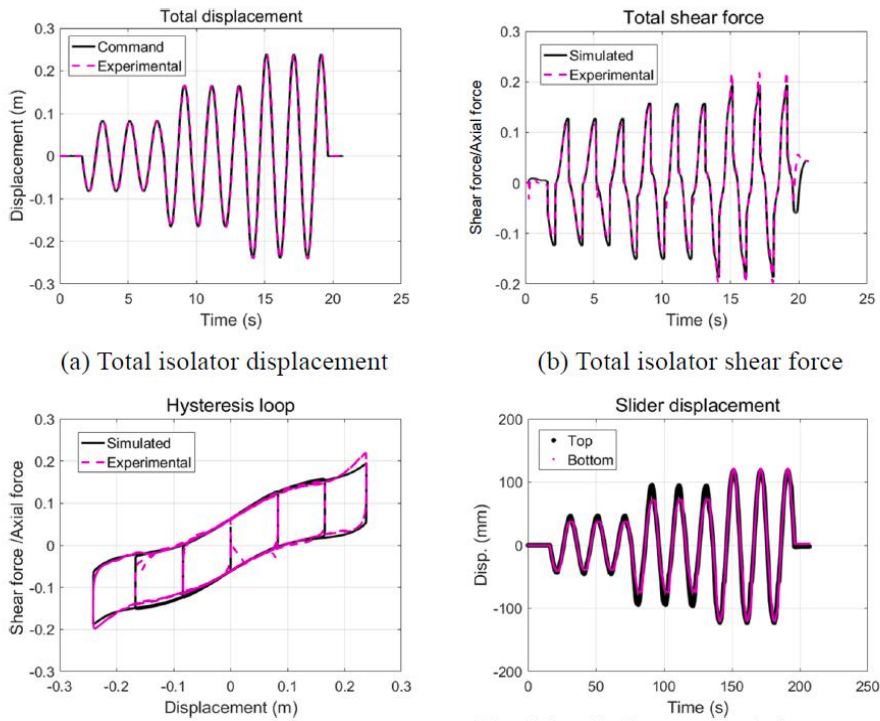
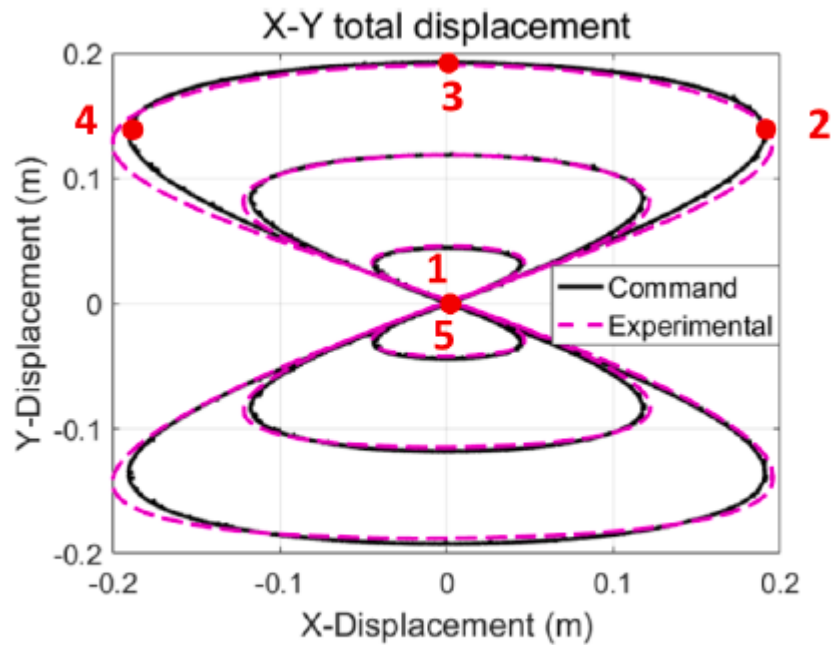


Fig. 8. Multi-axial testing system (MATS) for the isolator test (Courtesy of NCREC).

Respuesta de la estructura:





(a) Orbit of bi-directional displacement

1.3 Objetivos:

- Objetivo General

Validar hipótesis y modelos teóricos desarrollados a nivel de dispositivo y a nivel de estructura, empleando de ensayos de laboratorio, con el fin de aportar en la elaboración de futuras políticas públicas en la temática.

- Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica sobre ensayos de dispositivos de aislamiento sísmico y de estructuras sobre estos.
- Configurar una propuesta de ensayos a ejecutar.
- Desarrollar una modelación numérica de estructuras con sistemas de aislamiento.
- Definir el tipo de dispositivos y estructuras requeridas para los ensayos.

- Realizar los ensayos requeridos.
- Validar los modelos numéricos a partir de los resultados obtenidos de ensayos.

1.4 Metodología

Fase 1: Revisión Bibliográfica

Realizar una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con ensayos de dispositivos de aislamiento sísmico y de estructuras. Identificar investigaciones previas que aborden temas similares, teorías y metodologías utilizadas en proyectos anteriores, y resultados relevantes. Esta revisión proporcionará una base sólida para el diseño de los ensayos.

Fase 2: Diseño Experimental

Configurar una propuesta de ensayos detallada. Definir con precisión los aspectos del diseño experimental, como la selección de los dispositivos de aislamiento sísmico que se probarán, la elección de las estructuras representativas y las condiciones de carga sísmica que se aplicarán. Especificación de la instrumentación necesaria para la ejecución de los ensayos.

Fase 3: Modelación Numérica

Utilizar software de modelación y simulación para desarrollar modelos numéricos representativos de las estructuras y los aisladores que se utilizarán en los ensayos. Estos modelos permitirán simular y analizar el comportamiento de las estructuras y dispositivos bajo diferentes condiciones de carga sísmica.

Fase 4: Selección de Dispositivos y Estructuras

Definir el tipo específico de dispositivos de aislamiento sísmico que se utilizarán en los ensayos y seleccionar las estructuras representativas que se ensayarán. Esta elección debe basarse en las variables a analizar y las capacidades del laboratorio.

Fase 5: Ejecución de Ensayos de Laboratorio

Realizar los ensayos de laboratorio de acuerdo con el diseño experimental establecido. Esto implica la fabricación e instalación de los dispositivos de aislamiento en las estructuras seleccionadas y la aplicación de cargas sísmicas controladas.

Fase 6: Validación de Modelos

Comparar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio con las predicciones de los modelos numéricos. Evaluar la concordancia entre los datos experimentales y teóricos para determinar si los modelos se validan con éxito. En caso de discrepancias, identificar las posibles razones y considerar ajustes en los modelos.

Fase 7: Análisis y Conclusiones

Realizar un análisis detallado de los datos y resultados obtenidos de los ensayos. Evaluar si los modelos teóricos se validaron con éxito y si se cumplen los objetivos del proyecto. Proporcionar conclusiones sobre el comportamiento de los dispositivos de aislamiento y las estructuras ensayadas.

Fase 8: Informe Final y Recomendaciones

Preparación de un informe final que documente todos los aspectos del proyecto, incluyendo los hallazgos, conclusiones y recomendaciones. Proporcionar sugerencias para futuras políticas públicas basadas en los resultados del proyecto.

1.5 Impacto, Resultados Esperados y Estrategia de Comunicación:

<i>Ámbito del impacto</i>	<i>Efecto previsto</i>	<i>Indicador</i>
<i>Tecnológico</i>	<i>Aplicación a problemas reales</i>	<i>Citaciones artículos publicados</i>
<i>Científico</i>	<i>Nueva visión para el problema</i>	<i>Citaciones artículos publicados</i>
<i>Académico</i>	<i>Realización de trabajos de grado en temas relacionados</i>	<i>Número de trabajos realizados</i>

Tipo de producto	Número	Tiempo estimado (Una vez finalizada la ejecución del proyecto)
Productos de nuevo conocimiento		
Artículo de investigación en revista indexada (artículo sometido)	1	1 año
Capítulo en libro de investigación (*)		
Libro de investigación (*)		
Productos o procesos tecnológicos. Favor especificar el tipo de producto o proceso, e identificar si se someterán al proceso de patentamiento o registro:		
Normas: Favor especificar si se prevé el aporte del proyecto a la generación de normas de carácter social, ambiental o de salud pública		
Empresas de origen universitario (Favor indicar si se prevé la vinculación del proyecto a la generación de una empresa ó actividad empresarial		
Productos de formación		
Trabajo de grado de pregrado, de maestría, tesis doctoral (especificar)	2 Maestría	1 año

1.6. Investigadores que participan en el proyecto de investigación:

El investigador principal dirigirá el presente proyecto. Sin embargo, se contará con la colaboración a lo largo de todas las fases del proyecto de los Doctores: Jesús Villalba, Daniel Ruiz, y Yezid Alvarado.

1.7. Trayectoria de los investigadores que participan en el proyecto de investigación.

El Dr. Carlos Mario Piscal y el Dr. Jesús Villalba han trabajado en estos temas por más de 6 años. Ellos se encuentran como directores, a nivel país, de las futuras normas en la temática.

El Dr. Daniel Ruiz y el Dr. Yezid Alvarado son expertos en ingeniería estructural, en el área de la construcción y en el área de ensayos físicos. Campos indispensables para alcanzar el objetivo planteado.

1.8. Bibliografía

- [1] SOHN, H; et al. **A Review of Structural Health Monitoring Literature: 1996–2001**. Los Alamos National Laboratory Report, LA-13976-MS. 2004. Disponible en: http://www.lanl.gov/damage_id/reports/LA_13976_MS_Final.pdf. Acceso en: 26 Mar. 2008.
- [2] M. MEO, G. ZUMPANO. On the optimal sensor placement techniques for a bridge structure. **Engineering Structures** v. 27, p. 1488–1497, 2005.
- [3] RAICH, A. M.; LISZKAI, T. Improving the Performance of Structural Damage Detection Methods Using Advanced Genetic Algorithms. **Journal of Structural Engineering** v. 133, n. 3, p. 449-461, 2007.
- [4] Yi, T.-H; Li, H. -N.; .Zhang, X. -D. A modified monkey algorithm for optimal sensor placement in structural health monitoring. **Smart Materials and Structures**, v. 21, n. 10, paper 105033.
- [5] WORDEN, K.; FARRAR, C. R.; MANSON, G.; PARK, G. The fundamental axioms of structural health monitoring. **Phil. Transaction of the Royal Society A**, v. 463, p. 1639-1634, 2007.
- [6] FARRAR, C.; DOEBLING, S.; NIX, D. Vibration-based damage identification. **Phil. Transaction of the Royal Society A**, v. 359, n. 1778, p. 131-149, 2001.
- [7] TALBI, E.-G. **Metaheuristics: From design to implementation**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 624p., 2009.
- [8] GOLDBERG, D. **Genetic algorithms in search optimization, and machine learning**. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [9] LEE, K. S.; GEEM, Z. W. A new meta-heuristic algorithm for continuous engineering optimization: harmony search theory and practice. **Computer Methods in Applied Mechanics Engineering**, v. 194, p. 3902-3933, 2005.
- [10] KENNEDY, J.; EBERHART, R. **Particle swarm optimization**. Proceedings of IEEE Int. Conference on Neural Network, 1995, Perth. IEEE. p.1942-1948.

- [11] EIBEN, A. E.; HINTERDING, R.; MICHALEWICZ, Z. Parameter Control in Evolutionary Algorithms. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 3, n. 2, p. 124-141, 1999.
- [12] CRUZ, A.; VELEZ, W.; THOMSON, P. Optimal sensor placement for modal identification of structures using genetic algorithms- a case study: the Olympic stadium in Cali, Colombia. **Annals of Operations Research**, v. 181, p. 769–781, 2009.
- [13] RAO, A. R. M.; ANANDAKUMAR, G. Optimal placement of sensors for structural system identification and health monitoring using a hybrid swarm intelligence technique. **Smart Materials and Structures**, v. 16, p. 2658-2672, 2007.
- [14] GUO, H.; ZHANG, L; ZHOU, J. Optimal placement of sensors for structural health monitoring using improved genetic algorithms. **Smart Materials and Structures**, v. 13, p. 528-534, 2004.
- [15] RAICH, A. M.; LISZKAI, T. Multi-objective Optimization of Sensor and Excitation Layouts for Frequency Response Function-Based Structural Damage Identification. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering** 27, p. 95–117, 2012.
- [16] ABDALLA, M.; AL-KHAWALDEH, E. Optimal Damage Detection Sensor Placement Using PSO. **Applied Mechanics and Materials** 110-116, p. 5336-5341, 2012.
- [17] MAHFOUD, S. W. **Niching Methods for Genetic Algorithms**. Illigal Report No. 95001, University of Illinois at Urbain-Champaign, 1995.
- [18] VILLALBA, J. D.; BEGAMBRE, O.; LAIER, J.E. **On the solution to the damage detection problem using genetic algorithms and changes in the dynamic parameters of the structure**. Unpublished.
- [19] KAMMER, D.C. Sensor placement for on-orbit modal identification and correlation of large space structures. **Journal of Guidance Control and Dynamics**, v. 14, n. 2, p. 251-259, 1991.

1.10 Cronograma de actividades

Actividad a desarrollar	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Realizar una revisión bibliográfica sobre ensayos de dispositivos de aislamiento sísmico y de estructuras sobre estos.	X	X	X															
Configurar una propuesta de ensayos a realizar.				X	X	X												
Realizar una modelación numérica de estructuras con sistemas de aislamiento.							X	X	X	X	X	X						
Fabricación de los dispositivos y estructuras requeridas para los ensayos													X	X	X			
Realización de ensayos																X		
Validar los modelos numéricos con los obtenidos de ensayos.																	X	X

Para proyectos de mayor duración insertar nueva tabla