ANÁLISIS DINÁMICO DE UN ENCUENTRO DE DOS MUROS DE ADOBE CON APAREJO TIPO LIBRERO

María Teresa Méndez[1], Suker Diaz Cortez[2]

Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma,

[1]maria.mendez@urp.edu.pe, [2]202011333@urp.edu.pe

Palabras clave: huaca Pucllana, estructura de adobe, comportamiento dinámico

Resumen

En Perú existen culturas ancestrales con patrones constructivos diversos; una de ellas es la cultura Lima en cuya arquitectura predomino la tierra como material constructivo. Dicha cultura muestra un sistema de aparejo tipo librero, por la forma especial de colocación de adobes de forma vertical, el que se observa en el complejo arqueológico Huaca Pucllana de la ciudad de Lima. Este sistema se empleó para la elaboración de plataformas mas no se ha encontrado su empleo en muros. Se busca comprobar su empleo en construcciones actuales. El estudio tiene como objetivo analizar el comportamiento estructural de un encuentro de dos muros con aparejo de librero, especialmente diseñado para este caso, a fin de soportar un sismo de mediana intensidad y posibilitar su empleo en edificaciones futuras. Se elaboraron adobes in situ con las dimensiones halladas en el centro ceremonial; se analizó en gabinete la problemática que presentan los encuentros existentes y, se diseñó un modelo ideal para que la estructura pueda funcionar de manera uniforme. Este modelo se ha construido para ser sometido a evaluación dinámica en el simulador sísmico de la universidad Ricardo Palma, mediante pruebas ensayo error, para su posterior empleo. Como consecuencia de la evaluación dinámica, se determinó que el sistema es capaz de soportar sismos de mediana intensidad.

1 INTRODUCCIÓN

La cultura Lima se caracterizó por poseer una arquitectura basada en la construcción con tierra, existieron diversos tipos de sistemas empleados con dicho material, tales como, tapial, adobón, adobitos etc.

Entre estos sistemas, el que predominó en la cultura Lima fue el sistema de adobitos, el cual puede verse en distintas huacas de la región. Acerca del ¿por qué se emplearon dichos sistemas? se sabe muy poco, esto debido al bajo interés por el material empleado y la falta de identidad nacional.

Viendo tal carencia y el potencial existente de dicho sistema, se decidió realizar estudios para evaluar sus características y comportamiento sísmico. En el 2014 un equipo del Centro de Estudios para Comunidades Saludables (CECOS – BRIGURP), de la Universidad Ricardo Palma, realizó un estudio el cual está sirviendo de antecedente para el presente trabajo.

En el estudio previo se evaluó y determinó el comportamiento elástico de un muro ante la aplicación de una fuerza horizontal, el cual mostró resultados muy favorables respecto a un muro de adobe bajo el sistema de aparejo convencional. Teniendo en cuenta que no existen vestigios actuales que demuestran que el sistema de aparejo tipo librero haya sido empleado para la elaboración de ambientes habitables, sino para la elaboración de plataformas horizontales y muros elevados y bajos en un solo sentido, se propone estudiar el comportamiento de un amarre en esquina bajo el sistema de aparejo de librero para su probable empleo en construcciones actuales.

Este proyecto se formuló con la finalidad de poder encontrar una mejor alternativa a los modelos de construcción actuales en tierra, visto que, los modelos tradicionales fallan con mayor facilidad ante un sismo de mediana intensidad. La presente propuesta tiene como finalidad encontrar un modelo de aparejo que tenga un mejor comportamiento sísmico y soporte sismos de magnitudes más altas.

2 MARCO TEÓRICO

La cultura Lima es una de las culturas con menos investigaciones en la actualidad, la que se desarrolló entre los años 100 d.C. al 650 d.C. Su extensión geográfica se dio en los valles de Chancay, Chillón, Rímac y Lurín, en estas se encuentran Huacas tales como: Maranga, Aramburu, Tres Palos, Juliana o Pucllana y Pachacamac.

Cárdenas (1998, p.131) cita que la cultura Lima del Período Intermedio Temprano (200 a.C.-800d.C.) se caracteriza por cerámica fina y "montículos artificiales construidas con adobes pequeños, hecho a mano". Así también menciona que se empleó un sistema constructivo, el cual se caracteriza por su colocación en forma de librero.

Jiron y Caamaño (1949, p.4-5) menciona,

> Había un grupo de adobes dispuestos en pirámide, de bordes casi perpendiculares, colocados sobre sus bases menores, no hay traba alguna, (…) estaban con rellenos de cantos rodados (…) había dos maneras de unir estos adobes: barro o simplemente amontonándolos (…) en las tumbas intrusivas los adobes habían sido colocados sobre su base mayor (…) entre macizo y macizo de adobes quedaron espacios que fueron rellenados con otros materiales…

E Perú Ecológico (2007, p1)

> Pucllana fue construida usando pequeños adobitos rectangulares. La técnica mediante la cual se construyó es bastante particular: consiste en colocar los adobitos en posición vertical, con la argamasa sólo en la parte superior e inferior, sin ponerla entre los adobes; esta técnica fue bautizada por el estudioso Pedro Villar Córdova como la 'Técnica del Librero' por la similitud que tienen los muros con un estante con libros.

Este sistema constructivo no ha sido mayormente estudiado, se conoce muy poco acerca de datos y fundamentos teóricos de su comportamiento estructural y/o sísmico, generando preguntas sobre este peculiar sistema de aparejo.

Según Agüero et al. (2015, p. 19), "el estudio mostró que el muro con aparejo de librero tuvo mejor comportamiento ante la aplicación de una fuerza horizontal en la parte superior, zona más sensible del muro. El sistema constructivo de aparejo de librero aumentó la ductilidad del muro, permitiendo mayores deformaciones y disipación de energía".

Con este precedente, se planteó el estudio de una propuesta que permita conectar el sistema de aparejo en muros en esquina.

3 METODOLOGÍA

Para la elaboración del encuentro se usaron los adobes con las dimensiones usadas en la huaca Pucllana, esto para tener un resultado más preciso al momento de evaluar el sistema.

Figura 1. Dimensionamiento de los adobes y espesor del mortero – huaca Pucllana, Lima, Perú

Se ha encontrado que existen variaciones en cuanto al tamaño de los adobitos, los cuales variaron por los métodos de medición empleados (tabla 1).

Tabla 1: Medidas y referencias de los adobes tipo rectangular en las fases media y tardía (Cárdenas, 1998, p. 161)

Referencia	Localización	Dimensiones
Uhle, 1910	Maranga	18 x 12 x 7
Jijon, 1949	Huaca Aramburú	13 x 10 x 7 18 x 12 x 7
Kroeber, 1954	Huaca Aramburú	16 x 10 x 6 17 x 13 x 6
Cárdenas, 1980	Huaca Aramburú	15 x 12 x 7
Espejo, 1945	Makat Tampu	15 x 14 x 8 17 x 13 x 6
Cárdenas, 1965	Huaca Tres Palos	16 x 12 x 7 10 x 6 x 6
Cárdenas, 1984	Huaca Juliana	16 x 12 x 6 18 x 13 x 9 16 x 15 x 9
Silva, 1992	Huaca Nieveria	16 x 12 x 10
Cárdenas, 1992	Covima	15 x 12 x 8
Cárdenas, 1974	Catalina Huanca	16 x 9 x 7
Cárdenas, 1998	Pachacamac Estructura Adobitos	17 x 15 x 7 16 x 14 x 8

Se observó que 7 cm fue la altura más utilizada, por lo que se decidió elaborar adobes con medidas proporcionales a dicho número.

3.1 Construcción del encuentro

Para el presente estudio se construyó un encuentro de dos muros formando un ángulo de 90 grados. Para dicha tarea se utilizaron adobes de las siguientes dimensiones: 0.146m x 0.21m x 0.07m, con una capa de mortero de 4 cm de espesor.

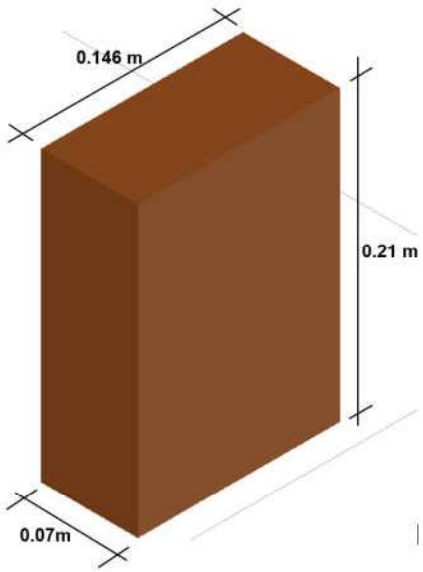

Figura 2: Dimensionamiento del bloque de adobe a ser usado

El modelo de aparejo empleado es similar al que era empleado para la elaboración de muros altos.

Figura 3: Muros de adobe de la Huaca Pucllana

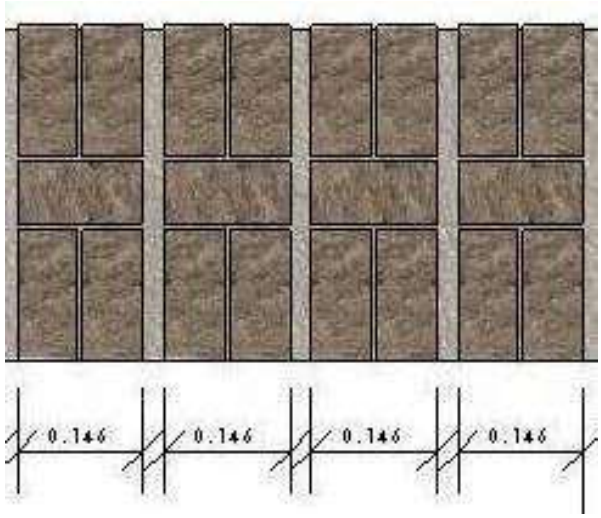

Figura 4: Vista a planta del sistema. Fuente (Lucero R. 2023)

Luego se determinó el tipo de encuentro para poder unificar el sistema, para ello se buscó seguir ambas direcciones de los muros y se determinó la siguiente colocación.

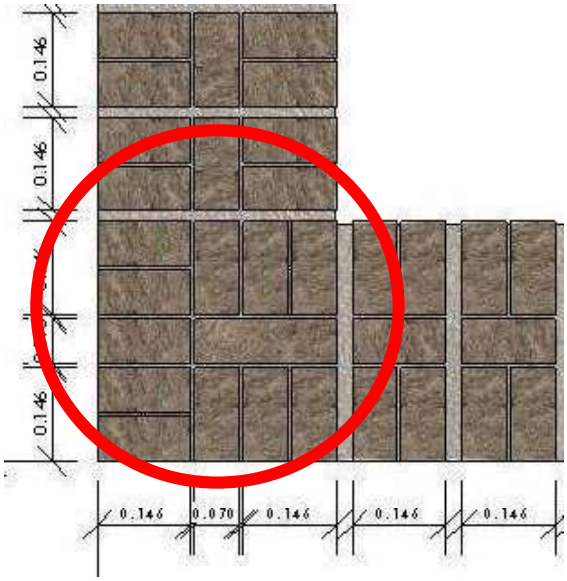

Figura 5: Encuentro establecido. Fuente (Lucero R. 2023)

Una vez establecida ambas partes se procedió a elaborar el encuentro, el cual tuvo como dimensiones 1.2 m en ambos sentidos, levantando tres hileras con dicho sistema hasta una altura de 0.79 m.

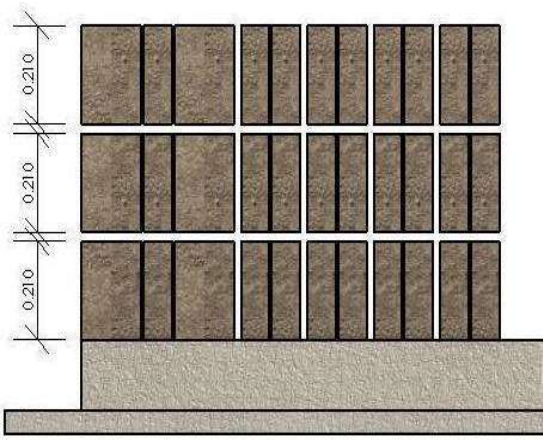

Figura 6: Vista frontal del sistema construido

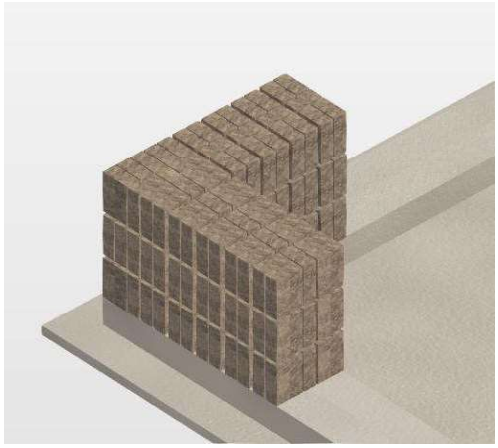

Figura 7: Vista panorámica del encuentro (crédito: Lucero R. 2023)

4 RESULTADOS

La prueba consistió en un análisis vibracional de desplazamiento relacionados a una variación de frecuencia, iniciando con ondas de frecuencias bajas, subiendo poco a poco hasta hallar la frecuencia de resonancia del espécimen.

Los resultados del ensayo se pueden visualizar en la figura 8, en donde se puede apreciar que la aceleración máxima aplicada al módulo fue de 0.5990 g, lo cual, según la escala de Mercalli, es equivalente a un sismo Severo y de potencial daño.

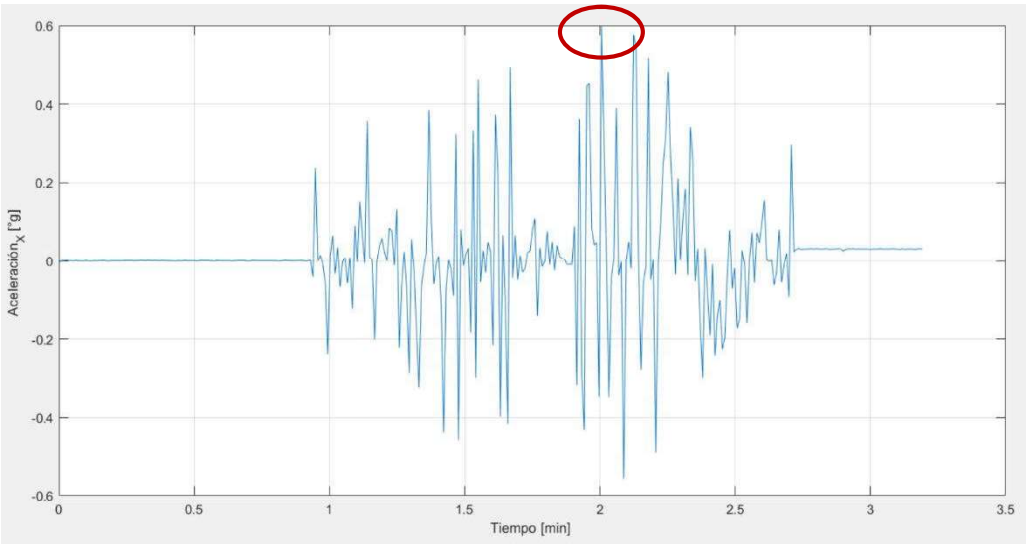

Figura 8. Resultados de aceleración aplicada al módulo de aparejo tipo librero

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La duración máxima del ensayo fue de 3', pudiéndose determinar que la frecuencia de resonancia del elemento en conjunto del sistema en aparejo fue de 1.9 Hz.
2. La aceleración máxima antes del fallo del sistema en aparejo empleado fue de 5.876 m/s^2 el cual fue capturado en el minuto 2:00 del ensayo y lo cual nos indica una fuerza horizontal equivalente a 300 kgf.

3. Se registró una aceleración de 0.5992 g, lo cual, según escala de Mercalli, indica que el sistema de encuentro en aparejo de librero soporta hasta sismos mediana intensidad sin necesidad de contar con un refuerzo externo.
4. Se recomienda continuar con estudios posteriores como por ejemplo el determinar la función, y valor ideal de las separaciones de los adobes en el sistema a fin de hallar un encuentro más eficiente para este sistema de aparejo que permite su empleo en edificaciones actuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüero J.; Cerón, J.; Gonzáles, J. C.; Méndez, M. T. (2015). Análisis estructural de dos muros de adobe con diferente sistema de aparejo. 15° Seminario Iberoamericano de arquitectura y construcción con tierra. Cuenca, Ecuador. PROTERRA/Universidad de Cuenca. p.11-21

Cárdenas, M. (1998) Cultura Lima: el adobe como material de construcción. Lima: BIRA: Boletín del Instituto Riva-Agüero (25) 131-186

Jijon y Caamaño, J. (1949). Maranga: contribución al conocimiento de los aborígenes del Valle del Rímac. Perú, Quito, La Prensa Católica

Perú Ecológico (2007) Los sismos y las construcciones de adobe. Disponible en: https://www.peruecologico.com.pe/esp_sismosadobes.htm

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de manera especial al Doctor Ivan Rodríguez Chávez, Rector de la Universidad Ricardo Palma, por el apoyo brindado para el desarrollo de la presente investigación

A los miembros del Centro de Estudios de Comunidades Saludables (CECOS- BRIGURP), en especial a Lucero Rodriguez Macalupu, Gabriela Carol Navarro Ortega, Andrea Milagros Murillo Sarria, Esteban de Jesús Moreno Fernández, Elvis Yaser Castañeda Torrejón, y demás miembros voluntarios por su apoyo en la elaboración y desarrollo del módulo.

Al Ingeniero Juan Carlos Gonzales Lévano, encargado del laboratorio de Simulación Sísmica de la Universidad Ricardo Palma, por su asesoría y apoyo en el desarrollo y monitoreo del simulador y de los sensores empleados en la prueba.

AUTORES

María Teresa Méndez Landa, arquitecta por la Universidad Nacional de Ingeniería, doctora en Educación por la Universidad San Martín de Porres, profesora asociada en las facultades de Arquitectura e Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Coordinadora y directora de proyectos de investigación del Centro de Estudios para Comunidades Saludables y jefe del Instituto de la Construcción de la Facultad de Ingeniería. Universidad Ricardo Palma. Autora de ponencias presentadas al TerraBrasil 2008, 2010 y 2012, SIACOT 2009, NOCMAT 2013, Ekotectura 20014 y TerraBrasil 2014.

Suker Diaz Cortez, alumno de Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma, miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.