



CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA CASA HACIENDA SOJO, PIURA, PERÚ

Henry Eduardo Torres

Red Iberoamericana PROTERRA, etopec@gmail.com

Palabras clave: estructuras, adobe, quincha, patrimonio

Resumen

Este documento describe en forma breve el proceso y resultado del análisis estructural realizado a la Casa Hacienda Sojo, esta edificación construida con adobe y quincha, tiene una antigüedad de más de 100 años y fue propiedad del señor Miguel Checa, un acaudalado hacendado que se estableció en Sullana – Piura a principios de siglo XX. Después del proceso de reforma agraria (1968) la casa quedó en completo abandono hasta que los descendientes de la familia Checa vuelven a recuperar la propiedad y con ello el deseo de restaurarla. El presente estudio analiza las condiciones estructurales de la casa, empleando un modelo matemático y tomando como datos los obtenidos en las inspecciones realizadas a la casa y otros proveídos por estudios geotécnicos. Los resultados demostraron que la casa tiene una buena sismo resistencia y que parte de los daños observados se deberían a problemas que tienen su origen en el tipo de suelo sobre el que fue edificada la propiedad.

1. INTRODUCCIÓN

La zona donde está ubicada la Casa Hacienda Sojo está llena de historia, en épocas precolombinas toda el área era dominio de los Tallán una civilización pre-inca de gran desarrollo e influencia en la zona norte del Perú, los Tallán son anexados posteriormente al dominio Inca. Cuando se inició la conquista española se funda Tanguará, vecina de la actual Sojo, siendo la primera ciudad española fundada en el Perú y en el Pacífico Sur, en épocas del dominio español se adjudica al capitán Francisco de Sojo y Cantoral una gran cantidad de tierras en la zona y es el personaje de quien el distrito actualmente toma el nombre, a finales del siglo XIX la zona tiene un gran impulso agroindustrial debido a la presencia del señor Miguel Checa y Checa quien invierte en la zona y adquiere la hacienda de Sojo construyendo sistemas de riego e impulsando mejoras para optimizar la producción agrícola de estas tierras, el año 1910 se inicia la construcción de la casa, la cual se convierte con el tiempo en un ícono de la transformación e industrialización. En el año 1968, con la reforma agraria, la casa es expropiada a sus dueños y pasa a formar parte de la comunidad, iniciando con ello un proceso de deterioro que no se ha detenido hasta la actualidad, el 15 de octubre de 1974 mediante R.S. N°505-74-ED la casa es declarada Patrimonio Cultural de la Nación, sin embargo, no es protegida adecuadamente mientras que los fenómenos El Niño del año 1982-1983 y 1997-1998 afectaron notablemente sus estructuras. Actualmente la casa ha sido recuperada por los descendientes del señor Miguel Checa y Checa, siendo en la actualidad el señor Carlos Checa Leigh quien impulsa su recuperación a través de la Asociación Cultural Sojo.

1.1 Descripción de la edificación

La Casa Hacienda Sojo, tiene una extensión de 1600 m² y cuenta con dos pisos, los cuales tienen alturas libres de 4,90 metros en el primer nivel y 4,30 metros en el segundo. El hall principal de la casa tiene doble altura que remata en una gran linterna que provee de iluminación indirecta al corazón de la casa.

Los materiales empleados en la construcción de la Casa Hacienda Sojo son los siguientes:

- En la cimentación de la casa se utilizó mampostería de ladrillo cerámico asentados con mortero de cal, el espesor debe haber sido similar al espesor del muro del primer piso.

- En el primer piso se utilizó mampostería de adobes, asentados con mortero de tierra, los revestimientos fueron realizados a base de yeso. El espesor del muro es variable, encontrándose muros desde los 60 cm hasta 90 cm. En el primer piso se construyeron una serie de pilares de ladrillo que han sido endentados convenientemente para poder confinar los muros de adobe, se encuentran en casi todas las esquinas seguramente con el objetivo de darle mayor rigidez al sistema estructural de la construcción.
- El segundo piso fue construido utilizando estructuras de quincha, formadas por parantes o paraleles de madera pino colocados cada 50 cm de su eje, posteriormente se colocaba caña transversal cada metro y entre ellos se tejía caña brava en forma tupida, finalmente se colocaba un empastado con un grueso mortero de tierra hasta casi obtener el espesor final, por último, se aplicaba un revestimiento con yeso. El muro tiene un grosor de 15 a 18 cm.
- Los entrepisos fueron hechos en base a un entablado machihembrado de 1" de espesor que se sujetaba a viguetas de sección 3"x12" por intermedio de clavos. El cielo raso está formado por bambúes o caña chancada revestidos con un empastado de yeso.
- Las coberturas presentan una subestructura de tijerales de madera, las secciones de las piezas son de 2"x3" y de 3"x4", las mismas que sostienen la cobertura formada por calaminas zincadas. Presenta un sistema de evacuación de aguas pluviales que requiere mantenimiento.



Figura 1. Vista desde el exterior de la casa Hacienda Sojo, se puede observar el deterioro de sus muros. (crédito: H.E. Torres)



Figura 2. Vista del interior de la casa Hacienda Sojo, se puede apreciar la gran escalera central que conecta el primer con el segundo piso (crédito: H.E.Torres)

1.2 Estado de conservación

El estado de conservación de la casa Sojo es grave, todas las estructuras presentan alteraciones o lesiones producidas por varios agentes de deterioro. En el primer nivel se observan desprendimientos de unidades de mampostería de adobe, se aprecia un agrietamiento generalizado que ha comprometido la estabilidad de la estructura en zonas puntuales de la casa.

También se observan daños en el encuentro de los planos de muros de adobe en las esquinas y de igual forma en la zona de contacto de la parte superior de los muros con el entrepiso, asimismo se encuentran afectaciones debido a filtraciones de agua. Los pilares de ladrillo que confinan los muros de adobe han sufrido daños y casi todos los endentados que se han inspeccionado han sido cortados por el desplazamiento del paramento o se encuentran un poco desplazados respecto del plano del muro de adobe.

Además, debido al descuido y al vandalismo, los muros han sido afectados por el retiro de piezas de madera o tuberías, dejando expuesta o rota la mampostería favoreciendo la contaminación de las superficies condicionando su conservación.

El entablado del entrepiso y las viguetas no han sido diseñadas para soportar cargas vivas elevadas y presentan deformaciones leves y ataque de insectos xilófagos que ha menguado su capacidad mecánica, es posible que muchas de las viguetas deban ser reemplazadas o reforzadas para adecuarlas a nuevos usos, el cielo raso de caña y yeso se ha perdido y/o se encuentra fuertemente alterado en casi toda la casa debido a factores biológicos, al clima y a los sismos.

En el exterior de la casa los materiales han sido deteriorados por las temporadas de lluvia que han afectado con el paso del tiempo sus capacidades mecánicas, tanto en la fachada como en zonas de cabeceras de muros y superficies de adobe y quincha las lluvias han erosionado y provocado incluso colapsos locales de algunos segmentos.

2. OBJETIVO

El objetivo general de este trabajo fue la conservación integral de este monumento nacional, que como se ha descrito tiene una serie de valores arquitectónicos notables, representa parte de la historia de la zona norte del Perú y se encuentra en serio peligro de colapso, por tanto, requiere conservarse. Luego de conocer los daños y reconocer algunos factores que los han causado era importante indagar en las condiciones estructurales de la edificación para, a partir de ello, proponer una serie de estrategias para su preservación. Esta es una tarea grande, no solo por la extensión de la construcción como también por la complejidad de sus patologías, además se deben considerar las condiciones políticas y sociales que no hacen posible el poder acudir al salvamento de tan importante monumento nacional como este y tantos otros lo requieren con urgencia.

3. METODOLOGÍA ADOPTADA

Con el objetivo de indagar y conocer las condiciones estructurales de la edificación fue necesario realizar un análisis para detectar las condiciones de estabilidad globales de la estructura, para ello se realizó un modelo matemático de la casa Sojo, se usó un software de ingeniería que analizó la estructura con técnicas de elementos finitos pseudo tridimensionales; para ello se emplearon las características mecánicas de los materiales y los planos que se tienen de la edificación, los cuales fueron muy útiles para un adecuado modelamiento. En este trabajo se contó con el invaluable asesoramiento de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú¹.

3.1 Modelo estructural

Para una mejor comprensión del comportamiento de la estructura, se realizaron modelos matemáticos de tal forma que se pueda estimar el comportamiento estático y dinámico de sus componentes.

En los modelos se han incluido los elementos de la fachada en forma de arco que son no estructurales y las vigas de acero que soportan el hall abierto del segundo piso, sin embargo, el análisis que estos elementos y los efectos que puedan tener en la estructura no

¹ del Ingeniero Hugo Scaletti, profesor principal

han sido tenidos en cuenta en el presente trabajo. Los elementos de la edificación que no se han modelado son molduras y otros elementos de carácter decorativo ya que no tienen mayor importancia estructural.

Se ha considerado un análisis lineal elástico para predecir los esfuerzos y desplazamientos en la edificación, los materiales que conforman los muros, la quincha y el mortero de tierra, se han considerado con un comportamiento homogéneo e isotrópico dentro del rango lineal elástico y la estructura empotrada en su base, sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos supuestos no son necesariamente exactos y futuros estudios deben tener en cuenta el comportamiento no lineal del material para una mayor precisión, no obstante nuestros resultados pueden ser considerados correctos para estimar su comportamiento frente a cargas de sismo, esto se aprecia cuando se encuentra coincidencia entre los esfuerzos calculados en el modelo y los registros de daños encontrados.

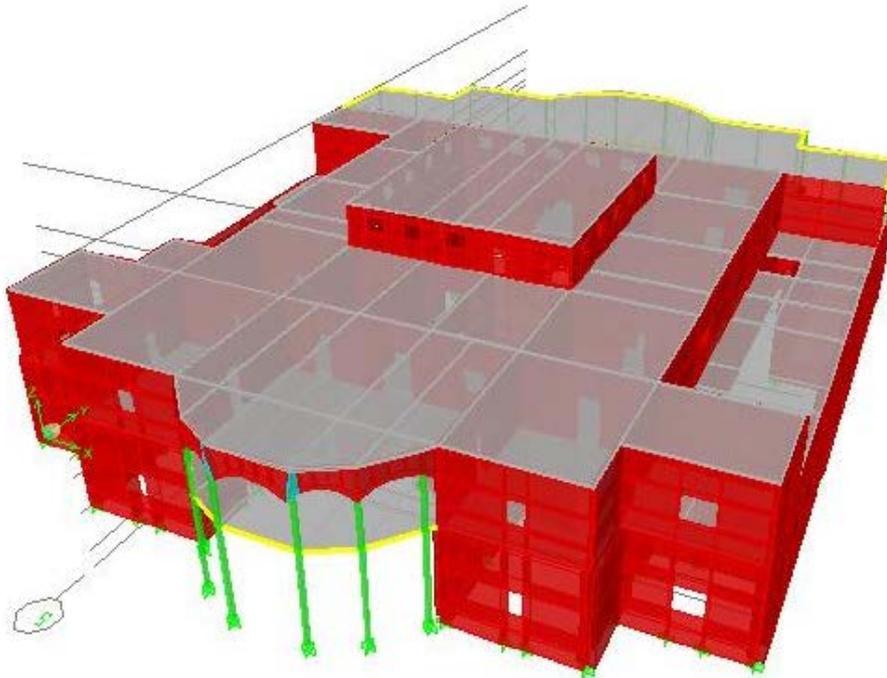


Figura 3. Modelo matemático de la casa hacienda Sojo (crédito: H.E. Torres)

3.2 Características mecánicas

Las cargas consideradas para el análisis fueron:

- Carga muerta primer entrepiso: 200 kgf/cm^2
- Carga muerta en cobertura: 80 kgf/cm^2
- Sobrecargas primer entrepiso: 350 kgf/cm^2
- Sobrecargas coberturas: 30 kgf/cm^2

3.3 Condiciones geotécnicas

Para la evaluación de las condiciones geotécnicas se realizó el estudio de suelos correspondiente en la Universidad Nacional de Piura. Los datos obtenidos por el estudio de suelos han dado las herramientas necesarias para la simulación tridimensional de la estructura y para certificar algunas apreciaciones obtenidas en campo y mediante los estudios realizados en las reuniones que se han tenido en forma periódica.

El informe brinda datos acerca de los parámetros para la evaluación sismorresistente, presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros sísmicos según la norma E.030 (2018)

Factor de zona (Z)	0,4
Periodo de vibración del suelo (Tp)	0,9 segundos
Factor de amplificación de suelo	1,5
Uso de edificación	1,5

El estudio acerca de la capacidad portante del suelo estudiado y que sirve de cimentación a la casa Sojo ha obtenido datos que muestran valores de la capacidad de carga que van de los 1,08 kgf/cm² a 2,37 kgf/cm². Estos cálculos indican una buena capacidad de carga del suelo de cimentación considerando el área de ocupación de los muros, con un porcentaje del 20% de los 1600 m² de área total de la construcción con un peso total de la estructura de 180.000.000 N, es decir 1800 toneladas de masa para un área de muros de aproximadamente 330 m² lo cual da un resultado de 0,54 kgf/cm² en condiciones estáticas. Esta cifra es muy inferior a la capacidad de carga calculada, además debe considerarse que no se ha registrado la presencia de napa freática hasta el 1,5 m de profundidad.

3.4 Análisis numérico

El análisis del edificio fue considerado dentro del rango elástico, considerando las cargas por peso propio y las de sismo, las cargas vivas han sido consideradas de diferente forma tanto para el primer entepiso con un valor de 300 kgf/m² (Norma E.020, 2006) como para el segundo donde solo se han considerado los efectos por peso propio, las cargas por viento no han sido tomadas en cuenta debido a la poca altura en comparación con la longitud de la estructura. El análisis sísmico informa sobre las zonas vulnerables de la edificación y la identificar los daños encontrados. Para esto se utilizó un espectro de pseudo aceleraciones de acuerdo a la norma E.030 (2018). Los parámetros utilizados fueron: factor de zona (Z=0,4); factor de uso (U=1,0), factor de amplificación sísmica (C=2,5 Tp/T < 2,5), factor de reducción por ductilidad (R=3).

El análisis por fuerzas estáticas ha confirmado la baja carga que ejerce la edificación sobre el suelo de cimentación con valores que van de 0,3 a 0,7 kgf/cm². Esto se debería a la alta difusión de muros ocupando un 20% del área construida.

4. RESULTADOS

4.1 Desplazamientos laterales

De acuerdo a los datos obtenidos, el modelo presenta un desplazamiento sísmico lateral que, de acuerdo a su altura y teniendo en cuenta el factor de reducción de ductilidad que se hace referencia en la norma E.030 (2018), se calcula un valor de 0,0015 m. Esto es un valor alto de acuerdo a la norma que estima en 0,001m como máximo el desplazamiento para estructuras flexibles como la madera. Esto explicaría los notables agrietamientos de superficies de quincha debido al exceso de desplazamiento que es necesario controlar. Estos desplazamientos se observan sobre todo en las fachadas norte y sur del edificio, posiblemente por no tener el mismo nivel de arriostramiento de la zona central quedando libres para su desplazamiento en caso de sollicitaciones dinámicas. En general, los desplazamientos sísmicos son laterales y no existe evidencia de rotaciones debido también a la geometría cuasi-simétrica de la estructura.

De otro lado también se observan desplazamientos verticales de los entepisos de las terrazas abiertas en ambas fachadas, debido a esto, en su momento se deben haber colocado los refuerzos consistentes en pórticos de acero, de manera que se eviten daños por exceso de flexión de las viguetas y el entablado, además es preciso reforzar toda esta zona por el cambio de uso que se dará con una sobrecarga mínima de 300 kgf/m² tal como se ha considerado en el presente estudio.

En general, los desplazamientos sísmicos son laterales y no existe evidencia de rotaciones debido también a la geometría simétrica de la estructura, de acuerdo a los modos de vibración obtenidos, solo se observan desplazamientos locales en puntos diversos de la estructura, tales como entresijos o zonas con muros con poco arriostramiento.

4.2 Modos de vibración

La mayor parte de los modos de vibración obtenidos mediante el análisis son de condición local y no comprometen la totalidad de la estructura ni muestra efectos por torsión significativos, se han necesitado 30 modos de vibración para obtener más del 90% de participación de la masa del edificio y poder cumplir con la norma E.030 (2018).

Tabla 2. Modos de vibración de la estructura.

Mode	Periodo	UX	UY				
1	0,873822	0,2758	0,7135	16	0,433972	0,4475	0,6415
2	0,866630	0,6807	0,0849	17	0,398525	4,8791	0,0720
3	0,739772	0,0165	9,0761	18	0,384879	0,0926	13,7353
4	0,718712	0,005	0,0490	19	0,355521	9,9842	0,1456
5	0,670961	2,5264	0	20	0,339502	0,4451	8,525
6	0,667633	8,1616	0,0388	21	0,300863	7,2632	8,5426
7	0,646724	4,2089	0,0250	22	0,295676	6,9819	7,5519
8	0,629860	0,036	1,0054	23	0,260830	7,4297	1,6282
9	0,628948	0,0027	3,4796	24	0,248785	0,6386	11,2063
10	0,562111	8,1264	0,0122	25	0,193819	2,8860	1,8860
11	0,529732	4,6742	0,0581	26	0,187606	0,9333	6,4405
12	0,522164	0,0971	11,1215	27	0,135529	0,1572	5,3155
13	0,500270	1,8746	0,0232	28	0,123153	3,3977	0,19790
14	0,484045	2,9929	0,1600	29	0,064986	1,3388	5,3262
15	0,454549	13,3069	0,0428	30	0,062812	4,7158	1,40470
				Suma Total		98,5764	98,5093

4.3 Esfuerzos en muros de adobe

Los muros de adobe no presentan altos valores de esfuerzo. Según los cálculos del modelo matemático ellos no sobrepasan los 3 kgf/cm² en corte, lo que permite afirmar que la estructura del primer piso no ha sido sobre-esforzada y que la alta densidad de muros y sus arriostramientos habrían colaborado a un buen nivel de desempeño mecánico de los muros.



Figura 4. Endentado del pilar de ladrillos cortado y daños en el muro de quincha debido posiblemente a desplazamientos fuera de su plano (crédito: H.E. Torres)

A pesar de ello, se observan en la casa, fisuras, desplomes y otros daños en forma localizada, los mismos que tendrían su origen en los desplazamientos que si son significativos debido a la fragilidad de la mampostería de adobe que es susceptible de los desplazamientos fuera de su plano y a la falta de un arriostramiento que permita dividir uniformemente los esfuerzos para menguar los desplazamientos excesivos. Prueba de ello es la rotura de los endentados en los pilares de mampostería de ladrillo en las esquinas (figura 4).

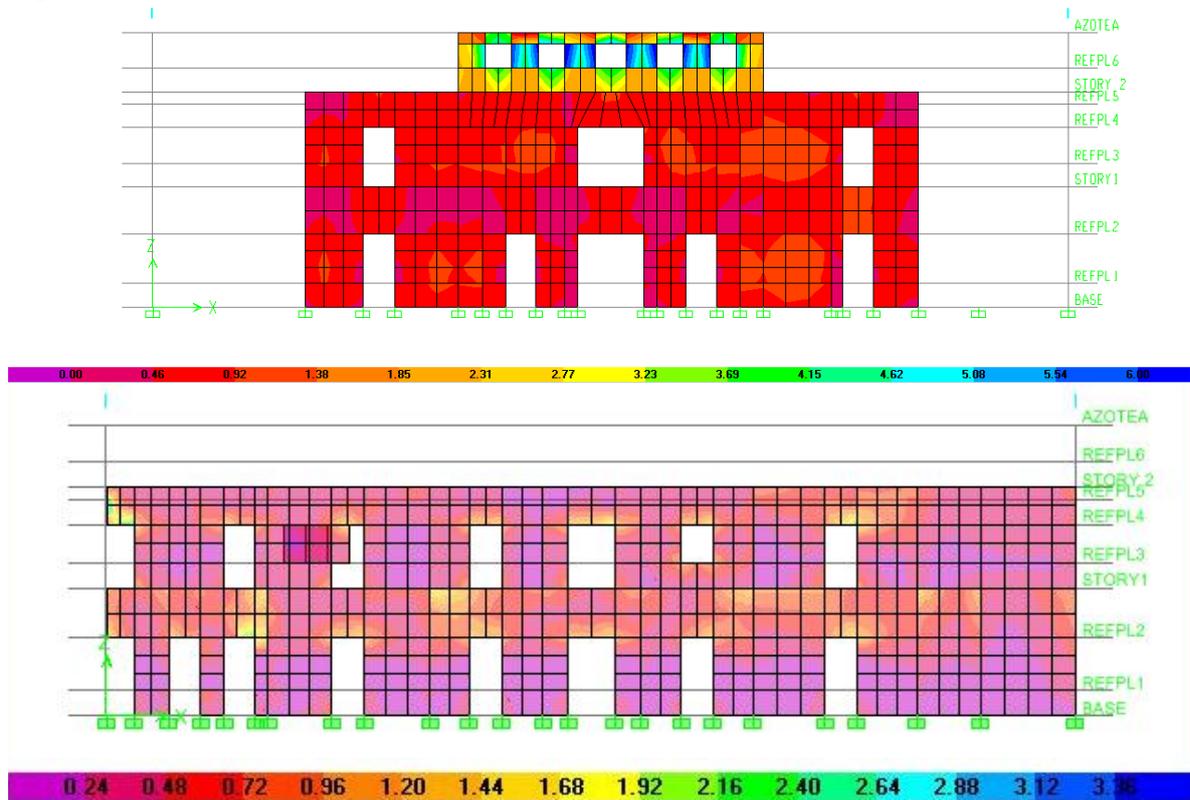


Figura 5. Esfuerzos en muros de adobe y quincha (créditos: H. Scaletti /H. E. Torres)

4.5 Muros de quincha

Los esfuerzos observados en los muros de quincha no exceden los límites máximos esperados, sin embargo dada la flexibilidad de este tipo constructivo se observan desplazamientos de hasta 20 cm que comprometen la estabilidad local de las estructuras de quincha en ciertas zonas de la planta superior, además debe comprenderse que el medioambiente juega un papel importante en el estado de conservación de los materiales, considérese que la quincha posee elementos de madera que son atacados por insectos y humedad que puede originar la pudrición de estos elementos, disminuyendo sus propiedades mecánicas y provocando a mediano plazo colapsos.

Es importante señalar que los pies derechos del armazón de la estructura de la quincha, debe permanecer en excelentes condiciones puesto que es el elemento que resiste las sollicitaciones por flexión de la estructura del segundo piso de la casa.



Figura 6. Muro de quincha con daños y vista de la estructura interna. (crédito: H.E. Torres)

5. CONSIDERACIONES FINALES

La evaluación de las estructuras de la Casa Sojo ha permitido observar el comportamiento dinámico de la estructura, se pudo certificar lo flexible de la estructura del segundo piso respecto de la del primero, debido a la diferencia en el valor de su resistencia y rigidez, además se ha comprobado la baja capacidad de los entresijos para las cargas verticales, esto principalmente debido al desgaste de las piezas de madera, tanto por exceso de cargas en el tiempo como por las condiciones medioambientales.

Los esfuerzos dinámicos calculados también han permitido concluir que los mismos no son significativos para comprometer la estructura en forma global, siendo los daños más bien locales, por ello toma importancia el estudio geotécnico encargado a la Universidad Nacional de Piura, que ha mostrado datos importantes acerca de las características del suelo que se ha citado en el subtítulo correspondiente y que señala claramente acerca de los potenciales efectos nocivos a la superestructura, es decir en el primer y segundo piso de la casa, debido a los procesos periódicos de expansión y contracción del suelo sobre el que se encuentra construida la casa, ello explicaría la notable profusión de fisuras en la mayoría de paños de la estructura en general.

Recomendaciones para la consolidación de la estructura

a) Cimentación

A nivel de la cimentación y de acuerdo al estudio geotécnico de la Universidad Nacional de Piura realizado al suelo de cimentación, deben realizarse trabajos directos, efectivos y factibles que permitan estabilizar el suelo de cimentación sobre el que están construidos los cimientos de la casa Sojo, para ello, deberían seguirse los pasos siguientes:

- Evitar la infiltración de agua de lluvias con la construcción de un sistema de drenaje en todo el perímetro de la casa, para evitar que el suelo de cimentación adquiera por permeabilidad el porcentaje de humedad suficiente para iniciar un proceso de expansión y posteriormente de contracción, cuyos cambios de volumen serían causantes de fisuras y agrietamientos al interior de la casa.
- Realizar los estudios necesarios que permitan certificar que no existe presencia de aguas subterráneas que estacionalmente causen la saturación del suelo de cimentación.
- Cambio de las características mecánicas del suelo de cimentación utilizando para ello un cementante que se incorpore al suelo o en su defecto a un cambio completo del material

arcilloso por otro que no presente características de expansión, la cantidad de suelo a reemplazar debe realizarse de acuerdo al estudio geotécnico realizado, el cual recomienda un capa de 40 cm de espesor, según el mismo estudio recomienda un material hormigonado entendiéndose por ello a un suelo granular de baja permeabilidad. Esto requiere de un estudio geotécnico especializado.

b) Muros

A nivel de la superestructura, los desplazamientos de los muros de adobes son locales y por tanto deben arriostrarse tanto en las esquinas, utilizando las escuadras de unión que se vienen empleando, así como la colocación de una viga collar continua que permita la asociación física de todos los planos de muros de adobe del primer nivel, de tal forma que la fuerza sísmica sea uniformemente repartida mejorando su estabilidad y respuesta global frente a eventos sísmicos.

Además, debe asegurarse en la zona reforzada con pilares de ladrillo que se mantenga un cierto nivel de adherencia con el muro de adobe, para que exista transferencia de esfuerzos y/o que sirvan de efectivo confinamiento como para lo que fueron diseñados.

Los muros de quincha, deben revisarse en su estructura interna, deben inspeccionarse todos los paños poniendo énfasis en los que han sufrido mayor desplazamiento y presentan desprendimiento del revestimiento de yeso, los pies derechos del bastidor así como las cañas deben estar en perfecto estado, reemplazando elementos fracturados o en pudrición evidente, utilizar un biocida para evitar el ataque de insectos xilófagos y microorganismos dañinos.

c) Entrepisos y coberturas

Debe realizarse obligatoriamente el refuerzo del entrepiso de madera para adecuarlos a los nuevos usos. Deben verificarse pieza a pieza cada una de las vigas, viguetas y entablados de tal forma que sean reemplazadas las originales por unas nuevas en óptimas condiciones, además debe proveerse un cielo raso mucho más durable, para evitar como se observa actualmente desprendimientos de secciones de empastados de yeso que pueden poner en riesgo la seguridad de los ocupantes.

Por último, las coberturas y la estructura de tijerales que lo sostienen deben revisarse y realizar el reemplazo selectivo de las piezas en mal estado de conservación, el mantenimiento de los drenajes para evitar la filtración de aguas pluviales al interior de la casa es fundamental para la conservación de adobes y morteros, material predominante en la construcción de la casa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Norma E.020 (2006). Cargas. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=171>

Norma E.030 (2018). Diseño Sismorresistente. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=4652>

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al ingeniero Dr. Hugo Scaletti Farina profesor de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú por su dedicación y asesoría para la elaboración de este estudio. De igual forma al señor Carlos Checa Leigh por las facilidades brindadas para desarrollar este trabajo.

AUTOR

Henry Eduardo Torres. Ingeniero civil. Universidad Ricardo Palma. Conservador de arquitectura arqueológica en proyectos del Ministerio de Cultura del Perú. Consultor en conservación de patrimonio arquitectónico histórico peruano. Proyectista e investigador en arquitectura de tierra. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Asesor del Centro de Estudios para Comunidades Saludables (CECOS-URP).