



INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL EN LA IGLESIA SAN PEDRO APÓSTOL DE ANDAHUAYLILLAS EN CUSCO, PERÚ

Julio Vargas¹, Rafael Aguilar², Mauricio Gonzáles³, Carolina Briceño⁴

Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú; E-mail
¹jhvargas@pucp.edu.pe; ²raguilar@pucp.pe; ³emgonzales@pucp.pe; ⁴a20084720@pucp.pe

Palabras claves: Patrimonio, Tierra, Diagnóstico Estructural, Reforzamiento

Resumen

La Ingeniería ha desarrollado en las últimas décadas nuevos criterios de diseño sísmico basados en el desempeño, que es el análisis de la estructura después de fisurada. Sin embargo, la aplicación de estos criterios, originalmente planteados para estructuras modernas, es todavía un tema de discusión cuando se estudian edificaciones históricas. Esta filosofía de diseño, sin un criterio apropiado, podría implicar soluciones de refuerzo intrusivas, y por tanto inaceptables, para cumplir los objetivos de desempeño de una obra patrimonial. Desde 1983, los criterios de diseño de estructuras históricas de tierra basados en el desempeño han sido estudiados en la Pontificia Universidad Católica del Perú y los resultados de esta investigación han originado documentos recientemente publicados, incluso como textos doctrinales de ICOMOS.

Los nuevos criterios de diseño e intervención de estructuras históricas de tierra son presentados y utilizados en el presente artículo para estudiar la iglesia de San Pedro Apóstol de Andahuaylillas. La Iglesia se encuentra ubicada a 41 km de la ciudad del Cusco en Perú. Esta Iglesia es destacada en América y es Patrimonio Nacional del Perú desde 1980. La construcción de la Iglesia se atribuye a finales del siglo XVI o inicios del siglo XVII, y debido a la belleza de sus pinturas interiores, es posiblemente la iglesia construida en tierra más importante del país y una de las más importantes de la región. La Iglesia ha sufrido una serie de intervenciones desde hace varias décadas que consistieron sólo en trabajos de puesta en valor y conservación estética. Lamentablemente, en los últimos años, se ha evidenciado una serie de problemas estructurales de carácter global y local que implican riesgos de inestabilidad estática y dinámica.

Este artículo presenta una parte del estudio estructural integral que se viene realizando en la Iglesia con el objetivo de determinar su comportamiento ante cargas de gravedad y de sismo. En el artículo se muestra el detalle de los materiales, identificación del sistema estructural y sus patologías. Se proponen también algunas soluciones estructurales urgentes para sectores específicos (estructura del presbiterio y piso del coro). Finalmente, se presentan los resultados de estudios de identificación de propiedades modales de la torre de la Iglesia, así como los resultados de modelos computacionales que se vienen desarrollando para entender su comportamiento estructural.

1. ANTECEDENTES

Históricamente, cuando los individuos toman conciencia de los valores estéticos, históricos o religiosos de una obra de arte o majestuosa que provoca sensaciones de aprecio, valoración por sus cualidades y respeto, nace la idea de realizar acciones preventivas para su cuidado o permanencia. Como precedente, milenios antes a la aparición de las cartas de conservación adoptadas por ICOMOS en el siglo XX, los conceptos de conservación de los grandes edificios públicos, obras de valor cultural religioso, de gobierno o de poder, pasaron desde la necesidad de conservarlos enterrados bajo nuevas etapas constructivas más grandiosas, en actos de respeto, temor y adoración a sus dioses como en Caral hace más de 5000 años en América (Vargas et al, 2011) hasta la sacralidad del lugar y no el edificio mismo. En él se realizaban acciones radicales, incluso demoliciones, en la época de las culturas griegas y romanas, antes de la cultura cristiana.

Como se muestra en González (2000) y Hernández (1999), en las culturas occidentales europeas de la Edad Media, las crisis políticas, los problemas socio-económicos y la falta de conciencia histórica no eran conducentes al aprecio de la arquitectura de valor patrimonial.

Hasta el siglo XIV se respetó el esplendor de las culturas clásicas, por motivos fundamentalmente filosóficos. Durante el Renacimiento aparece una corriente que se orienta hacia el testimonio greco-latino en busca de inspiración y surge una conciencia de investigación de sus monumentos. En el siglo XVIII se realizan excavaciones arqueológicas en la colina Palatina (1720), Villa Adriana (1724-1742), Pompeya (1748) y se presenta la toma de conciencia del valor documental de los edificios y la conciencia de un patrimonio artístico e histórico. En Francia, la revolución de 1789, ocasionó la reparación estilística que demolió catedrales y estatuas. Sin razón, fue iniciada la sistemática destrucción de todas las grandes estatuas del portal de la fachada de Notre Dame y la Catedral misma se salvó de milagro ya que en diciembre de 1793 estaba lista para ser demolida. Ante la observación de signos de deterioro por el uso, paso del tiempo o desastres, sublevaciones y guerras, Occidente se pregunta cómo intervenir físicamente la obra de arte desmejorada para restituir su capacidad física-estructural. Se produce el reforzamiento estructural del Foro Romano y Foro Trajano (1800). En el siglo XIX, se impone la actividad del *restauro archeologico*, que realizaba actividades para completar o consolidar los edificios culturales antiguos.

Ludovic Vitet (1830), encabeza la reacción contra la inútil destrucción de los edificios históricos de Francia. Próspero Merimeé (1834), establece un nuevo criterio, “cuando las trazas del antiguo edificio inicial han desaparecido, la decisión más juiciosa es que deben copiarse motivos análogos de un edificio de la misma época o de la misma provincia. Viollet-le-Duc (1814-1879), es el iniciador de la restauración moderna. “Restaurar un edificio no significa conservarlo, repararlo o rehacerlo, sino obtener su completa forma prístina. Proclama la idea de suprimir todos los añadidos posteriores para conseguir llevar el monumento a su unidad estilística original. John Ruskin (1819-1900), expresa con sentido purista *Restauración... significa la más completa destrucción que puede sufrir un edificio...destrucción acompañada de una falsa descripción del objeto destruido... No hablemos, pues de restauración.*

Ante la necesidad de aunar criterios y regular las intervenciones, aparecen en el siglo XX la Carta de Atenas (1931) y la importante Carta de Venecia (1964-65), que enuncia: “La restauración es una operación que debe tener un carácter excepcional”. Entre estas dos cartas, la influencia de Viollet-le-Duc, se manifestó en América y en el Perú, con casos como los de la Iglesia de la Merced en el Centro Histórico de Lima (Emilio Harth Terré. 1940), El Acllahuasi de Pachacámac (Julio C. Tello.1940-1945), Puruchuco y más tarde Huallamarca (Arturo Jiménez Borja.1953-1961) y algo posterior a la Carta de Venecia, Chan Chan (Iriarte y Zevallos, 1966-1967). En estas obras se realizan “completamientos” arquitectónicos, reconstrucciones, con criterios de lo que se da en llamar, puesta en valor. Las intervenciones tienen escaso valor estructural y nulo sentido preventivo sísmico, por ausencia de criterios de ingeniería sismo resistente. Los refuerzos eran intuitivos, no comprobados por ensayos, en nuevas versiones de métodos “prueba y error”. La ingeniería sismorresistente acelera su desarrollo recién en la década de 1960-70.

A finales del siglo XX y principios del XXI, se adoptaron otras cartas complementarias e importantes de conservación que constituyen los textos doctrinales de ICOMOS (creado en 1964) que son ajenos a la conservación en áreas sísmicas, donde la velocidad de destrucción es mayor y se presenta incluso colapsos súbitos con pérdidas irreparables. Recientemente, se integra La Declaración de Lima, 2010, propuesta Oriental y Occidental (Japón y Perú) que establece la necesidad de reforzar preventivamente el patrimonio edificado de las zonas sísmicas del mundo (ICOMOS, 2010) y aparece la propuesta de ICOMOS Perú de integrar en los textos doctrinales, los “Principios de Conservación Sismo Resistente para la Construcción Patrimonial en Tierra”. (Vargas, 2010; Vargas, 2012), en virtud de la responsabilidad de conservar en su territorio sísmico, obras culturales muy antiguas y relevantes que revelan los orígenes culturales de América, elaboradas con materiales y técnicas vulnerables como la construcción con tierra y la mampostería de piedra y tierra.

2. DESCRIPCIÓN DE LA IGLESIA

Como se aprecia en la Figura 1, Andahuaylillas es un distrito que se encuentra a 41 Km al Sur-Este de la ciudad del Cusco, Perú. La Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas se encuentra ubicada en la Plaza de Armas y tiene un área construida de alrededor de 1300 m².



Figura 1. Datos generales de la Iglesia: (a) ubicación; (b) frontis principal (www.paraconocer.com); (c) fachada principal (www.flickr.com); y (d) interior nave principal (<http://turismosos.viajaporperu.com>)

La construcción de la Iglesia data de finales del siglo XVI ó inicios del siglo XVII, lo cual se presume debido a relatos de la época (Castillo et al, 2012) y al estilo de la pintura mural existente. Como muchas Iglesias de esa época, ésta se levantó probablemente sobre un centro Inca de mucha importancia. Excavaciones realizadas en el sitio y el material usado en algunas zonas, confirmarían esta teoría.

Como se muestra en la Figura 2 la iglesia San Pedro Apóstol tiene una planta rectangular 27 m x 61 m y posee dos sectores: la nave central y el presbiterio. En el primer sector se tiene el acceso principal, el baptisterio, la torre del campanario y dos capillas laterales. En el segundo sector se ubica el Arco Triunfal y cuatro capillas laterales: la capilla del Santísimo Sacramento, la capilla de Cristo Ascensión, la sacristía y la ante-sacristía. La nave principal de la Iglesia tiene un segundo nivel donde se encuentra el coro cuyo acceso es por la torre del campanario.

La estructura de la Iglesia está conformada principalmente por muros de adobe de 2 m de ancho. La cimentación es de mampostería de piedra con mortero de barro y tiene una profundidad de 0,50 m. Existen además sobrecimientos con la misma mampostería de piedra que llegan aproximadamente hasta 1 m de altura. Los muros de adobe están recubiertos con una capa de yeso decorado de espesor variable. La estructura del arco triunfal consiste en pilares con un sistema de albañilería mixto de piedra y ladrillo de arcilla cocida y en el arco mismo que tiene una estructura de ladrillo. La estructura del techo de la nave es de “par y nudillo”, que se forma por elementos de madera dispuestos en un arreglo triangular, unidos por un madero horizontal en el tercio superior de su altura. Existen en la

nave varios tensores dobles horizontales a nivel del nacimiento de los pares. La cobertura es de teja de arcilla cocida tradicional en la zona.

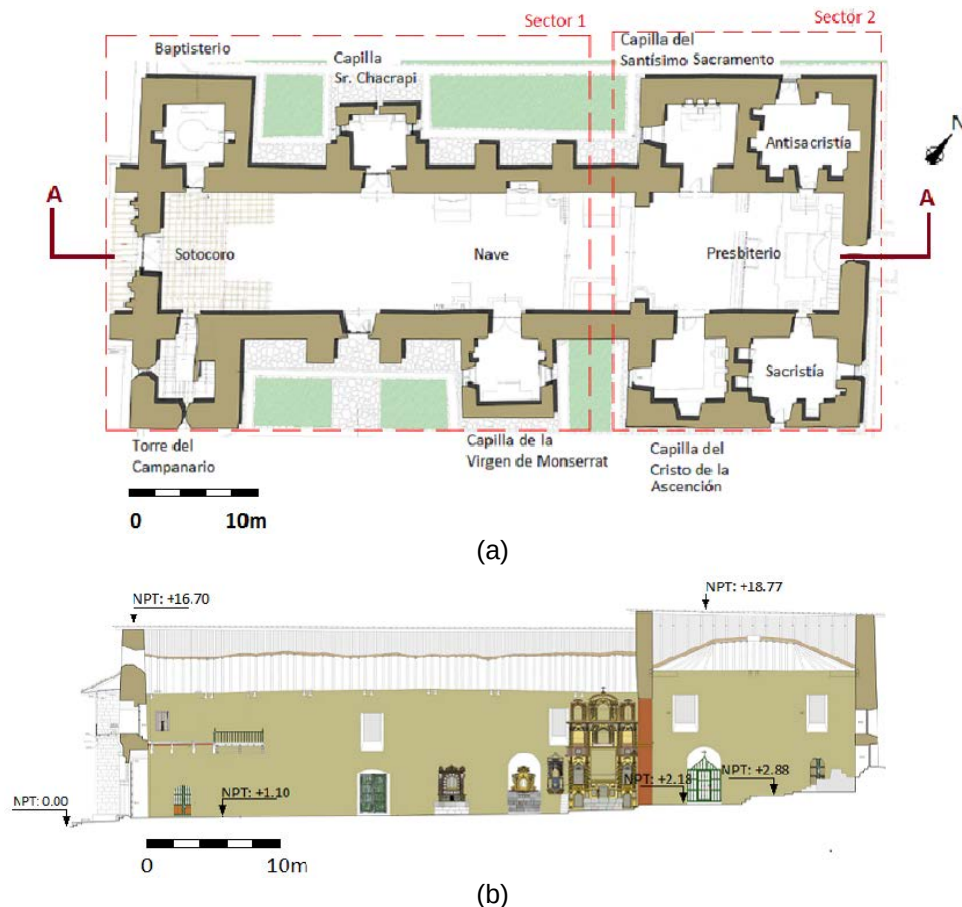


Figura 2. Detalles de la arquitectura de la Iglesia: (a) plano en planta; y (b) corte longitudinal A-A (Adaptado de Castillo et al, 2012)

3. ESTADO ACTUAL DE LA IGLESIA

Desde su construcción, la Iglesia ha pasado por una gran cantidad de trabajos de conservación, especialmente en los últimos 40 años. Por el conocimiento de la época, estas intervenciones no han reparado el estado de daño real de su estructura. Algunos muros de adobe, principalmente en la zona del presbiterio, arco triunfal y capillas, tienen fisuras importantes (Figura 3a). En general, no se evidencia la presencia de humedad.

Otra zona con deterioros importantes es el coro, la fachada y el balcón. De la inspección realizada, se puede notar el severo deterioro de los elementos de soporte (Figura 3b). En las vigas de madera originales, se aprecia una reducción de la sección debido al ataque de xilófagos. En el caso de la fachada, la viga que soporta el piso del balcón está prácticamente quebrada y muestra una excesiva deflexión (Figura 3c).

Otro problema que se observa en la nave de la Iglesia es que los tensores de madera y acero se encuentran severamente deteriorados y han dejado de cumplir su función estructural. En el caso de los tensores de madera, éstos ya no se encuentran conectados a los muros (Figura 3d), mientras que en el caso de los tensores de acero, la corrosión y poco cuidado en su instalación ha hecho posible que sus secciones efectivas se reduzcan y que sus conexiones y condiciones de frontera se aflojen y debiliten.



Figura 3. Patologías estructurales más evidentes en la iglesia: (a) grieta ubicada en la parte superior del arco triunfal; (b) deformación y desacople de canes que son parte del sistema de piso del coro; (c) tensor de madera apolillado; (d) viga aislada del sistema estructural y can fracturado en la fachada

4. SOLUCIONES ESTRUCTURALES DE EMERGENCIA

Durante la última intervención que se viene realizando en la Iglesia desde el 2010, se identificaron varios sectores con grave deterioro estructural. Después de la evaluación estructural, se decidió que las intervenciones urgentes eran en las paredes del presbiterio (incluyendo el arco triunfal) y en las vigas del coro. A continuación se detalla cada una de las soluciones planteadas.

4.1 Intervención en el Presbiterio

La cobertura interior del techo del presbiterio está compuesta por un artesanado de madera. El artesanado es una estructura de madera y barro pintado que se apoya en varias vigas soleras que forman un octógono embutido en los cuatro muros que forman el presbiterio. Desafortunadamente estas vigas no están unidas para formar un anillo de arriostre entre los muros. Los muros laterales que forman el espacio del presbiterio suben 1.50 m por encima del nivel del artesanado. Se crea así una zona de muros sin arriostre entre sí que podrían colapsar volteándose fuera de su plano debido a las fuerzas horizontales que genera el artesanado, más aún durante los eventos sísmicos.

La solución propuesta consiste en la colocación de drizas sintéticas trenzadas de 16 mm de diámetro, en forma de lazos alrededor de cada uno de los cuatro muros del presbiterio (por encima del nivel del artesanado para no dañar el enlucido decorado). Se propone colocar también sogas transversales a manera de conectores entre las drizas de caras opuestas. Estos conectores de driza trenzada de 12 mm, tendrán la función de sujetar en posición a

las sogas longitudinales que envuelven los muros para que se mantengan tensionadas.

4.2. Intervención de Tímpanos en Cobertura de Presbiterio

La cobertura del presbiterio está formada por pares y nudillos con sobre-pares para formar los aleros y aumentar la pendiente de la cobertura. Para completar el techo a dos aguas existen dos muros a manera de tímpanos o hastiales. Los tímpanos son elementos de adobe de 1,60 m de ancho y 5 m de altura en su punto más alto. Debido a poseer una estructura masiva, estos elementos son susceptibles a voltearse por fuerzas fuera de su plano originadas durante los terremotos.

La solución estructural propuesta tiene el objetivo de asegurar la estabilidad de los tímpanos ante las fuerzas de volteo ocasionadas por los sismos. Se propone un sistema que limite su movimiento y los conecte con el resto de la estructura que conforma la cobertura (pares y nudillos y sobre-pares). Los tímpanos serán atravesados en cuatro puntos por varillas de acero longitudinales que son conectadas a las vigas horizontales que enlazan los sucesivos pares y nudillos. Además se propone mejorar la conexión de la viga cumbrera asegurándola, interior y exteriormente, al tímpano con planchas de madera. De ocurrir un evento sísmico, el movimiento del tímpano hacia el exterior será controlado por las varillas de acero, mientras que el movimiento hacia el interior será controlado por la estructura del techo. Se propuso también adicionalmente, una medida de emergencia consistente en el cambio de los tímpanos de adobe por ligeras coberturas de quinchá. Cada tímpano pesa 80 toneladas y uno de ellos está apoyado sobre el arco triunfal que está fuertemente agrietado. La propuesta está siendo re-analizada por su impacto sobre la autenticidad de la estructura original. Se trata del riesgo de vida de feligreses si ocurre un terremoto fuerte.

4.3. Intervención en el Coro

En una de las últimas intervenciones realizadas, se colocó una parrilla metálica como estructura de soporte del piso del coro para controlar la excesiva deformación y aminorar los esfuerzos en las vigas de madera y entablado decorado que constituían la estructura de soporte original. La parrilla metálica se colocó sobre la estructura original (el nivel de piso terminado cambió) y funcionaba apoyándose en tres muros laterales y una armadura metálica peraltada en la zona de la baranda. El problema que se presentó fue que la armadura metálica fue cortada en otra intervención posterior y el sistema dejó de funcionar. La estructura metálica se cambiará por otra más eficiente.

La solución de refuerzo propuesta para esta zona consiste en la utilización de vigas de acero de 10 m de luz y 0,30 m de peralte, desde las cuáles se colgarán las vigas antiguas de madera. Las vigas se arriostrarán transversalmente con las correas metálicas que soportará el entablado superior actual.

5. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ESTRUCTURAL INTEGRAL

El estudio estructural integral de una edificación histórica debe considerar tres etapas consecutivas: la recopilación histórica, el diagnóstico y el planteamiento de propuestas de intervención. La primera etapa consiste en los estudios necesarios para entender el valor histórico del bien que se estudia. La segunda etapa consiste en las visitas para identificación de materiales y patologías, ensayos en laboratorio, pruebas no destructivas en campo y análisis con modelos computacionales que se hacen para entender el sistema estructural e identificar los fenómenos que originan deterioro en la edificación. La tercera etapa es la consecuencia de la primera y segunda, y consiste en el planteamiento de medidas para solucionar los problemas específicos encontrados y para mitigar el daño que pueda ocurrir en caso de eventos extremos como son los sismos.

En el contexto de la segunda etapa de estudios de diagnóstico, en la Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas se consideró la aplicación de ensayos no destructivos de identificación modal. Estos ensayos consisten en la medición de las aceleraciones en algunos puntos de la estructura para determinar sus características dinámicas (frecuencias

naturales, amortiguamiento y modos de vibración). Además, en esta etapa se ha considerado la elaboración de modelos computacionales en el rango lineal para entender el comportamiento de la estructura de la Iglesia.

Los ensayos de identificación modal han sido utilizados para estudiar otras construcciones históricas de tierra (Aguilar et al, 2013a) y han demostrado ser de gran utilidad porque permiten incluso determinar el estado del daño existente. El objetivo del trabajo realizado en la Iglesia era determinar sus características dinámicas experimentalmente para calibrar el modelo computacional, así como para determinar el grado de conexión existente entre la nave principal y la torre del campanario.

Se realizó una campaña de medición de vibraciones ambientales (en los cuales se considera como única fuente de excitación el ruido del medio ambiente) en la torre de la Iglesia utilizando cuatro acelerómetros (Figura 4a). Se realizaron medidas del movimiento en el plano horizontal de la torre con ocho puntos de medida en configuración biaxial. Los resultados de las primeras tres frecuencias naturales y modos de vibración se presentan en la Figura 4b. Estos resultados, conforme lo esperado, muestran que los dos primeros modos corresponden a movimientos traslacionales y que el tercer modo corresponde a un movimiento de torsión. Además, utilizando como criterio de evaluación la concordancia de las formas modales, es posible concluir a partir de estos resultados que existe una razonable conexión entre las paredes laterales que conforman la torre del campanario (Aguilar et al, 2013b).

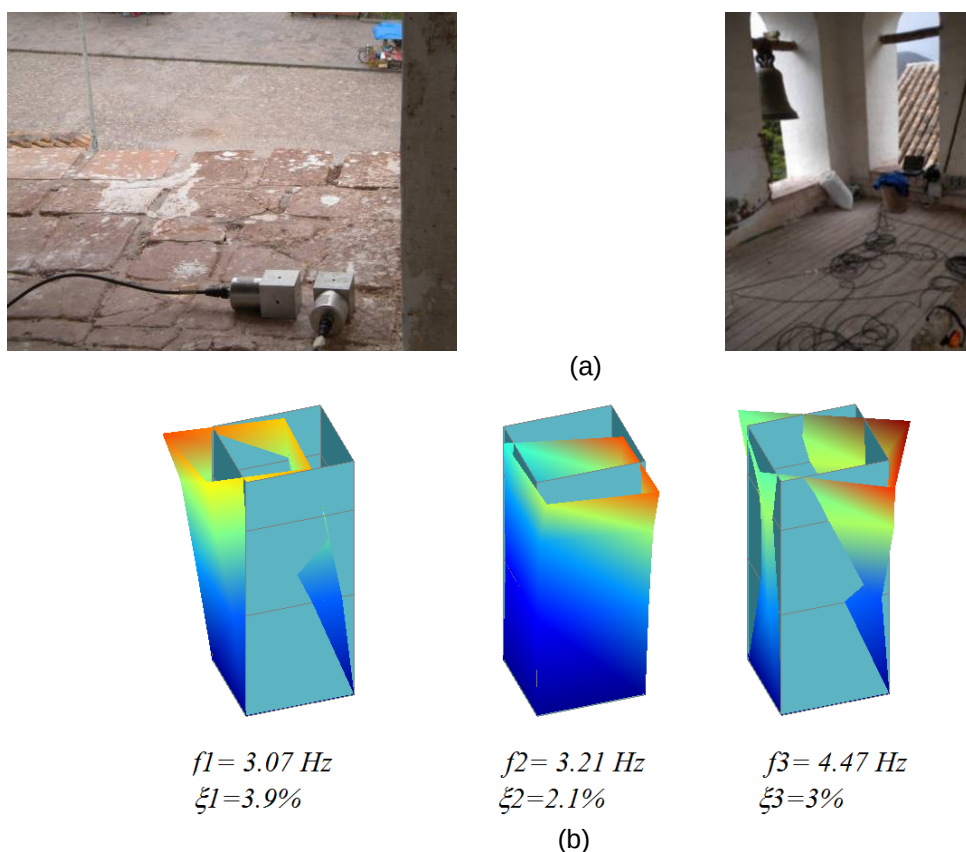


Figura 4. Ensayos experimentales de identificación modal en la Iglesia: (a) sistema de medición de vibraciones; (b) resultados de las primeras tres modos de vibración (adaptado de Aguilar et al, 2013b)

El modelo computacional en elementos finitos de la Iglesia (Figura 5a) se construyó utilizando el programa SAP2000 (SCI, 2012). Los muros de adobe y piedra, así como el arco triunfal y contrafuertes, se representaron mediante elementos sólidos, mientras que las vigas y pisos de madera mediante elementos lineales y lámina, respectivamente. La estructura del techo no fue modelada debido a la complejidad de simular la rotación relativa y deslizamiento que experimentan sus conexiones (D' Ayala; Fonseca, 2012). Sin embargo, en su lugar se aplicaron cargas equivalentes, verticales y horizontales, que representan el peso

y empuje que ejerce la estructura sobre las paredes de la Iglesia. Asimismo, no se modelaron los tímpanos ubicados sobre el muro testero, el muro en la entrada principal y el arco triunfal, para evitar la formación de modos locales.

Los resultados del análisis de cargas de gravedad (Figura 5b) muestran que existen zonas de concentración de esfuerzos de compresión principalmente en la base de muros, base de contrafuertes y arco triunfal. Los resultados en el arco triunfal (Figura 5c), muestran esfuerzos de compresión en su parte central pero también esfuerzos de tracción en el intradós y cara lateral. Estos últimos resultados corresponden precisamente al patrón de fisuración observado en campo en este elemento estructural.

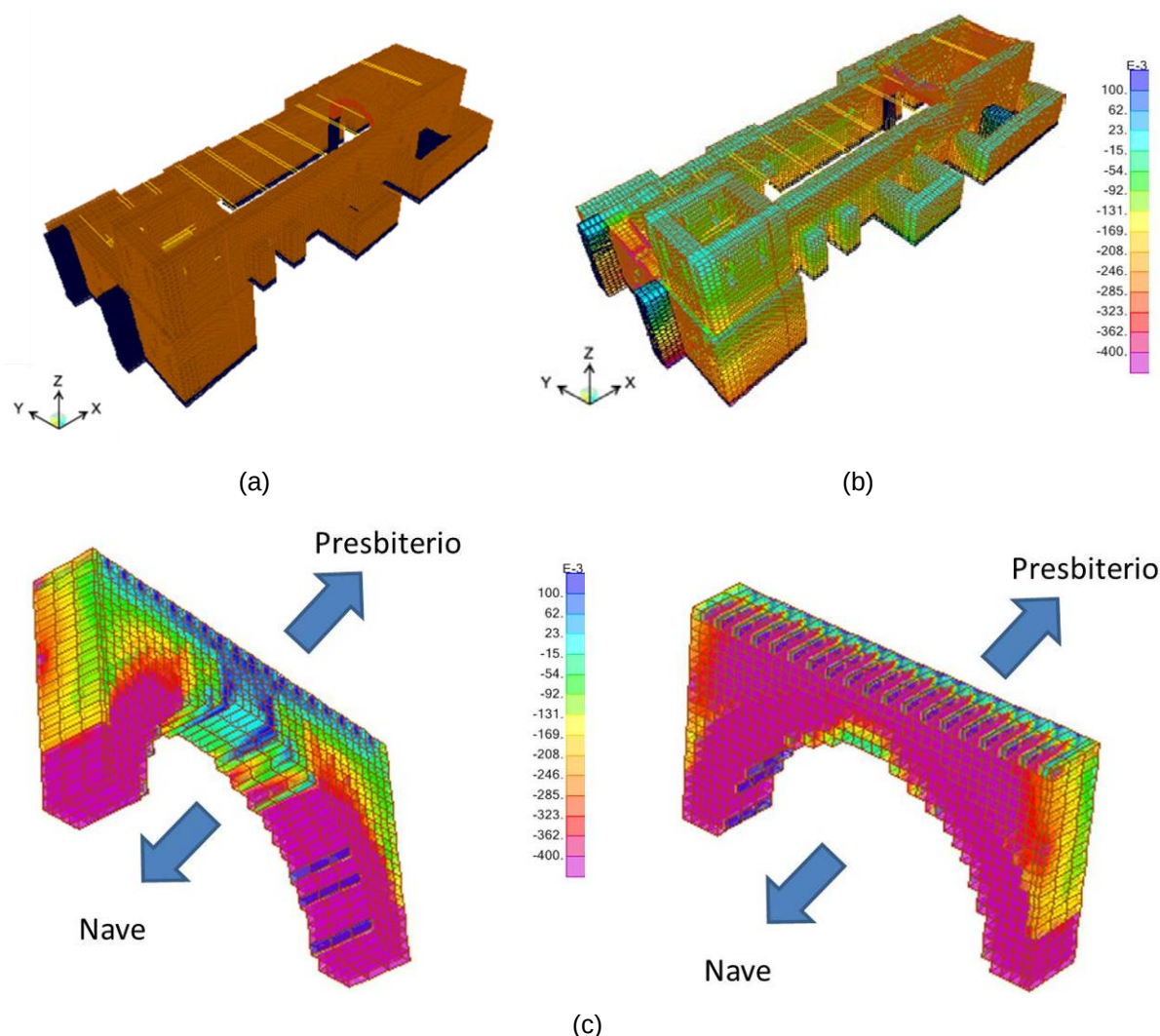


Figura 5. Análisis en elementos finitos de la Iglesia: (a) modelo computacional; (b) esfuerzos por cargas de gravedad; y c) esfuerzos por cargas de gravedad en el arco triunfal (resultados en MPa)

A continuación, se estudió la respuesta dinámica analítica de la Iglesia para lo cual se realizó el análisis modal del modelo en elementos finitos. El objetivo de este análisis era obtener la misma respuesta que fue medida con los ensayos experimentales in-situ. Para ello, se procedió a realizar una calibración preliminar del módulo de elasticidad del material y se obtuvo un valor mejorado que permitió replicar, en el modelo numérico, los resultados experimentales. Como se ve en la Figura 6, los valores del modelo computacional mejorado (sexto, séptimo y décimo modo de vibración) corresponden a lo determinado experimentalmente. Los resultados del análisis numérico muestran que los primeros modos corresponden al movimiento local del presbiterio (arco triunfal y paredes laterales) mientras que los que implican movimiento de la torre y el resto de la estructura se encuentran a partir del sexto modo.

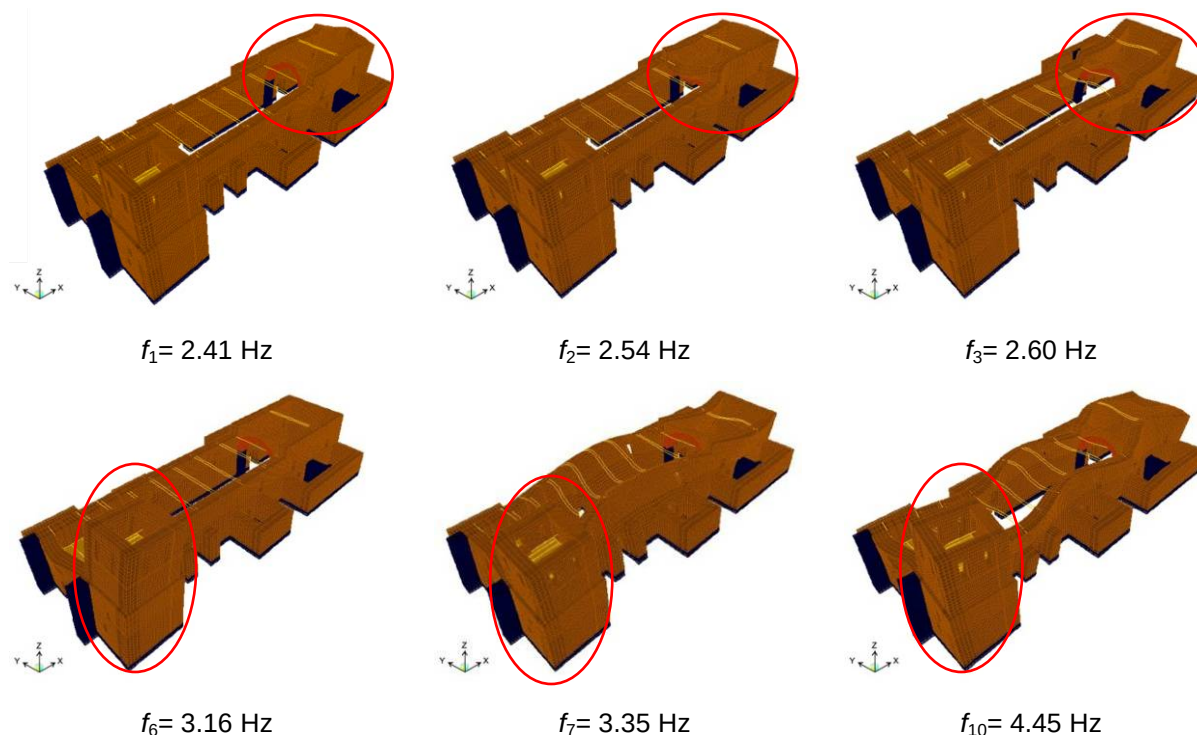


Figura 6. Resultados del análisis modal de la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas

El modelo numérico de la Iglesia se encuentra aún en su etapa preliminar. En la construcción de los modelos aún se han considerado suposiciones como por ejemplo que los tirantes están cumpliendo sus funciones (cosa que probablemente no suceda por lo observado en campo). El trabajo futuro está orientado a estudiar el comportamiento de la Iglesia mejorando la representación del estado real de daño y a la realización de análisis no lineales (incorporando la capacidad de disipación de energía del material) para estimar su comportamiento ante eventos sísmicos. Una vez concluidos todos estos análisis, recién se podrá diseñar una estrategia y plantear soluciones adecuadas para reforzar la Iglesia.

6. CONCLUSIONES

El proyecto y reparación de la Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas, en un proceso de varios años y constituye un caso que el tiempo ubicó en el punto de inflexión entre la aplicación de los métodos de conservación tradicionales y los modernos, basados estos últimos en criterios de diseño de desempeño, con utilización de refuerzos para lograr el control de desplazamientos y evitar los colapsos sísmicos.

Conocimiento profundo de los valores de la Iglesia, mínima intervención, refuerzos compatibles y soluciones reversibles, son los pilares de esta nueva tendencia mundial, de la cual el Perú es protagonista, por el carácter sísmico de su territorio.

El uso de modernas herramientas de análisis, criterios de reforzamiento preventivo de vanguardia y experiencia artesana ancestral, convergen para lograr concederle al templo la durabilidad que se merece.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, R.; Ramos, L. F., Torrealva, D.; Chácara, C., (2013a). Experimental modal identification of an existent earthen residential building, *5th International Modal Analysis Conference IOMAC*, Guimaraes, Portugal.

Aguilar, R; Sovero, K.; Martel, C.; Chácara, C.; Gonzales, M.; Boroschek, R. (2013b). Técnicas avanzadas para la protección sísmica del patrimonio existente. *BIT La revista*

técnica de la construcción, Santiago de Chile.

Castillo, M., Kuon, E., Aguirre, C.; (2012). *San Pedro Apóstol de Andahuayllillas – Guía de visita*, Cusco: Ed. Asociación Jesús Obrero – CCAIJO, Andahuayllillas.

CSI (2012). Computer and structures Inc., SAP2000." from <http://www.csiberkeley.com/>.

D'Ayala, D.; Fonseca, C. (2012). Seismic assessment and retrofitting of peruvian earthen churches by means of numerical modelling. *15th World Conference on Earthquake Engineering*, Lisbon, Portugal.

González, I. (2000). *Conservación de bienes culturales: teoría, historia, principios y normas*, Madrid: Cátedra.

Hernández, A. (1999). *Documentos para la historia de la restauración*. Zaragoza: Departamento de Historia del Arte, Universidad de Zaragoza.

ICOMOS. *Declaración de Lima*, 2010. www.icomos.org/en/charters-and-texts.

Vargas, J. (2012). El patrimonio cultural en tierra del Perú y la influencia de los desastres en su historia. Una propuesta de conservación. *XI Conferencia Internacional sobre el Estudio y Conservación del Patrimonio Arquitectónico de Tierra*. Terra 2012, Lima, Perú.

Vargas, J. 2010. The conservation of earthen architectural heritage in seismic areas. *7th International Conference on Structural Analysis of Historic Constructions*. SAHC 2010. Shanghai. China.

Vargas, J.; Iwaki, C.; Rubiños, A. et al, (2011). Evaluación estructural del edificio Piramidal La Galería. *Proyecto Especial Arqueológico Caral-Supe*. EEUU: Fondo del Embajador.

Currículo

Julio Vargas es profesor principal de la PUCP, Ingeniero, especialista de construcciones de tierra, miembro de los comités científicos ISCEAH, ICORP, ISCARSA e ISCS de ICOMOS y miembro del Comité Consultivo de la Red Iberoamericana PROTERRA y miembro de ICOMOS Perú.

Rafael Aguilar es Doctor en Ingeniería Civil y profesor asociado del Departamento de Ingeniería de la PUCP. El profesor Aguilar dirige el grupo de investigación de monitoreo e instrumentación de construcciones históricas SHM-PUCP cuyas áreas principales de investigación son el análisis estructural de edificaciones existentes, monitoreo de estructuras y diagnóstico y conservación del patrimonio histórico.

Mauricio Gonzáles y Carolina Briceño son estudiantes de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la PUCP y miembros del grupo de investigación SHM-PUCP.