

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:

JOVÉ, Félix; RAMÓN, Leticia; HERNANDO, David. "Bóveda Nubia aplicada a la construcción de un prototipo de vivienda de crecimiento progresivo". 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. 87-96

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.

BÓVEDA NUBIA APLICADA A LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA DE CRECIMIENTO PROGRESIVO

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

*Félix Jové, * Dr. Arquitecto*

Leticia Ramón Martínez, Grado en Fundamentos de Arquitectura

David Hernando Andrés, Grado en Fundamentos de Arquitectura

Universidad de Valladolid

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

PALABRAS CLAVE: Bóveda Nubia, técnica constructiva, prototipo de vivienda, Sudán

1. Introducción

El territorio del antiguo reino Nubio se extendía a lo largo del valle del río Nilo, desde la primera catarata hasta el sur de la sexta. Actualmente, y como consecuencia del establecimiento de fronteras artificiales después de la Primera Guerra Mundial, su territorio se reparte entre el sur de Egipto y el norte de Sudán. Su cultura milenaria dio lugar, junto con otras maravillas arquitectónicas, al desarrollo constructivo de la llamada bóveda Nubia; una bóveda construida mediante adobes acostados, cuya principal virtud reside en que puede ser construida en ausencia de

cimbra. Este aspecto resulta fundamental en un territorio desértico en el que escasea la madera, salvo el estípite o tronco de palmera.

Actualmente, el uso de la técnica de la bóveda Nubia en Sudán es prácticamente inexistente. En la ponencia se expone el proyecto de un prototipo de vivienda mínima de crecimiento progresivo, realizado en el marco de la Cooperación Internacional Universitaria para la mejora de las condiciones de habitabilidad en un pequeño núcleo rural de Sudán; Soleb, situado en la orilla oeste del río Nilo. El proyecto



Figura 1a/1b. Ruinas del Templo de Amón en Soleb (Sudán), construido hacia el año 1350 a.C. bajo el reinado del faraón Amenhotep III. Fuente: F. Jové.

explora las posibilidades de uso de la bóveda Nubia con el fin de recuperar y poner en valor la técnica perdida. La bóveda se construye con adobes acostados sobre un muro de cabeza, y apoyada en muros longitudinales. Su forma sigue la forma de la curva catenaria con una inclinación de 300%. Se trata de una bóveda que trabaja únicamente a compresión, siempre y cuando su resultante no se salga del espesor del muro en sus puntos de apoyo.

Se abordan también los aspectos asociados a la sostenibilidad de las construcciones en el desierto y a su uso en relación al ciclo del agua. La vivienda está dotada de un sanitario seco o “retrete solar” en el que no es necesario el uso de agua para la evacuación de los residuos fecales. Debe tenerse en cuenta que en el desierto las fecales no son consideradas un residuo, sino más bien un recurso, de manera que, tal y como hace el cuerpo humano, las heces son separadas de los orines para su reutilización. Una vez deshidratadas y mezcladas con paja son utilizadas como abono natural; mientras que los orines son incorporados en la mezcla del barro que se utiliza para realizar los revocos o enlucidos exteriores de las viviendas que, gracias a ello, adquieren una mayor impermeabilidad.

2. Metodología

Las técnicas de construcción con tierra datan en torno al 10.000 a.C. Nacieron en los valles inferiores de los ríos Tigris y Éufrates, entorno al Nilo, el Indo y el río Amarillo. Todas las culturas y civilizaciones antiguas emplearon la tierra como material de construcción para

la edificación de sus viviendas, fortalezas y arquitecturas religiosas. El primer elemento de construcción, prefabricado y modular, fue la pieza moldeada de barro, es decir; el adobe. Las primeras bóvedas conocidas, construidas por el ser humano, están hechas de adobe y se corresponden precisamente con la técnica de la bóveda Nubia.

Una estancia de investigación, realizada en la Universidad de Jartum (Khartoum) en octubre de 2015, ha permitido documentar la presencia de la bóveda Nubia en zonas interiores de Sudán y también en núcleos rurales a lo largo del Nilo. Se ha realizado un análisis y estudio constructivo de las bóvedas documentadas “in situ” con el objeto de recuperar su tectónica para replicarla en la construcción de un prototipo de vivienda de crecimiento progresivo en Soleb. Los trabajos preliminares se han realizado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid (ETSA-UVa) durante el curso 2015-2016, estando pendiente la construcción de un módulo experimental en las instalaciones del Laboratorio de Construcción.

3. Soleb y el Templo de Amón

Soleb es un antiguo asentamiento de la Baja Nubia, hoy República de Sudán, localizado más allá de la tercera catarata aguas abajo del río Nilo, en su orilla oeste. Se encuentra en una zona desértica de Sudán donde las variaciones de temperaturas son muy acentuadas; en invierno, durante la noche, descienden hasta los 4,4 °C, mientras que en verano superan a menudo los 43,3 °C. Las



Figura 2a/2b. Edificios abandonados, semienterrados por la arena del desierto, construidos con bóveda Nubia de adobe, Soleb (Sudán). Fuente: F. Jové.

precipitaciones son insignificantes y durante los meses de verano suele haber tormentas de arena provenientes del desierto. Su número de habitantes es escaso, y únicamente es conocido y visitado por encontrarse próximo a las ruinas del antiguo Templo de Amón, construido bajo el reinado del faraón Amenhotep III hacia el 1350 a. C. Este excepcional edificio, construido con grandes bloques de piedra arenisca, es el templo situado más al sur de los construidos por Amenhotep III, fruto de los intentos egipcios por establecer su control sobre la Baja Nubia. Fue consagrado al dios Amun-Ra y al propio faraón (Figura 1a / 1b).

El pequeño número de habitantes de Soleb vive fundamentalmente del sector primario: de la agricultura de regadío y ganadería, aprovechándose de su cercanía al Nilo, puesto que la única tierra fértil existente es la que se encuentra en sus orillas. Las escasas viviendas se desarrollan en planta baja y principalmente aisladas; emplazadas dentro de una parcela cercada por muros de adobe. La disposición de las parcelas no es ordenada y no responde a ningún sistema de planificación urbana; más bien a un libre asentamiento en el territorio por parte de la población. Las viviendas han sido autoconstruidas por sus habitantes con muros de adobe y cubierta plana de barro. Tienen formas rectangulares o cuadradas, aunque también las hay alargadas o en torno a un patio de ventilación. Los techos son planos y transitables, con estructura de troncos de palmera o estípites que se apoyan en los muros de adobe. Por último, dentro del perímetro de la parcela suele haber un

pequeño recinto cubierto para guardar al ganado o las herramientas para el cultivo.

Como ocurre en gran parte de Sudán, la vivienda tradicional existente se corresponde con la tipología de vivienda subsahariana. Sin embargo, durante la estancia de investigación se ha podido documentar en Soleb la presencia de algún edificio antiguo abandonado, semienterrado por la arena del desierto, construido con bóveda Nubia (Figura 2a / 2b). Actualmente, los albañiles y artesanos locales desconocen la técnica de construcción de estas bóvedas, por lo que recuperar su tectónica es un logro que debe ser conseguido.

Por otra parte, y a pesar de la importancia de las ruinas arqueológicas del Templo de Amón, no existe en Soleb un lugar apropiado donde poder pernoctar más allá de las casas de los propios habitantes. La construcción de un conjunto de nuevas viviendas, adaptadas al prototipo de vivienda de crecimiento progresivo que se investiga, serviría a un doble propósito; por una parte mitigar la ausencia de alojamiento para investigadores y por otra, recuperar la técnica de construcción de la bóveda Nubia en el lugar mismo donde nació.

4. La bóveda Nubia

La construcción de bóvedas tendidas ya había sido recogida por los tratadistas de finales del XIX. El más importante fue Auguste Choisy, quien en 1883, en su tratado de construcción "L'art de bâtir, chez les byzantines" reprodujo el sistema constructivo de la bóveda Nubia, con

el auxilio de un compás de madera para trazar el arco apuntado tendido. En 1899 dibuja la estereotomía de las bóvedas sin cimbra de las galerías subterráneas de Khorsabaden en Irak, construida en el año 713 a.C. por Sargón II, como capital de Asiria. Durante el siglo XX distintos arquitectos revitalizaron la técnica de la construcción de bóvedas sin cimbra, entre ellos hay que destacar la figura del arquitecto egipcio Hassan Fathy (1900-1989), autor del proyecto del poblado de New Gourna para la reubicación de los 7000 habitantes de la ciudad vieja de Gourna que se encontraba edificada sobre un área con numerosas tumbas faraónicas. El proyecto fue promovido por el propio Departamento de Antigüedades del gobierno egipcio en 1946. En la actualidad existen numerosas asociaciones en el ámbito de la cooperación al desarrollo que promueven el uso de la bóveda Nubia como alternativa al uso de madera y chapa para la cubrición de los edificios, no sólo como una solución constructiva ventajosa en lo económico, sino también en lo relativo al confort interior de la vivienda, ya que constituye una solución bioclimática de gran atenuación de la incidencia solar.

La bóveda Nubia se construye enteramente con adobe. Se trata de una bóveda que trabaja únicamente a compresión, siempre y cuando la resultante de la carga a que está sometida no se salga de sus puntos de apoyo. La bóveda sigue la forma de la curva catenaria que consiste en sujetar una cuerda por los dos extremos, dejarla colgar y la curva que se forme será la "curva catenaria". Finalmente, se toman las respectivas medidas de la curva y se da la vuelta para empezar a construir la bóveda. La longitud de la cuerda y la distancia entre los extremos determinará la forma de la catenaria, y por tanto, la forma de la bóveda. La curva también puede ser calculada mediante una ecuación matemática.

Sobre los muros testers se dibuja el perfil de la bóveda, que se construye acostada en hiladas sucesivas. Normalmente se construyen los dos tramos de bóveda a la vez, empezando desde los dos muros testers hacia el centro para llegar a encontrarse en el medio, donde se cierra el ojo por aproximación de hiladas tumbadas desde uno y otro lado. Debe tenerse en cuenta que en la construcción de viviendas de bajo costo la estructura de cubierta representa aproximadamente un tercio del precio de la construcción total. Para

reducir estos costes, la construcción de techos con forma de cúpulas o bóvedas, además de mejorar las condiciones climáticas interiores, ofrece un menor costo de construcción que las cubiertas tradicionales.

5. El sanitario seco

Este tipo de sanitario o letrina está pensado para separar las heces de la orina, tal y como hace el cuerpo humano. Las heces, una vez secas y mezcladas con tierra y paja son utilizadas como abono para los campos de cultivo, mientras que los orines, conocida la propiedad hidrófuga de la urea, son utilizados como hidrofugante para los morteros de barro de los revocos. En este caso el orín puede añadirse en el agua de amasado del mortero o aplicarse posteriormente, rebajado con agua, sobre el revoco de barro terminado. (Figura 3a / 3b).

El sanitario seco no utiliza agua para evacuar las heces y los orines ya que ambos productos no son considerados un residuo, sino más bien un recurso aprovechable, es decir; materia prima para la producción de otros productos. Como puede apreciarse, el beneficio es doble; por una parte no se consume agua, tan escasa en determinadas zonas desérticas, y por otra el residuo se convierte en recurso.

Se construye el sanitario seco mediante un asiento con agujero y tapa de madera como los que podían encontrarse en el medio rural en Europa hasta mediados del siglo XX. Si se prefiere, también puede disponerse una taza de váter convencional sin la cisterna de almacenamiento de agua, aunque en este caso hay que mejorar la estanqueidad de la tapa mediante una junta de goma perimetral. Las heces caen directamente a una cámara, mientras que los orines deben hacerse en un urinario, o en un simple embudo conectado a un depósito mediante un tubo. La cámara, denominada de descomposición, debe estar ventilada por un tubo vertical que sale al exterior por encima del tejado. En ella las heces se descomponen y se secan. Si se deposita ceniza sobre ellas se consigue una reducción del tiempo de descomposición. Una vez secas se extraen y pueden ser utilizadas como abono.

Una variante del sistema de sanitario seco es el denominado "retrete solar", que mezcla la técnica del sanitario seco con la del horno



Figura 3a/3b. Sanitario seco construido en el exterior del recinto cercado de la vivienda, Soleb (Sudán). En la figura de arriba puede observarse el conducto de ventilación de la cámara de descarga y la tapa, aún sin rematar, para la recuperación de las heces. Fuente: F. Jové.

solar. Se trata de una variante en la que la cámara de descomposición tiene incidencia solar directa a través de una chapa expuesta al sol, con inclinación de entre 30 a 45 grados, que es la que cierra la cámara del retrete. Con este sistema no se precisa la separación de heces y orines, aunque si es recomendable para no desperdiciar la orina. Los excrementos caen a la cámara sobre una maya metálica y los líquidos gotean a través de ella. Las altas temperaturas que se consiguen por incidencia del sol directo hacen que se calinen las heces y se evaporen los líquidos; obteniéndose como resultado final una ceniza negra, en un volumen increíblemente pequeño, que puede ser utilizada como abono. Todo el espacio interior de la cámara debe ser de color negro para aumentar el efecto de las altas temperaturas, y se dispone igualmente un tubo vertical de ventilación que emerge por encima del tejado. Para poder desarrollar esta variante, el retrete debe tener una orientación favorable que garantice la incidencia solar directa sobre la chapa metálica que hace de cierre de la cámara.

6. El prototipo de vivienda de crecimiento progresivo

6.1 Ordenación e implantación

El proyecto plantea la construcción de cuatro viviendas que sirvan de hospedaje a equipos de investigación, cooperantes y, por qué no, turistas también, dada la nula oferta de alojamiento existente en Soleb para la visita de las ruinas arqueológicas del templo de Amón. Los beneficios del turismo repercutirían en la economía de Soleb para su futuro desarrollo.

Las viviendas serán construidas por artesanos locales, con el asesoramiento inicial de personal formado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid (ETSA-UVa) de manera que, una vez adquiridos los conocimientos para la construcción de la bóveda Nubia, la técnica pueda replicarse por los propios usuarios en la construcción de nuevas viviendas. El prototipo propuesto es una vivienda mínima de crecimiento progresivo que parte de una

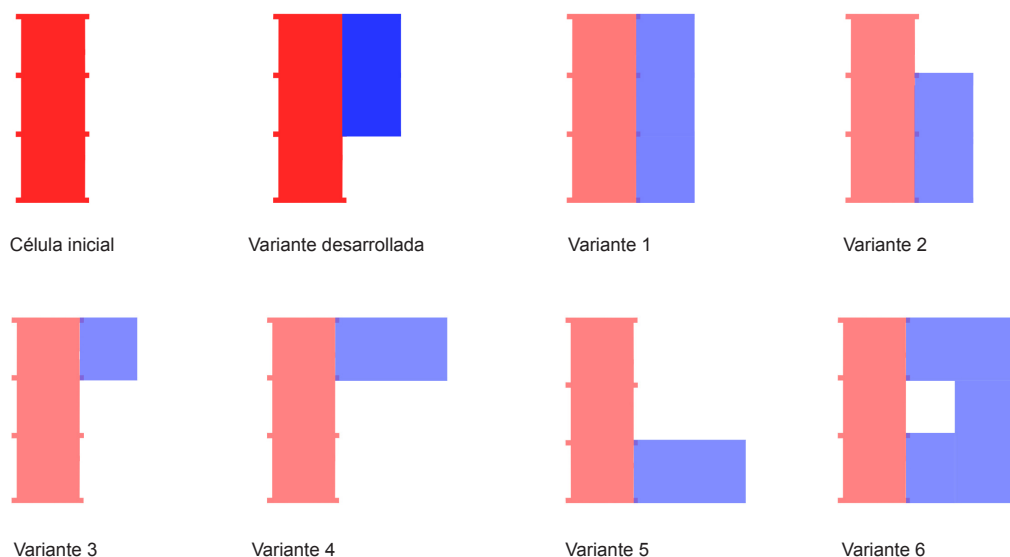


Figura 4. Célula inicial del prototipo y esquema de las diferentes variantes de agrupación y crecimiento. Fuente: los autores.

célula inicial de 40 m². A partir de esta célula puede haber distintas configuraciones que permitan elegir a cada familia su modo de crecimiento en función de sus necesidades (Figura 4). Todas estas variantes y muchas más son posibles a partir de una célula inicial de 3,60 m x 10,60 m. El crecimiento en altura también puede ser considerado, pero teniendo en cuenta que la cubierta del piso superior no podría ser resuelta con bóveda Nubia por los empujes de la bóveda sobre los muros, de esbeltez doble, de manera que en el caso de doblar la altura se aconseja realizar la cubierta plana con estructura de madera.

6.2 El prototipo

El prototipo responde a una tipología de vivienda alargada orientada norte sur. La fachada sur está orientada a la calle de acceso, mientras que la fachada norte se orienta al patio de parcela o espacio libre dedicado a cultivo con una superficie de 62 m². Las cuatro viviendas iniciales de hospedaje se construyen siguiendo un modelo de agrupación adosado. Entre las viviendas queda un espacio vacío que sirve de patio de acceso y para diferentes actividades al aire libre. La distribución interior busca aportar las mínimas condiciones espaciales para el desarrollo de una vida digna

en condiciones de confort e higiene apropiadas. Tras pasar la puerta de acceso, se encuentran los fogones de la cocina y el fregadero; además del retrete solar en un compartimento aparte. El espacio contiguo, que se encuentra separado de este anterior por una cortina, es la habitación principal que comunica directamente con la parte trasera de la parcela (Figura 5).

La vivienda se proyecta bajo la premisa de “vivienda de crecimiento progresivo” es decir adaptada en el tiempo a la evolución de las necesidades del núcleo familiar. Ha de tenerse en cuenta que dentro de esa premisa debe cumplirse que el crecimiento progresivo de la vivienda, es decir la ampliación, ha de poder hacerse sin mayor coste que el propio de la obra de ampliación, es decir; sin costes añadidos de demolición o modificación de la construcción inicial ya ejecutada.

La ampliación del prototipo se configura doblando en paralelo la célula inicial con otra, aunque de menor longitud, obteniéndose otra habitación de las mismas dimensiones que el anterior dormitorio. Para conectar los dos espacios basta con retirar los adobes que se habían dejado cerrando el paso ya dispuesto.

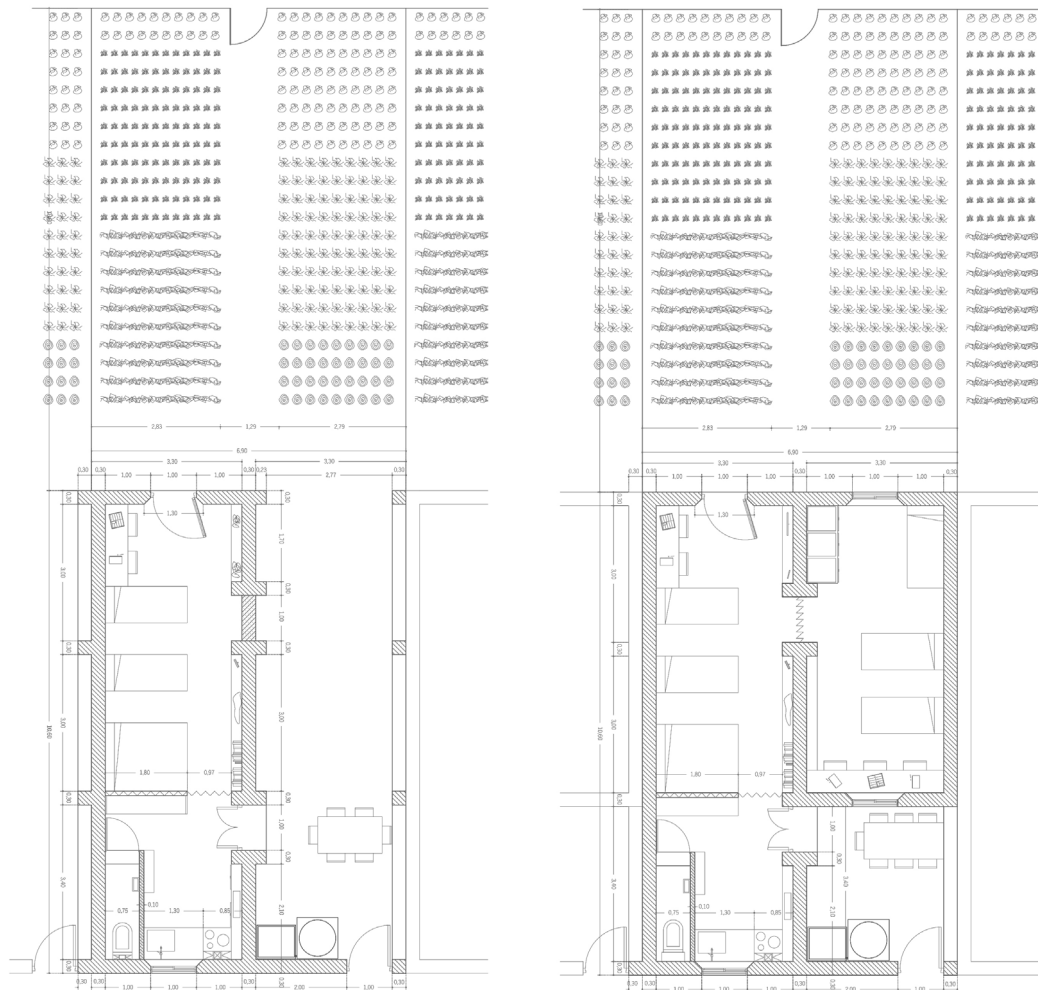


Figura 5. Planos arquitectónicos del prototipo de vivienda de crecimiento progresivo. A la izquierda el módulo inicial y a la derecha la ampliación primera a desarrollar. Fuente: los autores.

6.3 La construcción del prototipo

El módulo se construye mediante una bóveda Nubia apoyada en los muros laterales que arrancan sobre un cimiento y sobrecimiento de piedra natural con mortero de cal y arena. El sobrecimiento eleva la vivienda 15 cm sobre el terreno para evitar que los adobes estén en contacto con el terreno y los efectos del agua de lluvia. Los muros son de adobe, de dimensiones 30 x 20 x 10 cm, hasta una altura de un metro y treinta centímetros, donde se produce el arranque de la bóveda. Se disponen contrafuertes en los muros exteriores para formalizar los huecos de paso y como refuerzo ante posibles empujes de la bóveda.

La bóveda, de directriz recta, se construye mediante adobes de dimensiones 30 x 15 x 6 cm que se apoyan en los muros longitudinales siguiendo la forma de la curva catenaria tumbada, con una inclinación de 300%, sobre los muros de cabeza transversales. En la figura se puede apreciar la inclinación de los adobes de la bóveda para permitir el reparto de cargas y el funcionamiento a compresión.

El suelo de la vivienda, y el contacto con el terreno, se soluciona con una capa de grava de 10 cm seguida de una capa de tierra apisonada de 12 cm y un acabado final interior de un pavimento continuo de barro bruñido -hidrofugado con orines-, de tres centímetros de espesor.

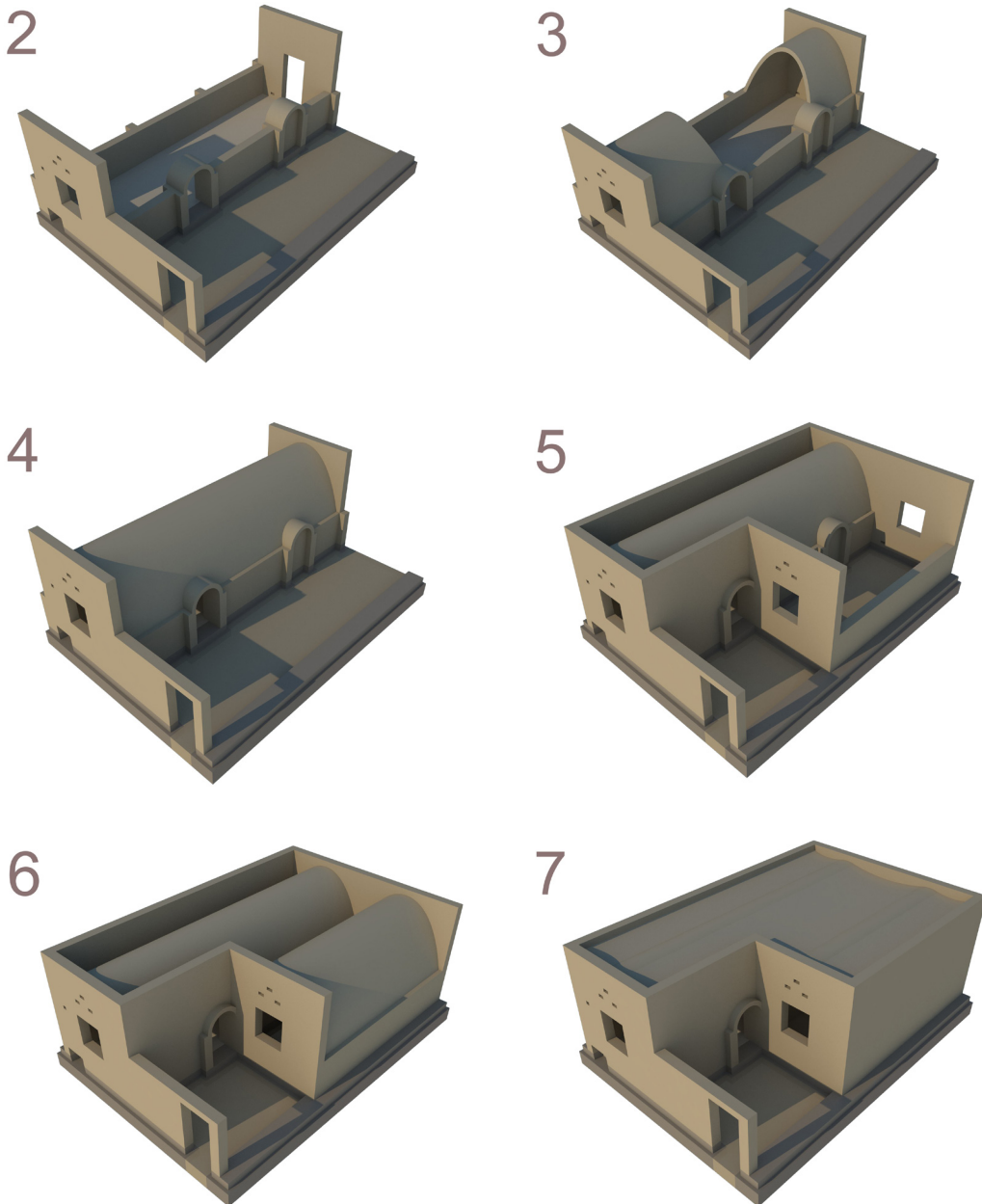


Figura 6. Serie de Infografías que ilustran el proceso constructivo de la bóveda Nubia en la construcción del módulo de vivienda de crecimiento progresivo y la propuesta de ampliación. Fuente: los autores.

Los huecos de los muros transversales son abocinados, resuelto el dintel mediante un cargadero de madera de palmera. En los muros longitudinales las puertas se resuelven con arcos de medio punto con transición a la bóveda Nubia a partir de los contrafuertes. El acabado interior y exterior se resuelve con un revoque de barro de dos centímetros de espesor. La puerta de paso prevista para

realizar la conexión entre el módulo inicial y la ampliación se tapia con adobes hasta que se haga efectiva su construcción.

La ampliación se construye siguiendo el mismo proceso constructivo anterior. Los contrafuertes existentes se utilizan para construir los nuevos muros y trabarlos con ellos para que funcionen las dos construcciones como

una sola. Los muros longitudinales se realzan sobre el nivel existente hasta alcanzar el nivel de los muros transversales para rellenar el espacio entre las bóvedas -los riñones- con tierra apisonada. Sobre ella, se dará un acabado de barro vertido de 3 cm de espesor con una ligera pendiente hacia la fachada trasera para evacuar el agua de lluvia. Esta nueva cubierta es transitable y permite su uso para dormir sobre ella durante las tórridas noches de verano, como acostumbran a hacer los habitantes de las zonas desérticas (Figura 6).

7. Refrigeración y ventilación natural

Para favorecer la refrigeración y ventilación de los espacios interiores, se dispone una entrada de aire en la parte más baja de la fachada orientada a Norte. Del norte soplan los vientos que permiten la navegabilidad del Nilo; la corriente de agua avanza de sur a norte hasta el delta, desembocando en el mar Mediterráneo, mientras que los vientos soplan de norte a sur. El viento evapora agua del río generando en sus inmediaciones una brisa fresca que entra en el interior de las viviendas refrigerándolas. La salida de aire se dispone en la parte más alta de la bóveda en la fachada Sur, propiciando el movimiento del aire en el interior de la vivienda.

8. Conclusiones

El presente artículo muestra los trabajos desarrollados para el diseño y la construcción posterior de un prototipo de vivienda de crecimiento progresivo construido mediante la utilización de la técnica de la bóveda Nubia.

El proyecto tiene entre sus objetivos recuperar el sistema constructivo de la bóveda Nubia, que se construye sin necesidad de cimbra de madera. Este aspecto resulta fundamental en un país desértico como Sudán en el que la madera escasea.

La aplicación práctica del proyecto, elaborado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid (ETSA-UVa), se llevará a cabo en Soleb, una pequeña localidad que no dispone de ningún tipo de alojamiento para investigadores o cooperantes, y en cuyas inmediaciones se encuentran las ruinas arqueológicas del Templo de Amón (1350 a.C.)

Se enmarca la iniciativa dentro de un proyecto de investigación en el marco de la Cooperación Universitaria promovido por la Cátedra Juan de Villanueva de la Universidad de Valladolid. Las viviendas serán construidas por artesanos locales con el asesoramiento inicial de profesores y alumnos formados en la ETSA-UVa, de manera que una vez adquiridos los conocimientos técnicos, la técnica de la bóveda Nubia pueda replicarse por los propios usuarios en la construcción de nuevas viviendas.

En el ámbito de la Cooperación al Desarrollo, el uso de la bóveda Nubia como alternativa al uso de madera y chapa para la cubrición de los edificios supone una alternativa ventajosa en lo económico y en lo relativo al confort interior de las viviendas, constituyendo una solución bioclimática de gran atenuación térmica para climas desérticos. Se incorpora también en el proyecto el concepto de sanitario seco, un retrete que no utiliza agua para evacuar las heces y los orines, aprovechando ambos residuos como materia prima para la producción de otros productos.

Entre los objetivos últimos del proyecto se encuentra el de dotar de nuevos recursos económicos a los habitantes de Soleb, muy empobrecidos, potenciando el turismo de pernoctación para aquellos viajeros que realizan la visita a las ruinas del Templo de Amón. Este templo, de gran valor histórico, forma habitualmente parte de la ruta turística del Nilo.

Finalmente, el proyecto busca también la capacitación técnica de los artesanos locales, mediante su participación en la construcción del prototipo de vivienda, para la recuperación de la técnica constructiva de la bóveda Nubia; un sistema constructivo propio de su patrimonio cultural que, la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural (UNESCO, 1972) define de la siguiente manera: "El patrimonio cultural es la herencia cultural propia del pasado de una comunidad, con la que está viva en la actualidad y que transmite a las generaciones presentes y futuras". Y en sintonía con las recomendaciones sobre la salvaguarda de la cultura tradicional y popular de la Conferencia General de la UNESCO: "La cultura, en su rica diversidad, posee un valor intrínseco tanto para el desarrollo como para la cohesión social y la paz" (París, 1989).

Bibliografía

- CHOISY, Auguste. L'art de bâtir, chez les byzantines. Paris, 1883.
- CHOISY, Auguste. Histoire de l'architecture. Paris, 1899.
- COLAVIDAS, F.; OTEIZA, I.; SALAS, J. Hacia una manualística universal de Habitabilidad Básica. Catálogo de componentes, servicios en instalaciones de muy bajo coste. Ed. Mairea Libros, Madrid, 2006.
- FATHY, Hassan. Architecture for the poor: an experiment in rural Egypt. University of Chicago Press, 1976.
- GRANIER, T.; KAYE, A.; RAVIER, J; SILLOU, D. The Nubian vault: earth roofs in the Sahel. AVN. Ganges. Asociación: la route noubienne.org.
- JOVÉ, Félix. "Arquitectura construida en tierra". En: Sainz Guerra, J.L.; Jové, F. (coord.): La arquitectura construida en tierra. Tradición e innovación. CJdV, Valladolid, 2010.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Raquel. "Sistemas económicos de techado con bóvedas de fábrica: bóveda Nubia y bóveda recargada mexicana". En: Jové Sandoval, F.; Sainz Guerra, J.L.; (coord.): Construcción con tierra. Tecnología y arquitectura. CJdV, Valladolid, 2011.
- REYNOLDS, M. Earthship: Evolution Beyond Economics, Vol. III. Ed. Hemisferio Sur, Nuevo México (EEUU), 1993.
- ROCHA, Miguel & JOVÉ, Félix. Técnicas de Construcción con Tierra. Argumentum Edições, Lisboa, 2015.

Citas y notas

* **Félix Jové**, Doctor Arquitecto, profesor Titular de Construcciones Arquitectónicas. ETSA, Universidad de Valladolid. Director de la Cátedra Juan de Villanueva. fjove@arq.uva.es

Leticia Ramón Martínez, Grado en Fundamentos de Arquitectura, alumna de Máster ETSA, Universidad de Valladolid.

David Hernando Andrés, Grado en Fundamentos de Arquitectura, alumno de Máster ETSA, Universidad de Valladolid.

El presente artículo se enmarca dentro de los objetivos de difusión de los resultados del Proyecto de Cooperación Universitaria; "Proyecto Internacional de recuperación del oficio y la técnica de construcción de la bóveda Nubia", promovido por la Cátedra Juan de Villanueva de la Universidad de Valladolid.