

67

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN EL ÁREA MAYA

*Gaspar Muñoz Cosme
Cristina Vidal Lorenzo*

Cuando se pretende analizar cualquier tipo de arquitectura siempre es necesario adoptar unos criterios simplificadores que permitan abstraer de cada caso real las características comunes que posee en relación con otros edificios. Para ello es imprescindible establecer unos patrones o prototipos de conducta constructiva y arquitectónica que se repitan de forma sistemática y cuya identificación resulte sencilla en cada ocasión.

Para tal cometido, tradicionalmente se ha acudido a las características decorativas o estilísticas, ya que éstas, por comparación simple, permiten identificar los motivos ornamentales de los edificios, al tiempo que tienen la ventaja de permanecer en la arquitectura y en otras manifestaciones artísticas de forma muy explícita. Sin embargo, hay algunas características que tienen mucho más que ver con las condiciones y adelantos tecnológicos de los edificios que se construyen y también, claro está, con los materiales y recursos disponibles. Nos referimos a lo que habitualmente se conoce como sistema constructivo.

¿QUÉ SE ENTIENDE POR SISTEMA CONSTRUCTIVO?

Si acudimos al Diccionario de la Real Academia Española (2001) vemos que define "sistema" con la siguiente acepción: conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto. Se trata, quizá, de una definición muy general pero que puede ser aplicada en el ámbito de la construcción y arquitectura.

Por otro lado, el Diccionario de Arquitectura y Construcción del Banco de Términos de Edificación (BANTE) de Valladolid, define un sistema constructivo del siguiente modo: es cada uno de los conjuntos funcionales de materiales y elementos constructivos en que puede subdividirse la totalidad de un edificio.

En principio, ésta parece ser una definición más próxima a lo que se quiere identificar, si bien lo más conveniente sería tomar un poco de cada una de estas definiciones para encontrar la que nos parezca más adecuada a nuestros objetivos.

Cuando se habla de "sistema constructivo" se hace referencia a algo relativo a la construcción pero con cierta autonomía dentro de las características del edificio. Por ejemplo, si se habla de sistemas constructivos estructurales en la arquitectura actual pueden considerarse sistemas de estructura de acero o de hormigón o concreto, o incluso mixtas, con unos elementos portantes de un material y los entresijos o forjados de otro. Pero para poder llamarlos sistemas deben de comprender en sí una solución completa, en este caso, a las necesidades estructurales del edificio.

Lo mismo podría decirse de otros sistemas tales como los cerramientos, particiones o instalaciones. Cada uno de ellos puede ser independiente en sí pero deben estar integrados en una arquitectura final única.

Por tanto, nos atreveríamos a definir que un sistema constructivo es "un conjunto funcional y ordenado de elementos constructivos que forman una unidad completa y autónoma en que puede subdividirse un edificio".

Según esto, habría que añadir que entendemos por "elemento constructivo" aquella unidad simple de la arquitectura que se compone para ir formando soluciones constructivas más complejas. Así, una columna, un dintel o una pilastra serían elementos constructivos simples.

Es decir, en la actualidad un mismo edificio podría ser susceptible de construirse con sistemas constructivos distintos obteniendo resultados parecidos formalmente. Pero es importante tener en cuenta que cuando estos conceptos se aplican al análisis de una arquitectura más primitiva, como es la del periodo Clásico Maya, hay que hacer algunas simplificaciones.

Si en la actualidad es posible diferenciar diversos sistemas dentro de un solo edificio, tales como el sistema estructural, el de cerramientos, el de particiones, el de instalaciones, etc, en las arquitecturas más primitivas encontramos que los sistemas constructivos son poli-funcionales, es decir, la misma solución constructiva material sirve tanto como sistema de sustentación como de cerramiento o particiones. Esto no sólo ocurre en la arquitectura Maya, sino también en otras arquitecturas de la antigüedad e incluso del Medioevo europeo.

Por todo ello, y conscientes de la escasez de estudios relativos a los sistemas constructivos en el área Maya, pretendemos desarrollar un proyecto de investigación sobre este tema, del cual este trabajo constituye un primer avance.

CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN EL ÁREA MAYA

La arquitectura Maya utilizó un repertorio de sistemas constructivos bastante limitado, quizá por ser una cultura lítica que no empleó herramientas metálicas ni utilizó el metal para la construcción. Pero tampoco llegaron a diseñar sistemas que permitieran un aprovechamiento mayor de las capacidades mecánicas de la piedra, como podría ser el arco o la bóveda, sino que se limitaron a utilizar el arco y la bóveda de aproximación, cuyo trabajo es asimilado al de dos voladizos contrapesados, por lo que se precisa una mayor cantidad de material y quedando muy limitadas las luces. No es, por tanto, una arquitectura estructuralmente audaz, aunque sí que se hicieron algunos alardes constructivos, especialmente en lo que se refiere a la edificación de grandes templos piramidales o basamentos con sistemas de estructuras compactas.

En este sentido, es posible diferenciar preliminarmente cinco sistemas constructivos que sirvieron en muy diversas épocas y en zonas muy distintas para elaborar la arquitectura que hoy identificamos como Maya.

MUROS DE CARGA Y CUBIERTA VEGETAL

Se trata, sin duda, del sistema más sencillo y primario, como una transposición directa de los sistemas más primitivos de cabañas o chozas, gozando de una gran independencia ya que las cargas que se transmiten son muy livianas y simplemente apoyadas.

La dificultad de su estudio estriba sobre todo en el carácter perecedero de la cubierta, e incluso, en algunos casos, de los propios muros ya que con este sistema pueden estar confeccionados con bajareque o tierra amasada y compactada.

Por ello, es del sistema que tenemos menos constancia física, a pesar de que todas las evidencias apuntan a que la mayoría de las construcciones habitacionales de los Mayas de la época Clásica fueron ejecutadas haciendo uso de él.

MUROS Y BÓVEDAS DE APROXIMACIÓN

Es el sistema más habitual en la arquitectura pétrea Maya. Los espacios interiores son cubiertos con bóvedas de aproximación que se apoyan, de forma independiente, en los muros laterales. Los muros de anchura variable y generalmente poco estilizados reciben sobre ellos las hiladas de la bóveda, que emergen en voladizo, una sobre la otra, hasta llegar al punto más alto en el que una losa se superpone sobre los dos lados de la bóveda y la cierra. Las piedras que componen la bóveda eran inicialmente lajas alargadas, lo que permitía ir haciendo el voladizo, contrapesado por la propia pieza (Figura 1). Posteriormente se fueron buscando soluciones más sofisticadas hasta llegar a la que se conoce como bóveda de estilo Puuc, en la que las dovelas están especialmente cortadas en lo que se ha dado en llamar forma de bota, presentando una cara plana y perfectamente labrada en el intradós de la bóveda, mientras que el resto de la piedra queda contrapesada con la masa de argamasa de cal y mampostería que rellena la parte superior del edificio (Figura 9).

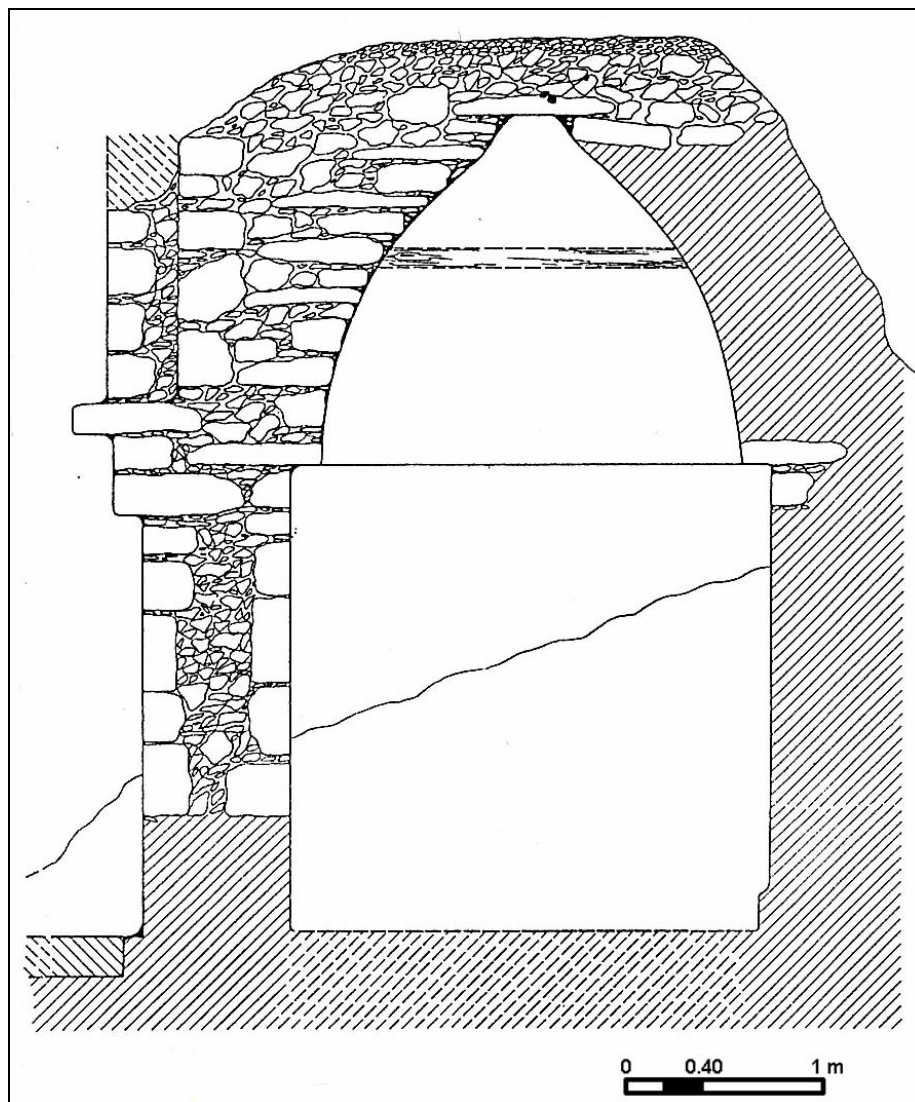


Figura 1 Bóveda del Palacio Lunar de Oxkintok, Yucatán, de estilo Proto-Puuc (según Pollock 1980, Figura 508)

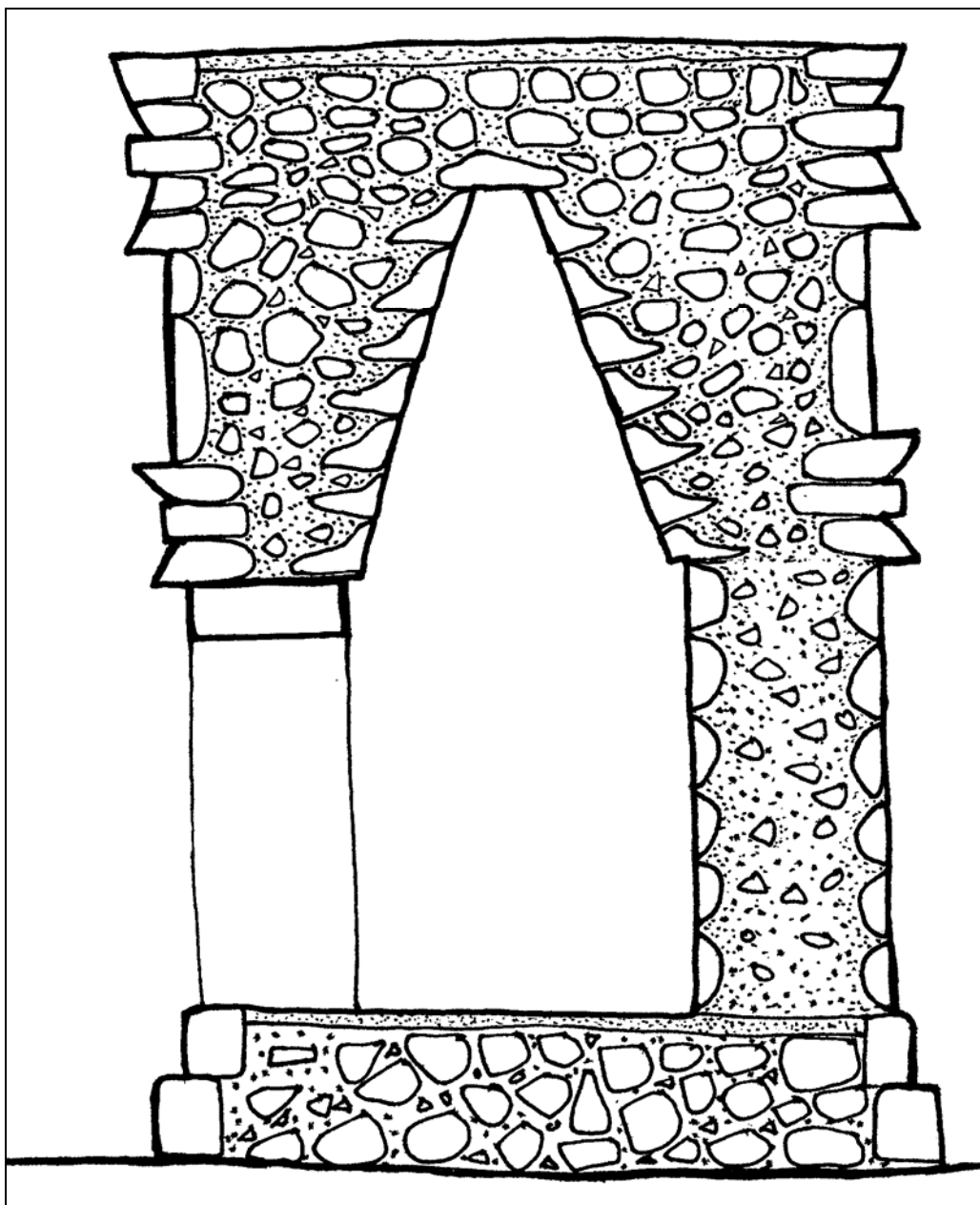


Figura 9 Bóveda de estilo Puuc Clásico, según dibujo de Gaspar Muñoz

Estos sistemas son estables y tienen la virtud de la independencia estructural de los dos lados de la bóveda, lo que se comprueba en múltiples ocasiones en que la ruina de un edificio se produce restando uno de los lados completos de la bóveda aunque su oponente haya desaparecido.

Las limitaciones que presenta este tipo de estructura son de dos tipos. En primer lugar la luz de las habitaciones raramente sobrepasaba los 3 m, siendo la habitual entre 1.80 y 2 m, no pudiéndose cubrir sin utilizar métodos excepcionales espacios de mayor tamaño; en segundo lugar, al estar basadas en un sistema masivo de contrapeso de las bóvedas, limita el desarrollo de estructuras de varias alturas. No se conocen edificios exentos que alcancen grandes alturas en el área Maya, y aunque en la Acrópolis Central de Tikal haya un palacio al que todos llamamos de los Cinco Pisos, en realidad se trata

de una estructura de tres niveles - como también lo es el laberinto de Oxkintok o el Palacio de Sayil - con dos pisos inferiores adosados a la plataforma de manera aterrazada.

Por último el sistema constructivo de las bóvedas tiene gran rigidez y difícilmente se presentan bóvedas con directriz que no sea recta, aunque se conocen puntualmente algún caso de bóvedas curvas y de bóvedas en ángulo recto (e.g., en Dzibilchaltun y en el Caracol de Chichen Itza), siendo éstas raras excepciones.

Generalmente estos edificios se enlucían interior y exteriormente con estuco y mortero de cal, no dejando a la vista ningún paramento pétreo y ocultando así algunos trabajos toscos en la elaboración de las bóvedas.

MUROS DE CARGA Y FORJADOS O ENTREPISOS

Este sistema estructural es raramente utilizado en la época Clásica y sí se conoce su uso en el Postclásico, especialmente en la costa caribeña de Quintana Roo. Consiste en un sistema de muros sobre los que se apoya un entramado de rollizos y sobre éste otro entramado de ramas de menor tamaño hasta conseguir la suficiente consistencia para situar sobre él una torta de mortero de cal con un estucado de protección superior. Tiene el gran inconveniente de la durabilidad de los materiales vegetales en un medio tropical, lo que en muchas ocasiones conduce a su pudrición (Figura 2). En algunos casos existen también sistemas mixtos en los que los apoyos de los forjados no se realizan directamente sobre los muros sino sobre semi bóvedas de aproximación, actuando el forjado de cierre superior y permitiendo luces mayores.

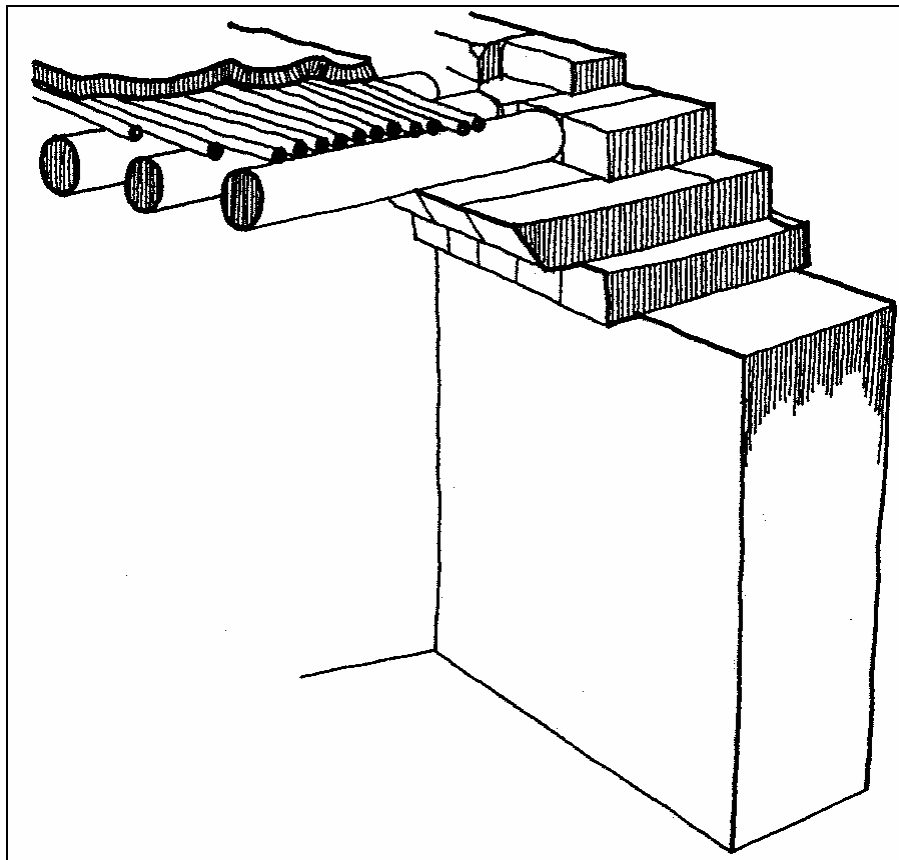


Figura 2 Esquema de una cubierta de vigas (tomado de Grube 2001, Figura 305)

DINTELES Y PILARES

Los Mayas conocían los fundamentos de los sistemas adintelados, pero lógicamente se utilizaban sólo en casos excepcionales, especialmente para vanos y entradas a los edificios, ya que conllevan una mayor calidad de los elementos constructivos utilizados y el consiguiente encarecimiento de la construcción. Los más sencillos y primitivos son mediante jambas y dinteles de piedra, por lo que necesitaban obtener losas de buena calidad y buen canto que garantizaran la resistencia necesaria. Aunque no sabemos los conocimientos de que disponían sobre los materiales, sin duda tenían una gran experiencia en el empleo de materiales pétreos y, por tanto, eran conscientes de las limitaciones de estos materiales para asumir tracciones y flexiones.

También se utilizó la madera, buscando vigas de chicozapote cortadas a escuadra. Éstas se colocaban protegidas con esteras, luego eran seccionadas y seguían sirviendo de protección y separación entre las vigas y la mampostería. Al igual que en los dinteles de piedra, en estas vigas se podía labrar su cara inferior con inscripciones jeroglíficas u otro tipo de representaciones alusivas al edificio en donde se ubicaba el dintel.

Además se utilizó el tinto o palo de Campeche, que al ser de menor sección no se podía emplear como el chicozapote y se tenía que colocar en rollizo, no permitiendo labra ni decoración.

En épocas tardías se encuentran algunos edificios que utilizaron gruesas vigas de chicozapote para sustituir los muros por pilares o columnas y dar una mayor diafanidad a los espacios interiores. Se supone que sobre estas vigas se construían bóvedas de aproximación y en algunos casos sistemas de cubiertas de entramado vegetal menos duraderas.

ENCAJUELADO O SISTEMA CELULAR

Es quizá el adelanto tecnológico más importante al que llegaron los Mayas y el que les permitió ciertos alardes constructivos. Conseguir templos piramidales de más de 70 m, como el Templo IV de Tikal, no era una cosa fácil si no se contaba con un sistema constructivo que permitiera ir consolidando de manera adecuada las diferentes partes de estas enormes moles.

Así, el sistema de encajuelado permitía de forma inteligente ir reduciendo el problema mediante la erección de habitáculos más reducidos con muros de altura limitada (entre 2 y 4 m), que luego se compactaban con materiales de relleno de mampostería y mortero de cal. Esto iba creando la solidez interna necesaria para que los cuerpos de estos edificios piramidales se convirtieran en plataformas estables. Las caras exteriores se acaban con una sillería más elaborada gracias a la fina labra de los canteros y con un trabajo perfectamente planificado de colocación de piedras de punta o llaves que iban atando periódicamente la fábrica exterior de sillares de revestimiento con la masa interna del edificio, dando a sus caras externas las inclinaciones correctas para la imagen final que se perseguía.

La traza del encajuelado sigue siendo aún un tema bastante desconocido, pero los datos aportados por el *Tikal Report* 14 del Museo de la Universidad de Pennsylvania, tras la demolición sistemática de varios pisos de la Pirámide 5D-33, permiten hacer un análisis del sistema seguido, en el que se puede comprobar que difería mucho si se estaba actuando con una subestructura o si se hacía con la planta libre (Figura 3). En el primer caso las trazas se modificaban para que los muros de las cajuelas fueran desde las paredes de la subestructura hasta la futura fachada del edificio, formando figuras geométricas radiales y cajuelas de sección variable (Figura 4).

En cualquier caso se ha comprobado que siempre trabajaban con achuras comprendidas entre 1 y 3 m, que la longitud de las unidades celulares no sobrepasaba regularmente los 8 m y que la traza de cada plataforma se hacía de forma independiente a la anterior.

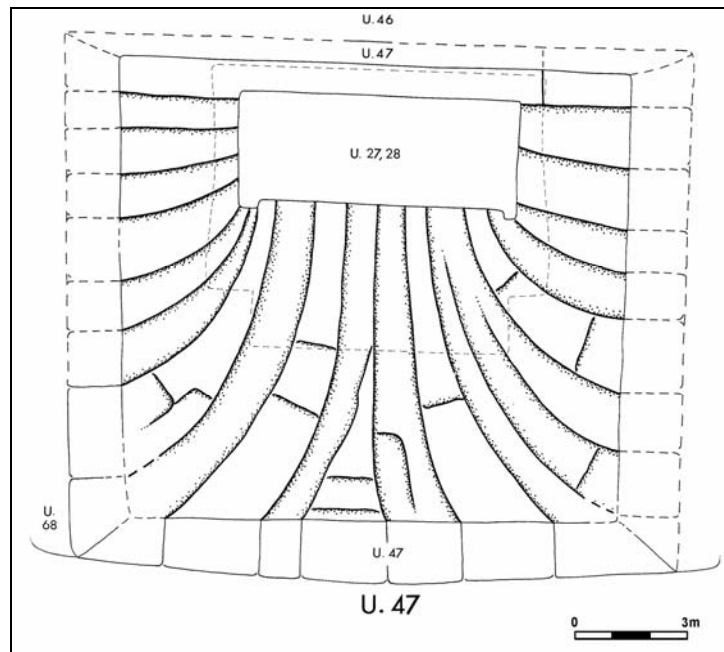


Figura 3 Sistema de encajuelado de la Estructura 5D-33 de Tikal (tomada de Coe 1990, Figura 70)

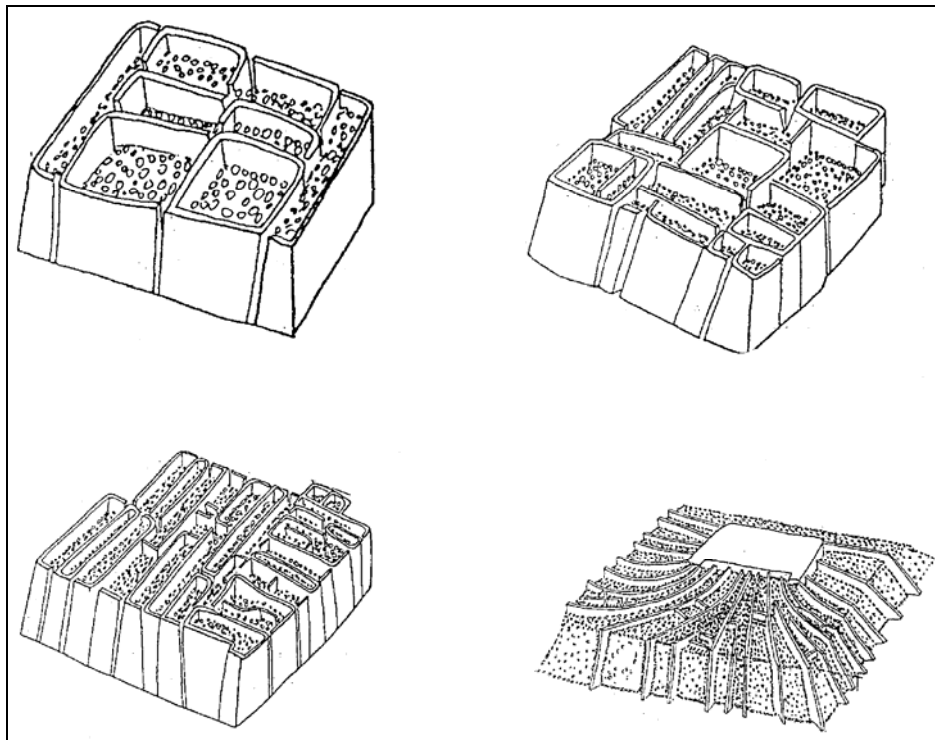


Figura 4 Sistema de encajuelado de la Estructura 5D-33 de Tikal (tomado de Quintana 1995)

Cada vez que se finalizaba uno de estos pisos, la cara superior se rellenaba y nivelaba perfectamente, creando leves inclinaciones para la evacuación de las aguas en las zonas que quedaban expuestas a la intemperie. Luego se estucaba, quedando así preparada para construir el encajuelado del piso siguiente (Figura 5).

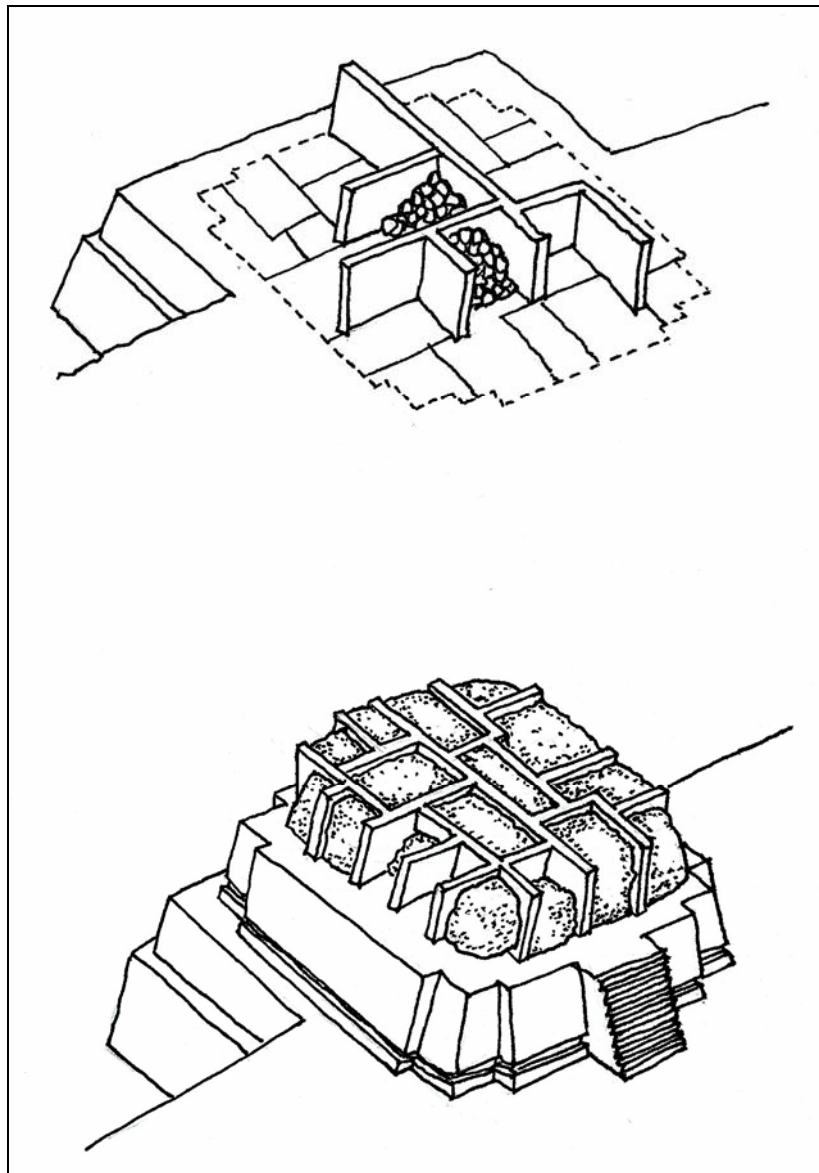


Figura 5 Conformación de cuerpos con el sistema de encajuelado, según dibujo de Gaspar Muñoz

COMPARACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE SISTEMAS SEGÚN ZONAS

Uno de los temas más interesantes es establecer un sistema comparativo de la utilización de los distintos sistemas constructivos en las diversas zonas en las que se divide el área Maya, pudiendo comprobar que independientemente de las variables estilísticas y decorativas, los sistemas constructivos son la base de la homogeneidad de esta arquitectura. Así, podemos encontrar algunos tipos de construcciones con bóvedas de aproximación en el norte de Yucatán o en pleno corazón de Petén, que

aunque manteniendo los esquemas estructurales y constructivos, presentan variables de carácter estético o formal.

Como decíamos, todo esto forma parte del inicio de una investigación mucho más exhaustiva, partiendo de los estudios realizados por algunos renombrados investigadores de la arquitectura Maya, tales como Tatiana Proskouriakoff (1976), Harry E.D. Pollock (1980), George Andrews (1986), Ignacio Marquina (1990), o Paul Gendrop (1983 y 1997), de ahí que a continuación sólo esbozemos lo que podría ser el sistema de análisis mediante algunos ejemplos bien definidos.

En este sentido vamos a proponer un breve análisis de dos de los sistemas propuestos, el de muros y bóvedas de aproximación y el de dinteles y pilares.

MUROS Y BÓVEDAS DE APROXIMACIÓN

Si observamos el ya famoso cuadro comparativo relativo a las bóvedas Mayas que proponen Gendrop y Heyden (1989, Figura 88), podemos apreciar las diferentes reformulaciones y secciones que sobre un mismo sistema estructural y constructivo se pueden llegar a hacer. Desde las bóvedas escalonadas que podemos encontrar en Uaxactun y Tikal, pero que también hallamos en la zona del norte de Yucatán en el llamado Oxkintok temprano, hasta las soluciones más sofisticadas formalmente de Palenque o Uxmal. Como ejemplo de las primeras tendríamos el Edificio E-X de Uaxactun o el Palacio de las Ventanas en Tikal, así como el Satunsat y otros edificios de Oxkintok y su entorno (Figuras 6 y 7).

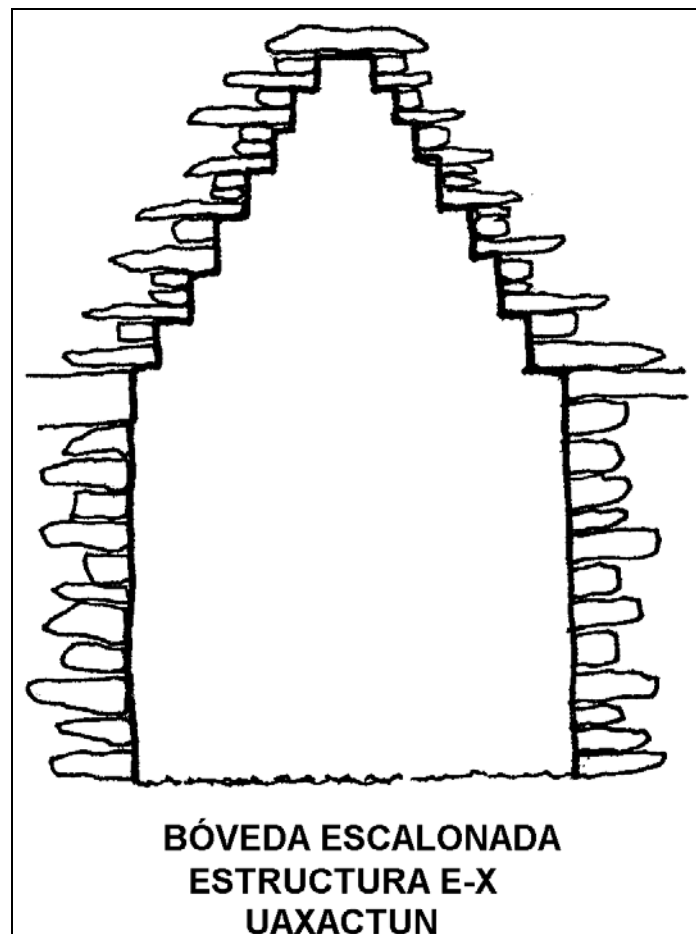


Figura 6 Bóveda escalonada de la Estructura E-X de Uaxactun, según dibujo de Gaspar Muñoz

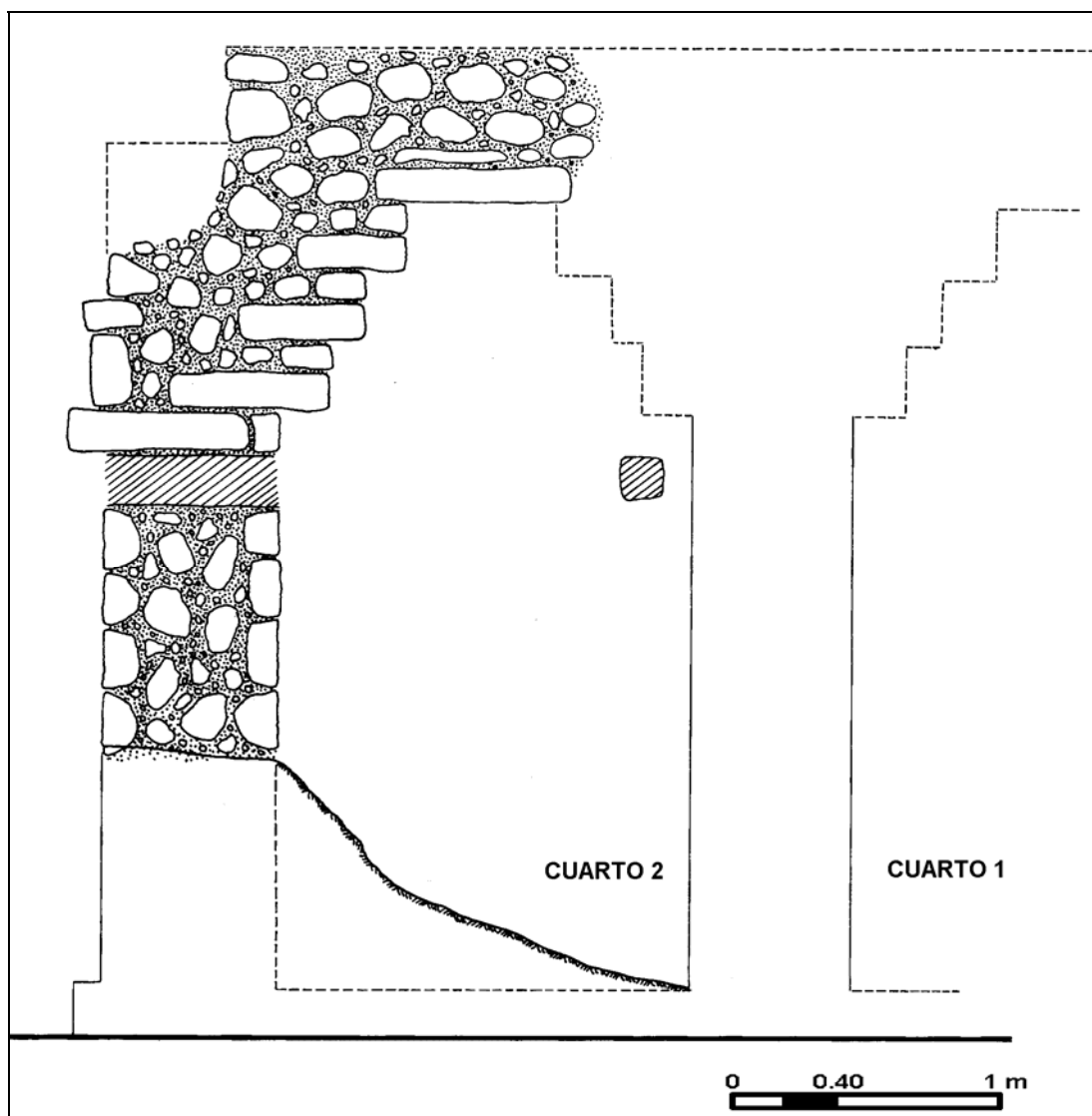


Figura 7 Bóveda escalonada de Ebnocac, Yucatán, según dibujo de E. López de la Rosa y A. Velázquez (Proyecto Oxkintok)

El concepto estructural de estas bóvedas es siempre coincidente y se puede glosar con la imagen propuesta por Loten (Figura 8), en la que es posible comprobar cómo la base de la estabilidad de estas bóvedas reside en que la resultante de las fuerzas de cada uno de sus lados pase por la imposta del muro. Esto recuerda a lo que ocurre cuando en los arcos tradicionales se busca centrar las cargas para que pasen por el centro del contrafuerte, a veces buscando una mayor carga vertical mediante el subterfugio de los pináculos.

En toda el área Maya se encuentra el mismo sistema constructivo para resolver este problema, si bien la solución más sofisticada aparecerá en el Puuc Clásico en el que la selección de materiales ha llegado a su límite, buscando la máxima economía de medios y el resultado formalmente más perfección, diseñando la bóveda con una plementería muy bien acabada, con sección de bota y cara externa rectangular, y el muro chapado. Pero incluso, a pesar de estos avances tecnológicos, el sistema constructivo sigue permaneciendo constante (Figura 9).

Ejemplos de estas soluciones se pueden encontrar en Uxmal en el Palacio del Gobernador o en el Cuadrángulo de las Monjas, y en otros edificios de sitios tales como Oxkintok, Kabah, Labna, Chacmultun, Sayil y otros muchos del área Puuc.

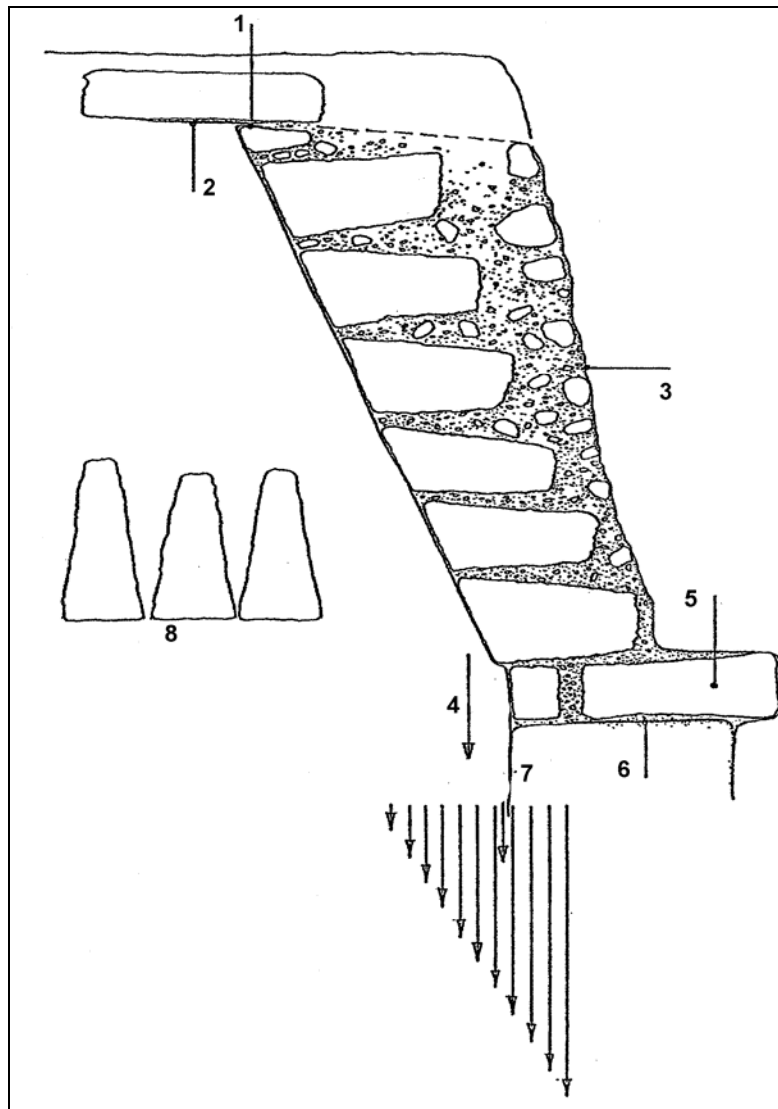


Figura 8 Esquema de transmisión de fuerzas en una bóveda Maya (tomada de Loten 1991, Figura 5)

Curiosamente, en sitios singulares por la utilización de material distinto, como es el caso de Comalcalco, se puede observar que el sistema constructivo de la bóveda es idéntico, aunque adaptado a la utilización del ladrillo.

DINTELES Y PILARES

Este sistema constructivo se repite constantemente a lo largo toda el área Maya, aunque son más extraños los casos en que se utiliza como sistema general de construcción de un edificio. No obstante se puede citar el caso del Mercado y el Grupo de la Mil Columnas de Chichen Itza o el Palacio de las Columnas de Ake.

Lo más habitual es encontrarlo como solución para estructurar vanos de acceso a edificios como el caso de la pirámide de cinco plantas de Edzna en la que se aprecian soluciones de pilares de diverso tipo, algunos de ellos compuestos por sillares menores, algo parecido a la singular solución del Juego de Pelota de la Plaza Este de Tikal. También se encuentra este tipo de sistema en el Gran Palacio de Sayil, en el Palacio de Cabal Pak de Chacmultun, o en la Tribuna del Juego de Pelota de Chichen Itza.

También se pueden apreciar sistemas adintelados para cubrir vanos sin la utilización de los pilares. Esto es más común y frecuente, unas veces utilizando gruesas vigas de chicozapote labrado, como en Tikal en los Templos I, 11, Hl y IV, y otras con rollizos de tinto o palo de Campeche, como en el Templo V o el Palacio Maler de Tikal. En otras zonas se utilizan los gruesos dinteles de piedra, muchas veces labrados, como el caso de Yaxchilan u Oxkintok.

En conclusión, podemos ver cómo los mismos sistemas constructivos, adaptados a las características particulares de cada época y de cada lugar aparecen en todas las zonas del área Maya, creando así un mecanismo de identidad cultural. Por tanto, si avanzamos en la descripción e identificación de los distintos sistemas constructivos de los Mayas, propósito de este incipiente proyecto de investigación, estaremos estableciendo la columna vertebral de lo que pueden ser los rasgos fundamentales de su arquitectura, matizada en cada lugar y situación por las variables ornamentales y estilísticas correspondientes.

REFERENCIAS

Andrews, George F.

- 1986 *Los estilos arquitectónicos del Puuc: Una nueva apreciación*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

Camino Olea, Soledad *et al.*

- 2001 *Diccionario de arquitectura y construcción*. BANTE, Munilla-Lería, Madrid.

Coe, William R.

- 1990 *Excavations in the Great Plaza, North Terrace and North Acropolis of Tikal*. Tikal Report 14. University Museum Monograph 6. Pennsylvania University, Pennsylvania.

Gendrop, Paul

- 1983 *Los estilos Río Bec, Chenes y Puuc*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- 1997 *Diccionario de arquitectura mesoamericana*. Trillas, México.

Gendrop, Paul y Doris Heyden

- 1989 *Arquitectura precolombina*. Aguilar, Madrid

Grube, Nikolai (ed)

- 2001 *Los Mayas. Una civilización milenaria*. Konemann, Colonia.

Jones, Christopher

- 1996 *Excavations in the East Plaza of Tikal*. Tikal Report 16, University Museum Monograph 92, Pennsylvania University, Pennsylvania.

Loten, Herbert Stanley

- 1991 Tikal Vaulting. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* 14: 27-33, México.

Marquina, Ignacio

- 1990 *Arquitectura prehispánica*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

Monjo Carrió, Juan *et al.*

- 2001 *Tratado de construcción*. Sistemas, Munilla-Lería, Madrid.

Pollock, Harry E.D.

- 1980 *Puuc: An Architectural Survey of the Hill Country of Yucatan and Northern Campeche, México*. Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology 19, Harvard University, Cambridge.

Proskouriakoff, Tatiana

- 1976 *An Album of Maya Architecture*. University of Oklahoma Press, Norman.

Quintana, Oscar

- 1995 Plan de intervención en el Templo I de Tikal, El Petén, Guatemala. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* 29:3-14, México.

Real Academia Española

- 2001 *Diccionario de la Lengua Española*. Espasa, Madrid.