



Arquitectura en Tierra

Historia y Renovación

XIII CIATTI 2016

Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca y Villagarcía de Campos 2016.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz Guerra.

ISBN: 978-84-697-4387-4

D.L.: VA 531-2017

Impreso en España

Julio de 2017

Publicación online.

Para citar este artículo:

SORIA LÓPEZ, Francisco Javier; GUERRERO BACA, Luis Fernando. "Sistemas de techado para la conservación de vestigios arqueológicos de tierra". En: *Arquitectura en tierra. Historia y Renovación. XIII CIATTI. Congreso de arquitectura en tierra en Cuenca y Villagarcía de Campos 2016*. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2016. Pp. 137-150

URL de la publicación: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

Este artículo sólo puede ser utilizado para la investigación, la docencia y para fines privados de estudio. Cualquier reproducción parcial o total, redistribución, reventa, préstamo o concesión de licencias, la oferta sistemática o distribución en cualquier otra forma a cualquier persona está expresamente prohibida sin previa autorización por escrito del autor. El editor no se hace responsable de ninguna pérdida, acciones, demandas, procedimientos, costes o daños cualesquiera, causados o surgidos directa o indirectamente del uso de este material.

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

Copyright © Todos los derechos reservados

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

SISTEMAS DE TECHADO PARA LA CONSERVACIÓN DE VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS DE TIERRA

XIII CIATTI 2016. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación
Valladolid

Francisco Javier Soria López, Dr. Arquitecto*
Luis Fernando Guerrero Baca, Dr. Arquitecto

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco
Cuerpo Académico “Conservación y reutilización del patrimonio edificado”

PALABRAS CLAVE: Conservación integral, integración arquitectónica, patrimonio

1. Introducción

En todo el mundo existen evidencias del uso de la tierra como material constructivo desde tiempos muy remotos, y México destaca por la diversidad de sus manifestaciones edilicias. Sabemos que la tierra compactada, el barro modelado, el bajareque y el adobe, fueron sistemas con los que se edificaron desde modestas viviendas en abrigos rocosos de las sierras de Sonora, Chihuahua y Durango, en el norte, hasta monumentales estructuras como los basamentos de Teotihuacán o la gran pirámide de Cholula, en el centro del país.

Sin embargo, a diferencia de lo que sucede con las ruinas arqueológicas de estructuras que fueron realizadas con piedra, cal o ladrillo; los edificios de tierra, al no recibir los cuidados que tuvieron en sus épocas de esplendor, desarrollan procesos acelerados de deterioro, como consecuencia del impacto del medio ambiente en que se localizan.

A pesar de que el barro crudo se usó desde la antigüedad en una amplia gama de condiciones climatológicas y que sigue estando vigente en la arquitectura tradicional gracias a la facilidad de su transformación y amplia disponibilidad en la naturaleza, las actividades

para su conservación son sumamente complicadas a consecuencia de su singular constitución interna.

Las arcillas, componente básico de esta arquitectura, son estructuras minerales de alta complejidad y variabilidad, por lo que no es fácil predecir su comportamiento y, menos aún, cuando interactúan con diferentes tipos de limos, arenas, gravas y materias estabilizantes de origen orgánico o inorgánico. De ahí que la estabilidad ambiental se convierta en una de las condiciones más importantes para la conservación de este tipo de construcciones.

El problema para conservar sitios arqueológicos en general, muchos de ellos incluso con siglos de tener condiciones ambientales estables por haber permanecido cubiertos con tierra, escombros, vegetación y microorganismos, es cada vez más complejo. De hecho, es evidente que su apertura para la visita pública (independientemente de ser necesaria para estudio, investigación, difusión, educación, restauración, turismo etc.) ha probado ser, en la mayoría de las veces, contraproducente como resultado de los cambios sufridos en sus condiciones ambientales.

De forma esquemática se puede decir que, para proteger el patrimonio arqueológico construido con tierra, se han desarrollado cuatro grandes estrategias: *técnicas de protección superficial*, *técnicas de protección general* (entre las cuales se encuentran las cubiertas), *técnicas de sustitución* y *técnicas de intervención estructural* (Soria, Guerrero, García, 2015). Estos procesos se han aplicado de manera aislada o combinada con diferentes niveles de éxito, a partir de la interrelación con su medio físico.

En el presente texto nos interesa particularmente ahondar en la estrategia que propone la conservación de los vestigios arqueológicos bajo criterios de protección general y específicamente mediante la incorporación de cubiertas como elementos protectores encaminados a contrarrestar los efectos negativos externos.

La tierra es un material de alta vulnerabilidad y baja resistencia a esfuerzos mecánicos, por lo que a lo largo de la historia se ha utilizado siempre en combinación con otras sustancias y elementos estructurales, con los que desarrolla un “trabajo en red”.

Aunque podría pensarse que estas obras poseen sistemas constructivos muy elementales y primitivos, por la aparente simplicidad de sus formas, su fácil manejo y alta difusión, la realidad es que se trata de un conjunto de procesos de diseño y control de obra derivado de un avanzado nivel de desarrollo cultural y muy alta tecnología, con una eficiencia probada tras milenios de “ensayos y errores”.

Pero esta cualidad se convierte en una desventaja para su conservación actual, debido a que la mayor parte de las civilizaciones que heredaron esta serie de conocimientos arquitectónicos, ha desaparecido o sufrido una grave merma en su cultura constructiva. Al declinar la tradición de la edificación con tierra y haber sido substituida por técnicas industrializadas contemporáneas, elementos clave del manejo de este material se perdieron para siempre o sufrieron procesos de hibridación que ya no se corresponden con la lógica constructiva tradicional (Guerrero, 2007b:18).

En este sentido, la edificación de cubiertas como elemento de protección general en la mayoría de los casos se ha desarrollado bajo la lógica constructiva contemporánea con poca consideración hacia la construcción preexistente y sus condiciones particulares. El estudio de la especificidad de la arquitectura de tierra es clave porque los criterios o recursos técnicos de conservación y restauración de otros materiales no deberían ser aplicados de forma indiscriminada, ya que pueden no resultar efectivos o incluso convertirse en agentes dañinos.

Cada procedimiento requiere consideraciones determinadas puesto que la interacción de los elementos arquitectónicos, y entre éstos y su medio ambiente, es muy variable. Esto hace inconveniente el establecimiento de “recetas” o “manuales” (Schneider, 2001:168-169) e indispensable la realización de pruebas preliminares a pequeña escala, después de haber estudiado cuidadosamente las estructuras.

Solamente una visión holística de los condicionantes materiales de la arquitectura patrimonial de tierra cruda y sus procesos de modificación con el paso del tiempo, permitirán contar con elementos suficientes para fundamentar su difusión y desarrollar alternativas adecuadas a cada caso.



Figura 1. Los sitios arqueológicos una vez excavados y expuestos a agentes externos de deterioro, deben ser constantemente mantenidos para garantizar una protección adecuada. En el sitio de Paquimé, se ha optado, entre otras técnicas, por el uso de capas de sacrificio, que ayudan a proteger elementos puntuales. Fuente: Luis Guerrero.

En el presente texto se trata de llamar la atención hacia la identificación de algunas consideraciones técnicas y conceptuales asociadas al uso de cubiertas en estructuras arqueológicas de tierra cruda, a partir de la comprensión integral del comportamiento de sus sistemas constructivos, así como de su interrelación con el entorno.

2. Los vestigios arqueológicos

Es importante, como punto de partida, entender a los vestigios arqueológicos (en este caso de bienes inmuebles) como una parte fragmentada de conjuntos históricos:

“Las ruinas y los sitios arqueológicos son una expresión material del pasado, o mejor dicho de parte de los comportamientos y acciones sociales de las comunidades pretéritas. Eso significa en primer lugar que ese “pasado material” es fragmentario, esto es, sólo registra ciertos aspectos de las vidas de la gente del pasado. Pero es que además es triplemente fragmentario, ya que, por un lado, los aspectos “fossilizados” del comportamiento

pretérito son a su vez discontinuos en el tiempo y en el espacio –sólo una parte se conserva– y por otro lado, de esa parte conservada habitualmente sólo una cierta parte se recupera y constituye el registro arqueológico identificado”. (Ruiz, 1998: 8)

Recordemos que esto es así para la arqueología, la cual puede considerarse como un proceso de conocimiento e interpretación de las sociedades pasadas a través del estudio científico de sus restos materiales, que se han conservado en el tiempo y en el espacio de una determinada manera. En este caso nos referimos específicamente a los inmuebles y a los conjuntos arquitectónicos de orden urbano o rural que éstos conformaron en un momento dado.

Cuando se descubre y excava una zona arqueológica los elementos que se encuentran en ella están casi siempre incompletos y han dejado de recibir acciones de mantenimiento, de manera que en muy poco tiempo, se ven atacados por los efectos medioambientales que los deterioran y destruyen. Han perdido su

carácter unitario, así como el comportamiento “orgánico” de sus componentes, para convertirse en piezas sueltas, con condiciones estructurales muy diferentes a las que tenían cuando estaban en uso, por lo que su vulnerabilidad se incrementa.

Particularmente en el caso de las edificaciones, el hecho de haber permanecido cubiertas por escombros o vegetación, les generó con el tiempo condiciones de equilibrio a las que progresivamente se ajustaron pero que, al momento de ser ex-cavadas y “expuestas” entran en nuevos procesos de cargas y descargas estructurales e intercambios medioambientales que las colocan en una situación para la cual nunca fueron diseñadas. De allí se desprende la necesidad no sólo de conservar físicamente dichos restos materiales, sino de generar condiciones para su permanencia prolongada en condiciones de conservación óptima.

Por otro lado, se requiere desarrollar un trabajo de interpretación de los vestigios heredados del pasado, pues como ya se señaló, se trata de elementos fragmentados que deben constituirse en una lectura histórica determinada, en base a los datos reconocibles. Parte fundamental de la puesta en valor del patrimonio arqueológico tiene que ver con la posibilidad de lecturas presentes de los artefactos del pasado. En tal sentido cualquier intervención para proteger dicho patrimonio, sea para su mera consolidación, o hasta la colocación de una cubierta, debe contribuir en lo posible a dicha interpretación actual, así como a generar las condiciones materiales que la favorezcan.

Así mismo, hay que entender que los vestigios arqueológicos no deben ser identificados exclusivamente con civilizaciones “desaparecidas”, donde la antigüedad es el factor determinante para su consideración. Esto es particularmente cierto en el caso de México donde la Ley Federal en la materia define a los “monumentos arqueológicos” como todos los artefactos producidos antes de la llegada de los españoles a territorio mexicano. Sin embargo, la arqueología como disciplina se puede concebir como un proceso de obtención de conocimiento mediante el estudio de la cultura material y, por lo tanto, es aplicable a objetos mucho más recientes. En otras palabras, se puede hacer arqueología de estructuras de época prehispánica, de

inmuebles creados en la etapa virreinal o como se ha hecho en tiempos más recientes sobre recintos industriales del siglo XIX y principios del siglo XX que ante los cambios tecnológicos vertiginosos recientes, se han convertido en espacios obsoletos, abandonados y, desafortunadamente, en muchos casos, destruidos y saqueados hasta el grado de ser irreconocibles en un lapso relativamente corto de tiempo.

La ruina se constituye, sin duda, en un documento imprescindible para entender y explicar el comportamiento social del pasado y ofrecer nuevas interpretaciones de la historia, aunque ésta sea ineludiblemente parcial y susceptible de nuevas inferencias.

3. La cubierta como solución de conservación

La conservación de los vestigios arqueológicos en general ha requerido, a lo largo de los años, el desarrollo de diversas estrategias y técnicas de intervención con el fin de revertir los problemas de deterioro derivados de los factores ambientales sobre sitios e inmuebles que han sido abiertos a la visita pública. El abanico es amplio e incluye desde acciones estructurales puntuales para evitar el colapso de la estructura, o las denominadas “capas de sacrificio” colocadas sobre cabezas de muro, hasta la incorporación de grandes techumbres, sin olvidar casos extremos en los que se ha optado por el reenterramiento.

El foco de este trabajo se centra en la incorporación de techumbres en ruinas arqueológicas por tratarse de una propuesta de conservación que está ganando terreno por diversas razones, entre las cuales destacan: el mejoramiento en las condiciones de protección ante los factores climáticos directos como lluvia, asoleamiento y viento, la disminución de la diferencia de temperaturas calor/frío y sus efectos sobre las estructuras, la posibilidad de incorporar elementos que mejoran o facilitan la visita del sitio, así como de elementos complementarios para desarrollar tareas de mantenimiento e investigación constantes.

No obstante, al mismo tiempo se han generado nuevos problemas que es necesario tener en cuenta: impacto visual sobre el sitio y su paisaje, cambio de microclimas interiores (el excesivo calor es de los más complejos), la concentración de cargas y riesgo de colapso



Figura 2 y 3. El sitio de Casa Grande en el sur de los EUA fue techado inicialmente a principios del siglo XX con fines de protección (imagen izquierda), cubierta sustituida en los años treinta, entre otras cosas, para dar mejor visibilidad a la ruina que el techo original no permitía, como se aprecia en la imagen dcha. Fuente figura 2: <https://www.nps.gov/media/photo/gallery.htm?id=63C1148C-155D-451F-67ABCEE5DA10004E>. "Multimedia credited to NPS without any copyright symbol are public domain." Fuente figura 3: Luis Guerrero.

ante empujes accidentales por los grandes claros utilizados, el desalojo de agua de lluvia, el costo de mantenimiento de las cubiertas; entre otros.

En todo el mundo se han edificado techumbres hechas con diferentes materiales, alturas, formas y estructuras, habiéndose obtenido resultados que presentan diferentes grados de éxito, dependiendo de la extensión de los sitios y de sus condiciones contextuales específicas. Si bien es cierto que estos componentes logran proteger en cierta medida los edificios de tierra, también, como ya se ha señalado, generan nuevos impactos o efectos sobre los bienes patrimoniales que es necesario evaluar.

De alguna manera, el hecho de colocar techumbres sobre sitios arqueológicos implica una contradicción ineludible ya que, por un lado, se pretende proteger elementos 'frágiles' ante las condiciones medioambientales, pero al mismo tiempo, lo deseable es no alterar la condición casi siempre fragmentaria que presentan los restos materiales y su entorno (Rizzi, 2008). Entonces, no hay una forma o método único para abordar la problemática en lo general, sino que más bien se requiere de soluciones específicas que han de surgir del conocimiento y análisis del lugar a través de un proceso de diseño consciente y comprometido con la conservación de los bienes culturales y su entorno natural y cultural.

Para el caso de los sitios arqueológicos edificados con tierra, el problema de incorporar elementos de protección tiene particularidades a considerar: se trata de un material generalmente menos resistente (comparado con mamposterías de piedra) a cargas externas sean de orden gravitacional, eólico o mecánicas; es susceptible a convertirse en sustrato de vegetación de manera mucho más rápida; generalmente se trata de componentes parciales que han perdido estabilidad estructural y componentes de protección superficial; suelen estar sometidos a empujes para los que originalmente no estaban diseñados; presentan acumulaciones de material constructivo que ha perdido su nivel original de consolidación, entre otras problemáticas.

Existen diversos sitios construidos en tierra que, en diferentes épocas, han incorporado cubiertas de protección con el fin de disminuir o mitigar el deterioro sobre los bienes culturales que se quieren conservar. Su construcción ha tenido efectos positivos y negativos, algunos de los cuales vale la pena destacar.

Uno de los casos más conocidos y longevos son las cubiertas de protección colocadas a las estructuras del sitio llamado Casa Grande, en el actual estado de Arizona en los Estados Unidos de América. La primera cubierta, fabricada con madera y láminas de acero corrugado, se colocó en 1903 y para 1932 se sustituye con una cubierta más moderna, fabricada en acero.



Figuras 4 y 5. Sitios de la zona maya como Ek Balám, han sido protegidos con cubiertas pequeñas, ligeras y utilizando materiales de origen natural lo que minimiza el impacto físico sobre las estructuras. Fuente: Luis Guerrero.

A pesar de los evidentes efectos positivos de protección que redujeron el impacto directo de los factores ambientales, también se ha demostrado que la cubierta cambió las condiciones que permitían la formación de una costra protectora en la superficie de los muros que una vez perdida, no se pudo regenerar nuevamente (Matero, 1999:220). El impacto visual, por otro lado, es menos “medible”, pues hay opiniones que consideran que la cubierta sirve para destacar la importancia de la ruina y poner dicho acento en el paisaje.

En la zona maya de nuestro continente, si bien predominan las estructuras pétreas, el criterio dominante ha sido colocar pequeñas cubiertas con materiales vegetales (cañas de bambú y hojas de palma de huano) para proteger elementos puntuales casi siempre con decoración que es muy vulnerable ante los elementos ambientales.

Por el contrario, la gran cubierta que se coloca sobre Cacaxtla en los años 90 del siglo pasado para proteger uno de los sitios arqueológicos de tierra más importantes de nuestro país ha traído más efectos negativos que positivos, al grado que se ha incluso cuestionado su permanencia. La gran devastación que la incorporación de zapatas de cimentación, el impacto visual sobre el paisaje, la aceleración del viento por debajo de la cubierta, hasta un colapso parcial debido a una granizada excepcional en el año 2000, sin dejar de la-

do el enorme costo del mantenimiento, son factores que no fueron adecuadamente evaluados en el proceso de diseño y toma de decisión.

En el Perú desde hace décadas se ha decidido transitar de un criterio basado en pequeñas cubiertas sobrepuestas con material de origen vegetal, al uso de grandes cubiertas con estructuras de acero, con tensores para soportar velarias o techos ligeros como ha sucedido en las Huacas de Moche, en la zona de Túcume, así como en el polémico caso de la Huaca Cao Viejo. Si bien las propuestas pretenden ofrecer una cobertura integral para el sitio, lo cierto es que su presencia resulta de alto impacto, tanto por la cimentación, la dimensión de las columnas y las grandes superficies cubiertas que destacan en el paisaje contra el montículo.

Otros casos recientes que es interesante observar son las cubiertas de los sitios de Çatalhöyük en Turquía y Xi'an en China, cuya forma curva no sólo sirve de techo sino parcialmente también como muro. Esta solución a diferencia de algunas descritas anteriormente, cierra el espacio, como si fuera una especie de capelo protector. Esta situación mejora las condiciones de protección contra viento y lluvia lateral, aunque genera un clima interior en ocasiones con altas temperaturas, por tener menos área de ventilación.



Figuras 6 y 7. La tendencia a utilizar grandes techumbres ha ido en aumento en años recientes que, si bien cubren una parte significativa de las ruinas, generan impactos físicos y visuales en donde se insertan. En ambos casos de Huaca Cao Viejo en el Perú (izquierda) y Cacaxtla en México (derecha) los efectos sobre el paisaje han levantado cuestionamientos a este tipo de soluciones. Fuente: Luis Guerrero.

Como se hace evidente a partir de unos cuantos ejemplos brevemente descritos, las variables a considerar entre pros y contras se multiplican y son relativos a las condiciones específicas de cada entorno.

En función de lo anterior, conviene analizar una serie de variables que han de ser tomadas en cuenta para el proceso de diseño, a fin de tratar de lograr una verdadera labor de integración, tal como se ha definido en diferentes foros y documentos de carácter internacional relativos a la conservación del patrimonio. Sin pretender agotar el tema, a continuación, se enumeran algunos de los factores que deben ser cuidadosamente evaluados durante el proceso de diseño de cubiertas para sitios arqueológicos de tierra.

El diseño de apoyos

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el diseño de estructuras ajenas a un sitio arqueológico tiene que ver con las características del terreno en que se han de insertar. Por una parte, la mayoría de las estructuras que se utilizan para cargar las cubiertas se fundamentan en el diseño de perfiles ligeros para grandes claros, apoyadas en postes. Esto significa que la carga muerta de los techos se va a concentrar en el menor número posible de puntos del suelo a fin de evitar la colocación de demasiadas columnas. Esta decisión es especialmente importante al intervenir en sitios contruidos en tierra cruda, cuya resistencia a cargas externas es menor en relación al uso de materiales industrializados.

Los cimientos. El primer elemento a considerar cuando se incorporan techumbres sobre ruinas arqueológicas (como en todo edificio) es el punto de apoyo sobre el cual se deplantará la estructura, para lo cual es necesario determinar si las cargas se distribuyen en el terreno natural, o bien, sobre los vestigios mismos.

Cuando se trata de techumbres ligeras, muchas veces de carácter temporal, que utilizan madera, bambú u otro tipo de columnas o apoyos verticales, es común soportarse sobre la estructura arqueológica. Se requiere colocar dichos apoyos en puntos sólidos, estables y que no representen elementos de un alto valor estético, histórico o documental que pueda verse afectado.

En ocasiones se colocan elementos de transición como arrastres de madera o bases de piedra o tierra para absorber la fricción o vibraciones que transmite la cubierta a los puntos de apoyo. El número de apoyos es importante y en ocasiones se multiplican para repartir mejor la carga sobre el bien inmueble y que éste sea capaz de soportar sin mayores consecuencias. Por su naturaleza de estructuras "sobrepuestas" están sujetas a movimientos o desplazamientos que en caso de cargas accidentales como vientos o sismos, pueden generar problemas de estabilidad.

Para la edificación de cubiertas de mayor envergadura, con grandes claros y uso del menor número de columnas posibles, se requieren puntos de apoyo que sean capaces de concentrar cargas importantes. Esto im-



Figuras 8 y 9. El diseño de los apoyos es uno de los elementos primordiales a considerar. Entre más superficie se cubre más apoyo se requiere, ya sea en número de columnas a incorporar o en el área de contacto de la cimentación, factores que deben ser bien evaluados en la toma de decisiones del diseño de este tipo de soluciones. Fuente: Luis Guerrero

plica en ocasiones zapatas de cimentación amplias, bien ancladas dentro del terreno o alternativas como pueden ser los micropilotes para disminuir el área de contacto con el suelo, pero éstas requieren una mayor profundidad de anclaje. Este criterio demanda varias consideraciones en suelos arqueológicos, ya que éstos pueden contener restos materiales en diferentes estratos, por debajo, aledaños o contiguos a los que se quiere cubrir.

En muchas ocasiones los cimientos nuevos desplazan estructuras arqueológicas del sitio. Por tratarse de superficies que fueron alteradas en diferentes momentos y que incluyen una diversidad de materiales agregados, no siempre tienen una resistencia estática uniforme ni una composición fisicoquímica homogénea. La elección de un sistema de cimentación que suele basarse en enormes zapatas o dados aislados cuya introducción en terrenos arqueológicos resulta notablemente agresiva y debe ponderar estas consecuencias.

En este sentido pareciera lógico el favorecer criterios de ligereza tanto de los materiales de cubierta como de la estructura portante. Asimismo, la colocación de un número mayor de apoyos va a tener una menor incidencia en cargas puntuales concentradas. Finalmente, cuanto menor sea la altura de las techumbres, se podrá reducir tanto su peso como los empujes de flexión y tensión que ejerza sobre el sitio, además de ofrecer menor resistencia al viento, como se explicará más adelante.

Los apoyos verticales. Los elementos que sirven de apoyo para la cubierta y a su vez descargan las fuerzas hacia la cimentación pueden ser aislados, corridos o una combinación de ambos.

La gran mayoría de las cubiertas estudiadas se asientan sobre apoyos aislados o columnas de diversos materiales y formas, pero casi siempre buscando la mayor esbeltez y ligereza posible. En este sentido, postes de madera, bambú u otros de origen vegetal suelen usarse para las pequeñas cubiertas. El acero, por su resistencia y relativa ligereza, se prefiere como material para columnas en cubiertas de grandes claros, aunque el uso de madera de ingeniería está ganando terreno.

El uso de muros es menos frecuente, casi siempre se opta por dejar el perímetro abierto, con el fin de mantener una buena ventilación que abone a un clima adecuado bajo la techumbre. En ocasiones, cuando los muros arqueológicos lo permiten, se construye sobre estos tramos de muro de material de las mismas características al original para soportar en ciertos tramos la cubierta. Un elemento que aparece frecuentemente es la celosía, no siempre como elemento estructural, que pretende mitigar el acceso de luz, viento y agua de lluvia.

3.1 La cubierta

La incorporación de cubiertas para proteger vestigios arqueológicos implica en ocasiones que ésta tendrá inevitablemente una presen-



Figura 10. El caso de Cacaxtla en México ha evidenciado la necesidad de reconsiderar el uso de grandes cubiertas sobre sitios arqueológicos de tierra ya que los impactos negativos sobre la conservación del sitio en el largo plazo sobrepasan a los beneficios que se pretendía obtener. Fuente: Luis. Guerrero

cia destacada en el sitio. Salvo en contadas ocasiones, la cubierta nunca pasa desapercibida, de ahí que sea necesario tomar una serie de determinaciones al respecto. Si bien existen algunos ejemplos de techumbres sobre sitios arqueológicos que intencionalmente son muy contrastantes, que destacan por su forma, color y posición más que los vestigios mismos, parece haber un consenso en que el mejor criterio es el uso de techos simples, neutros en lo posible, de trazo regular, que dejen el protagonismo a las propias ruinas.

Un factor asociado al anterior se deriva de la complicación que se presenta en el diseño de grandes estructuras en las que, a consecuencia de los datos del cálculo estructural, del uso de materiales prefabricados para cubierta y del interés por lograr un reparto homogéneo de esfuerzos, se tiende a generar techos simétricos y con geometría de planta simple. Si las dimensiones de los componentes de la estructura están en equilibrio es más fácil repartir las cargas de manera uniforme al suelo, además de controlar los posibles embates de agentes ambientales como el viento.

Sin embargo, esta consideración pasa por alto el hecho de que normalmente los sitios excavados ni son simétricos ni poseen cualidades de organización espacial que garan-

tican que la decisión de colocar los apoyos en un punto determinado coincidirá con condiciones similares en el resto de los apoyos. Este problema se agrava con la "temporalidad" de las áreas que se protegen ya que muchas veces se colocan los techos como etapas de los procesos de exploración o conservación, que normalmente no concluyen con la apertura de un sitio al público, sino que continúan por meses o años, de manera que la forma del techo no debe predeterminarse sino elaborarse en función a los espacios que se pretende proteger.

Los materiales preferidos para conformar la estructura que habrá de soportar la cubierta es la madera y el acero; la primera para techumbres ligeras, relativamente pequeñas; el segundo se utiliza tanto para claros pequeños con perfiles ligeros, hasta grandes cubiertas a base de armaduras e incluso estructuras espaciales. La madera laminada también está ganando terreno para cubrir claros de grandes envergaduras.

La influencia de los factores climáticos sobre la forma de las techumbres es evidente: grandes inclinaciones en una o dos aguas o formas curvas para facilitar el desalojo de agua y nieve, en su caso, así como mitigar la carga que puede ejercer el viento. Las techumbres

planas se utilizan preferentemente en claros cortos y aunque aparecen en algunas cubiertas de gran envergadura, su riesgo de colapso por cargas accidentales las hace más riesgosas.

3.2 El Impacto ambiental

El microclima interior. La incorporación de cubiertas de grandes claros para proteger restos arqueológicos genera nuevas condiciones ambientales para el sitio. Los cambios más importantes para el caso de estructuras térreas son los de orden higrotérmico que provocan condensación de la humedad, la aparición de eflorescencias salinas, la fisuración y disgregación de los sistemas constructivos, entre otros efectos.

Las arcillas, componente fundamental de las estructuras de tierra, son compuestos minerales que adquieren consistencia por la manera que se integra el agua en su estructura cristalina. Sin embargo, estas condiciones de equilibrio higrotérmico se modifican de manera cotidiana a partir del intercambio de vapor de las tierras con la atmósfera. Si el aire en el espacio circundante a las estructuras se calienta y se seca, los componentes de barro crudo pierden agua. Lógicamente ocurre lo contrario cuando el medio ambiente se humedece o enfría. (Guerrero, 2007a: 189)

En muchos casos, la decisión adoptada incluye la incorporación no sólo de una techumbre, sino de muros perimetrales que ofrecen una mayor protección de los factores medioambientales como la lluvia y especialmente del viento. Sin embargo, en el interior se produce un microclima que es necesario evaluar y controlar adecuadamente ya que los daños sobre las estructuras de tierra a largo plazo, pueden ser casi tan importantes como dejarles expuestos a la intemperie.

Desafortunadamente, por tratar de proteger los sitios de la lluvia en muy poco tiempo las estructuras de tierra se resecan, se fisuran, se pulverizan y acaban por desintegrarse.

La acción combinada de la protección pluvial y el efecto de “túnel de viento” en el interior de los espacios, aceleran este proceso de desecación que puede poner en grave riesgo la permanencia de los sitios de tierra.

Existen sistemas artificiales que permiten controlar y dosificar las condiciones de humedad en ambientes cerrados; de hecho, se han aplicado de manera importante en las denominadas “ventanas arqueológicas” que dejan alguna porción de un sitio para ser vista bajo la protección de capelos transparentes. No obstante, su uso en sitios de gran envergadura no es tan adecuada ya que requieren grandes cantidades de energía para acondicionar el aire, de un mantenimiento constante y, por supuesto, de personal cualificado para su buen funcionamiento (Guerrero, Correia & Guillaud, 2012: 221).

En tal sentido vale la pena recuperar criterios de diseño bioclimático donde los sistemas pasivos pueden mejorar el rendimiento térmico de los recintos de protección. Existe una gran experiencia en el uso de materiales y sistemas casi siempre de origen natural o de bajo impacto ambiental que producen entornos más estables con un menor gasto energético y de mantenimiento, que convencionalmente se aplican poco al diseño de estas grandes cubiertas. Una visión sostenible para la conservación de sitios arqueológicos, pasa necesariamente por la integración de las condiciones naturales y culturales del emplazamiento.

Esfuerzos eólicos. El diseño de grandes cubiertas implica también la consideración de los efectos del viento no sólo sobre los restos arqueológicos, sino especialmente de las consecuencias sobre la cubierta misma. A mayor superficie, mayor empuje sobre la estructura y sus elementos portantes, es decir, cimientos, armaduras, postes, etc. Además, la ligereza de las estructuras hace necesaria, en muchas ocasiones, la colocación de sensores que requieren ser anclados al terreno con lo que se generan otros procesos de deterioro derivados de un tipo de trabajo estructural sobre elementos patrimoniales que, como se sabe, nunca fueron diseñados para recibir esfuerzos a tensión, sino siempre a compresión. A este factor hay que incorporar el ingrediente de la vibración que cotidianamente ejerce el viento sobre el techo, su estructura y los sensores que la mantienen estable. Aunque las oscilaciones de las estructuras sean mínimas, su efecto es de consideración debido a su permanencia y, sobre todo, a su irregularidad ya que se incrementa o disminuye en función de las condiciones climáticas estacionales.



Figuras 11 y 12. Para el sitio arqueológico de Xi'an, en China, patrimonio cultural de la Humanidad se utilizó una gran cubierta curva a modo de capelo para proteger las ruinas, intentando controlar de mejor manera efectos climáticos laterales. Fuente: Mariana Guerrero



Figuras 13 y 14. Las cubiertas ligeras de materiales naturales como las bambusas utilizadas en las Huacas de Moche en Perú, sigue siendo una alternativa válida, pero es necesario cuidar su diseño para incrementar su vida útil, así como su resistencia ante los factores naturales. Fuente: Luis. Guerrero

En la gran mayoría de sitios arqueológicos se suelen emplear sistemas de cubiertas que permiten el paso del viento hacia las estructuras interiores. Así, desafortunadamente los efectos de erosión y desgaste no solamente no se evitan, sino que en ocasiones se ven incrementados al generar corrientes interiores de mayor intensidad. A esta condición hay que agregar el efecto producido por acumulación de polvo y la abrasión que provoca su acarreo, la cual erosiona irreversiblemente los componentes téreos expuestos.

Cualquier tipo de cubierta ha de estar preferentemente acompañado del diseño de muros o elementos perimetrales cortavientos adecuadamente orientados hacia la dirección de las corrientes dominantes. Es indispensable la incorporación de elementos verticales que disminuyan la fuerza del viento, y es aquí donde el diseño del paisaje circundante pue-

de colaborar a la tarea, mediante barreras vegetales, taludes e incluso muros no necesariamente incorporados a la techumbre misma.

Asoleamiento. El sol produce diferentes tipos de radiaciones que afectan, a su vez, de diversas maneras a los materiales de construcción tanto en su composición química (rayos ultravioleta) como en sus condiciones térmicas (rayos infrarrojos). Lo anterior se traduce en diferentes efectos entre los cuales destacan la decoloración, los movimientos estructurales por cambio de temperatura o la pérdida de humedad, tanto en estructuras nuevas como en aquellas que se pretende conservar (Battle, 1983: 40).

La capacidad de aislamiento térmico del material a utilizar es muy importante ya que las grandes superficies acumulan enormes

cantidades de calor, que, de no tener una buena capacidad aislante, transmiten buena parte de la energía, hacia el interior. Asimismo, la pérdida de características iniciales de los materiales como el desgaste o la decoloración, normalmente contribuyen a efectos de deterioro paisajístico y de mantenimiento constante. De este modo, la elección adecuada del color de la cubierta incide no solamente en su impacto en el paisaje sino en la cantidad de calor radiante que refleja o retiene. (Rodríguez, 2001: 67)

Lluvia y granizo. El agua, en todas sus formas, es uno de los agentes de deterioro más impactantes para los sistemas constructivos de tierra y su protección depende absolutamente de que estos últimos se mantengan en buenas condiciones de funcionamiento. Las grandes cubiertas protegen los restos arqueológicos de la lluvia, nieve y granizo, pero al mismo tiempo se convierten en un riesgo potencial para las mismas por el peligro de colapso ante tormentas de gran intensidad que suelen ser más frecuentes de lo que se piensa.

Desde luego que el cálculo estructural considera el peso muerto del granizo o de nieve acumulada, así como la pendiente necesaria para desalojar adecuadamente el agua, pero en ocasiones se presentan fenómenos naturales que sobrepasan cualquier previsión.

Nuevamente el uso de techos de menor envergadura no sólo requiere de elementos portantes más ligeros, sino que acumulan menos peso muerto en caso de tormentas inesperadas, lo que implicaría en menor efecto sobre las subestructuras, aún en caso de colapso.

Durabilidad y mantenimiento. Independientemente de la solución adoptada para proteger restos arqueológicos, los elementos del sistema requerirán de un mantenimiento constante. De ahí la importancia de utilizar materiales de alta durabilidad y sistemas constructivos de fácil acceso y mantenimiento.

Cualquier falla, por mínima que sea (una gotera, por ejemplo) puede tener efectos devastadores sobre las estructuras de tierra, especialmente si se encuentran en zonas aisladas donde la atención de los operarios puede tardar en llegar. En este sentido, el pensar en sistemas tradicionales, conocidos en la región, con materiales existentes en

las cercanías, puede ser determinante para mantener un buen funcionamiento de los elementos de protección.

Impacto en el paisaje. Finalmente, es importante destacar el problema de impacto visual que las grandes cubiertas han representado en el paisaje circundante de las zonas arqueológicas. La integración armónica al paisaje normalmente no se obtiene, es decir colores contrastantes, reflejo de la superficie o simplemente el tamaño excesivo de las cubiertas, contribuyen en la alteración del contexto. Si bien se entiende que se trata de nuevos elementos necesarios para la conservación de los bienes culturales, su incorporación en muchas ocasiones destaca mucho más que los restos que se pretende proteger.

Por otro lado, casi siempre falta la consideración de criterios de musealización en los procesos de diseño, es decir no se trata sólo de proteger, sino también de exponer, de disfrutar y propiciar la comprensión de los restos que se están visitando.

Las nuevas estructuras parecen siempre porciones totalmente diferentes y ajenas a lo preexistente, cuando podrían ayudar a un mejor entendimiento de los espacios patrimoniales, desde luego sin caer nunca en una reconstrucción. ¿Es posible dar continuidad y coherencia al espacio y orden de los restos arqueológicos mediante la integración de cubiertas, probablemente más cercanas en la escala y materialidad de las estructuras originales? En todo caso es una posibilidad que parece adecuada comenzar a explorar condetalle y que puede contribuir a una adecuada conservación del paisaje circundante y a una mejor lectura de los restos arqueológicos.

4. Conclusiones

La conservación y protección de estructuras arqueológicas en general y específicamente aquellas construidas en tierra debe abordarse, necesariamente como el problema complejo que es.

Hasta ahora se le ha dado prioridad a la "protección física, dejando de lado una serie de elementos fundamentales si se quiere garantizar su salvaguardia. Se trata de factores como el impacto sobre el paisaje natural y cultural del lugar, la posibilidad de lectura y

entendimiento de la zona, el mantenimiento o la durabilidad de los sistemas de protección, entre muchos otros.

Es evidente, que el proceso de diseño de elementos de protección tendrá que generar y adoptar metodologías integrales de intervención, las cuales contemplen toda la complejidad que representa la conservación de bienes culturales, y así rebasar esas visiones unidireccionales, que, si bien han logrado algún grado de conservación, son claramente insuficientes en el largo plazo.

En síntesis, se trata de abordar la problemática desde una perspectiva holística y sostenible de la conservación del patrimonio cultural inmueble. El tema está lejos de agotarse, por el contrario, se requiere mayor investigación y aplicación de formas alternativas de protección de restos arqueológicos.

Entonces, es posible resumir algunas ideas expuestas en los siguientes puntos:

- Es indispensable considerar la incorporación de cubiertas de protección como una parte de la conservación integral del sitio, no como solución única y definitiva para su salvaguarda.
- Es importante considerar la posibilidad de diseñar estructuras parciales que cubran las secciones más vulnerables de los sitios arqueológicos y no necesariamente todo el sitio o zona arqueológica.
- Se debe evitar cubrir grandes claros o colocar cubiertas demasiado altas para no generar cargas puntuales agresivas.
- Conviene utilizar la propia forma del terreno o de la excavación para apoyar las cubiertas.
- Es necesario pensar en estas cubiertas como soluciones temporales que puedan ser modificadas conforme las excavaciones avancen.
- La incorporación de criterios de musealización en el diseño de elementos de protección en zonas arqueológicas permitirá una mejor comprensión del sitio.
- El papel de la integración arquitectónica juega una tarea fundamental para conservar los valores de autenticidad y facilitar la lectura de los sitios arqueológicos. (Villalobos, 2009: 53)
- Es muy recomendable considerar el concepto de “micro techos” como medio para reducir el impacto físico, ambiental y visual sobre los sitios arqueológicos.

Por último, es necesario tomar en cuenta que la apertura de los sitios arqueológicos construidos con tierra cruda al público implica una altísima responsabilidad pues la experiencia ha demostrado que los restos tarde o temprano se perderán para siempre.

Es por esto que el origen de este proceso radica en la búsqueda de alternativas para exponer la menor cantidad posible de áreas. Y, en el caso de que se decidan exponer y por lo tanto techar, el diseño de las cubiertas debería acompañar a la propia excavación de las estructuras, de manera que éstas puedan estar lo más cercanas al nivel del terreno que sea posible. El aprovechamiento de los desniveles permitirá ahorrar recursos e impactar el entorno. La aplicación de criterios de diseño bioclimático y del paisaje permitirá una integración adecuadamente equilibrada al medio natural y cultural circundante.

Bibliografía

- BATTLE, David. Interaction of adobe with other materials, en *Adobe: Practical and Technical aspects of adobe conservation*, ed. James W. Garrison y E. F. Ruffner: 39-42. Heritage Foundation of Arizona, 1983, Tucson.
- GUERRERO, Luis. Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes*, Vol. 20, No. 2: 182-201, Pontificia Universidad Javeriana, 2007, Bogotá.
- GUERRERO, Luis. Introducción, en *Patrimonio construido con tierra*, coordinado por Luis Guerrero: 15-20. Proterra/ ICOMOS- Mexicano /UAM- Xochimilco, México, D.F.
- GUERRERO, Luis; MERAZ, Leonardo y SORIA, Francisco Javier. La problemática de las cubiertas en sitios arqueológicos de tierra, en *Memorias del IV Seminario Internacional de Conservación del Patrimonio*, coordinado por Blanca Paredes. (CD) Universidad Autónoma de Yucatán, 2008. Mérida.
- GUERRERO, Luis; CORREIA, Mariana y GUILLAUD, Hubert. Conservación del patrimonio arqueológico construido con tierra en iberoamérica. *Apuntes*, Vol. 25, No. 2: 210-225, Pontificia Universidad Javeriana, 2013. Bogotá.
- MATERO, Frank. *Lessons from the Great House: Condition and treatment history as prologue to site conservation and management at Casa Grande Ruins National Monument*. University of Pennsylvania, PennDesign. [en línea] <http://repository.upenn.edu/hp_papers/3/>
- RIZZI, Gionata. *Sheltering the mosaics of Píazza Armerina: issues of conservation and presentation* [en línea]: Archaeological Institute of America Site Preservation Program, <http://www.archaeological.org/pdfs/site_preservation_Oct_08.pdf> [Consulta: 20 Noviembre 2012]
- RODRÍGUEZ, Manuel. Introducción a la arquitectura bioclimática. LIMUSA - U.A.M. - Azcapotzalco. México, D.F.
- RUIZ, Gonzalo. "Fragmentos del pasado: la presentación de sitios arqueológicos y la función social de la arqueología". *Revista Treballs d'Arqueologia*. Núm.: 5 Arqueologia i ensenyament; RACO. [en línea]: <<http://www.raco.cat/index.php/TreballsArqueologia/article/view/123072/170830>>.
- SCHNEIDER, Renata. Preservación y conservación de arquitectura de tierra, en *Conservación in situ de materiales arqueológicos. Un manual*, editado por Renata Schneider: 161-172. INAH, México, D.F.
- SORIA, Francisco Javier, GUERRERO, Luis y GARCÍA, Alma Beatriz. "Técnicas de bajo impacto para la conservación y reutilización de arquitectura patrimonial de tierra" *La arquitectura construida en tierra, Investigación y Documentación*, Coordinado por Félix Jové y José Luis Sáinz; pp. 137-148. Grupo Tierra de la Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- VILLALOBOS, Javier. "Funcionalidad de las cubiertas en zonas arqueológicas", *Cubiertas arquitectónicas en contextos arqueológicos*, coordinado por Lilibiana Rivero: 39-58. Fomento Cultural Banamex, México, D.F., [en línea]: <http://www.wmf.org/sites/default/files/wmf_publication/Memorias%20y%20Lineamientos%20Técnicos.pdf> [Consulta: 20 Noviembre 2012]

Citas y notas

* **Francisco Javier Soria López**. Arquitecto, Maestro en Restauración y Doctor en Arquitectura. Profesor-Investigador del Cuerpo Académico "Conservación y reutilización del patrimonio edificado". Jefe del Departamento de Tecnología y Producción. División de CYAD. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

Luis Fernando Guerrero Baca. Arquitecto, Maestro en Restauración y Doctor en Diseño. Profesor-Investigador del Cuerpo Académico "Conservación y reutilización del patrimonio edificado", Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible" de CRATerre.