

CONSIDERACIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DEL TEMPLO CONCEPCIÓN LA CONQUISTADORA DE SALCAJÁ

F. J. Quiñónez¹, E. V. Ayala², M. R. Corzo³, J. Quiñónez⁴

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,

¹javierquinonez@yahoo.es; ²virgilioayala@yahoo.com; ³sabandijaretorcida@yahoo.com.mx

Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, ⁴javierquinonez@gmail.com

Palabras clave: adobe, tierra comprimida, consolidación estructural, patrimonio histórico, ermita

Resumen

El Templo Concepción la Conquistadora de Salcajá es el resultado de la evolución de la primera ermita construida en el Reino de Guatemala (Centro América) en la época colonial; la construcción data de 1524, contiene en su interior los retablos posiblemente más antiguos de Centroamérica y la primera virgen traída del viejo continente; es una joya arquitectónica invaluable en Guatemala y de allí deriva la importancia de su conservación. En el año 2002 se realizó un análisis del estado del templo y se presentó una propuesta para su consolidación estructural. Para hacer la propuesta fue necesario reflexionar sobre la importancia de entender el funcionamiento estructural de la construcción original y el mecanismo de transmisión de fuerzas concebido por sus diseñadores y constructores. Además, se analizaron los factores que pudieron haber modificado el diseño original y afectado la seguridad estructural, en función de los sismos, hundimientos del suelo, deterioro por intemperismo, agentes químicos, acción de la humedad y erosión por lluvias, así como por las modificaciones hechas a lo largo de los años. Para la propuesta de consolidación se trabajó en tres etapas: a) descripción del templo; b) diagnóstico del estado de las estructuras en 2002 e identificación de sus debilidades y c) propuesta para su consolidación estructural. El templo fue intervenido durante los años 2002 y 2003, aplicando la propuesta planteada. Se consideró oportuno hacer una evaluación del estado de las estructuras en el año 2015, después de 12 años de la intervención, tiempo durante el cual la edificación ha estado en servicio sin daños por los fuertes sismos que han ocurrido en los alrededores, originados por los desplazamientos de la Placa Tectónica de Norteamérica y la del Caribe, así como por la concurrencia de la Placa de Cocos. El templo se encuentra en buen estado, considerándose exitosa la propuesta implementada en el año 2002. En este trabajo se incluye un resumen de la propuesta para la consolidación y la evaluación de su estado en el año 2015.

1 INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta el análisis del estado del Templo Concepción la Conquistadora de Salcajá, Quetzaltenango, en el occidente de Guatemala, en el año 2002, la propuesta de su consolidación estructural en el mismo año y una evaluación visual del estado del templo realizada en mayo de 2015.

En el análisis del estado del templo en el año 2002, se tomó en cuenta que el edificio fue construido en un tiempo largo y con frecuentes y prolongadas interrupciones. Esto condujo no solo a diferencias de estilos y de formas, sino de soluciones estructurales y materiales, además, a lo largo de los años o siglos anteriores, este edificio ha sido sometido a reparaciones o a modificaciones que pueden haber alterado su comportamiento estructural.

Siguiendo las recomendaciones de Meli (1998), lo primero fue reproducir una representación gráfica y numérica de las estructuras, principalmente las dimensiones de los elementos estructurales y la interrelación que tienen entre sí. La inspección y levantamiento permitieron detectar irregularidades geométricas y constructivas, así como daños o signos de comportamiento deficiente. En adición, fue importante conocer la calidad de los materiales y su estado de daño o deterioro, lo cual se realizó de manera cualitativa por inspección visual o por percusión sobre los elementos. Sin embargo, fue oportuno contar con determinaciones cuantitativas de las características y propiedades de los materiales mediante pruebas de laboratorio y en sitio. La técnica que más se utilizó fue la extracción de testigos en lugares

que se consideraron menos esenciales en las estructuras. De estos testigos se cortaron probetas que luego fueron ensayadas en el laboratorio.

Aunque un estudio histórico y arqueológico más profundo hubiera sido beneficioso, las presiones de tiempo y la falta de registros imposibilitaron tener abundante información. Para realizar el diagnóstico se contó con determinaciones directas de las condiciones actuales de los materiales y los elementos estructurales, el estado de daño y las alteraciones que presentaba el edificio. Se realizó también un estudio analítico para determinar, de forma más confiable, las sollicitaciones que actúan sobre la estructura y la capacidad de ésta para resistirlas. Se encontró que las amenazas más significantes sobre las estructuras del templo fueron la humedad provocada por las aguas de lluvia que caían directamente o bien por escorrentía y el efecto de los sismos. Así que las recomendaciones para mejorar el comportamiento estructural fueron dirigidas a disminuir el riesgo por esos dos factores (humedades y sismos).

Luego del diagnóstico de las condiciones de seguridad y de la identificación de las debilidades, se presentó una propuesta para la consolidación estructural del templo, la cual fue bien recibida por la Municipalidad de Salcajá y contó con la resolución aprobatoria de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes, habiendo sido ejecutada durante los años 2002 y 2003.

Se consideró oportuno hacer una evaluación del estado actual de las estructuras en mayo de 2015, después de 12 años de la intervención, tiempo durante el cual la edificación ha estado en servicio y fuertes sismos han ocurrido en los alrededores. En este artículo se resume la descripción de las partes que componen las estructuras; la identificación de las debilidades encontradas en las mismas; las recomendaciones para su consolidación y los resultados de la evaluación visual de su estado actual en mayo de 2015. El templo se encontró en buen estado general, considerándose exitosa la intervención hecha en el año 2002, ya que los recientes sismos ocurridos no lo han dañado y el interior del mismo se encuentra libre de humedad. El inmueble se utiliza para los servicios religiosos rutinarios con eficiencia y prestando una atracción turística muy importante que beneficia a los pobladores del Municipio de Salcajá, en el departamento de Quetzaltenango.

2. DESCRIPCIÓN DEL TEMPLO

El templo se compone fundamentalmente de dos partes: la Nave Principal y el Altar Mayor (Quiñónez, 2002), cada uno de los cuales se describe en los numerales 2.1 y 2.2. Se sugiere observar las figuras 1 a 3, para una ilustración inicial.

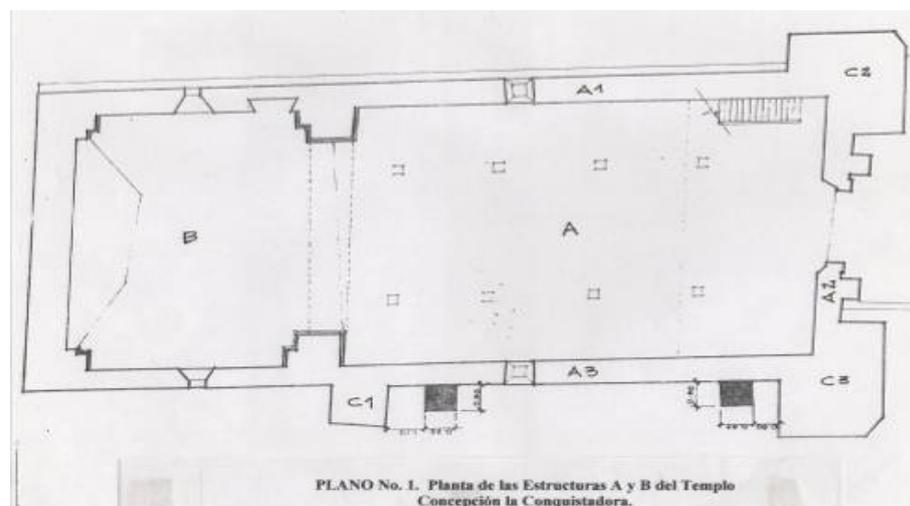


Figura 1. Plano de planta del Templo Concepción la Conquistadora (Quiñónez, 2002)

↓
N

2.1. La Nave Principal

La Nave Principal del templo está identificada en la figura 1 con la letra A. Es un ambiente constituido por tres grandes muros de tierra sobre los cuales se apoya parte de la estructura del techo. Son elementos estructurales también las columnas centrales que soportan la mayor parte de la estructura del techo. Los elementos estructurales de la Nave Principal son la cimentación, los muros y el techo.

La cimentación de los muros de la Nave Principal es a base de piedra, en dimensiones que promedian entre 0,90 m de ancho y 1,25 m de altura. El tipo de suelo de acuerdo a la morfología del lugar, el tipo de vegetación y las calas realizadas, puede predecirse que es en general un limo de origen volcánico.

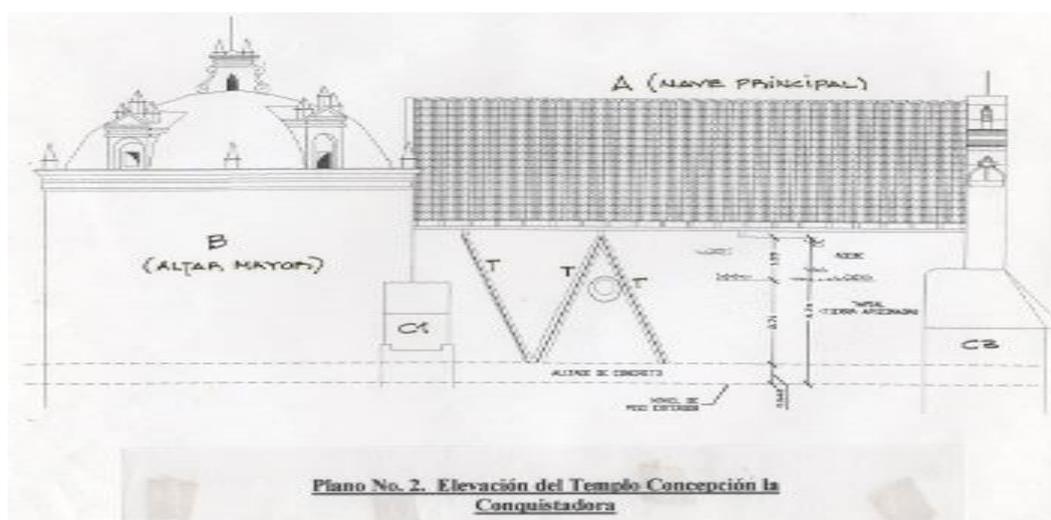


Figura 2. Plano de elevación de la fachada lateral norte del Templo Concepción La Conquistadora, (Quiñónez, 2002)

Los muros de la Nave Principal están formados por paredes de tapial (tierra compactada) construidas sobre la cimentación hasta una altura de 2,70 m y luego con levantado de mampostería de adobe no reforzada hasta 4,75 m de altura total. Los muros laterales así formados e identificados en la figura 1 como A1 y A3 tienen una longitud de 15,0 m y un espesor de 0,8 m. El muro A2 tiene una longitud de 11,0 m y una altura variable, en promedio de 6,0 m y su espesor es de 0,8 m, constituyendo la fachada frontal del templo. El muro A3 tiene construido un contrafuerte identificado en la figura 1 como C1, mientras que el muro A1 no lo tenía antes del 2002. Los muros A1, A2 y A3, tienen contrafuertes en la fachada frontal, los cuales se identifican en la figura 1 como C2 y C3. Estos contrafuertes fueron aparentemente construidos en época diferente a la construcción original, como producto de las posibles destrucciones del Templo por los temblores o terremotos característicos de la localidad.

Los muros A1 y A3 tenían antes del año 2002, en la parte inferior tanto interna como externa, unas vigas de concreto a las cuales estaban anclados unos tensores que atravesaban el muro en toda su altura en forma diagonal. Los tensores estaban unidos a tacos de madera que se ubicaban en la parte inferior de los rieles de madera que conformaban parte de la corona de los muros. Estos tensores se pueden observar en la figura 2 y se identifican como T. Los tensores evidenciaban muestras claras de deterioro por oxidación; y evidentemente eran resultado de una intervención de no muchos años atrás.

El techo está formado por una estructura de madera aserrada, sobre la cual descansa la cubierta de tejas de barro cocido, muchos de esos elementos estructurales de madera y gran parte de las tejas estaban totalmente inservibles antes del año 2002. La estructura del techo es de dos aguas, con pendientes hacia el norte y sur.

2.2. El Altar Mayor

La estructura del Altar Mayor se identifica en la figura 1 con la letra B. Esta estructura es completamente diferente en materiales, método constructivo, geometría y tipología en relación a la estructura de la Nave Principal (A) que ya se describió en el numeral 2.1. Los elementos estructurales del Altar Mayor son la cimentación, arcos de mampostería y el techo.



Figura 3. Estado del templo (Quiñónez, 2015)

La cimentación del Altar Mayor es a base de piedra. Como en el caso de la cimentación de la Nave Principal, ya que el tipo de suelo que se encuentra en el lugar es de las características que se indicaron en el numeral 2.1., se consideró que la cimentación era adecuada para la estructura que soportaba.

El sustento del techo es una estructura formada por cuatro arcos de mampostería no reforzada de piedra, dispuestos de manera simétrica; un sistema muy conocido de la época colonial. Los tres arcos ubicados hacia el exterior del templo tienen cerramientos de mampostería, los cuales, a juzgar por la apariencia del edificio, debieron haberse construido posteriormente a la construcción original. El otro arco que se sitúa hacia el interior del templo, se presenta como supuestamente fue construido originalmente, totalmente abierto y es lo que permite que el ambiente del Altar Mayor tenga continuidad con la Nave Principal.

La cubierta del Altar Mayor está formada por una cúpula construida con ladrillos de barro cocido y piedra, la cual se sustenta en cuatro pechinas que a su vez descansan en los arcos y en los pedestales de mampostería no reforzada de piedra. En la figura 2 se puede observar el plano de elevación lateral de las estructuras A y B.

3. CONSTRUCCIÓN CON ADOBE Y TIERRA COMPACTADA EN GUATEMALA

Por la naturaleza de este evento, la atención se centra en la Estructura A. De acuerdo con los registros que hicieron Marroquín y Gándara (1982), el sistema de construcción con tierra prevaleciente en Guatemala es el adobe; el tapial (tierra compactada) es un sistema que aunque fue el primero utilizado para la construcción de la Nave Principal (A) del Templo Concepción La Conquistadora, pareciera que quedó relegado fundamentalmente para la construcción de paredes divisorias de terrenos o linderos, cuestión que es fácilmente observable en la actualidad en las cercanías del municipio de Salcajá. De tal suerte que en el mismo lenguaje diario es común referirse a un tapial de adobe, lo cual en el lenguaje de la localidad significa una pared divisoria o muro lindero de adobe; aunque existen muchas paredes o muros lindero de tierra compactada. Esa situación se ha generalizado para otras zonas del país (figura 4). Aunque deben existir muchas viviendas de tapial, no es fácil identificarlas por los revestimientos utilizados. De hecho en la tipología regional de la vivienda en Guatemala, Marroquín y Gándara (1982) definen un material denominado 2a

tapial, haciendo referencia a un muro de carga sin refuerzo para el cual se utiliza el mismo material para la cimentación, de buena adecuación sísmica y climática, pero de difícil identificación, confundiendo con el adobe. Este sistema constructivo fue perdiéndose en Guatemala, confundiendo con el de adobe, que es el sistema constructivo prevaleciente en la construcción con tierra, mientras que el sistema de tierra compactada no se utiliza en la actualidad.



Figura 4. Muros lindero contruídos de tierra compactada en Antigua Guatemala (Quiñónez, 2015).

Existe un trabajo experimental de laboratorio (Godoy, 1983), en el cual se elaboraron muros de tierra compactada con material volcánico liviano muy abundante en Guatemala (arena pómez), combinado con otro denominado “talpetate”, cuya composición fue de 70% de limos con 30% de arcilla (utilizado para la construcción de la cimentación de viviendas en muchas zonas de Guatemala). La composición de las mezclas utilizadas fue de 66% de agregados de pómez con 34% de talpetate, con las cuales se obtuvieron por el proceso de evaluación Proctor, densidades secas máximas de 1277 kg/m^3 y un contenido de humedad óptimo de 21,9 %. Los pesos volumétricos de los materiales que intervinieron fueron: arena pómez 872 kg/m^3 y para el talpetate de 1072 kg/m^3 .

Cuando estos suelos se estabilizaron con 5% de cemento Portland, la humedad óptima se redujo al rango de 11-13%. Obviamente la energía de compactación y el espesor de las capas fueron variables muy influyentes, sin embargo, a manera de orientación los valores de esfuerzos a compresión en muros a escala que guardaron una relación altura/espesor de 8, presentaron valores de esfuerzos de compresión del orden de 1,5 MPa a 1,8 MPa y esfuerzos cortantes que oscilaron entre 0,25 MPa y 0,35 MPa. Otra variable estudiada fue el efecto de la adición de fibras vegetales. Para el caso de muestras de tapial obtenidas de la Estructura A del Templo de Salcajá, se obtuvieron pesos volumétricos que oscilaron entre 1019 kg/m^3 hasta 1395 kg/m^3 ; se pudo comprobar que la combinación era aproximadamente la misma en materiales y proporciones que el estudio de laboratorio. Por otra parte se obtuvieron valores de esfuerzos a compresión que oscilaron entre 0,54 MPa y 0,77 MPa; la diferencia entre éstos y los obtenidos en el laboratorio se atribuye a la falta del aglomerante; probablemente a las diferencias en la energía de compactación y a los contenidos de humedad. Mientras que los valores de los esfuerzos de corte en el material extraído del Templo oscilaron entre 0,15 MPa y 0,24 MPa, considerándose la diferencia debido a los mismos factores que ya se mencionaron para el caso de los esfuerzos de compresión.

Los valores de esfuerzo a compresión de las muestras de adobe extraídas del Templo oscilaron entre 1,0 MPa y 3,89 MPa, habiéndose establecido una variabilidad muy fuerte en los resultados, atribuible a la falta de uniformidad de las unidades. Estos adobes, como los que actualmente se utilizan en Guatemala, están hechos de una combinación de arenas y limos, escasamente contienen arcilla y es el motivo de resistencias muy variables, generalmente de valores bajos y de inadecuado comportamiento ante eventos sísmicos; además los resultados están influenciados por los procesos de elaboración.

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS DEBILIDADES DE LAS ESTRUCTURAS

Luego de haber tenido una descripción de los elementos y materiales que componen las estructuras, de haber realizado una investigación histórica y arqueológica limitada por los aspectos que ya se indicaron; de las inspecciones visuales y de los ensayos de laboratorio, se hizo un diagnóstico de su estado del Templo en el año 2002.

4.1. Estructura A

La construcción de los contrafuertes de la fachada frontal, a pesar de su desproporción con relación a las dimensiones del Templo, se consideró que producían una muy buena función de estabilidad ante sismos debido a su masa. No se consideró así para el contrafuerte que se ubicaba entre las estructuras A y B, pues debía funcionar únicamente para la estructura A.

Las esquinas de unión de los muros longitudinales con el muro de la fachada frontal se consideraron deficientes por las fisuras que presentaban, aunque esta debilidad se pensó que estaba suplida en gran parte por los contrafuertes.

Debido al tipo de suelo, no se consideró necesario hacer una intervención por debajo de los contrafuertes para garantizar la estabilidad de los mismos, sin embargo, si se consideró que debieran ser consolidados con inyecciones de lechadas en las grietas y la estabilización en la base de los mismos, con una adecuada protección contra aguas de escorrentía.

No se encontró una explicación lógica de la disposición de los tensores de acero; una consecuencia de una intervención anterior, la cual fue dejada sin concluir. Contrariamente a ello, se consideró que debido a la integración de las cargas y al establecimiento de los esfuerzos que se producían en los muros de tierra de la estructura A, los tensores no eran necesarios, siendo muy importante la reparación de las aberturas donde ellos se ubicaban, tanto en la parte interna como en la parte externa de los muros de la estructura A.

La estructura del techo y la cubierta de la estructura A estaban fuertemente dañadas. Se consideró necesario cambiar las partes deterioradas y favorecer la evacuación inmediata de aguas de lluvia para evitar el ingreso de humedad hacia el interior de la estructura A.

4.2. Estructura B

Toda la estructura B estaba conformada por materiales frágiles no reforzados, lo cual presentaba el riesgo de fallas bruscas que podrían conducir a el colapso. La cimentación, así como los arcos y las pechinas no estaban en condiciones críticas. Sin embargo, la cúpula que constituía la cubierta estaba deteriorada y fuertemente agrietada, permitiendo un deterioro progresivo de los materiales y el ingreso de aguas de lluvia hacia el interior. Se consideró que era necesario intervenirla e impermeabilizarla con productos naturales, así como restablecer los medios para la evacuación inmediata de aguas de lluvia para evitar el acceso de humedad hacia el interior del Altar Mayor. Además, era necesario proporcionar un mecanismo de refuerzo dúctil de toda la estructura para garantizar su estabilidad ante sismos y aún ante los empujes laterales de las cargas estáticas.

4.3. Unión entre las Estructuras A y B

Las uniones que pretendían tener una continuidad entre las estructuras A y B se consideraron deficientes ya que dos estructuras construidas en épocas diferentes, con sistemas constructivos diferentes, materiales diferentes y con masas diferentes, debieran actuar separadamente por razón de sus propias inercias.

4.4. Contorno de las estructuras A y B

Se consideró que las aguas de lluvia, así como la penetración superficial de humedad al nivel del suelo, hacia las estructuras A y B era un factor determinante para el deterioro de los materiales de las dos estructuras (figuras 5 y 6). Se pensó que el aislamiento de las estructuras de la humedad era lo primordial en este caso.



Figura 5. Estado del templo
(Quiñónez, 2002)



Figura 6. Templo durante el proceso de consolidación
(Quiñónez, 2002)

5. PROPUESTA DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El esquema de la propuesta con fines de estabilización estructural e intervención incluyó consideraciones sobre los siguientes aspectos:

- a) Mínima alteración del monumento histórico y reversibilidad de la intervención
- b) Aplicación de soluciones basadas en informaciones de campo y de laboratorio
- c) Eficacia en la reducción de los riesgos
- d) Costo y dificultades de la intervención
- e) Intervención rápida para la estabilización de las construcciones

Las estrategias para definir las propuestas de reforzamiento estructural fueron:

- a) Comportamiento de la estructura desde una perspectiva global
- b) Los edificios deberán considerarse actuando como una unidad, preferentemente
- c) Medidas aisladas, sobre-reforzamientos y excesos de rigidez, deberán evitarse

Como es obvio, para cada una de las debilidades identificadas y descritas anteriormente, se propusieron las soluciones, que se resumen en los numerales 5.1. a 5.3.

5.1. Estructura A

En los muros de la estructura A (Nave Principal) se encontró que existía un cordón superior de madera aserrada integrada a la estructura mediante engrapes de madera incorporada en la construcción de tierra. Sin embargo, esos cordones carecían de conexiones entre los dos muros, trabajando de manera aislada, dejando que la estructura del techo y cubierta trabajaran sobre las columnas de madera colocadas en la parte interna de la estructura, con apoyos articulados. Los muros de la estructura A prácticamente estaban en voladizo. Se propuso la colocación de vigas de amarre de madera aserrada o bien una armadura horizontal de alma abierta, anclada a la corona de madera aserrada que se ubicaba sobre los muros de tierra y contiguo a la estructura B.

Adicionalmente, se sugirió la construcción de un contrafuerte en el extremo del muro de tierra de la parte sur de la Nave Principal (muro A1), con características similares al contrafuerte del otro muro. Este contrafuerte tendría la función de reforzar el muro contra carga lateral y ayudaría estructuralmente a las vigas de amarre indicadas en el párrafo anterior; se recomendó que este contrafuerte únicamente reforzara el muro de tierra y que no se apoyara en el edificio B, ya que las dos estructuras deberían de trabajar de manera independiente por razón de sus rigideces. En la figura 7 se indica la posición de este contrafuerte.

Para la unión de la estructura A con la estructura B, se consideró que era inconveniente colocar llaves de unión entre las dos estructuras, por razón de la diferencia en sus rigideces, como ya se indicó.

No ocurre lo mismo en las uniones de los muros de tierra longitudinales con el muro transversal de la fachada frontal de la estructura A. Ya que es una de las partes en que se ha demostrado debilidad ante sismos; lo que está demostrado por la construcción de contrafuertes de gran volumen, que seguramente no fueron considerados en el diseño y construcción originales. Como esos contrafuertes están cumpliendo un rol importantísimo, se sugirió una revisión muy detenida de las esquinas por el interior de la estructura A, para cerciorarse que no existen grietas de espesor considerable. Si ese fuera el caso, se recomendó estabilizar esas partes con inyecciones de lechada de puzolana con cal y con llaves de mampostería de barro cocido.

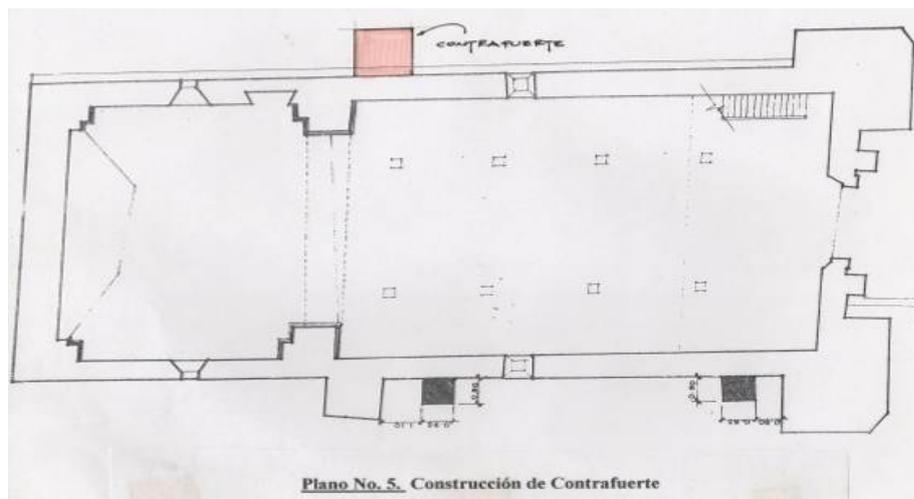


Figura 7. Plano de planta del templo con indicación de la construcción de contrafuerte. (Quiñónez, 2002)

De acuerdo a lo que se pudo observar en las inspecciones visuales, se consideró que lo más importante en esta parte de la estructura A era la estabilización de los contrafuertes y la protección de los mismos en sus bases.

Ya que los tensores de acero de refuerzo que estaban colocados en las partes interna y externa de los muros de la Nave Principal, con pretensiones aparentes de confinamiento, no cumplen con tal propósito por defectos de construcción (figura 8); además, la mayoría de ellos estaban deteriorados por oxidación y considerando que los esfuerzos cortantes no eran críticos debido al análisis de esfuerzos realizado minuciosamente, se consideró que deberían de ser eliminados. Se recomendó, además, que los espacios vacíos dejados por esos tensores deberían ser llenados con mortero de cal y agregados volcánicos abundantes en la zona.

Se recomendó la revisión completa y las reposiciones tanto en la estructura como en la cubierta de la estructura de la Nave Principal que garantizara la evacuación inmediata de las aguas de lluvia y la ausencia de filtraciones hacia el interior del templo, ya que estas podrían ocasionar humedad en la estructura del techo, con el consecuente detrimento de sus características y propiedades mecánicas. Por otra parte, la presencia de humedad en el interior del templo podría presentar ambientes con condiciones de ocupación desfavorables.

5.2. Estructura B

Para disminuir los riesgos ante cargas de sismo, se propuso la colocación de un anillo de confinamiento horizontal en todo el contorno superior de la estructura, esperando que la estructura trabaje como una unidad ante las cargas dinámicas. En condiciones estáticas este anillo se espera que confine la estructura para evitar desplazamientos laterales por el empuje de la masa de la cúpula. El diseño se realizó utilizando una banda de ferrocemento

aislada del monumento, cuyo fin era abrazar la estructura de manera análoga a un cincho en una cintura. La capacidad de la banda de ferrocemento se estableció en función de la masa de la estructura afectada por un coeficiente de riesgo sísmico; el diseño de la banda se realizó siguiendo las recomendaciones de Robles y otros (1985). El refuerzo utilizado fue una malla electro-soldada 6x6 – 9/9, a la que se unieron cuatro mallas de retícula cuadrada de 1,27 cm de abertura; el mortero se elaboró con arena de río pasada por la malla No. 8, mezclada con cemento I PM, en proporción 1:2 en peso, cuyo valor de esfuerzo a compresión esperado fue de 28,0 MPa. En la figura 8 se puede observar la posición de la banda de refuerzo.

Además, se recomendó que las superficies superiores de la cúpula y las pechinas fueran saneadas con materiales similares a los originales y la estabilización con inyecciones de lechada de cal y materiales volcánicos abundantes en la zona, lo que debería complementarse con un blanqueado de mortero de cal-puzolana y arena fina, aplicando posteriormente un impermeabilizante a base de cal y lejía de jabón casero, aplicado anualmente como forma de mantenimiento. Se recomendó que este procedimiento, así como la impermeabilización debiera de realizarse posteriormente a la construcción del anillo de confinamiento descrito en el párrafo anterior.

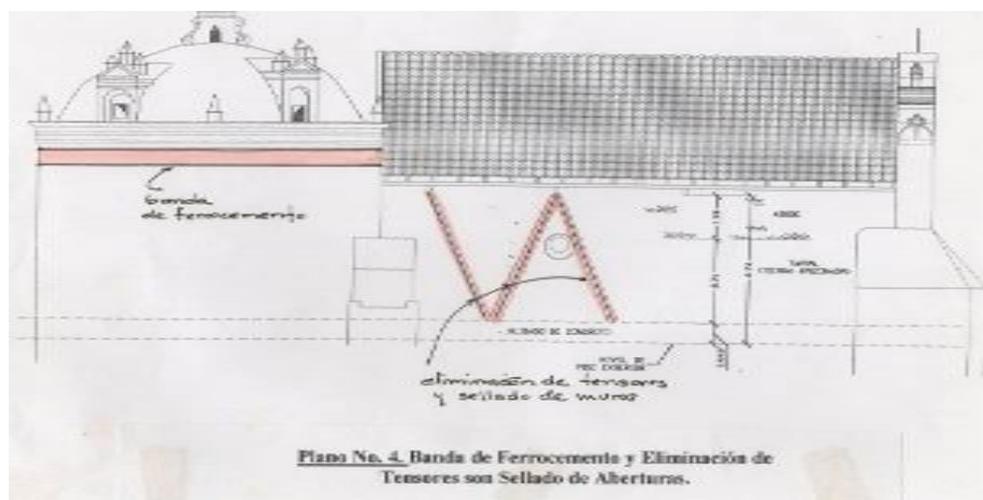


Figura 8. Plano de elevación de fachada lateral sur del templo (Quiñónez, 2002). (observar posición de banda de ferrocemento y ubicación de tendones eliminados)

5.3. Drenaje de aguas pluviales alrededor de las estructuras A y B

Para mantener la integridad de las estructuras, sobre todo de los muros de la estructura A, se recomendó aislar las mismas de las aguas de lluvia que provenían de las cubiertas y de las aguas de escorrentía. Se indicó que daños importantes podrían producirse por aguas de lluvia, por dos razones diferentes: a) erosión en los muros provocada por aguas de lluvia y escorrentía, y b) asentamientos diferenciales de la cimentación por debilitamiento relativo del suelo, con la generación de fallas secundarias en los cerramientos.

Para prevenir esas situaciones se recomendó el recubrimiento del suelo en todo el contorno de las estructuras A y B, con baldosas de barro cocido, por lo menos en una banda de tres metros de ancho. Para recolectar las aguas provenientes de las cubiertas, así como de las áreas adyacentes, se recomendó la construcción de canales revestidos con pendientes adecuadas, similares a los canales naturales sin recubrimiento que ya se habían abierto de manera natural, con el propósito de retirar las aguas tan pronto como fuera posible de las áreas adyacentes al templo (figuras 5 y 6).

6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN VISUAL EN MAYO DE 2015

Luego de doce años de intervención del templo, en la cual se siguieron la mayoría de las recomendaciones ya enumeradas, se consideró importante hacer una evaluación visual del

estado actual del monumento, como parte de las actividades de evaluación del estado del patrimonio histórico, que realizan conjuntamente las Facultades de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La evaluación fue realizada en el mes de mayo de 2015 y consideró el estado actual de las estructuras A y B, así como de las áreas circundantes, cuyos resultados se describen en los numerales 6.1 al 6.3.

6.1. Nave Principal (Estructura A)

La estructura A no presenta evidencias de fallas por movimientos sísmicos, aunque fuertes sismos han ocurrido en los tres últimos años en la zona suroccidental del país, que incluye el área de Salcajá, en Quetzaltenango. Tanto el interior como el exterior de la estructura permanecen sin agrietamiento ante estos fenómenos.

La estructura tampoco presenta evidencias de filtraciones en la parte interna, más allá de la humedad higroscópica propia del lugar. Las baldosas de barro cocido que revisten el piso interior de la estructura están completamente secas, proporcionando un buen ambiente con condiciones termo-acústicas y de funcionamiento favorables (figura 9). En la parte externa, los muros de tierra están en buen estado ya que no se observaron fisuras por movimientos laterales. Sin embargo, en esta parte sí hay evidencias de desprendimientos de los revestimientos por humedad, además se observa la presencia de hongos y musgos, sobre todo en la parte baja de los muros y en los contrafuertes. También se observaron algunas fisuras en los filos de los contrafuertes de la fachada frontal.



Figura 9. Estado actual del piso interno de baldosa de barro cocido. (Quiñónez, 2015)



Figura 10. Vista interna de cúpula, pechinas, arcos y pedestal. (Quiñónez, 2015)

Toda la estructura de techo y de cubierta está en buenas condiciones, como consecuencia no se presenta humedad en el cielo de madera en el interior de la estructura, ni en el piso de la Nave Principal, a pesar de que la evaluación se realizó en época lluviosa.

6.2. El Altar Mayor (Estructura B)

La cúpula, las pechinas, los arcos y los pedestales del Altar Mayor están en buen estado de funcionamiento en la parte interior (figura 10). No se observaron fisuras por movimientos laterales, ni presencia de humedad. Sorprendentemente, el piso de baldosa de barro cocido del Altar Mayor está cubierto con una alfombra tejida que no muestra humedad alguna. Las condiciones termo-acústicas del ambiente interno son muy buenas.

En la parte exterior sí existen algunos problemas de humedad sobre las superficies de los cerramientos, manifestados por desprendimientos localizados de los revestimientos. Trabajos de reparaciones por los vecinos del lugar, se observaron en pequeñas áreas. La parte externa de la cubierta, así como los laterales y parte del cincho de confinamiento de ferrocemento están recubiertos de manchas negras que evidencian la formación de los hongos que se han desarrollado por la presencia de humedad. En la parte baja de la estructura, donde se encuentra con el piso externo, también puede observarse el mismo fenómeno.

6.3. Contorno de las Estructuras A y B

El contorno de las estructuras A y B permanece en muy buen estado, tanto en la parte del atrio del templo donde se utilizó ladrillo de barro cocido, como en los laterales donde se utilizaron baldosas de cemento Portland y granito.

7. CONCLUSIONES

Después que han transcurrido doce años de la intervención del templo con la propuesta planteada, la misma se considera exitosa ante cargas laterales ya que no se evidencian fallas por movimientos sísmicos, a pesar de ser una zona muy dinámica y de los terremotos de San Marcos en los últimos tres años, una zona que se ubica muy cercana a Salcajá.

La intervención también se considera exitosa ante el ataque de humedad por lluvias y escorrentía, proporcionando ambientes interiores adecuados para las funciones de diseño (figura 11). Los efectos de deterioro por escorrentía fueron eliminados con adecuadas medidas de drenaje y protección de las estructuras (figura 12).

Existe, sin embargo, un problema persistente en el exterior de las estructuras por el ataque de aguas de lluvia, principalmente en ciertas partes de la Estructura B y de los muros laterales de la Estructura A, así como en los contrafuertes. Ese problema se considera que puede resolverse sustituyendo los revestimientos de cal por un aglomerante de cal-puzolana, adicionado con impermeabilizantes naturales, lo cual se propuso hace doce años, lamentablemente sin receptividad.



Figura 11. Interior de la Ermita y su retablo (Quiñónez, mayo 2015)



Figura 12. Piso y templo en su exterior (Quiñónez, mayo 2015)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Meli, R. (1998). Ingeniería estructural de los edificios históricos. México: Fundación ICA, A.C.
- Quiñónez, F. J. (2002). Informe del análisis del estado actual y propuesta para la consolidación estructural del Templo Concepción La Conquistadora de Salcajá, Municipalidad de Salcajá, Quetzaltenango, Guatemala.
- Quiñónez, F. J. (2015). Informe de la inspección visual del estado actual del Templo Concepción La Conquistadora de Salcajá. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Marroquín, H.; Gándara, J. L. (1982). La vivienda popular en Guatemala antes y después del terremoto de 1976. Organización de los Estados Americanos. Editorial Universitaria. 596 p.
- Godoy, S. R. (1983). Muros de suelos cemento apisonado sometidos a compresión y corte. Trabajo de graduación. Universidad de San Carlos de Guatemala. 97 p.
- Robles, L.; Pama, R. P., Kumar, K. Sashi; Metha, E. G. (1985). Lecture notes on short course on design and construction of ferrocement structures. Thailand: Asian Institute of Technology.

AUTORES

Francisco Javier Quiñónez, doctor en ciencias técnicas (p. d.); ingeniero civil; profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala; fue coordinador de proyectos de investigación para el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá –CIID-; la Fundación Internacional para la Ciencia de Suecia –IFS-; la Red del Hábitat Económico y Ecológico de Suiza –ECOSUR-; el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala –CONCYT-; miembro representante de Guatemala en cuatro proyectos de investigación del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo –CYTED-. Es consultor en ingeniería de materiales.

Edgar Virgilio Ayala, doctor en ingeniería civil y doctor en filosofía; profesor titular en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala; asesor de tesis a nivel de licenciatura; proyectos de investigación en construcciones con tierra (adobe, bajareque, tapial, pisos, revestimientos); maderas tropicales; cemento puzolánico, caña de maíz, cal, fibras naturales y diversos materiales no tradicionales. Participación en eventos académicos en numerosos países.

Mario Rodolfo Corzo, ingeniero civil, profesor titular del área de estructuras de la Escuela de Ingeniería Civil y jefe de la sección de estructuras del Centro de Investigaciones de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Otorga certificados de aptitud técnica de sistemas constructivos para vivienda y evalúa el comportamiento estructural experimental de postes, columnas, muros, paneles, vigas y losas de diferentes materiales. Ha sido profesor de la Universidad Mariano Gálvez.

Javier Quiñónez, doctor en arquitectura (p. d.), arquitecto; maestro en restauración de monumentos con especialidad en bienes inmuebles y centros históricos, es profesor en el programa de licenciatura y maestrías de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala; fue Jefe de Control de Construcción en el Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala; Jefe del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales y Director Técnico del Instituto de Antropología e Historia del Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala.