

Trabajo Fin de Grado

Assembly Hall en Nyangatom (Etiopía)

Autor:

David Sánchez Marcos

Tutor:

Felix Jové Sandoval

Convocatoria Septiembre 2015
Grado en Fundamentos de la Arquitectura
E.T.S.A.V.

Universidad de Valladolid



Resumen

El objetivo de este trabajo fin de grado, dentro del contexto de las arquitecturas de baja tecnología o low tech, es la investigación acerca de los sistemas constructivos y tecnologías orientados al desarrollo del proyecto denominado “Assembly Hall” en la región del Valle del Omo, Etiopía, concretamente en la región de los Nyangatom, una de las tribus ganaderas que allí habitan.

Se pretende por tanto estudiar en profundidad diferentes tecnologías low tech que se consideren interesantes en el contexto en el que se va a llevar a cabo el proyecto, tales como la construcción earthbag, la bóveda Nubia, o el sanitario seco.

Finalmente, se aspira a alcanzar un cierto nivel propositivo del proyecto, de manera que, teniendo en cuenta toda la investigación anterior se desarrolle una idea arquitectónica coherente, mediante diversos recursos como croquis o esquemas, vistas y planos.

Palabras Clave

Arquitectura en tierra, Superadobe, Bóveda Nubia, África, Baja tecnología

Earth Architecture, Earthbag Building, Nubic Vault, Africa, Low Tech

Índice

1.	Introducción.....	3
2.	Investigación previa.....	5
3.	Justificación del proyecto.....	9
4.	Sistemas Constructivos.....	12
5.	Tecnologías.....	31
6.	Propuesta de Assembly Hall.....	33
7.	Bibliografía.....	40

1. Introducción Cuestiones previas. Planteamiento de los objetivos.

El presente Trabajo Fin de Grado se enfrenta a la investigación orientada a la realización de un proyecto de Assembly Hall para las poblaciones del Valle del Bajo Omo (Etiopía), en concreto para la tribu de los Nyangatom, una de las muchas que cohabitan esta región. Se trata de un proyecto de carácter público y gran superficie destinado a la reunión y el desarrollo de diversas actividades sociales de los habitantes de ésta y otras tribus de la zona. Se enfoca como una intervención arquitectónica local caracterizada por ser de baja tecnología, o low tech, dadas las condiciones de escasos recursos en las que se va a realizar, y en cuya construcción pueda implicarse a las comunidades que allí habitan. Se implantará en una localización aún por determinar dentro del entorno del valle del Omo, cuyas características particulares y las de sus habitantes estudiaremos más adelante.

El sentido y la complejidad del presente trabajo radica en la reflexión acerca de como afrontar un proyecto de esta especie desde la perspectiva occidental, con la sensibilidad necesaria hacia un entorno delicado como el que nos ocupa, pues los futuros habitantes de esta arquitectura son algunas de las tribus de más longeva historia del planeta, con unos modos de vida prácticamente inalterados desde miles de años atrás, y con una visión o perspectiva del mundo en general, y de la arquitectura en particular, diametralmente distintos a los nuestros. Es necesario por tanto una investigación etnográfica previa que nos permita partir de cierta comprensión de su cosmovisión y pensamiento, por un lado, así como de aspectos más prácticos acerca de su cultura, costumbres, desarrollo tecnológico... .

El objetivo general que se pretende conseguir con nuestra intervención es el mínimo impacto en las condiciones de vida de esta sociedad, así como la coherencia con lo existente, ya que interesa preservar la independencia de su cultura y sus modos de vida tal y como han llegado hasta ahora. Concretamente el trabajo va a centrarse en los aspectos materiales de la intervención, reflexionando sobre cuestiones como qué sistemas constructivos y tecnologías son los más adecuados y su justificación en el sentido del impacto que van a suponer. Se valoran aspectos como los de la coherencia o continuidad material, estructural, estética, compositiva... con la arquitectura tribal existente.

Se hace también necesario cierta investigación acerca de las circunstancias en las que transcurre la vida en esta región, generalmente en un ambiente en cierto modo hostil para la supervivencia, ya sea por inclemencias naturales, escasez de recursos básicos, revueltas entre tribus vecinas, etc. Estos factores deberán considerarse a la hora de proponer las soluciones arquitectónicas y tecnológicas para el proyecto.

Con todo esto, en las consiguientes etapas del trabajo, se desarrolla una investigación acerca de los sistemas y tecnologías que se han considerado y justificado adecuadamente conforme a los criterios dispuestos. Dado el carácter de baja tecnología y de autorrealización que tiene el proyecto, se pretende generar un pequeño manual, mediante el cual se pueda tener una visión global del proceso constructivo de las diferentes tecnologías a desarrollar, con ayuda de infografías. Por una parte se pretende describir los sistemas constructivos del edificio desde sus cimientos hasta los acabados, y por otra parte las diferentes tecnologías e instalaciones que va a incorporar.

Finalmente toda esta investigación realizada tratará de ser concretada en una idea de proyecto para éste Assembly Hall. Dado que aún no se cuenta con un programa exacto para el proyecto trabajaremos sobre una propuesta a nivel de ideas arquitectónicas mediante vistas y algunos planos o croquis.

2. Investigación previa. Investigación etnográfica. El Valle del Omo. Cultura, tradiciones, estado del arte. Situación Actual

La tribu de los Nyangatom habita el Valle del Bajo Omo, situado en el Suroeste de **Etiopía**, en una región fronteriza conocida como Triángulo de Ilemi, límite con Sudán del Sur y Kenia. Se trata de un lugar difícilmente accesible, inhóspito y de clima significativamente extremo, pero de gran belleza y valor ecológico, donde conviven diversos ecosistemas: grandes extensiones de pradera, singulares paisajes volcánicos o bosques de ribera.



Figura 1: Un anciano de la tribu kara en la orilla del río Omo, Etiopía. Fuente: National Geographic. Fotografía de Randy Olson. Agosto de 2010

El **río Omo**, con un recorrido de 760 km, nace en el altiplano Shewan y atraviesa la meseta etíope de norte a sur hasta su desembocadura en el lago Turkana formando un gran delta fluvial, prácticamente en la frontera con Kenia. La presencia del río ha propiciado una

gran biodiversidad en torno a él, tanto de flora como de fauna, así como la presencia humana. Se sabe que la cuenca del bajo Omo ha supuesto desde la antigüedad un lugar frecuentado por diversos grupos humanos, lo que la ha convertido en una encrucijada de culturas y grupos étnicos durante siglos.

Estas poblaciones, de estilo de vida agro-pastoril y por tanto semi-nómada, han desarrollado complejas prácticas socioeconómicas y ecológicas adaptadas a las duras e impredecibles condiciones del clima semiárido que habitan. Puesto que las precipitaciones son poco frecuentes e irregulares, han aprendido a aprovechar la crecida anual del río durante la época de lluvias, de manera que han desarrollado un sistema de cultivos que comienzan cada año cuando el agua ha alcanzado su máximo nivel y comienza en su descenso, aprovechando la franja de crecida del río. Básicamente cultivan alimentos como sorgo (cereal típico de las regiones del África oriental), maíz, habas, pimientos y calabacines. Durante el resto del año practican ocasionalmente otros cultivos de carácter rotativo, pero su principal actividad es el pastoreo de animales tales como

vacas, cabras y ovejas, de las que aprovechan sangre, leche y carne como alimento así como las pieles para otros usos.

Actualmente en la región conviven, junto con los Nyangatom, **ocho tribus** indígenas diferentes que llevan habitando estas tierras durante varios siglos, entre las que se encuentran algunas de nombres como los Suri, los Turkana o los Dassanetch. El aislamiento de esta región, debido a su inhóspito clima y su difícil accesibilidad ha promovido su permanencia en estas tierras sin apenas contacto. Esta serie de pueblos conforman uno de los últimos reductos indígenas que mantienen su estilo de vida en el continente Africano, sin influencia cultural exterior. Su estilo de vida, cultura, arte, arquitectura y tradiciones son similares de unas a otras, y aunque la convivencia entre pueblos a menudo ha sido hostil, generalmente por la competencia por los limitados recursos, ha existido siempre cierto intercambio y relaciones positivas entre etnias.



Figura 2: La vida en un poblado Nyangatom en el Valle del Omo

Fuente: Usuario El-Len en Flickr

Dirrección: <https://www.flickr.com/photos/27784269@N06/6824516354>

La tribu de los Nyangatom descende de la cultura Karimojong. Antiguamente, eran un pueblo básicamente dedicado a la transhumancia. Se cree que se instalaron en la región del Omo hace alrededor de cien años, provenientes de Nigeria, y fueron paulatinamente abandonando los hábitos nómadas para asentarse en este lugar construyendo sus primeras viviendas permanentes y

comenzando el cultivo de sorgo, de manera que en la actualidad solo abandonan estos asentamientos durante la estación seca (noviembre a febrero), tiempo durante el que retoman la actividad nómada con el ganado en busca de pastos.

En la actualidad, y desde mediados del siglo veinte, el valle del Omo ha venido siendo protagonista de diversas circunstancias que están poniendo en peligro la permanencia de estos grupos humanos en la región.

En los años sesenta se crean los parques nacionales Mago y Omo, lo que supone que los territorios anexionados a dichos parques excluyen a los indígenas que allí viven del derecho a explotar los recursos de su propia tierra. Estos pueblos se ven obligados a emigrar hacia las regiones vecinas. Otro tanto de lo mismo ocurre en los años ochenta, cuando el gobierno comienza a convertir grandes extensiones de territorio en superficie de explotación agrícola de regadío, administrada por el estado. Esto continúa en los años noventa y durante el nuevo siglo con el arrendamiento de tierras a empresas y gobiernos extranjeros para la libre explotación de las mismas para la agricultura y los biocombustibles. Todo esto supone una disminución del territorio, y por tanto recursos de los que disponen los pueblos indígenas para su supervivencia, lo que se traduce en mayor conflictividad entre etnias, más aún con la introducción de las modernas armas de fuego, lo cual aumenta la peligrosidad de los conflictos.



Figura 3: Nidjeroi, instrumento para las danzas tradicional Nyangatom
Fuente: Fotografía de Alison Jones

Finalmente en 2006 el gobierno acuerda llevar a cabo, con una empresa italiana, la obra de construcción de la mayor presa hidroeléctrica del país en el principal afluente del río Omo, el río Gibe, lo que supone la total alteración de los periodos de crecida natural del río y por tanto del sistema agrícola de subsistencia de los indígenas.

La cultura de las diferentes tribus ganaderas del Valle del Omo tiene muchos puntos en común, lo cual tiene sentido teniendo en cuenta que llevan cientos de años conviviendo en un espacio geográfico bastante delimitado por lo que las influencias mutuas y el intercambio es inevitable. Los Nyangatom destacan por su tradición artística del canto y la danza. Tienen un gran prestigio entre las tribus vecinas. Para estos rituales utilizan los denominados *nidjeroi*, un instrumento similar a un cascabel de metal que se colocan en los codos y debajo de las rodillas, y que acompaña sus cantos y danzas en las celebraciones.



Figura 4: *Arquitectura de un poblado Nyangatom*
 Fuente: Fotografía de Patrick Drummond. Serie Nyangatom Tribe

Los poblados Nyangatom se configuran siempre del mismo modo. Crea un recinto circular que cierran mediante cercas construidas con ramas de madera, que les sirven de protección frente a animales salvajes. Dentro de estos recintos, se van disponiendo las diferentes construcciones.

La arquitectura tradicional de los Nyangatom se basa en construcciones de planta circular y una única estancia, realizadas mediante paja, ramas y barro. Sus poblados se delimitan con un cercado perimetral a base de ramas de árboles, y dentro se disponen construcciones diversas destinadas a la vivienda, actividades sociales, almacenaje y conservación de recursos, como los graneros elevados.

Desarrollan básicamente espacios habitables de planta circular, tanto para la configuración del poblado amurallado como para las propias edificaciones, que resuelven de manera abovedada mediante ramas flexibles hincadas en el suelo y atadas en el extremo superior. La madera que utilizan es una madera con muchos nudos y quiebros, difícil de utilizar más allá de esta clase de pequeñas construcciones. Cubren la estructura mediante capas de paja o bien aplican barro en las superficies exteriores para impermeabilizar y aislar el interior.



Figura 5: *Graneros tradicionales*
 Fuente: Bahr El Jebel Safaris Dirección: www.bahr-el-jebel-safaris.com/imaqe/100649731.jpg



Figura 6: *Cercado de madera Nyangatom*
 Fuente: African Vernacular Architecture Database
 Fotógrafo: Abby Morris

3. Justificación del proyecto. Sistemas constructivos, tecnologías.

Tras un primer acercamiento al problema y la investigación posterior de las cuestiones planteadas, puede decirse que se está en condiciones de concretar y desarrollar las características específicas constructivas, tecnológicas y finalmente proyectuales del proyecto de Assembly Hall procediendo a la definición de un programa concreto para el edificio así como la elección y justificación de aquellos sistemas constructivos y tecnologías apropiadas.

A continuación se describen una serie de **condicionantes** previos de carácter práctico que van a acotar el problema que se plantea:

En primer lugar debe considerarse que se parte de planteamientos de una arquitectura de baja tecnología y coste, esto es, low-tech y/o low-cost. Esta condición, ya de entrada, limita significativamente las opciones posibles.

La segunda condición previa es que el edificio debe ser construido principalmente por aquellos que van a ser los futuros usuarios, esto es, personas sin cualificación específica, por lo tanto debe tratarse de un sistema fácil de comprender y reproducir, que necesite poca asistencia técnica a lo largo de su proceso constructivo.

También debe tenerse en cuenta la imposibilidad de obtener los materiales de construcción fuera del entorno en el que estamos actuando, por los costes de transporte que eso supondría. Se debe trabajar con elementos locales, lo cual también nos asegura, por otra parte, una garantía de que nuestra arquitectura va a ser coherente con lo existente y con el carácter del lugar.

Un último criterio, más allá de las cuestiones prácticas, será la adecuación del sistema constructivo elegido y de los espacios que nuestra arquitectura va a generar, a las concepciones espaciales y culturales de las arquitecturas tradicionales que estas sociedades tribales acostumbran a habitar y que responden a una visión determinada de su relación con el entorno y con la naturaleza o cosmos. Estos espacios tradicionales se han analizado en el apartado anterior.

A continuación se enumeran las tecnologías y sistemas elegidos y las razones de esta elección, según los diferentes criterios expuestos anteriormente:

3.1 Earthbag o superadboe



*Figura 7: Construcción EarthBag en proceso. Vista interior
Fuente: Arquitecto Xavier Colombet. Earthbag Building
Workshop in Kyoto, Japan.*

En primer lugar el sistema de Earthbag, bolsas/mangueras rellenas de tierra, también conocido como superadobe. Ha sido desarrollado durante la segunda mitad del siglo XX y es un sistema con el que se ha experimentado por todo el globo. Su materia prima es la tierra, el elemento más abundante en el entorno, no necesita ningún tipo de procesamiento previo y la ejecución se caracteriza por su gran sencillez, por lo que es adecuado para su realización por mano de obra no especializada. Los materiales y herramientas necesarios, descritos en los capítulos posteriores, pueden encontrarse fácilmente en cualquier lugar sin grandes dificultades. La ejecución es rápida, un proceso claro y repetitivo. Tiene la gran ventaja, dadas las condiciones en las que nos encontramos, de que no requiere de la ejecución de cimbras u otras estructuras auxiliares de madera para su realización. En un lugar donde escasea la madera, no parece apropiada una arquitectura que dependa de dicho material. Constituye por lo tanto una solución responsable y coherente desde un punto de vista ecológico.

Por otro lado esta arquitectura genera espacios abovedados de planta circular estéticamente y compositivamente similares a los de la arquitectura tradicional local y que permiten por tanto la adecuación del proyecto a los sistemas espaciales que estas tribus manejan, para que su uso sea lo más natural posible.

3.2 Bóveda Núbica o Nubia



*Figura 7: Construcción de Bóveda Nubia
Fuente: Mudbrick House por Jan de Rooden*

La Bóveda Nubia, en conjunción con el sistema anterior, permitirá la cubrición de otro tipo de espacios de mayor dimensión y proporciones rectangulares, características útiles para determinados usos tales como salas de almacén u otros. También es un sistema basado en la tierra como material base, así mismo de fácil

transmisión y aprendizaje que puede combinarse con la construcción earthbag de manera que el proyecto sea constructivamente coherente. Puede realizarse con ladrillos de adobe tradicional.

Cuando la arquitectura se enfrenta a condiciones de mínimos recursos debe responder a los problemas más inmediatos y prácticos, debe solventar una serie de necesidades tecnológicas mínimas de la manera más hábil posible. Se van a estudiar varias tecnologías a incorporar a nuestro proyecto que responden a esta condición de mínimos.

3.3 Sanitario Seco



*Figura 8: Ejemplo de sanitario seco
Fuente: Desarrollado por la
organización ITACA*

Brevemente, se trata de un sistema capaz de reaprovechar las deposiciones humanas, separándolas de la orina y tratándolas de tal manera que se genere un compost final, el cual pueda ser utilizado como fertilizante para tierras de cultivo.

Se considera como algo básico para el lugar, ya que mientras en las grandes ciudades se cuenta con una infraestructura de recolección de aguas negras y de procesamiento en las correspondientes plantas de tratamiento, en el contexto de este trabajo la solución económica y sobretodo ecológicamente más viable es la letrina. De esta manera pueden solventarse numerosos problemas sanitarios relacionados con patógenos contenidos en la excreta humana, así como de contaminación ambiental. Así mismo se evita el consumo innecesario de agua, bien escaso en éste lugar, pues en ningún punto del proceso se requiere su uso.

3.4 Otras tecnologías interesantes

Estas necesidades consisten, principalmente, en el **abastecimiento** de agua y de energía (eléctrica) mínimas para el funcionamiento de las instalaciones que pudiera haber. Por otro lado la **evacuación** y el **saneamiento** de aguas pluviales y grises, respectivamente.

4. Sistemas constructivos

4.1 Earthbag. El sistema constructivo de bolsas de tierra.



*Figura 9: Construcciones Earthbag
Fuente: Arquitecto Nader Khalili*

El denominado earthbag o superadobe puede ubicarse dentro de los denominados sistemas constructivos “**low-tech**”, esto es, de baja tecnología. Es una técnica constructiva muraria de **construcción en tierra** que se remonta a construcciones propias de situaciones de emergencia o de carácter bélico, tales como las trincheras o refugios a base de sacos rellenos que se usaron durante la Primera Guerra Mundial.

Durante el siglo XX ha sido desarrollado, desde los años ochenta, principalmente por el arquitecto iraní **Nader Khalili**, quien, inspirado en las arquitecturas tradicionales de países de oriente como Irán o Turquía, lo propuso no solo como sistema de construcción orientado a la emergencia o a la cooperación en países en vías de desarrollo, sino que llegó a cooperar con técnicos de la NASA en la búsqueda de un modelo de construcciones antisísmicas destinadas a conformar futuros asentamientos en otros planetas durante la exploración espacial en la luna o en Marte. Entre otros arquitectos destacados que han experimentado en las últimas décadas con esta técnica podemos destacar al premio Pritzker Frei Otto, al especialista en construcción con tierra Gernot Minke, y, como precedente en el continente africano, el arquitecto Joseph Kenedy, quién llevó esta técnica para la construcción de ecoaldeas en el sur.

Lo fundamental de esta técnica constructiva es su simplicidad, su inmediatez en cuanto a materiales, herramientas... así como el hecho de que apenas requiera especialización para su realización, y pueda ejecutarse en muy cortos plazos de tiempo. Ofrece economía en la construcción, con resultados de notable solidez y durabilidad. Estas razones nos llevan a considerarla como una técnica ideal para proyectos de cooperación o en lugares con poca accesibilidad a materiales y técnicas modernas.

Basándose en la construcción tradicional de adobe, esta técnica aporta un nuevo elemento, bolsas o tubos flexibles donde se introduce una mezcla determinada de tierra humedecida, que una vez colocada, es compactada. Cada tubo se traba con el siguiente mediante alambre de púas, y de esta manera se van levantando los muros con gran rapidez, generando edificaciones monolíticas desde los cimientos a la cubrición.



*Figura 10: Earthbag en Yucca Valley, CA
Fuente: Organización Cal-earth*

Los espacios suelen ser de **planta circular**, resolviendo la cubrición mediante falsas cúpulas por aproximación de las hiladas superiores, lo que da una coherencia a toda la construcción. En otras ocasiones se realizan muros rectilíneos y verticales, resolviendo la cubrición mediante otros

materiales, como viguerías de madera. Estas construcciones a menudo se desarrollan, a partir de la unión de varios de estos módulos circulares y otras formas, consiguiendo continuidad espacial entre ellos en un crecimiento progresivo, adaptable a las necesidades. La ejecución se lleva a cabo de manera que todas las cúpulas crecen simultáneamente, para asegurar la correcta compensación de esfuerzos entre ellas. Los huecos, tales como puertas y ventanas, como veremos más adelante, pueden ser resueltos de diversas maneras.



*Figura 11: Momentos del proceso constructivo. Ejecución de huecos
Fuente: Felix Jové Sandoval*

4.1.1 Materiales y herramientas básicos

El earthbag se caracteriza por ser una técnica constructiva que puede ser llevada a cabo en casi cualquier circunstancia, pues la materia prima necesaria son elementos muy básicos en cualquier lugar, que pueden ser encontrados sin gran dificultad. El proceso constructivo es, así mismo, relativamente intuitivo y no requiere de apenas especialización para su ejecución.



Figura 12: La tierra. Limpieza, criba.
Fuente: Felix Jové Sandoval

El material fundamental de la construcción earthbag es sin duda la **tierra**, por lo cual es de vital importancia estudiar bien sus características. Su dosificación óptima será la que nos permita la suficiente estabilidad y resistencia. Generalmente la tierra estará compuesta por arcilla, limo (polvo de roca pulverizada), arenas finas y gruesas, y grava.

La arcilla no es otra cosa que el conglomerante de la mezcla, el elemento que mantiene la unión de las partículas de grava y arena unidas entre sí. Se trata de un material muy moldeable en estado húmedo, que sin embargo endurece mucho al secarse. Es preferible contar con arcillas estables, cuyos procesos de expansión y retracción con la humedad estén dentro de límites aceptables. El limo a menudo se encuentra en mayor o menor medida en la arcilla, y en altas concentraciones puede llegar a debilitar sus propiedades, ya que no tiene la misma respuesta a la humedad, por lo que deberá controlarse la cantidad del mismo para no debilitar el conjunto. La arena y la grava son el resultado de la desintegración de las rocas con el paso del tiempo. La arena, preferiblemente gruesa para la adherencia de la arcilla, es de menor tamaño que la grava, que debe comprender tamaños de entre 1 cm y 2,5 cm, a cuanto más variedad, mejor comportamiento mecánico de la tierra.

Una dosificación ideal se encontrará alrededor de 30% de arcilla y 70% entre arena gruesa y grava. En último lugar debe estudiarse la humedad de la tierra, factor decisivo para la solidez del ladrillo. La tierra apta para la construcción ha tenido tradicionalmente en torno a un 10% de humedad. En contra de lo que pueda parecer intuitivo, añadiendo agua, el comportamiento mecánico de la

tierra mejora. La arcilla, en presencia del agua, mejora sus capacidades de adherencia y por tanto la resistencia del conjunto. Según Minke, G. (1994) *“la humedad adicional activa la carga electromagnética de la arcilla aumentando su vinculación con el resto de elementos.”* En conclusión, hay que ser consciente de las características de la mezcla de tierra para adaptar la proporción de agua.

En caso de que la tierra de la que se dispone no alcance los requerimientos previstos, puede ser estabilizada con cal, preferiblemente a mortero de cemento, por su transpirabilidad en una dosificación aproximada de 10:1.



Figura 13 y 14: Rollo de polipropileno y textura
Fuente: Empresa Terra form
Dirección <http://terra-form.org/images/Slider/bagroll.png>

Los **rollos continuos de polipropileno** (rafia) o tela, de forma tubular o de manguera, donde se introduce la tierra, se obtienen de las fábricas de bolsas para alimentación antes de ser cortadas y cosidas, en grandes rollos continuos. Funcionan de encofrados estructurales tales que permiten generar hiladas continuas con la mezcla de tierra descrita compactada en su interior. Es preferible usar bolsas de este material frente a otros por su resistencia y durabilidad, y debe tenerse en cuenta su deterioro con la exposición prolongada a los rayos ultravioletas, por lo que se guardarán a la sombra antes de la obra y deberán quedar completamente tapados al final del proceso constructivo.

Entre hiladas se coloca **alambre de púas** con doble recorrido, u otro elemento de unión que trabaje a los esfuerzos de tracción frente a los cuales la tierra es incapaz, cumpliendo la función de solidarizarlas mecánicamente entre sí y al mismo tiempo evite el deslizamiento de una sobre la otra. Éste refuerzo es más importante donde comienza la hilada comienza a tener vuelo sobre la inferior.

4.1.2 Proceso Constructivo

4.1.2.1 Cuestiones previas. Preparación. Replanteo.

En principio estas son construcciones de poca entidad, que van a generar pocos esfuerzos sobre el terreno de manera que no es un sistema constructivo exigente con su emplazamiento ni con las condiciones geotécnicas del suelo sobre el que se va a cimentar. Es importante por un lado la planeidad de la superficie de implantación, y también la ausencia de corrientes de agua así como cualquier otro elemento del terreno que pudieran suponer un riesgo para la estabilidad y la seguridad de la construcción.

Tras la elección del emplazamiento y habiendo comprobado la aptitud del terreno existente, la primera actuación que ha de llevarse a cabo es el **desbroce, limpieza y regularización** del terreno eliminando completamente la capa vegetal y los posibles obstáculos para la construcción. Debe asegurarse la planeidad adecuada que se haya proyectado, mediante un nivel. Por lo general, debido a las precarias condiciones de construcción y la relativa ligereza de estas construcciones, no se realizará el estudio geotécnico de los estratos, y bastará con una correcta ejecución de la cimentación.



Figura 15: Ejecución del replanteo mediante cal.

Fuente: Taller de bioconstrucción en Guisando, Ávila

Dirección: www.tietarteve.com/noticias/taller-bioconstruccion-superadobe-guisando/

Con el terreno preparado se procede al **replanteo** de la edificación, indicando las zanjas de cimentación que han de excavarse, tal como se observa en la figura 15. Para las circunferencias, se sitúa una estaca en el centro de la circunferencia y una cuerda o cadena estirada va señalando el radio. Mediante este compás rudimentario se va depositando una línea de cal en el terreno que servirá de guía a las operaciones posteriores. Se debe ir comprobando la planeidad de todo el terreno antes de comenzar la excavación.

4.1.2.2 Ejecución de la cimentación

Para las circunstancias particulares donde se desarrolla este proyecto, se trabajara con cimentaciones de bajo coste o de tipo tradicional a base de zanjas rellenas de grava y piedras, escombros, o incluso los propios rollos de polipropileno rellenos de grava o bolos, o o bien tierra apisonada y estabilizada con cierta cantidad de cal. La ventaja de estas cimentaciones frente a las de hormigón es su mejor comportamiento frente a la humedad, ya que filtran el agua evitando su ascensión por capilaridad hacia los muros y el interior del edificio.



Figura 16: Cimentación mediante grava y bolos.

Fuente: The Mud Home

Dirección: http://www.themudhome.com/uploads/1/2/4/7/12471711/7359270_orig.jpg



Figura 17: Cimentación mediante grava y tubos de bolsa doble rellenos de grava.

Fuente: www.yusomaterialterna.wordpress.com/artesanales/barro/superado-be/

Las zanjas de cimentación por lo general han de dimensionarse de ancho ligeramente mayor al de la bolsa que se va a colocar encima, y su profundidad ronda los 30 a 50 cm. Su excavación se realiza mediante pico y pala. La tierra extraída debe acopiarse cerca de la obra para ser reutilizada en la construcción. El relleno de dichas zanjas lo conforman varias capas, que cumplen las funciones de transmisión de cargas al terreno, y de evacuación del agua que llegue hasta el edificio. La primera capa será un lecho de grava, como base de la cimentación. Sobre esta grava se colocará o bien piedras de mayor tamaño mezcladas con grava para rellenar los huecos, o directamente los primeros tubos de polipropileno rellenos de grava en lugar de tierra. Es conveniente usar doble bolsa en este punto pues las gravas con aristas afiladas pueden llegar a rasgarla.

Es importante tener en cuenta la posible necesidad de un **sistema de drenaje** en la base de la cimentación, que nos permita evacuar el agua que pudiera acumularse en la base de los muros, causa de numerosos problemas relacionados con la humedad. Este drenaje consiste en un lecho de grava suelta y compactada, a la que pueden añadirse encima otro lecho de bolos (piedras de mayor tamaño, diámetro entorno a 4 cm), y, en función del agua prevista, a mayores puede colocarse un tubo dren de PVC o similar dentro del lecho de grava de manera que ésta pueda ser evacuada fuera del edificio. Entre la cimentación y el comienzo del muro sería apropiado colocar una tela butílica, que es un plástico que aísla aún más de la ascensión del agua.

En otros casos, en función de la entidad de la construcción y de la carga prevista pudiera llegar a ser necesario un relleno de hormigón o un pequeño zócalo base para el arranque del muro que además cumpliría la función de impermeabilización respecto del terreno. Otra opción posible como cimentación consiste en realizar una solera base en toda la superficie de la construcción, que constituye un podio sobre el cual pueden arrancar los muros de la construcción.

4.1.2.3 Muros. Arranque. Trazado y diseño. Encuentros

El **arranque de los muros** sobre la cimentación consiste en una serie de hiladas de rollo de polipropileno relleno de grava en lugar de tierra, generalmente hasta alcanzar la cota del suelo interior, con el fin de que todo el agua que pudiera llegar a estas primeras hiladas sea evacuado hasta el drenaje inferior. En estas primeras hiladas puede colocarse doble bolsa como refuerzo. Como la zanja es ligeramente más amplia, el espacio sobrante se rellena con más grava. Para mayor impermeabilización del muro superior se puede colocar una lámina de tela butílica, impermeable bajo la primera hilada de tierra. Es recomendable ejecutar una pequeña pendiente en el terreno exterior para favorecer la escorrentía del agua próxima a la edificación hacia fuera.



*Figura 18: Construcción de las primeras hiladas.
Fuente: Arquitecto Félix Jové Sandoval*

Como se puede observar en la figura 18, cabe la posibilidad de reforzar las partes más bajas de la construcción con un muro de dos hiladas, en el caso de que los esfuerzos que la bóveda va a transmitir sean tales que la integridad de la estructura corra peligro de colapsar en esta zona.

La base para el **pavimento interior**, sobre el terreno, de existir, consistirá en un lecho de grava, puede colocarse una lámina de plástico y finalmente pavimento de acabado sobre capa de compresión de arena o en su caso, mortero. La cota del suelo interior será superior a la del exterior, para evitar las filtraciones de

agua. En condiciones más precarias, si no se coloca ningún tipo de pavimento, bastará con la propia tierra bien limpia, compactada y nivelada.



Figura 19: Relleno de los tubos
Fuente: Arquitecto Félix Jové Sandoval

La **ejecución de los muros** es un proceso repetitivo de gran sencillez que consiste en, hilada a hilada, el relleno progresivo del rollo de saco con la tierra convenientemente preparada mediante un embudo amplio, al tiempo que se va compactando la tierra con el apisonado manual del tramo inmediatamente relleno anteriormente, como se observa en la figura 21. Se realiza esta operación en toda la longitud deseada de muro.

Un aspecto decisivo a la hora de la construcción de los muros es la correcta colocación del **alambre de púas**, ya que de ello depende la respuesta del conjunto de la estructura ante las tensiones que puedan solicitarla, especialmente las de tracción, como ya se ha comentado más arriba. Debe colocarse entre cada hilada, doble recorrido del alambre, lo más plano posible, sosteniéndolo con piedras o ladrillos mientras se prepara la bolsa siguiente.



Figura 20: Alambre de púas de doble recorrido.
Fuente: Arquitecto Félix Jové Sandoval



Figura 21: Apisonado de los sacos rellenos.
Fuente: Domoterrae
Dirección: www.domoterrae.com

Los rollos han de cortarse en los extremos de la longitud deseada de muro dejando un metro a cada extremo para que el plástico pueda darse la vuelta sobre sí mismo y la hilada quede completamente cerrada. Hay que tener en cuenta que no debe terminarse una hilada en el lugar donde terminó la inferior, pues estaríamos generando un punto débil en el muro. No es necesario esperar, cada cierto tiempo, al secado de la tierra, como es habitual en otras técnicas, si no que los muros pueden ejecutarse de continuo.



Figura 22: Cierre del extremo de la hilada.
Fuente: <http://www.bajatec.net/>

4.1.2.4 Huecos. Carpinterías.



Figura 23: Ejemplo de cimbra para hueco circular
Fuente: <http://casalitchi.blogspot.com.es/>



Figura 24: Neumático a modo de molde.

Fuente: http://www.casayburro.com/wp-content/uploads/2013/01/544780_4044061343817_705869108_n.jpg

Los **huecos** de puertas y ventanas pueden ejecutarse mediante cimbras u moldes-premarcos, desmontables o definitivos, o, si no se dispone de ellos, mediante otros objetos como neumáticos o tubos de plástico, que puedan llegar a hacer de encofrado temporal mientras “fragua” la mezcla de tierra. Hay varios tipos de

manejar el saco de tierra en estos casos: Los rollos de polipropileno pueden ser cortados en tramos cortos, que se rellenan de tierra y se cierran por ambos lados de manera que puedan ser colocadas transversalmente haciendo de dovelas del arco, como se ve en la figura 25.

Si el hueco no es de más de un metro, puede optarse por deformar la hilada que hará de dintel con la forma del encofrado, y tras pasado el tiempo necesario, al retirarlo, conservará la forma. Esto se puede ver en la figura 23. Es importante doblar la cantidad de alambre de púas alrededor de los huecos, de manera que así se asegure el trabajo a tracción para evitar el fallo de las hiladas sobre el hueco.



Figura 25: Ejemplo de cimbra y sacos dispuestos a modo de dovelas.

Fuente: <http://www.earthbagbuilding.com/images/projects/patiowall6.jpg>

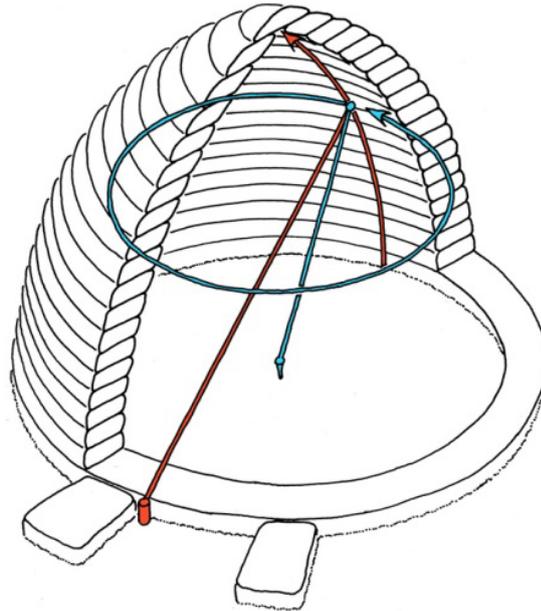
4.1.2.5 Cubrición. Falsa cúpula



Figura 26: Vista interior de una estancia cupulada
Fuente: Organización Cal-earth

Las construcciones earthbag comprenden una gran diversidad de soluciones constructivas en todos los aspectos. Concretamente para la cubrición, se ha experimentado con viguerías de madera, incluso con forjados convencionales de hormigón. Sin embargo, puede decirse que la solución más coherente con el sistema es sin lugar a dudas la que involucra al propio sistema constructivo de sacos de tierra en la resolución de todos los elementos del edificio, incluida la cubrición.

A partir de una determinada altura habrá de ejecutarse la **falsa cúpula**, para lo que es necesario replantear la posición de cada una de las hiladas respecto a la inferior mediante un cálculo geométrico. La sección de la cúpula debe ser un arco gótico teórico, y para su trazado realizaremos el siguiente procedimiento:



*Figura 27: Esquema de ejecución de la falsa cúpula hilada a hilada.
Fuente: Khalili Nader (2008) Pag 132*

Como muestra el gráfico de la figura 27, lo primero será definir dos puntos, desde los cuales se van a trazar sendos arcos que irán definiendo la posición de cada hilada.

Estos arcos, en la construcción real, se trazarán mediante cadenas o cuerdas atadas a una estaca y libres al otro extremo. El primero de los arcos tiene como origen la cara exterior del muro, y con él se trazará el arco vertical de la cúpula, el cual define el arco gótico mencionado más arriba. El otro, se sitúa en el centro geométrico, e irá marcando el recorrido circular de cada hilada en planta. De esta manera se irán replanteando uno tras otro todos los vuelos hasta llegar al punto más elevado, donde puede procederse de varias maneras.

Dado el funcionamiento estructural de la falsa cúpula, puede irse construyendo hilada a hilada sin necesidad sujeciones, de manera que cuando llegemos a la parte más elevada, puede dejarse un pequeño orificio para ventilar la estancia interior o evacuar humos en su caso, y este orificio puede quedar completamente descubierto o bien utilizar un elemento de coronación que evite la entrada de agua pero permita la ventilación. La última opción es rematar la cúpula cerrada con un último saco de tierra.

4.1.2.6 Revestimiento. Acabados



Figura 28: Comienzo del primer revoco
Fuente: Arquitecto Felix Jové Sandoval

Como se ha mencionado, las bolsas de polipropileno no tienen un buen comportamiento a la intemperie, y se degradan con la exposición continuada a los rayos ultravioletas del sol, por lo que debe contemplarse, al exterior, que tipo de revestimiento es el apropiado en cada caso. Hay varias opciones, aunque se evitarán aquellas que contemplen aplicar morteros de cemento, ya que es un componente que impedirá la correcta transpiración de los muros. Siempre será preferible el uso de revocos de cal hidráulica.

Para el **revestimiento exterior**, tal y como explica Ciudad Miguel (2013), la opción más sencilla, económica y efectiva es realizar un revestimiento de varias capas: Se ejecutará una primera capa de revoco con una mezcla de arena, arcilla paja. La proporción de arena y arcilla será de 4 a 1. La paja se incluirá en la mezcla triturada. Absorberá las irregularidades que generan las hiladas, generando una superficie más continua, como se aprecia en la figura 28. Aún así es interesante que el acabado sea rugoso para la adherencia de lo que viene después. Se aplicará una segunda capa que asumirá la función de impermeabilizar el muro y ofrecer la planeidad para el acabado. Finalmente se ejecutará un último revoco con una mezcla de arena y cal en proporción aproximada 3 a 1. Los revestimientos interiores serán similares salvo que la utilización de la cal en este caso sería redundante.

4.2 Bóveda Nubia. Cubrición con tierra

Esta tecnología deriva de un procedimiento constructivo de la antigüedad, desarrollado en la **región Nubia** de Egipto donde, en ausencia de madera que permitiera la utilización de cimbras para la construcción de espacios abovedados a la manera que nosotros acostumbramos, permite construir bóvedas de adobe sin utilizar estructura auxiliar básicamente mediante arcos inclinados apoyados sobre un muro. Es una técnica relativamente fácil de ser transmitida y aprendida por la práctica y puede ser absorbida por las tecnologías de construcción de las comunidades locales como la que nos ocupa.



*Figura 29: Bóvedas Núbicas en el templo de Ramses II, en Luxor. 1250 a.C.
Fuente: www.egiptoatiguo.org*

Se conocen bóvedas de más de 3000 años de antigüedad como la de la foto, en el Templo egipcio de Ramses II, cerca de Luxor. Este método de construcción fue usual en unas condiciones similares a las de nuestro caso, y es de interés rescatarlo. Al igual que con la técnica de earthbag, realizaremos una descripción de los materiales necesarios así como del proceso constructivo.

El diseño estructural de la bóveda consiste en una serie de arcos realizados con adobe que se encuentran inclinados, apoyándose cada uno sobre el anterior hasta transmitir las cargas a uno o varios planos de apoyo verticales.

4.2.1 Materiales y herramientas básicos

El material básico para la cubrición mediante bóveda núbica es la tierra, compactada o prensada en pequeños moldes y secada al sol, de lo que resultan bloques con forma de paralelepípedo, conocidos comúnmente como adobes o ladrillos crudos. El **adobe** es una de las maneras más antiguas de construcción de la historia, pueden encontrarse ejemplos en casi todas las grandes culturas desde principios del neolítico.



Figura 30: Fabricación artesanal de adobes de dimensiones especiales para bóveda nubia
Fuente <http://www.lavoutenubienne.org/>

La composición de la mezcla de barro que compone estas piezas o bloques es similar a la que se ha estudiado para el superadobe. Tener suficiente arena gruesa es necesario para alcanzar una porosidad suficiente que permita resistencia a heladas. La arcilla, es, como ya se sabe, el elemento que favorece la cohesión a la hora de manipular los adobes. También puede añadirse a la mezcla paja fina o fibra vegetal, que permita aumentar esa cohesión.

Las dimensiones de los bloques llevan una proporción de 1:2 en la tabla y un grueso de entre 6 a 10 cm. Medidas comunes pueden ser 6x15x30 cm, 7x20x40 cm o 10x30x60 cm. Los adobes se fabrican de manera artesanal o industrial.

4.2.2 Proceso Constructivo

El proceso constructivo es fácilmente deducible una vez hemos comprendido el comportamiento estructural de la bóveda, descrito más arriba. Se plantea el problema genérico de la cubrición de una estancia de planta rectangular como las que va a necesitar el proyecto para el que vamos a aplicar esta técnica



Figura 31: Proceso constructivo bóveda núbica.

Fuente: Club Hípico Mallasa. Arquitecto Gustavo Medeiros Anaya

http://www3.uah.es/slumup/wp-content/uploads/2014/06/04062014_uah_slumup_gustavo_medeiros_huayhuasi_2.jpg

Una vez construidos los muros perimetrales de la estancia sobre los que hay que realizar la cubrición debemos definir los planos transversales de apoyo de los arcos inclinados de la bóveda, que bien pueden ser muros o arcos de descarga. Uno a cada extremo de la misma, o puede que, para longitudes grandes, sea conveniente colocar uno o varios planos de apoyo intermedios. Los diferentes esquemas quedan reflejados en la figura 32, bajo estas líneas. En el sentido transversal no se deben exceder los 3,25 metros de luz para un correcto funcionamiento estructural.

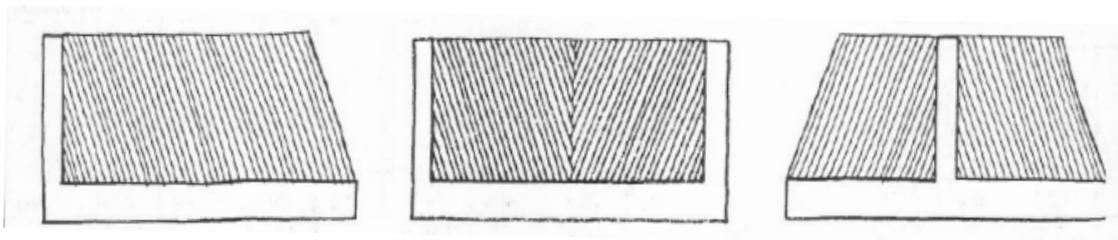


Figura 32: Esquemas de diferentes opciones para el apoyo de los arcos inclinados.

Fuente: Minke, Gernot (1994) Pag 146

Como se ve en la figura 31, una vez construidos los planos de apoyo se comienzan a ejecutar los arcos de la bóveda. Se ejecutarán siempre de manera simétrica, de los extremos donde apoyan al centro, donde ambas partes se traban entre sí. El ángulo de inclinación de estos arcos respecto de la horizontal debe ser tal que permita ir construyendo las hiladas sin que colapse la estructura por inclinación insuficiente, o que los propios bloques de adobe acaben deslizándose por inclinación excesiva. En cualquier caso la inclinación debe estar comprendida entre los 65º y 70º para evitar problemas durante la construcción.

Para la construcción de las bóvedas de este tipo suelen escogerse adobes de entorno a 15 x 25-30 cm y tan solo 6 cm de espesor, de manera que se reduce el esfuerzo en la junta de mortero, para evitar el deslizamiento de los adobes en la posición inclinada durante la construcción. Se unen mediante mezclas de mortero de barro o de cal hidráulica preferentemente al de mortero, puesto que éste último es más rígido provocando fisuraciones del adobe. Sin embargo, puede añadirse algo de cemento en pequeñas cantidades a la mezcla de mortero con tal de mejorar sus capacidades. Al ir colocando los adobes, según Minke, es importante que se unan en la junta por el interior rellenando el espacio que queda al exterior con una piedra entre el mortero de manera que se eviten movimientos del arco durante el secado del mortero (ver figura 33).



Figura 33: Colocación correcta de los ladrillos de adobe
Fuente: Minke, G. (1994) Pag 147

Tal como explica Minke G. (1994) p. 148, “la sección transversal de una bóveda núbica, cargada por su propio peso, debe tener la forma de una catenaria invertida, de tal manera que solo contenga cargas de compresión”. La forma catenaria debe distinguirse de la parábola, pues aunque similares no son iguales (figura 34) es “la curva que describe una cadena suspendida por sus extremos, sometida a un campo gravitatorio uniforme”¹ y se puede intuir en la construcción tal como se aprecia en la figura 35.

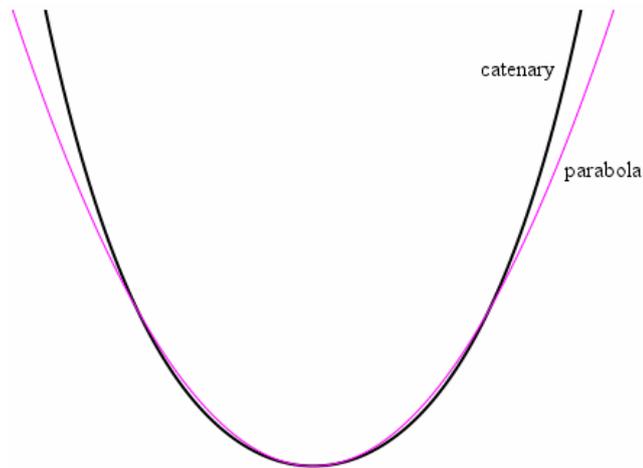


Figura 34: Diferencia entra la curva parábola y la catenaria.

Fuente: <http://qph.is.quoracdn.net/main-qimg-5797c756713d33d097be82180809944a>

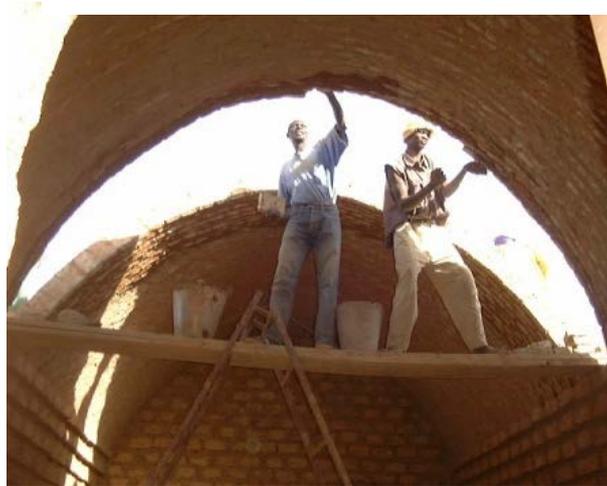


Figura 35: Vista interior de la construcción
Fuente: Development workshop foundation
[http://www.dwf.org/sección “The vault”](http://www.dwf.org/sección%20The%20vault)

¹ <https://es.wikipedia.org/wiki/Catenaria>

5. Tecnologías

5.1 Sanitario Seco

Las ventajas del sistema de letrina o sanitario seco son muchas, así como las razones por las cuales se trata de una solución ideal para el contexto de África y de este lugar en concreto. La escasez de agua en el lugar, los problemas sanitarios que conlleva la falta de conciencia respecto a la relación directa entre higiene y salud, la nula gestión de los residuos generados por el ser humano... .

Se trata de una tecnología que posee una doble finalidad: Primeramente la de aislar las excretas humanas para mejorar la higiene en los lugares donde no hay una infraestructura de abastecimiento de agua ni de saneamiento desarrollada, así como evitar que los posibles agentes patógenos que contengan puedan extenderse y causar enfermedades. Posteriormente, una vez aislado, este residuo ha de ser tratado, de manera que pueda ser reaprovechado posteriormente en forma de compost como fertilizante de jardines, o para la agricultura.

5.1.1 Uso. Proceso de fermentación, compostaje y recogida

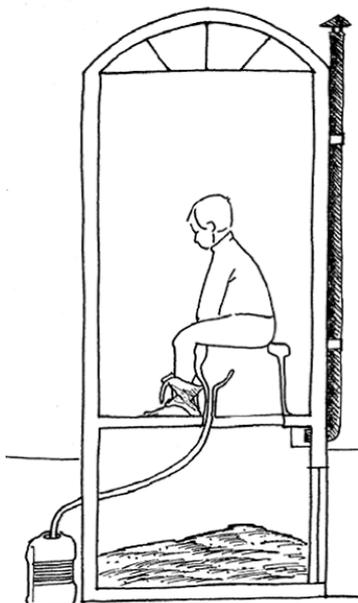


Figura 36: Esquema simplificado sanitario seco
Fuente:<http://duduportillo.blogspot.com.es/2012/12/bano-seco.html>

Realmente en el sanitario seco se lleva a cabo un proceso relativamente sencillo: Una taza, preferiblemente separadora de aguas mayores y menores, aunque para climas secos no sería necesaria la separación de la orina, y podría instalarse una taza sencilla. La orina, si es separada, se almacena en un depósito y puede ser utilizada, rebajada con agua, para el abono de plantas. Observar figura 36, donde, a modo de esquema se observa su funcionamiento básico.

Las deposiciones son recibidas en una cámara donde se producirá su fermentación y que debe cumplir una serie de criterios de diseño. Debe ser una cámara con ventilación, lo cual permite disipar olores desagradables así como acelerar el proceso de fermentación. La fermentación en presencia de aire se conoce como aeróbica.

Después de cada uso, debe verterse sobre la cámara de recepción o bien viruta de madera, paja fina, hojarasca, ceniza, tierra con materia orgánica o cal, de manera que la deposición quede cubierta. Por lo tanto se hace necesario el prever un espacio donde poder almacenar estos materiales. Cada cierto tiempo (tres a seis meses) debe vaciarse la cámara de compostaje.

Este compost, por tanto, estará formado por residuos orgánicos, excrementos, y también puede tirarse el papel. Los residuos orgánicos alimentarios también pueden añadirse a la cámara y ayudar a conformar el compost final. También debe tenerse en cuenta, cada dos semanas, que es recomendable agitar el compost para homogeneizar la mezcla. Cuando la cámara se llena y el compost está listo, se procede al vaciado, por lo cual deberá estar diseñada con un sistema de compuertas de extracción que también servirán para su limpieza.

5.1.2 Proceso constructivo sanitario seco



Figura 37: Taza separadora y depósito de material de cubrición de las deposiciones.
Fuente:<http://bosquedeniebla.com.mx/imagen/fot/172.jpg>

La construcción de una letrina o sanitario seco se podrá realizar como un elemento integrado en una edificación mayor o bien como un elemento exento. Sea cual sea el caso, se deberán seguir una serie de indicaciones básicas para asegurar un correcto funcionamiento del sistema.

Para evitar la filtración de humedad por el fondo se aconseja una solera con hormigón de cal que sirva de base a las cámaras de compostaje. Estas cámaras estarán correctamente aisladas mediante sólidos muros de tierra o ladrillo revocados con mezcla de cal. También han de ser ventiladas mediante una chimenea con suficiente tiro, en cuya parte superior será aconsejable la colocación de una malla anti insectos.

La taza podrá ser simple o separadora de orina y heces, en cualquier caso será desmontable para permitir su limpieza periódica. La estancia donde se encuentre dicha taza estará correctamente ventilada y contará con un depósito del material de cubrición de las deposiciones.

6. Propuesta de Assembly Hall

6.1 Referencias previas

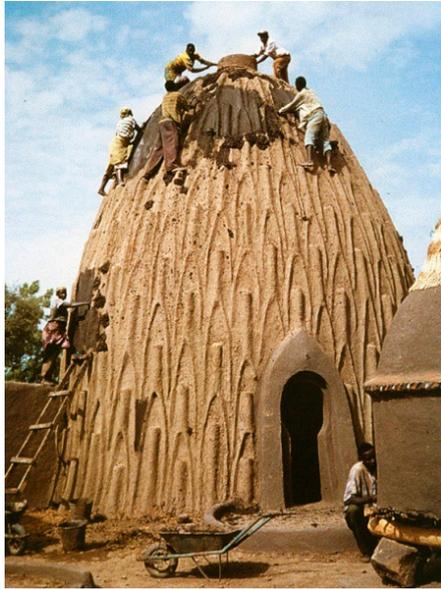


Figura 38 Viviendas de barro Musgum en Camerún

Fuente:

A continuación se exponen una serie precedentes arquitectónicos que se han considerado interesantes como referencia para el proyecto de Assembly Hall y entre los que se encuentran ejemplos tanto vernáculos, de la arquitectura tradicional Africana, como proyectos recientes.

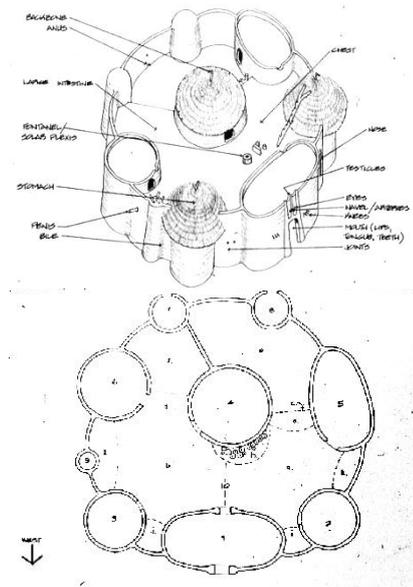
Los ejemplos recopilados recogen planteamientos o enfoques similares a los que se vienen planteando para el presente proyecto. Estos planteamientos se asemejan tanto en aspectos materiales, formales como de concepto arquitectónico. Se trata de arquitecturas basadas en la tierra como material principal, en las que se contempla la idea de generar un recinto, un espacio

cercado pero abierto, sin cubierta, de trazado curvo con forma ameboide, y de amplias dimensiones, donde los habitantes puedan relacionarse y llevar a cabo actividades sociales y que además hacen las veces de protección frente al exterior.

En torno a estos espacios cercados que podrían asemejarse a una plaza, se van disponiendo, a lo largo del perímetro del recinto, mediante diferentes organizaciones en cada caso, otras construcciones cubiertas de pequeña entidad destinadas a usos muy determinados generalmente servidores del espacio central y que se resuelven, al igual que el recinto general, mediante la plantas de trazados curvos, generalmente circunferencias que se resuelven en sección mediante formas cupuladas. De este modo, la cerca perimetral se va, de alguna manera, ensanchando al ir absorbiendo estos espacios de borde que cumplen diferentes funciones.

Son por tanto espacios-recinto abiertos, que han surgido y tienen sentido en lugares como el que atañe a nuestro proyecto, puesto que en ellos pueden desarrollarse las actividades de la vida cotidiana al aire libre al mismo tiempo que se está protegido de las posibles amenazas exteriores.

6.1.1 Casas tradicionales de Tamberma, Togo



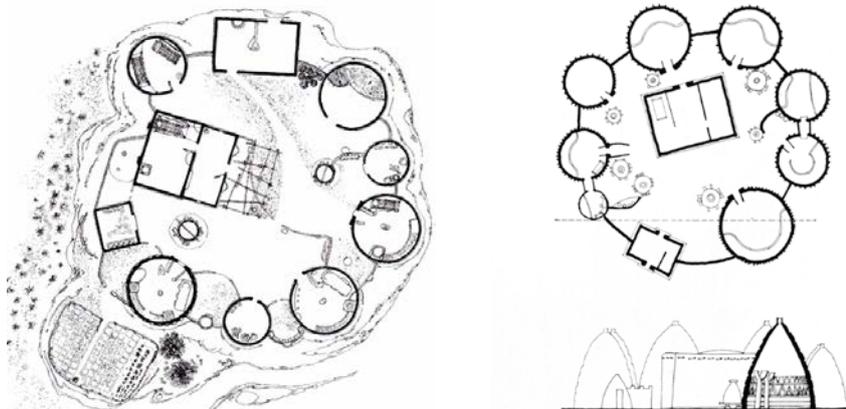
En la región de Togo y Benin, las culturas tradicionales que allí viven han desarrollado una arquitectura vernácula muy característica, cuyas viviendas o roundhouses, construidas en adobe con techos de paja, se configuran en varias edificaciones cilíndricas de adobe, de hasta dos plantas, de cubrición plana o de paja en forma cónica, en torno a un espacio central cerrado mediante altos muros también de adobe. Son a la vez vivienda y fortificación.

Figura 39 y 40: Viviendas en Tamberma, Togo

Fuente: Suzanne P. Blier, "Houses are Human: Architectural Self-Images of Africa's Tamberma,"

6.1.2 Viviendas Musgum en Camerún

Este proyecto de viviendas se realizó tomando el modelo vernáculo, en el cual los módulos se disponen de manera tal que la unidad del patriarca ocupe el lugar más importante y las unidades de los demás miembros de la familia se ubiquen a su alrededor. Estas agrupaciones familiares pueden alcanzar hasta las 15 "chozas", que comparten el mismo muro perimetral, lo cual indica que pertenecen a la misma unidad familiar. El espacio entre cabañas también es importante, se zonifica para uso del ganado, para juegos infantiles o para el consejo familiar.



Figuras 41y 42: Viviendas de barro Musgum en Camerún

Fuente: "From Cameroon to Paris: Mousgoum Architecture In and Out of Africa" Steven Nelson

6.1.3 Cercado en Atingaane, Doba (Ghana)

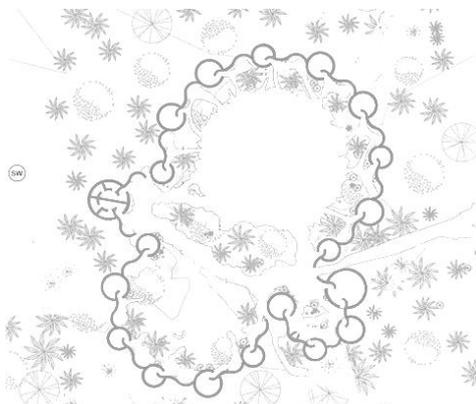


En este caso más peculiar, dentro de un recinto comunitario general encontramos varios recintos más pequeños y diversos, pertenecientes a varias familias en los cuales las edificaciones se van apiñando en función de las necesidades de cada subrecinto.

Figura 43: Cercado de arquitectura vernácula en Atingaane

Fuente: *Revista Internacional de ciencias sociales*, Vol. XXX, n.º3

6.1.4 Art village at Abetenim, Ghana

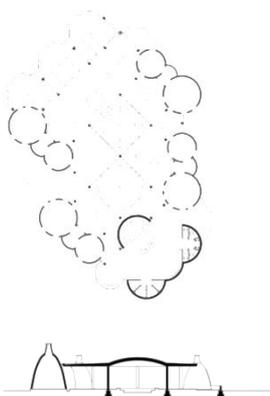


Se trata de la propuesta contemporánea de cuatro arquitectos lituanos en el concurso para el diseño del Arts Village de Abetenim, en Ghana. Se proponen tres patios unidos. El mayor es el de los deportes, el segundo es para las actividades artísticas. En los otros dos de inferior tamaño se ubican las cocinas y los baños.

Figura 44: Arts Village Ghana

Fuente:

6.1.5 Orfanato en Pondicherry, India



Proyecto de orfanato mediante estructuras de ladrillos de adobe cupuladas que una vez construidas se convierten en hornos, siendo sometidas a temperaturas de 960 grados, lo cual les confiere a los materiales las propiedades de impermeabilidad y mayor resistencia mecánica.

Figura 45: Orfanato en Pondicherry

Fuente: *Arquitectura Viva* 161.3/2014 (Pag 50)

6.2 Proyecto de Assembly Hall

La razón de ser de este proyecto es la de generar un espacio atractivo para la reunión y la celebración de la vida social y cultural de la tribu Nyangatom, a la vez que dotamos de una serie de infraestructura (sanitario seco, establos para el ganado) con la que mejorar la salubridad de los poblados, además de otros espacios destinados a usos más concretos.



Figura 46: Vista exterior Assembly Hall

Este espacio de reunión y celebración se entenderá como un gran recinto a cielo abierto, delimitado por un muro perimetral o cerca. Existirá un punto hacia el cual focalizará parte de este espacio, donde podría colocarse un orador. Este recinto podrá estar cubierto por unas telas colgadas entre unos postes, que generen cierta sombra.

Alrededor del espacio central irán surgiendo el resto de usos del edificio en forma de pequeñas construcciones earthbag o de bóveda núbica, que irán engrosando ese muro-cerca y se irán agrupando en función de las necesidades de cada uso. Por tanto el elemento generador del proyecto es ese “muro gordo”, que le confiere ese aspecto de fortificación al exterior y que va trazándose con movimientos ameboides en planta, guardando grandes similitudes y referencias con las arquitecturas vernáculas africanas.

En el desarrollo de esta idea de recinto-fortificación en el que van apareciendo el resto de usos engordando el muro perimetral, se trata de buscar una lógica, a la hora de elaborar la planta, que permita mantener un control geométrico del conjunto y que nos aporte los mecanismos de composición. Se genera así una retícula ortogonal a 45 grados representada en la figura 47 sobre la que se irán trazando las circunferencias que configuran las construcciones earthbag y los muros perimetrales. Se trata de modular el conjunto y buscar la manera de hacer más sencillo el proceso constructivo a base de acotar la diversidad de construcciones y medidas a unos pocos tipos. Dentro de esta retícula se van a ir trazando unas geometrías circulares generadoras de la forma del conjunto, para luego ir definiendo las construcciones perimetrales. (figura 48).

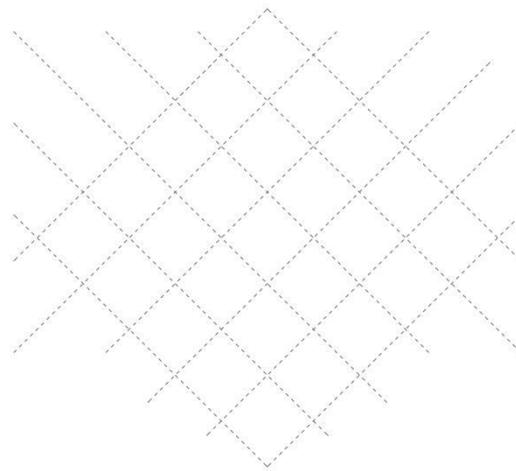


Figura 47: Retícula generadora de la planta

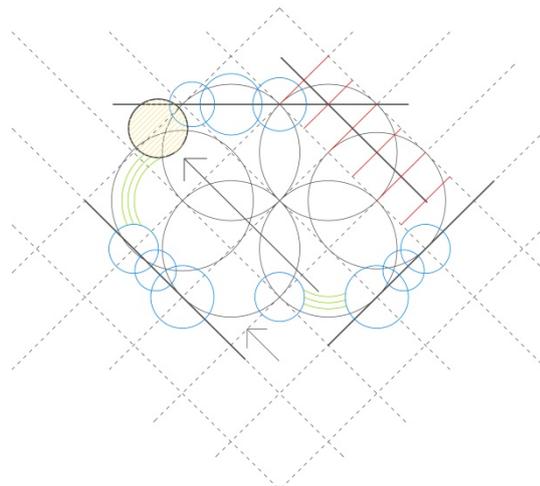


Figura 48: Geometrías. Direcciones del proyecto

Se generan varios ámbitos dentro del propio espacio interior del recinto, asociados a diferentes actividades. La dirección principal la marca el lugar donde se colocaría el orador en las celebraciones, hacia donde se orientarían los actos. Alrededor de esta zona irían apareciendo otros espacios y direcciones secundarias, relacionadas con otros usos. En la parte interior del muro, en algunas zonas se colocan una serie de asientos graderío construidos así mismo mediante sacos de tierra.

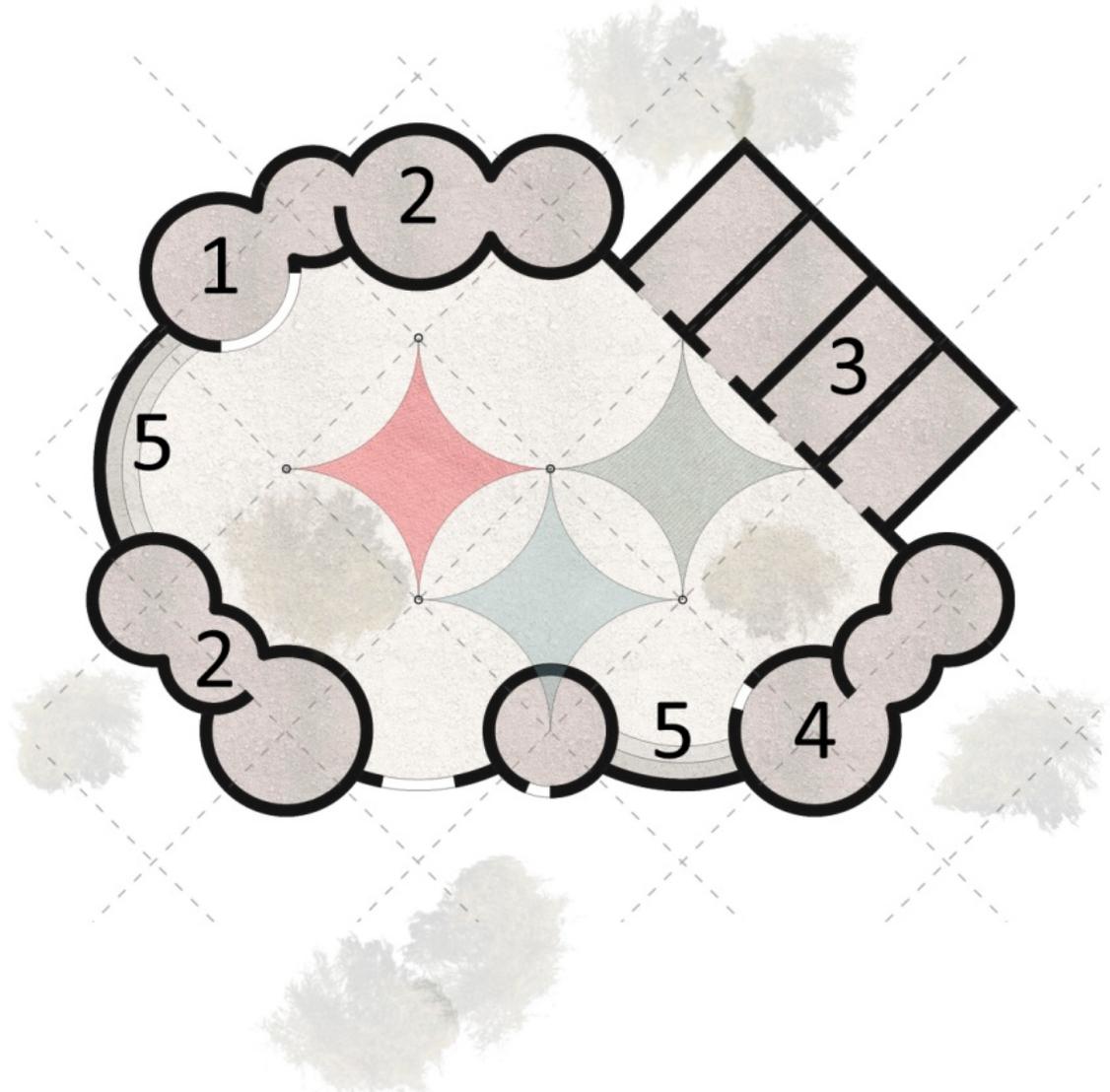


Figura 49: Posible ejemplo de planta para el edificio. *Legenda: 1. Foco de las celebraciones, donde se sitúa el orador. 2. Espacios para actos, rituales, reuniones, actividades cotidianas. 3. Graneros y establos para el ganado. 4. Sanitarios secos 5. Bancadas alargadas de superadobe.*

En las construcciones del perímetro, como se representa en la figura 49, se contaría con las construcciones de bóveda núbica, cumpliendo la función de establos o cuadras para el ganado de estas tribus. Las construcciones earthbag más próximas a ellas se destinarían a los sanitarios secos y el resto para celebrar diferentes actos o rituales sociales que requieran mayor privacidad.



Figura 50: Vista interior Assembly Hall

7. Bibliografía

Bibliografía impresa

BRIZUELA, ELSA (2013) *Redes de Saneamiento. El saneamiento en las crisis humanitarias*. Trabajo fin de master

-CIUTAD, MIGUEL (2013) *Manual de Superadobe*. Girona. Autoedición

-DIEZ PILAR (2012) “*La construcción del restaurante “Las Cúpulas”. San Cebrián de Campos (Palencia)*” Congreso de arquitectura en tierra Cuenca de Campos

-HUNTER, KAKI (2004) *Earthbag building. The tools, tricks and techniques*. Canada. New Sociey Publishers.

-KHALILI, NADER (2008) *Sandbag Shelter. How to build your own*. Cal Earth Press

-MARTINEZ, FERNANDEZ, RAQUEL (2010) *Sistemas económicos de techado con bóvedas de fábrica: bóveda Nubia y bóveda recargada mexicana*. Congreso de arquitectura en tierra Cuenca de Campos

-MINKE, GERNOT (1994). *Manual de construcción en tierra*. Editorial Fin de Siglo.

-SULLIVAN, DANIEL (2012) *Tribes of Omo Valley* Autoedición

Bibliografía electrónica

-*Pueblo Nyangatom*

(<http://ikuska.com/Africa/Etnologia/Pueblos/nyangatom/index.htm>)

-*Los pueblos indígenas del Valle del Omo*

(<http://www.survival.es/indigenas/valledelomo>)

-*Los pueblos de Etiopía y sus gentes*

(<http://www.abayetiopia.org/conoce-etiofia/pueblos-de-etiofia-y-sus-gentes>)

-Fernández, Chon (2012) *Los Nyangatom ¿podrán subsistir?*

<http://eldiariodechon.blogspot.com.es/2012/05/los-nyangatom-podran-subsistir.html>

-Documental 2010 *Los últimos indígenas* (Director: Giner Abati, Francisco)

(<http://www.rtve.es/alcarta/videos/los-ultimos-indigenas/ultimos-indigenas/819630/>)

-*Nyangatom People* Wikipedia

(https://en.wikipedia.org/wiki/Nyangatom_people)

-Bandeo Julián (2013) *Como construir en Superadobe paso a paso en La Bioguía*

(<http://www.labioguia.com/notas/como-construir-en-superadobe-paso-a-paso>)

-Brossa Victor (2013) *Superadobe: Aprende a construir con tus manos la casa de tu vida*

(<http://galerialalineablogspot.com.es/2013/09/superadobe-aprende-construir-con-tus.html>)

-*La technique de la voûte nubienne*

(<http://www.lavoutenubienne.org/fr/la-technique-vn/>)

- Salcedo J. (2005). *“Diseño, construcción y mantenimiento de letrinas ecológicas La experiencia de Ayacucho.”* Programa Redes Sostenibles para la Seguridad Alimentaria (REDESA).

(<http://www.care.org.pe/pdfs/cinfo/libro/LetrinasEcologicas.pdf>)

-Organización Panamericana de Salud (2008). *Definición de baño o letrina ecológica*

(<http://letrinascasa.blogspot.com.es/2008/11/bao-o-letrinaecologica.html>)

-*Extracto de la publicación "Sanitario Ecológico Seco" del Centro Mujeres Tonantzin, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.*

(<http://ecoletrina.sdsu.edu/>)

-Castillo Lourdes (2002) *Manual de diseño, construcción y mantenimiento Sanitario seco Ecológico*

(<http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/ManualSES.pdf>)

-*Revista Internacional de Ciencias Sociales. Viviendas humanas: de la tradición al modernismo. La arquitectura tradicional de Ghana.*

(<http://unesdoc.unesco.org/images/0002/000291/029135so.pdf>)

-Mompó Marta (2014) Viviendas de barro Musgum en Camerún

(<http://www.arquitecturayempresa.es/noticia/viviendas-de-barro-musgum-en-camerun>)