

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROHIDRÁULICO DE SIMULACIÓN SÍSMICA EN LA UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN ELECTRO-HYDRAULIC SYSTEM OF SEISMIC SIMULATION AT THE UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**María Méndez Landa, Gustavo Roselló Moreno,
Javier Cerón Uribe, Juan Gonzáles Lévano***

PRESENTACIÓN: MAYO DE 2017

ACEPTACIÓN: JUNIO DE 2017

RESUMEN

Se presenta un avance del diseño y construcción del sistema electrohidráulico que viene siendo desarrollado en la Universidad Ricardo Palma. Se muestran parte de las obras civiles y las instalaciones de la plataforma de simulación que será accionada por los pistones hidráulicos que, a su vez, permiten generar el desplazamiento de la plataforma. Mediante este sistema, se podrá reproducir eventos sísmicos registrados en Lima, Perú.

Palabras clave: plataforma, simulador electrohidráulico.

ABSTRACT

The building and design of an Electro-Hydraulic System of Seismic Simulation that is being developed at the Universidad Ricardo Palma and it is depicted here in. The civil work and installation of the simulation platform that will be attached to the electric-hydraulic pistons allowing the displacement of it. By this system will be possible to reproduce the different seismic events registered in Lima, Peru.

Keywords: Simulator, electro-hydraulic, platform

* maria.mendezl@urp.pe, grosello@urp.edu.pe, javier.ceronu@urp.pe, jkma3005@gmail.com

1. Introducción

La necesidad de realizar estudios de comportamiento sísmico de nuevas técnicas constructivas, desarrolladas por los investigadores de un voluntariado universitario multidisciplinario –que promueve las virtudes de los estudiantes explotando los conocimientos de su área profesional y destinando esa vocación de servicio a contribuir con aquellos que lo necesitan, bajo la premisa de “Educarse para educar”, del Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Brigada de la URP (CECOS-BRIGURP) con su proyecto de desarrollo de una malla de material vegetal [1] para mejorar el comportamiento de muros de adobe ante movimientos telúricos– se encontró con la falta de disponibilidad de equipos de prueba adecuados así como con el alto costo que las múltiples pruebas implican. Todo ello llevó a que se busquen tecnologías de baja complejidad que permitan realizar pruebas de validación.

Los equipos con los que se cuenta en el Perú están basados en modelos de comportamiento y métodos de integración numérica, los cuales, a pesar de su complejidad, no proporcionan la suficiente certeza frente a los resultados obtenidos. Esto se debe a la falta de modelos calibrados que guardan adecuadamente la información acerca del comportamiento cíclico de los materiales sometidos a deformaciones inelásticas significativas, dado que para el empleo de nuevos materiales se solicitan este tipo de pruebas, como es el caso del Reglamento Nacional de Edificaciones [2] y [3].

En consecuencia, la Universidad Ricardo Palma, a través de un equipo técnico multidisciplinario conformado por docentes de la Facultad de Ingeniería y estudiantes miembros del CECOS-BRIGURP, participó en el concurso de proyectos de investigación aplicada promovida por el FINCyT, donde ganó un contrato de financiamiento para realizar un proyecto que busca cubrir la necesidad de contar con un equipo de baja complejidad que permita realizar las pruebas mencionadas a sistemas constructivos en general, mediante ensayos de carácter dinámico, proyecto que implica el diseño y construcción de un sistema electrohidráulico y que se encuentra en etapa de ejecución.

Este proyecto ha dado origen a la formación de un laboratorio de simulación sísmica para la escuela de Ingeniería Civil de la URP así como a dos tesis de pregrado –una en Ingeniería Electrónica y otra en Ingeniería Civil– y una de posgrado en Ingeniería Civil, además de una patente.

2. Diseño del simulador sísmico

El diseño del simulador consta de una serie de etapas que comprenden el diseño de obras civiles con los cálculos estructurales respectivos, el desarrollo de equipamiento electrónico y de software de análisis, y la operación del simulador. Para todo ello era imperativo contar con el espacio físico adecuado, por lo que se creó el Laboratorio de Simulación Sísmica URP, que está compuesto de dos ambientes básicos: el de pruebas de control, y el de toma de datos y análisis. El primero comprende la mesa vibratoria y la sala de bombas. La ubicación física del laboratorio, dentro del campus de la Universidad, se muestra en la figura 1. Está en el área comprendida entre las facultades de Ingeniería y de Arquitectura y Urbanismo, y frente al taller de Metal Mecánica, según se observa en el gráfico.

El desarrollo del proyecto dio como resultado el diseño de la plataforma base; el diseño del sistema electrohidráulico; el del circuito de control, realimentación y lectura de datos del sistema; el diseño de la interfaz gráfica, que supone la administración de la base de datos sísmicos a recrear; y el diseño estructural del edificio donde residirá el laboratorio. Posteriormente, se pasó a la fase de construcción de las obras civiles del laboratorio y del sistema electrohidráulico, que fueron ejecutados por una empresa externa bajo nuestra dirección. Esto se debe a que su construcción requiere de equipos con tecnología especializada.



Fig. 1. Plano de ubicación donde se está construyendo el laboratorio de simulación sísmica de la Universidad Ricardo Palma.

El trabajo empieza definiendo los valores de la carga útil máxima a ser depositada en la plataforma base del simulador durante los ensayos experimentales. Para el cálculo de las características mecánicas de los actuadores, es necesario definir los materiales de fabricación y la mecánica de funcionamiento del sistema de simulación. Es así que nace la propuesta de diseño cuyos componentes incluyen un tablero móvil fabricado en acero estructural y apoyado en seis rodamientos. Este conjunto se acopla, posteriormente, a unos rieles unidos a un bastidor de rodillos que guían el movimiento generado por dos pistones hidráulicos acoplados en paralelo [4]. La figura 2 muestra el dibujo del diseño mecánico para el simulador sísmico.

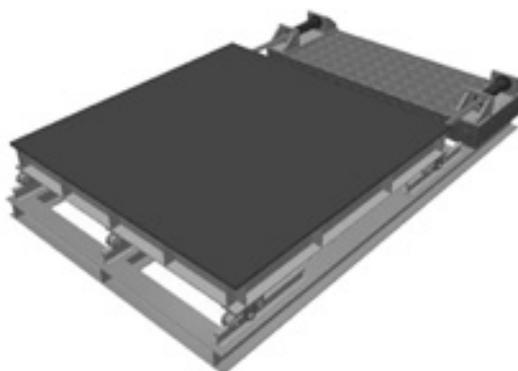


Fig. 2. Esquema del diseño mecánico de la estructura metálica para ensayos sísmicos.

El diseño se basó en las especificaciones requeridas para el simulador sísmico, las cuales se fueron modificando en el transcurso de la realización de este proyecto. Las especificaciones que quedaron como definitivas se detallan en la tabla 1.

TABLA 1. ESPECIFICACIONES DEL SIMULADOR

| Partes del Simulador | Medidas | Unidades |
|--------------------------------|------------------|----------|
| Loza de cimentación | 4,50x4,50x1,50 | m |
| Plataforma Base | 3,00x3,00x0.0381 | m |
| Capacidad de carga máxima | 15 | tn-f |
| Recorrido máximo | 0,15 | m |
| Frecuencia de operación máxima | 10 | Hz |

A continuación, en la figura 3, se muestra una foto de la plataforma con uno de los pistones electrohidráulicos cuando estaba siendo instalado en la sala de pruebas.



Fig. 3. Instalando los pistones en la sala.

Por otro lado, en la figura 4, se muestra el equipamiento de la sala de bombas. En esta etapa, solo queda por instalar la parte de sensores y el circuito de acondicionamiento de señales para la toma de datos.

Las electroválvulas que accionan el sistema se instalan al lado de los pistones (actuadores hidráulicos), los cuales reciben la señal eléctrica de accionamiento directamente de un PLC Wecon. Este, a su vez, recibe la señal de comando de un arreglo con relés conectados al microcontrolador que se acopla a la PC para completar el sistema de simulación. Para determinar el desplazamiento de la posición de reposo de la plataforma a lo largo de los ensayos, se utiliza un sensor ultrasónico que recibe la aceleración realizada mediante un acelerómetro a fin de medir las aceleraciones lineales y evaluar el comportamiento dinámico de la mesa. El valor adquirido es muestreado por el microcontrolador y enviado por puerto USB a la PC donde está instalado el Simulink de Matlab para realizar el procesamiento y comparación con la señal de comando. De esta forma, se obtiene el error del sistema, cuyo parámetro es utilizado por el microcontrolador para determinar el comportamiento de los actuadores y, de esta forma, lograr un correcto seguimiento de la posición de la plataforma.



Fig. 4. instalando el equipamiento en la sala de bomba hidráulica.

3. Resultados del simulador

Una vez finalizada la fabricación del sistema electrohidráulico, se procedió a realizar los ensayos correspondientes en la mesa de prueba preparada para tal fin. Para la calibración del sistema, se utilizó como referencia una señal senoidal controlada desde el Simulink a una amplitud de 8 cm y una frecuencia de 1Hz. Luego, se le hicieron pruebas hasta con 20 hertz, de lo que se concluyó que el desplazamiento disminuye drásticamente con el aumento de la frecuencia. El error de seguimiento del sistema, según se observa en la figura 5 –como resultado de la filtración

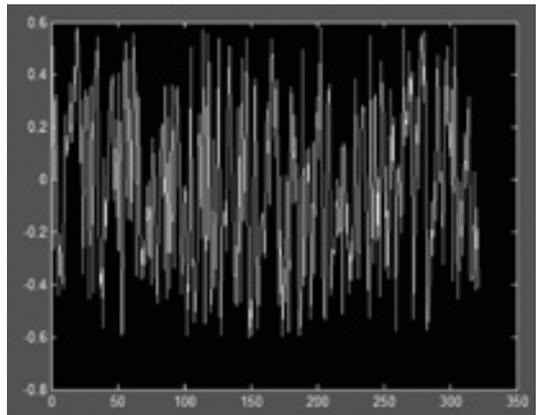


Fig. 5. Error de seguimiento del sistema.

datos– se encuentra en varios valores con un error máximo de menos de 0.6 cm. Posteriormente, se fueron graduando las frecuencias para observar la respuesta del simulador ante estas variaciones.

4. Conclusiones

El proyecto se encuentra en la etapa final de acondicionamiento. Esto se debe a que se está construyendo un ambiente físico para el Laboratorio de Simulación Sísmica de la Universidad Ricardo Palma. Este laboratorio funcionará en base a un simulador sísmico uniaxial para estructuras de carga de hasta diez toneladas, el cual será operado por una computadora. El sistema permite evaluar el comportamiento de sismo resistente de construcciones con diferentes materiales. Esto servirá para satisfacer la necesidad de estudiar nuevas propuestas tanto de materiales constructivos como de sistemas estructurales.

El sistema ya está diseñado y cuenta con la información necesaria para replicar sismos. De este modo, se logrará aumentar la veracidad en los ensayos a ser realizados.

5. Agradecimientos

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos al Ministerio de la Producción, quien, a través de su Viceministerio de MYPE e Industria, Innóvate Perú, han creado el Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCyT), que ha brindado a la Universidad Ricardo Palma y al Centro para Comunidades Saludables (CECOS BRIGURP) la oportunidad para el desarrollo de la investigación mediante el contrato NRO. 166-PNICP-PIAP-2015; a las autoridades de la Universidad Ricardo Palma, por cumplir con su función de apoyo a la investigación y desarrollo y por realizar las gestiones y el apoyo financiero necesario para desarrollar el proyecto.

6. Referencias

- [1] Ma. T. Méndez, P. Palacios, D. Machuca, J. Camargo y otros, Malla de junco como refuerzo para construcciones en adobe. Campo Grande, Brasil: TerraBrasil, 2010.
- [2] Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. RNE. (2017), Norma Técnica E.080 Diseño Sismo Resistente, 2017-Vivienda, Perú.
- [3] Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. RNE. (2014), Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente, 2016-Vivienda, Perú.
- [4] J. C. Gonzales, G. León, y P. Huamaní, Diseño de control utilizando Matlab y Arduino para un sistema electrohidráulico de simulación sísmica. Cusco-Perú: InterCon, 2017.

