



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

La vivienda vernácula y su evolución a nuestros días.
Estudio de casos de planta circular y cubierta abovedada.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Melero García-Azorin, David

Tutor/a: Bosch Roig, Lluís

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Contextualización del tema
 - Contextualización del tema .
 - Motivación. Objetivos de la investigación.
 - Fuentes.
 - Metodología.
- 1.2 Introducción del tema
 - Criterios de búsqueda.
 - Arquitectura vernácula y material.
- 1.3 Conjunto de casos
 - Índice y exposición de varios casos y ejemplos semejantes.
 - Evolución de la técnica y de la metodología de los casos.

2. ESTUDIO DE CASOS CONCRETOS

- 2.1 El caso de la arquitectura MUSGUM
 - Contexto histórico-cultural
 - Características de esta técnica constructiva, metodología, forma y materialidad.
 - Procesos constructivos y técnicas utilizadas en la construcción.
 - Análisis de la luz y el espacio
 - Ventajas e inconvenientes.
 - Conclusiones.
- 2.2 El caso de la arquitectura SUPERADOBE
 - Contexto histórico-cultural y origen.
 - Características de esta técnica constructiva, metodología, forma y materialidad.
 - Procesos constructivos y técnicas utilizadas en la construcción.
 - Estudio de la luz y el espacio, y otros aspectos
 - Ventajas e inconvenientes.
 - Análisis de Majara Residency.
 - Conclusiones.
- 2.3 El caso de la arquitectura de IMPRESIÓN 3D
 - Fundamentos y origen.
 - Características de esta técnica constructiva, metodología, forma y materialidad.
 - Procesos constructivos y técnicas utilizadas en la construcción.
 - Ventajas e inconvenientes.
 - Estudio dio del alcance y futuro de la impresión 3D
 - Estudio del proyecto TECLA.
 - Conclusiones.

3. COMPARATIVA, RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- Análisis comparativo del método constructivo empleado en el proyecto TECLA, con el método de superadobe y las culturas Musgum.
- Reflexión final sobre la evolución del uso del adobe en la construcción.

4. BIBLIOGRAFÍA

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El presente trabajo de fin de grado tiene por objeto el análisis y estudio comparativo de la arquitectura vernácula de distintas localizaciones y culturas, así como su evolución e influencia en algunos estilos de arquitectura contemporánea.

El estudio arranca con un barrido general de diversas obras de arquitectura vernácula en diferentes emplazamientos, épocas y culturas, sobre las que se realizará un análisis generalizado.

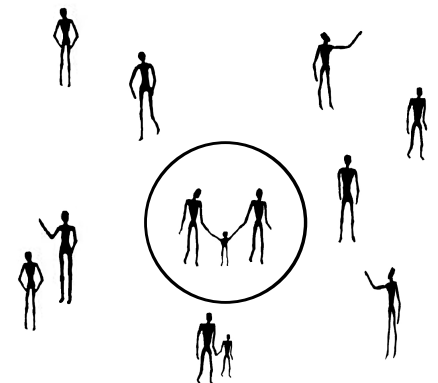
Finalmente el estudio se acota a casos de planta de geometría circular que se compongan de una cubierta conformada por una bóveda y formando un solo elemento másico realizado con adobe.

El tema se propone por el alumno David Melero García-Azorín, y se lleva a cabo por método de acuerdo con el maestro Luis Bosch Roig.

La motivación de este tema nace por varios motivos; Para comenzar una de las motivaciones que me lanzaron a realizar esta investigación, fue la curiosidad personal que me genera descubrir otros métodos de construcción (en este caso la construcción con barro y adobe) distintos a los aprendidos en el grado, dentro de un ámbito a pequeña escala.

Así como la forma, cansado de los elementos cúbicos de esquinas a 90° me planteo un estudio de otras formas de trabajo, para este estudio me centro en la forma circular, además de preguntarme el dónde, el porqué y el cómo, a igual que bajo que contexto se acaba realizando esta forma tan sencilla, y a la vez tan compleja de realizar. Articulando el espacio con una percepción diferente de espacio.

Bajo mi punto de vista, desde siempre he entendido que el círculo agrupa elementos, significa unión de los elementos que están en su interior. El círculo no enfrenta como puede ocurrir en los espacios rectangulares oponiendo un lado a otro, en el círculo todo forma una unión continua, sin esquinas una línea homojenea que separa lo que está dentro de lo que está fuera.



Dibujo del autor

El círculo popularmente y de forma primitiva se puede llegar a entender como unidad familiar, ya sea en clanes, familias, etnias, etc....

Por todo lo expuesto me parece interesante conocer diferentes métodos de albergar esta forma en la arquitectura tradicional, su origen, que ventajas e inconvenientes tienen y de que forma se habitan.

Terminando, otra de las motivaciones fue un tema personal y caprichoso, me explico; como muchos compañeros de profesión, yo tenía claro desde muy jóvenes que mi vocación sería dedicar mi vida a la arquitectura.

Los que entienden de lo que hablo seguramente es porque desde muy pequeños soñaban con crear edificios, de mil maneras diferentes y dejando volar su imaginación. Niños seguramente inquietos por descubrir no les bastaba con dejar las ideas plasmadas en un papel, sino que también recolectaban todo lo que estaba a su mano para realizar la “maqueta del edificio” que tenían en mente (echándole mucha imaginación).

Si además tuvieron la suerte de tener un espacio al aire libre con alguna zona ajardinada, estoy seguro de que alguna vez realizaron barro juntando agua y tierra, dándole forma con las manos contra el suelo, generando así un elemento macizo casi esférico, una bóveda peraltada, a la que le hacían unos agujeros con los dedos, o con un palito para representar la puerta, las ventanas y acabar diciendo que eso era una casita. Los más hábiles la intentarían hacer hueca, y con los huecos de acceso y ventilación, defendiéndola como un refugio para un insectos y animales pequeños.

De esta manera haciendo un guiño a esa época de la infancia, me nace el interés de investigar si existe o han existido un método de construcción tan manual, trasladado a escala real, a escala humana, y realizar un estudio de cuales son sus características, ventajas, inconvenientes, forma compositiva, el porqué se llego a esa solución, de dónde nace, etc...

FUENTES:

- Libros y revistas de arquitectura:

Cómo por ejemplo:

+May John, 2010 , *"CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS TRADICIONALES ARQUITECTURA POPULAR"*,

+BARTH, HENRY (1857-1858) *"TRAVELS AND DISCOVERIES IN NORTH AND CENTRAL AFRICA"*

+Revista construye, Enero 2022, Espectativa 2022,

Entre otros, extrayendo tanto imágenes como información complementaria.

- Páginas web de información y cultura.

- Blogs de viajes y opinión.

- Documentos audiovisuales de diversas fuentes.

- Imágenes y dibujos propios así como planos complementarios.

- Conclusiones propias.

METODOLOGÍA:

La metodología y sistema para la obtención de datos a evaluar es la siguiente: en primer lugar se han definido unos condicionantes para la selección de referencias, a continuación se ha realizado una selección de referencias para completar un barrido previo de 8 referencias.

Seguidamente tras el análisis se han seleccionado 3 referencias para realizar un estudio más en profundidad de sus características; (ventajas e inconvenientes, técnica constructivas, etc...)

Finalmente se ha realizado una comparativa entre las 3 referencias seleccionadas para contrastar y evaluar la evolución de desarrollo y empleo del adobe.

1.2 INTRODUCCIÓN

Para comenzar con el tema, se ha definido qué es la arquitectura vernácula, y se ha realizado un barrido general de referencias de arquitectura vernácula que fueran semejantes y contuvieran las siguientes características:

- Que la planta tenga forma circular.
- Construidos con barro, adobe o tierra como elemento principal.
- Que incluyan una cubierta abovedada.

Posteriormente se realiza una segunda selección de 3 referencias que cumplan las características establecidas y que aporten una evolución tecnológica en el empleo del material de tal manera que se evidencie el material.

Para poder también ver una evolución hasta nuestros días, las 3 referencias seleccionadas muestran un cambio de capacidad tecnológica entre cada uno pero dando uno resultado similares ya que el materias es el mismo. Con ello se evidencia el potencial del adobe independientemente de su método aplicado.

LA ARQUITECTURA VERNÁCULA

Como concepto es definida como:

- RAE: “vernáculo”

“1. adj. Dicho especialmente del idioma o lengua: Doméstico, nativo, de la casa o país propios.”

Del latín. vernacŭlus” RAE, (30/03/23), RAE

-WIKIPEDIA: "Arquitectura Vernacula"

"La arquitectura vernácula es aquella que se constituye como de tradición regional más auténtica.

Esta arquitectura nació entre los pueblos autóctonos de cada región, como una respuesta a sus necesidades de hábitat. Lo que hace diferente a estas edificaciones de otras edificaciones, es que las soluciones adoptadas son un ejemplo de adaptación al medio, están realizadas por el mismo usuario, apoyado en la comunidad y el conocimiento de sistemas constructivos heredados ancestralmente." Anónimo, (30/03/23), Arquitectura Vernácula, Wikipedia,

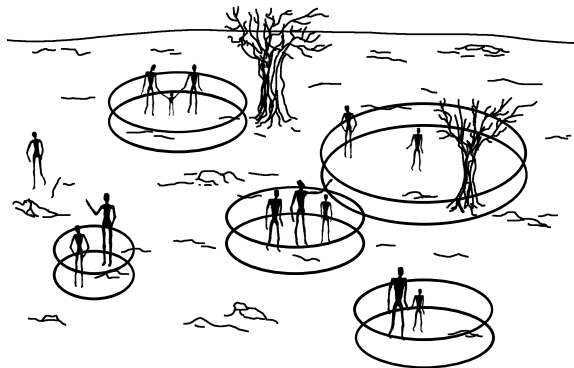
-Revista Construye: "Arquitectura Vernacula"

"Frank Lloyd Wright describe la arquitectura vernácula como "edificio folclórico creciendo en respuesta a las necesidades reales, ajustado al entorno por personas que conocían mejor que nadie lo que encaja y con un sentimiento patrio" que sugiere que es una forma primitiva de diseño. Muchos arquitectos modernos han estudiado edificios vernáculos y dicen haberse inspirado en ellos, incluyendo los aspectos de la arquitectura vernácula en sus diseños."

Revista construye, Enero 2022, Espectativa 2022.

Por lo tanto, por arquitectura vernácula se entiende una arquitectura que responde a unas condiciones del entorno dadas en un lugar en específico. Realizada a partir de unos materiales próximos de dicha localización y hechas por gente que conoce muy bien tanto el método constructivo como los materiales con los que se llevará a cabo la obra.

Hablamos de una arquitectura que pertenece a una etnia o una agrupación cultural, arraigada en la tradición y las costumbres de la entidad.



Dibujo del autor

EL MATERIAL

El material de las referencias analizadas es en mayor medida el adobe, el barro y alguno de sus derivados. La composición del adobe esta constituida principalmente por una cantidad especifica de tierra y agua, esta mezcla es conocida por los maestros constructores que la trabajan, y dependiendo de la necesidad, las cantidades pueden variar.

La RAE lo define como:

RAE: *adobe*; "1.m. Masa de barro mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al aire, que se emplea en la construcción de paredes o muros" RAE, (2) (30/03/23), RAE,

-La aplicación del material varía en su forma dependiendo de la finalidad y metodología empleada según la cultura. Puede ser aplicado de varias formas:

-Plástica, cuando la obra se confecciona a mano, moldeando con estas el material, la plasticidad permite su uso en formas complejas, la maniobrabilidad del material dependerá de la cantidad de humedad que contenga la mezcla.

-En Brick, la pasta de adobe se introduce en unos moldes, generalmente de madera, que le dan la forma deseada, seguidamente son extraídos del molde y dejados secar al Sol. Mayoritariamente este proceso se realiza únicamente cuando es necesario evitando así generar residuos extra y tener que mantener espacios de almacenamiento y procesos industrializados.

-Desde la visión constructiva, el adobe puede cumplir 2 funciones:

-Como estructura, el adobe conforma los elementos portantes del edificio, en ocasiones es necesario una subestructura auxiliar de estabilización.

-Como recubrimiento, en muchos casos el adobe se usa para generar una capa protectora por encima del edificio, este uso permite generar un acabado especifico, ya sea alisado, generando incrustaciones o, tallando algún tipo de serigrafía, etc...

REFERENCIAS

A continuación se presenta un barrido de referencias arquitectónicas seleccionados a partir de los 3 condicionantes siguientes:

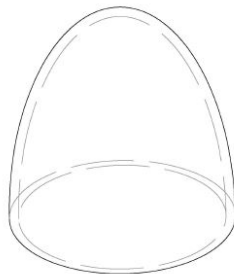
- Planta circular.
- Cubierta abovedados.
- Material adobe.

-No necesariamente todos las referencias analizadas cumplan las 3 condiciones. Este barrido previo tiene por objetivo analizar ejemplos con características similares, permitiendo seleccionar las 3 referencias que mejor se adaptan a las características.

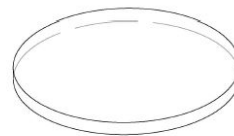
-Una vez conocidas las distintas formas en las que se pueden llevar a cabo las características se estudia más en profundidad las referencias seleccionadas.

-Con ello se busca tener un conocimiento previo de diferentes formas de construir adaptándose a alguna de las características, de esta forma se pueden destacar algunos efectos y elementos comunes que acompañan a las soluciones adoptadas.

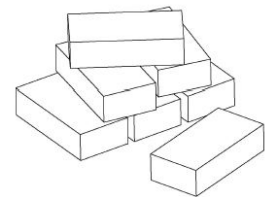
Es decir, la finalidad del barrido previo es tener los conocimientos de la forma y la materialidad para así hacer un análisis más preciso de las ventajas e inconvenientes que tiene la construcción de este tipo de arquitectura.



BÓVEDA



PLANTA CIRCULAR



ADOBE

1.3 CONJUNTO DE CASOS

Índice de Referencias

TRADICIONALES

COLMENA

- CASAS TRULLI
- CASAS COLMENA DEL HARRAN

INDEPENDIENTES

- VIVIENDAS HOGAN
- CASAS BATAMMARIBA

COLECTIVOS

- CASAS TOLEK MUSGUM
- CASAS INDLU ZÚLU

CONTEMPORÁNEOS

SUPERADOBE

- SUPERADOBE, MAJARA RESIDENCY

CASAS DE IMPRESIÓN 3D

- PROYECTO TECLA

ANOTACIÓN

Para tener una mejor lectura de los casos, se disponen agrupados según su forma de organización y composición:

TRADICIONALES

-COLMENA: Se organizan creando un elemento másico único, unas se apoyan en las otras conformando el espacio.

-INDEPENDIENTES: Se organizan de una manera dispersa, su vinculación se forma por la proximidad que hay entre ellas.

-COLECTIVOS: Se organizan en un núcleo disperso pero organizado, entorno a ellas se dispone de un elemento que funciona como parapeto, el muro se colocan de forma que unen las viviendas y generan un espacio que se puede definir como dentro o fuera.

CONTEMPORÁNEOS

-SUPERADOBE: Este material constituye una técnica de construcción moderna por lo que por ello se ha separado en un grupo exclusivo, este método permite diversos modos de composición.

-IMPRESIÓN 3D: Este es el método más revolucionario y novedoso tecnológicamente por lo que también se agrupa en un grupo aparte, para analizar sus posibilidades. También permite un amplio abanico de posibilidades constructivas.

Índice de Referencias

TRADICIONALES

COLMENA

-CASAS TRULLI

-CASAS COLMENA DEL HARRAN

INDEPENDIENTES

-VIVIENDAS HOGAN

-CASAS BATAMMARIBA

COLECTIVOS

-CASAS TOLEK MUSGUM

-CASAS INDLU ZÚLU

CONTEMPORÁNEOS

SUPERADOBE

-SUPERADOBE, MAJARA RESIDENCY

CASAS DE IMPRESIÓN 3D

-PROYECTO TECLA



CASAS TRULLI

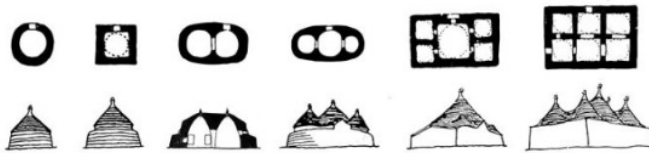
Objetivos en común:

/ Material Adobe / **Cubierta Bóveda** / Planta circular /

Localización: Región de Apulia (Italia); una región de clima seco compuesto por un relieve poco montañoso, entre los montes Appennini y el Mar Adriático. Encontramos concentraciones en los barrios de Monti y Aja Piccola (Alberobello)

El más antiguo se haya en Trullo Marziolla, Valle d'Itria, data del 1559. (contrada Marziolla, Locorotondo)

Composición: La organización de los Trulli depende de su localización, si se encuentra en un núcleo de viviendas adopta una base cuadrículada, y aprovecha al vecino para reducir el grosor de los muros. Pero si se encuentra aislada, por localizarse en el campo por ejemplo, su planta será de forma elíptica.



Evolución tipológica y compositiva de los trulli (de Simoncini G., 1960)

Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 "El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca",

Materialidad: Están hechas con piedras calizas del entorno próximo dispuestas en seco, formando una doble capa rellena con escombros.

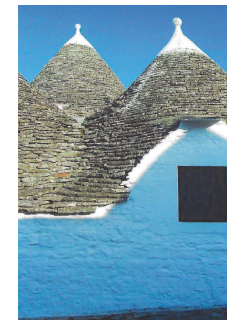
-Los muros tienen un grosor de entre 1.5m y 1.8m de espesor y cuentan con unas pequeñas aperturas a modo de ventanas y puertas. Dependiendo de la localización las paredes exteriores son pintadas de blanco y enfoscadas generando un textura rugosa pero continua.



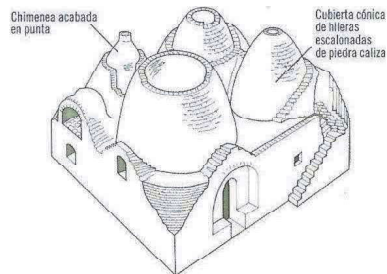
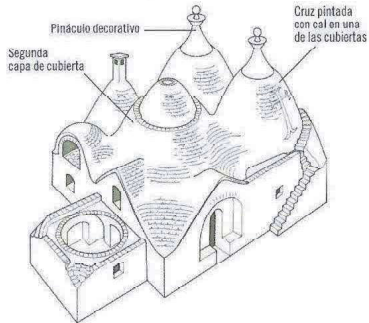
Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 "El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca",



May John, 2010 "CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS RADICIONALES ARQUITECTURA POPULAR", Pág 22-23



May John, 2010 "CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS RADICIONALES ARQUITECTURA POPULAR", Pág 22-23



May John, 2010, "CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS RADICIALES ARQUITECTURA POPULAR", Pág 70-71

Técnica constructiva: Los muros se construyen sin cimentación, se levantan directamente sobre el firme.

-Las bóvedas están construidas con un sistema de superposición de las piedras colocadas en seco de forma escalonada, es una técnica utilizada por los albañiles locales que les permite realizar las bóvedas más alta.

-Esa bóveda queda en la cara interior, sobre esta se coloca una capa de relleno, y a continuación se disponen a modo de tejas planas las llamadas "chiancarelle": una capa de piedras calizas de entre 5 a 7 cm de espesor también colocadas en seco.

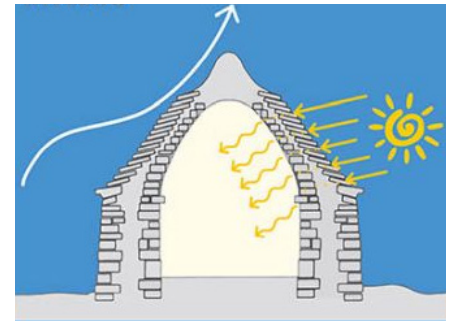
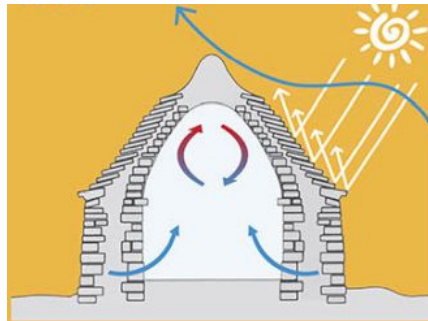
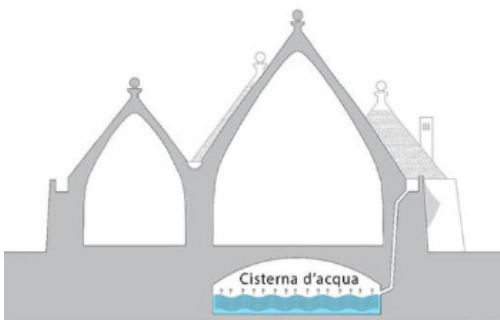
-En algunas de estas viviendas cuando la altura lo permite, se dispone una planta intermedia.

-Finalmente se culminan con un pináculo cerrando así la cúpula ayudando a la puesta en carga de las piedras superiores.

ODS: Su construcción es respetuosa con el medio ya que reutiliza los elementos del entorno y no son necesarios grandes transportes evitando así la emisión de residuos extra.

-El grosor de los muros ayuda a mantener la temperatura interior agradable a lo largo del año.

-En algunas viviendas las aguas pluviales son recogidas y guardadas en una cisterna en forma de galería inferior que funciona como un acuífero para la vivienda.



Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 "El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca",

Detalles: En sus carpinterías se puede apreciar elementos de madera tallados tanto en el exterior como en el interior de la vivienda. Esto se traduce en una arquitectura austera en decoración, con los mínimos elementos necesarios para mostrar la identidad del usuario.

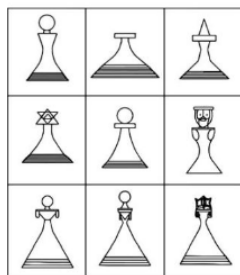
-Las viviendas Trulli no se basan en modas ni en estilos, se definen como una arquitectura espontanea producto de la unión entre el hombre y la naturaleza.



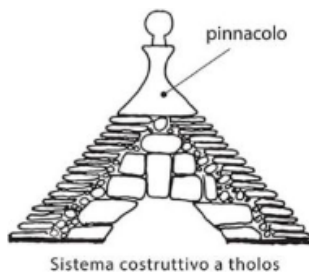
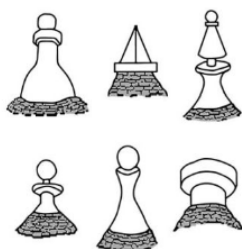
-Las viviendas en lugares como Alberobello tienen en sus cubiertas signos o figuras alegóricas: monogramas, emblemas, acrónimos hechos en cal, estos dependen de la complejidad de su forma y su significado.

-El pináculo se utiliza como elemento decorativo que culmina la altura de la cúpula además de ser un elemento de apoyo estructural.

Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 "El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca".



Las diversas formas que pueden tomar los pináculos de los trulli



May John, 2010 "CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS RADICIALES ARQUITECTURA POPULAR", Pág 70-71

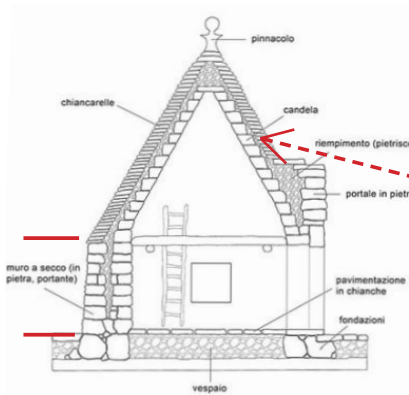
Resumen y conclusiones: En cuanto a los objetivos que se buscan en este trabajo, a pesar de no estar formado por adobe ni partir de planta circular en su mayoría, si cumple la condición de tener la cubierta abovedada y se considera interesante estudiar las formas en las que se puede desarrollar a partir de hiladas.



La Puglia, Información turística de la Puglia y Salento, (2023)

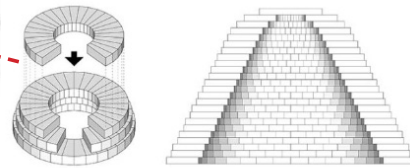
-La forma de anillos sucesivos logran conformar una cubierta abovedada a partir de pequeñas piezas.

-Esta arquitectura responde al lugar, aprovechando las piedras caliza y con ellas, apiladas dan forma a una arquitectura única del lugar. Una arquitectura con simbología y carácter propio.

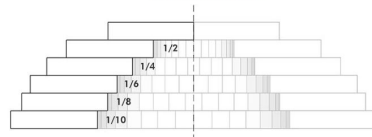


Sección de 2 alturas

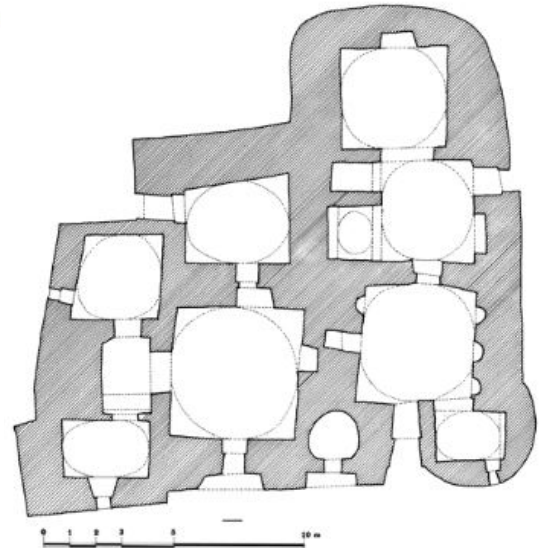
Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 "El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca";



Cubierta de Tholos. Pseudo-cúpula o falsa cúpula: principios del sistema constructivo (elaboración del autor)



Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 "El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca";



Trulli : UNESCO world heritag, 04/06/2022,

CASAS COLMENA DEL HARRAN

Objetivos en común:

/ **Material Adobe** / **Cubierta Bóveda** / Planta circular /

Localización: Turquía, región de Anatolia Suroriental, provincia de Şanlıurfa, próximas a la frontera con Siria (15Km)

Materialidad y Contexto: Realizadas con adobe en su totalidad, tienen una altura de entre 4m y 5m, asentadas sobre el propio suelo con una fina capa de adobe a modo de solera.

Técnica constructiva: Estas viviendas se componen a través de una maya reticular que organiza en dos direcciones la orientación de las salas.

La vivienda se construye a partir de ladrillos de adobe y piedras del entorno para la cúpula. Se enfosca la obra con una capa de adobe homogeneizando todo tanto por el interior como por el exterior.

Los muros varían en su espesor variando si forman parte de la estructura o solo son cerramiento. Los muros pueden rondar entre los 30-60cm dependiendo su función.

Las aperturas son de muy pequeño tamaño para evitar la pérdida de la temperatura, pero garantizando la ventilación de la vivienda. Las ventanas no cuentan ni con cristal ni celosías.

ODS: La fórmula del adobe y su técnica de aplique permite la absorción de calor por los rayos de Sol durante el día y su posterior emisión durante las noches frías del desierto, además su sistema de ventilación completamente natural permite mantener una temperatura media agradable, (cerca de los 24° mientras que en el exterior permanecen a 35°).

Las cúpulas permiten que el aire caliente ascienda, alejándolo de los usuarios de la vivienda, además en su parte culmen dispone de un pequeño orificio que permite la salida de ese aire caliente gracias al efecto Venturi el aire entra por los orificios de reducido tamaño de los muros.



TRT Español. 23/02/2021, Caniche de Tonya, a un paso de conseguir la Indicación Geográfica



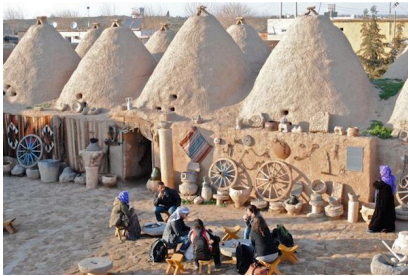
Adept Expeditions. 20/10/2018, The Beehive Houses of Harran: Turkey's Ancient Adobes



Casas naturales, (2023). Casas colmena de adobe, Turquía.



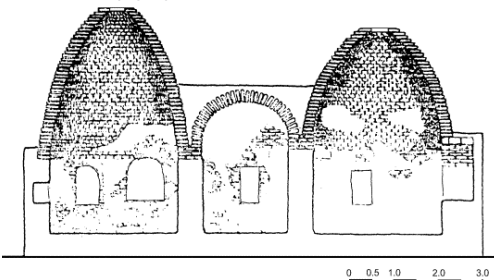
@NaoCasanova, 28/09/2021 La tradición de las CASAS COLMENA en HARRÁN



Armando Antonio Iachini. 13/04/2017. Armando Iachini: Los aciertos sustentables de las casas colmena de Harran



Moove Magazine, 2023, ¿Qué es la arquitectura vernácula? Características y ejemplos



Detalles: En el exterior son más austeras, no son pintadas ni decoradas, simplemente con el enfoscado de adobe dejado a la vista, no por ello pierde encanto sino que al contrario, refuerza la idea de una unidad, rustico y tradicional, además permite sus reparaciones en los ciclos correspondientes.

La única decoración exterior es el propio mobiliario que configura el espacio junto a elementos artesanales y utensilios de la vivienda.

En cambio, en el interior las viviendas están decoradas con tapices, alfombras, y papel oropel brillante creando un ambiente más cálido y acogedor.

Resumen y conclusiones: . Hoy día las casas colmena se usan más como almacenes o simplemente han sido abandonadas por lo que la técnica se ha ido perdiendo de generación en generación, actualmente la casa colmena de Harrán mostrada forma parte de un museo turístico que muestra como eran las casas de la zona en el pasado.



Casas naturales, (2023). Casas colmena de adobe, Turquía.

@NaoCasanova, 28/09/2021 La tradición de las CASAS COLMENA en HARRÁN

Índice de Referencias

TRADICIONALES

COLMENA

- CASAS TRULLI
- CASAS COLMENA DEL HARRAN

INDEPENDIENTES

- VIVIENDAS HOGAN
- CASAS BATAMMARIBA

COLECTIVOS

- CASAS TOLEK MUSGUM
- CASAS INDLU ZÚLU

CONTEMPORÁNEOS

SUPERADOBE

- SUPERADOBE, MAJARA RESIDENCY

CASAS DE IMPRESIÓN 3D

- PROYECTO TECLA



VIVIENDAS HOGAN

Objetivos en común:

/ **Material Adobe** / **Cubierta Bóveda** / **Planta circular** /

Localización: Aldeas de “navajos” en America del Norte, partes del noreste de Arizona, del sureste de Utah y del noroeste de Nuevo México.

Composición: Se agrupan por tribus que forman en su conjunto asentamientos directos sobre el suelo. La conexión que los une se consigue por cercanía y orientación de los Hogan, ya que una sola familia puede componerse de varios Hogan

Materialidad: Conformados por una gruesa estructura de troncos de madera que sostiene las cargas de una segunda capa y recubrimiento de adobe y tierra.

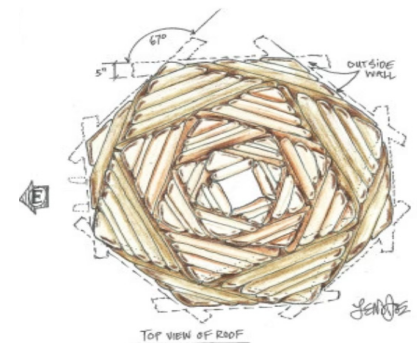
Técnica constructiva: Se encuentran enterrados o mejor dicho, cubiertos por una gruesa capa de adobe sobre una estructura de madera que genera el techo interior.

Se divide según si la vivienda es para uso femenino o uso masculino, las viviendas para hombres son de planta pentagonal y además se ven acompañadas de un hall principal en su entrada. Sus únicas aperturas son la entrada y un hueco en la cima de la pirámide pentagonal que permite la ventilación.

En el caso de las viviendas femeninas, la configuración forma un círculo con una especie de cúpula a partir de la estructura de troncos de madera. En su cima, también disponen de una apertura, que es de mayor tamaño que en las viviendas masculinas, ya que ha de servir también a modo de extracción de humos de la chimenea de la cocina. La cabaña en sí es de mayor tamaño que la masculina ya que en su interior se realiza la vida familiar así como otras labores como; tejer, cocinar, dormir, etc....



Dsdugan, 03/09/2016., Navajo Hogan in Monument Valley,



TOP VIEW OF ROOF
Perry Null Trading Company, 2020, How to Build a Navajo Hogan.

1, 2



3, 4



5, 6



7, 8



ODS: La propiedad aislante que aporta el recubrimiento de tierra ayuda a mantener una temperatura estable en su interior, además al no tener ventanas se evitan puentes térmicos aunque también se dificulta la ventilación ya que solo hay un hueco en lo alto del techo a modo de chimenea.

Los materiales suelen ser del entorno cercano como se acostumbra en las tribus.

Como dato cultural, decir que la madera empleada para realizar las cabañas no era reutilizada. Cuando un familiar fallecía, este era sepultado en la casa al ser quemada con el difunto en su interior a modo de rito funerario.

Detalles: En este caso no disponen de decoración externa ya que se deja el recubrimiento en bruto, en su interior no se albergaba decoración destacable salvo propios elementos realizados por los propios huéspedes de la cabaña y elementos cotidianos.

A día de hoy estas estructuras en su mayoría solo quedan como museo o a modo de recuerdo ya que tras la revolución maderera en los Estados Unidos, permitieron a estos pueblos trabajar con madera bien serrada y permitió a los Nabajos realizar viviendas de mayor altura y calidad gracias al fácil uso de tablones de madera.

Conclusiones: Por lo que se puede observar la forma nace como una solución a la necesidad en primer lugar, un recubrimiento que tape los huecos que forma el apilamiento de troncos, un material fácil de obtener del medio, y que aporte una resistencia térmica que mantenga la vivienda a temperatura constante. Una técnica hecha a partir del terreno y contando con él para habitarlo de la manera más respetuosa y simple.

Cabe destacar como la choza se integra en el medio al no destacar en el paisaje, y observar también el sistema de ventilación que empieza a ser común en diversas referencias.



Harold Carey Jr. 2016, Navajo Home



Nelson, D. 31/07/2023, Navajo Hogan Interior.



David Bozsaky, Abril 2015 Figura 9: A Navajo "Hogan"

CASAS BATAMMARIBA

Objetivos en común:

/ **Material Adobe** / Cubierta Bóveda / **Planta circular** /

Localización: Se ubica entre el noreste de Togo y noroeste de Benín, África ocupando la pequeña región conocida como Kutammaku. Kutammaku ocupa un área de 50.000 hectáreas, está delimitadas por 15 km de la frontera con Benín y el río Keran.

Composición: Las familias se agrupan en clanes y trabajan todos conjuntamente para autoabastecerse del campo y del ganado. Las viviendas llamas Takientas o Tata se encuentran generosamente separadas las unas de las otras. La vivienda se compone por lo general por una serie de cilindros agrupados (hasta 8 habitualmente) y unidos por un muro, entre cada cilindro, el hueco también se aprovecha como área para diversas funciones.

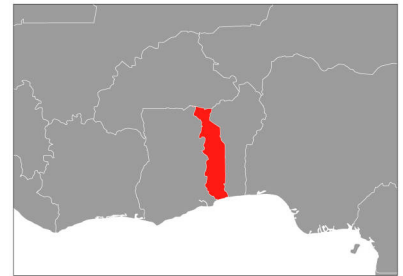
“La estructura más simple es una torre cilíndrica, generalmente de dos pisos. Cuando el superior tiene función de granero, este segundo piso tiene forma esférica excediendo los lados del cilindro inferior. Toda esta estructura se cierra con un techo de paja en forma cónica o plana.”

Viaje al Patrimonio 13/07/2006, Kutammaku,

Materialidad: Las viviendas se componen principalmente por adobe hecho a partir de la tierra del mismo lugar. Para reforzar partes delicadas se le añade agua donde previamente se trituran ramas de illampo, a la mezcla de ese agua con la tierra se le añade estiercol de vaca y corteza de árbol nuri.

Para el recubrimiento de las cubiertas las mujeres preparan infusiones de corteza nuri con extractos de manteca de karité y se aplican en todas las superficies para protegerlas del agua.

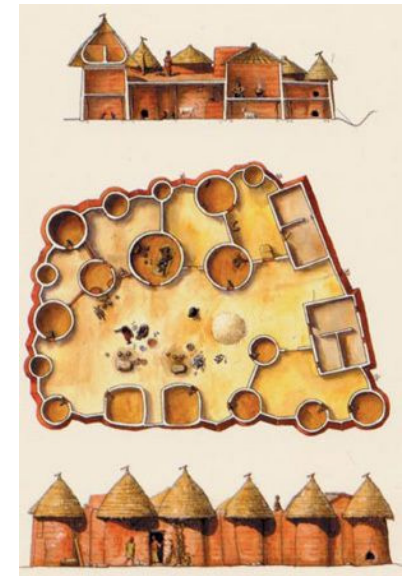
Para los graneros se prepara una mezcla especial de arcilla y heno fonio. A parte de los graneros los clanes tamari crean unos tubos que sirven para canalizar las aguas.



Togo Mapa Para El Diseño



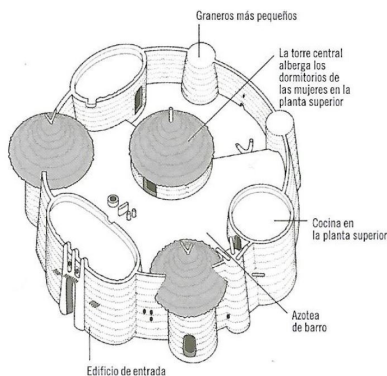
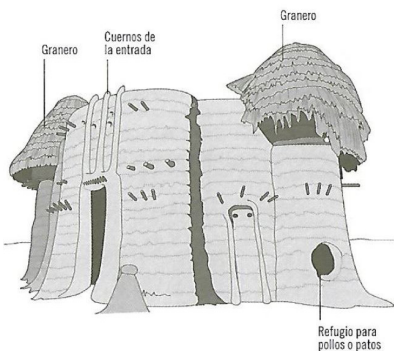
Cleves Kristense E. 13/07/2006, Kutammaku,



Abdoulaye, L. 22/03/2014, Tata Somba



Abdoulaye, L. 22/03/2014, Tata Somba



May John, 2010, "CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS TRADICIONALES ARQUITECTURA POPULAR", Pág: 111.

Técnica constructiva: En cada clan existe un grupo de arquitectos que han de aprobar el proyecto de la vivienda. Solo se construye en épocas secas, es decir de Diciembre a Febrero.

La técnica empleada es por deposición en hiladas de forma manual. Solo los albañiles más expertos pueden hacerlo, aunque en la construcción participan todos ayudando a transporte de materiales o realizado de las mezclas.

Una vez acabada la vivienda se procede a realizar los elementos decorativos que representen a la familia así como un revestimiento más fino que proteja la vivienda de la intemperie.

ODS: En resultado es una operación sin emisión de residuos y nada contaminante, ya que se emplea elementos del entorno cercano y materiales completamente naturales. Es una conservación de la técnica de construcción limpia y tradicional de su cultura. Sus clases se avastecen principalmente del grano cosechados de campos de cultivo ecológicos.

Detalles: El mijo es la sala oval de entrada, así como las torres de cubierta plana son almacenes en planta baja y habitaciones en la parte superior. En la parte superior también se encuentra en una de las torres la cocina. En el centro, la torre contiene en la parte superior el dormitorio más de las mujeres de la familia. Las torres de los lados de la entrada son los refugios de los animales y sobre estos los graneros tapados por tejado de paja.

Conclusiones: Este tipo de arquitectura muestra un fuerte arraigo cultural y tradicional que se mantiene en nuestros días. Es una muestra más de la posibilidad que tiene el adobe en la arquitectura para su uso como hogar.

Índice de Referencias

TRADICIONALES

COLMENA

-CASAS TRULLI

-CASAS COLMENA DEL HARRAN

INDEPENDIENTES

-VIVIENDAS HOGAN

-CASAS BATAMMARIBA

COLECTIVOS

-CASAS TOLEK MUSGUM

-CASAS INDLU ZÚLU

CONTEMPORÁNEOS

SUPERADOBE

-SUPERADOBE, MAJARA RESIDENCY

CASAS DE IMPRESIÓN 3D

-PROYECTO TECLA



CASAS TOLEK MUSGUM

Objetivos en común:

/ Material Adobe / Cubierta Bóveda / Planta circular /

Localización: En la región de Mayo Danay, al norte de Camerun, se puede encontrar una reconstrucción en la ciudad de Pouus.

Composición: El programa se compone por viviendas denominadas "Tolek" u "Obus" con forma de "concha".

El complejo básico se compone por 5 Toleks, uno para la cabeza de familia, dos para las mujeres, una para cocina, y como último uno para el ganado, en ocasiones puede llegar hasta un máximo de 15 Toleks. La disposición de los elementos es en forma radial, y estas en contacto a través de un muro que define el patio, este se cierra por las noches para protegerse. Estos núcleos familiares están preparados para ampliar su círculo, es decir ampliar la familia y de esta manera ampliar el número de Toleks que se necesiten.

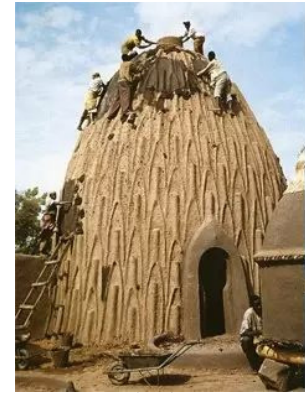
Materialidad: El material aplicado es el adobe, es realizado con tierra del entorno y agua. El adobe del interior del muro puede contener paja o hierba para mejorar la consistencia del muro. El adobe exterior suele ser un adobe más fino.

Técnica constructiva: Se usa el arco catenario, es seguramente la forma constructiva más efectiva para alcanzar la máxima altura con la menor cantidad de material llegando a alcanzar desde los 3m hasta 9m de altura.

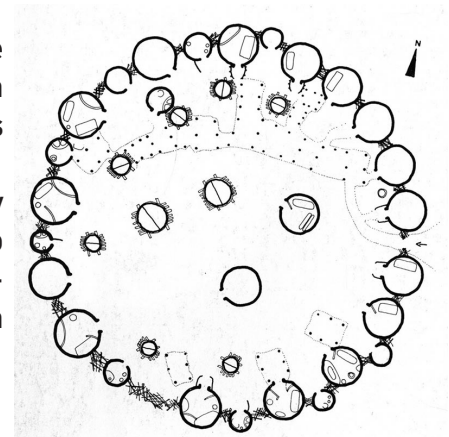
La construcción se asienta directamente sobre el suelo, y se van realizando capa tras capa hileras de adobe. Tras su secado los albañiles van trepando por la cubierta con ayuda de unas resaltes de la cubierta para realizar el siguiente conjunto de hiladas. La obra se demora un tiempo de aproximadamente 6 meses.



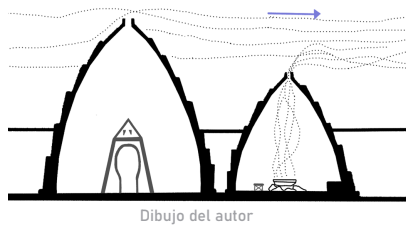
Geografía Africa Territorio Storia
Economía del Camerun. (2023).



EusKal Herriko, (2014), Centro Vasco de
Arquitectura,



SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli,



Dibujo del autor

Para cada Tolek la mezcla de adobe es realizada por personas de la familia y amigos, pero es aplicado y construido por unos albañiles locales especializados.

ODS: Como ya se ha visto en otros métodos constructivos de este tipo, en la parte superior se encuentra un hueco que ayuda con la ventilación natural.

Los muros gruesos de tierra ayudan al aislamiento térmico y a un control de temperaturas interior. Esto junto a la ventilación natural crean un clima interno agradable, sin ningún tipo de emisión de residuos. De esta misma forma la construcción de estas viviendas no genera gran cantidad de residuos, ni consume una gran cantidad de energía, siendo así un método respetuoso con el medio.

Al usar tierra de la zona y no pintandose con colores muy destacados, los conjuntos de viviendas de Obus quedan integrados en el paisaje.



Arquitectura con Tierra 31/05/2016

Detalles: El propio recubrimiento exterior enfoscado con adobe más fino, sirve como decoración. El exterior tiene unos resaltes geométricos que además de su valor estético, su forma de "V" invertida colocada de forma ascendente en espiral sirve para reconducir el agua de lluvia y como escalera para el mantenimiento de la estructura. Cada pocos ciclos de lluvias las familias trepan la vivienda gracias a estos resaltes o peldaños para aplicar la nueva capa de adobe exterior.



SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli,

Conclusiones: El método de construcción Obus cumple a la perfección los objetivos buscados, pero si que hay que destacar que la técnica empleada para su construcción es algo peligrosa ya que no se tienen medidas de seguridad y se requiere habilidad.

Aunque mi opinión sobre este tipo de viviendas es muy positiva y me despierta especial interés, la calidad de la vivienda no se adaptaría a las necesidades del usuario promedio donde la climatología es completamente diferente.



SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli,

CASAS INDLU ZÚLU

Objetivos en común:

/ Material Adobe / **Cubierta Bóveda** / **Planta circular** /

Localización: Sudafrica, provincia de KwaZulu-Natal

Composició: Las viviendas se organizan en forma de panal de abejas, conocidas como INDLU.

Una comunidad se agrupa en una única colmena, y disponen de dos parapeto realizados con ramas, zarzas y coral. El primero un anillo externo que envuelve todo el conjunto y un segundo parapeto en el centro encerrando y custodiando al ganado.

Entre las dos empalizadas se sitúan los indlu organizados jerárquicamente y formando núcleos de familias y rodeando el recinto del ganado.

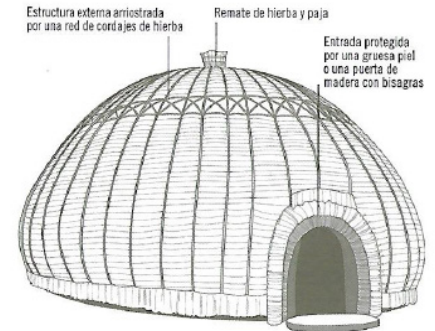
Materialidad: En este caso el material empleado no es el adobe en su mayor parte sino que se componen de madera en forma de ramas y hierbas. Si que encontramos adobe en el suelo de cada cabaña a modo de forjado.

Técnica constructiva: Los indlu se componen de una estructura de madera y ramas verdes generando una maya reticular llamada izingtungo, que normalmente es de bajo tamaño. La estructura está recubierta por esteras de hierba entrelazadas.

En la construcción participan tanto hombres como mujeres

La cubierta de la cabaña está compuesta por una maya de ramas que crean la forma, y el recubrimiento, hecho con esteras de hierba, envuelven el indlu. El techo, en caso de viviendas de mayor tamaño puede estar apoyado sobre una segunda estructura de hasta 9 postes de madera que sostienen los anillos de la malla del techo.

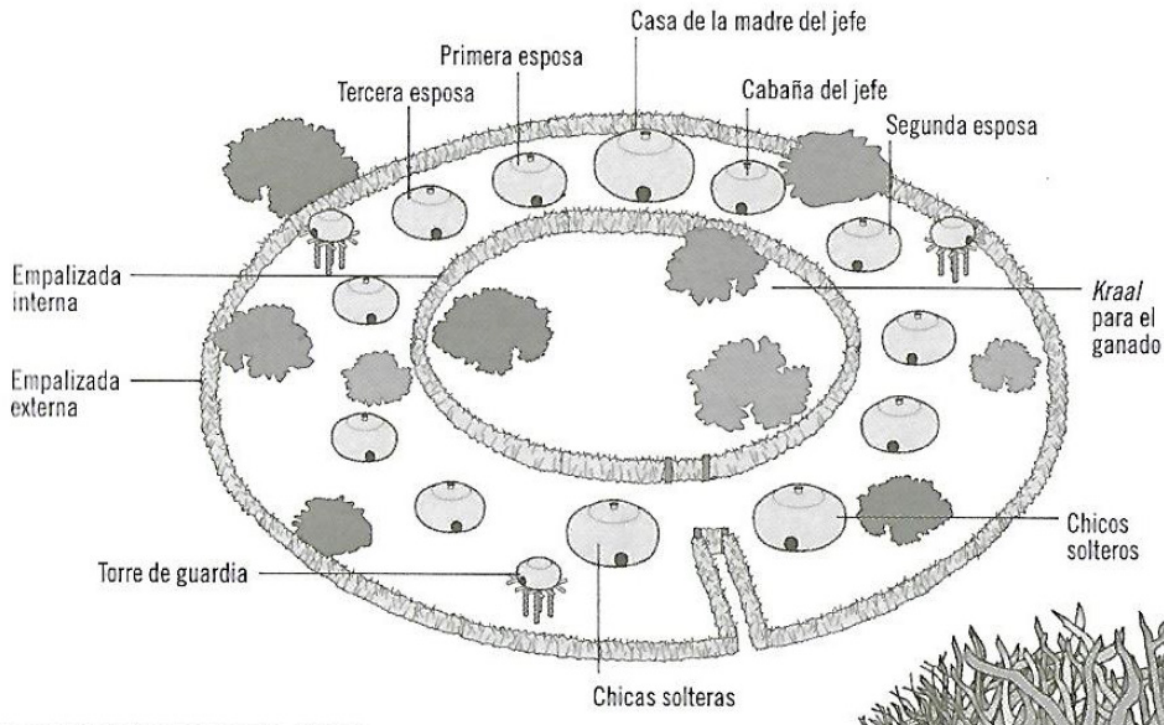
El suelo se compone por un forjado de adobe que refuerza los apoyos de la estructura de madera y levanta el suelo de la vivienda respecto al de la calle.



May John, 2010, "CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS RADICIONALES ARQUITECTURA POPULAR", Pág 116-117.



InPerfecto. 19/07/2020, NUESTRO HOGAR, UN RECORRIDO POR EL MUNDO Parte 14



May John, 2010, "CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS RADICIALES ARQUITECTURA POPULAR"; Pág 116-117.

ODS: El material es del entorno y de bajo coste de producción.

Garantiza una ventilación por efecto venturi, y aunque el aislamiento térmico es de peor calidad que las referencias de muros de adobe, en la localización donde se encuentran tampoco es necesario por lo que responde bien ajustándose al entorno.

Detalles: En cada indlu se observa únicamente una puerta de reducido tamaño de tan solo un metro de altura y además ninguna ventana. Para ayudar a la iluminación y la ventilación de la cabaña, los indlu cuentan con una apertura en la parte superior de la cabaña, el hueco garantiza la salida de humos de la hoguera. La hoguera se encuentra en un espacio hundido en el suelo cerca de la salida de la cabaña.

Un dato cultural a destacar, tiene que ver con la organización familiar dentro de los indlu, cada familia, los hombres se sientan a la derecha de la puerta y las mujeres a la izquierda. De esta forma quedan en simetría, y como eje queda la puerta y un pequeño mueble al fondo de la cabaña que guarda los objetos valiosos de la familia que son tratados por un chamán a la hora de construir la casa, estos elementos protegen a la familia.

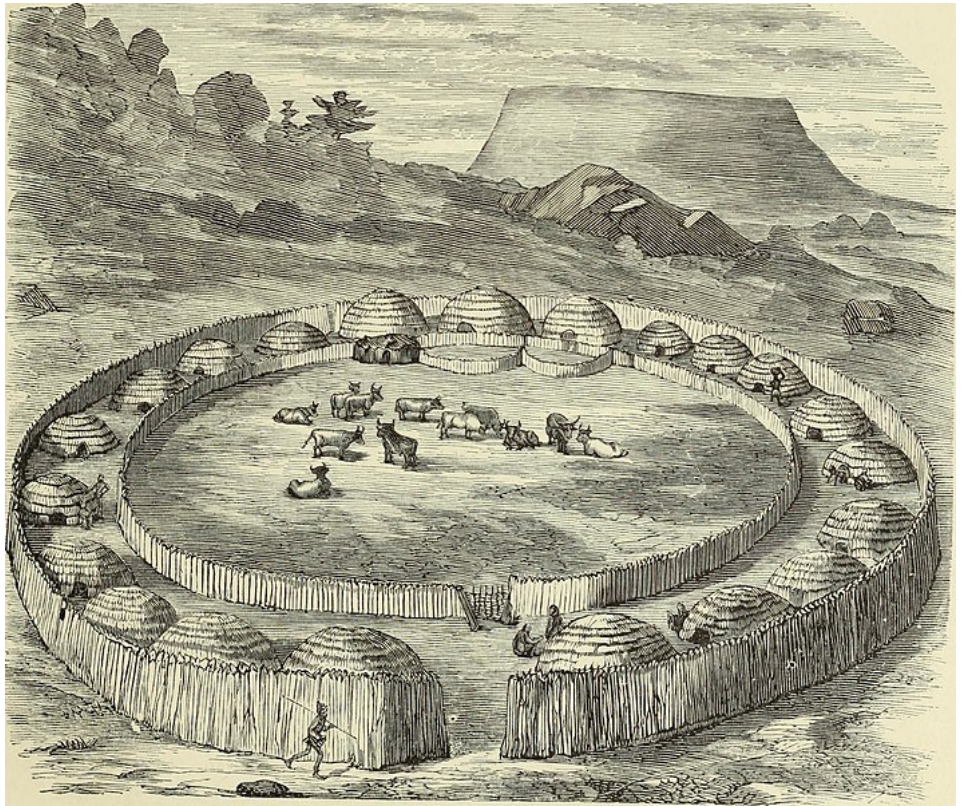
Se podría hacer un símil de esta disposición con la organización general del conjunto de cabañas que conforman la tribu ya que este también lo compone un eje formado por el acceso principal y en el otro extremo la cabaña del jefe de la tribu que velará por todos con sus decisiones.

Conclusiones: Hay que fijarse en la organización de la tribu, en este caso las viviendas comparten características en común con las referencias anteriores (amuralladas, viviendas separadas, sistema de ventilación...) pero varía la organización (jerarquía, ubicación...).

La visión de la aldea no es radial (desde el centro) sino que es más perimetral, se compone por una colonia en forma de anillo.



VUSI KHUMALO , CHIEF NDABENI
KRAAL , 2008



Wood, John George, 1827-1889 - Zulu Kraal enclosing 21 Huts

Índice de Referencias

TRADICIONALES

COLMENA

- CASAS TRULLI
- CASAS COLMENA DEL HARRAN

INDEPENDIENTES

- VIVIENDAS HOGAN
- CASAS BATAMMARIBA

COLECTIVOS

- CASAS TOLEK MUSGUM
- CASAS INDLU ZÚLU

CONTEMPORÁNEOS

SUPERADOBE

- SUPERADOBE, MAJARA RESIDENCY

CASAS DE IMPRESIÓN 3D

- PROYECTO TECLA



SUPERADOBE, MAJARA RESIDENCY

Objetivos en común:

/ **Material Adobe** / **Cubierta Bóveda** / **Planta circular** /

Localización: En la isla de Ormuz al sur de Iran, entre el Golfo Pérsico y el Golfo de Omár. Ubicada a 5 kilómetros de la ciudad de Ormuz.

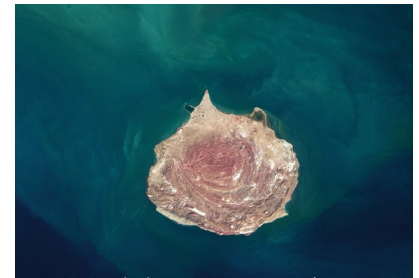
Composición: El programa se compone por 200 domos coloridos, La inspiración vino de la topografía rocosa de Ormuz, apodada la Isla del Arco Iris debido a su terreno rojo lleno de minerales.

Materialidad: El material aplicado es el superadobe, es realizado con tierra del entorno, agua y cal en este caso, relleno de unas hileras de sacos hechos con plástico reciclado. Entre hilera e hilera es necesario una tira de alambre de espino que agarre ambas hileras.

Técnica constructiva: Se usa la técnica del superadobe de Nader Khalili, esta técnica se basa en rellenar sacos con la mezcla de adobe e ir apilando y compactando hilera por hilera hasta conformar la vivienda. como ya se ha dicho, entre cada hilera se coloca una tirada de alambre de espino para asegurar el agarre entre las dos hileras,



Geografía, 23/05/2018, Geografía de Iran.



C. 25/07/2008, isla de Ormuz, Iran



Vallejo Jose Andres 07/08/2023 Flickr



Vallejo Jose Andres 07/08/2023 Flickr



La Maison en Super Adobe. 22/06/2022

ODS: Los muros gruesos de tierra de entre 30-60cm, que ayudan al aislamiento térmico y a un control de temperaturas interior, además suelen construirse con las instalaciones necesarias para el confort de la vivienda.

La construcción de este tipo de viviendas no genera una gran cantidad de desechos, siendo así un método respetuoso con el medio. Al usar tierra de la zona también reducimos la huella de carbono evitando grandes trasportes.



Residencia Majara en Ormuz 08/12/2020 ZAV Architects

Detalles: De todas las formas de empoderar a una comunidad, la arquitectura puede ser uno de los catalizadores más importantes para una transformación social significativa. Ese fue el pensamiento desde el estudio de ZAV Architects.

Las obras fueron realizadas por trabajadores locales que ya conocían el método de superadobe por haber trabajado previamente en una primera fase donde realizaron pequeñas actuaciones en la ciudad de Ormuz. De esta manera se potenció la economía de la ciudad.

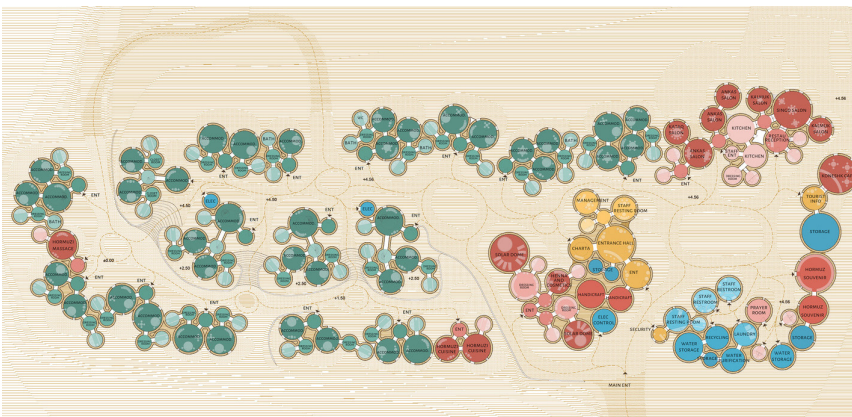
La isla de Ormuz es conocida por su colorida tierra de diversos tonos, es conocida como la isla arcoiris por ello se decidió pintar el proyecto con colores tan diversos

Dentro del complejo además de viviendas se encuentran áreas con diferente uso, piscina, restaurante, galería donde venden productos artesanales.

Como dato a destacar, en ninguno de los domos se ha instalado bañera, cuentan unicamente con un plato de ducha, esta medida surge en el proceso de proyección, se concienciaron con ser ecosostenible evitando con esta medida el malgaste de agua. También se añadieron puntos de compostaje, bebederos para animales salvajes etc...



Cosentino España. 30/03/2021, Presencia en Órmuz, Majara Residence



Residencia Majara en Ormuz 08/12/2020 ZAV Architects

La organización de los domos siguen un trazo de cabeza y cola, es decir se agrupan los servicios y actividades en una zona concreta y desde ella nace una hilera corrida en forma de gancho dando acceso a los domos de uso residencial.

Conclusiones: La técnica del superadobe permite total libertad a la hora de proyectar aunque hay que tener en cuenta la limitación de altura ya que el sistema permite dos plantas únicamente. Aun así el resultado es respetuoso con el medio, al trabajar con tierra y pocos aditivos evitando así la huella de carbono que dejamos al producirlos.

Sus características térmicas y acústicas son buenas, y su durabilidad depende del tipo y calidad del recubrimiento empleado, a mejor calidad, menor mantenimiento tiene.

El método se adapta bien a las necesidades de las adaptación de las instalaciones comunes. Esto pasa ya que el grosor de los muros permite ocultar elementos de las instalaciones sin problema. Esto junto a la velocidad de construcción, es muy sorprendente el resultado tan innovador que tiene respetando además al medio.

Es conocido como un sistema de bajo costo que permite la actuación rápida para crear campamentos tras catástrofes naturales y dotar de viviendas a la gente afectada.

En conclusión, El método superadobe tiene muchas ventajas en un ámbito de población de baja densidad, permite total libertad de diseño de vivienda y permite las ampliaciones necesarias.

Es un método muy innovador con unas características muy buenas en cuanto a acústica, térmica, antisísmica etc... y con una huella de carbono muy baja a pesar de su bajo coste de construcción.

Índice de Referencias

TRADICIONALES

COLMENA

- CASAS TRULLI
- CASAS COLMENA DEL HARRAN

INDEPENDIENTES

- VIVIENDAS HOGAN
- CASAS BATAMMARIBA

COLECTIVOS

- CASAS TOLEK MUSGUM
- CASAS INDLU ZÚLU

CONTEMPORÁNEOS

SUPERADOBE

- SUPERADOBE, MAJARA RESIDENCY

CASAS DE IMPRESIÓN 3D

- PROYECTO TECLA



PROYECTO TECLA

Objetivos en común:

/ **Material Adobe** / **Cubierta Bóveda** / **Planta circular** /

Localización: En la región de Bolonia, Italia, en el Parque Tecnológico WASP

Composición: El proyecto es de un solo prototipo pero esta pensado para formar una comunidad sostenible. El prototipo consta de 60 metros cuadrados conformados por dos cúpulas. En ellas se encuentra por un lado la habitación con un baño, y por otro un recibidor y salón.

Materialidad: Se compone principalmente de tierra bruta del mismo lugar, mezclada con arcilla y otros elementos orgánicos, como por ejemplo para el aislante se usa cascara de arroz.

No se realiza ningún tipo de recubrimiento final dejando visto las marcas de las capas que genera la impresora en bruto.

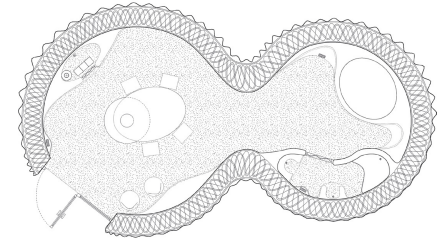
Técnica constructiva: El método empleado de impresión 3D permite una construcción mucho más rápida en comparación a la método tradicional.

La empresa encargada es la empresa WASP, quienes han desarrollado una impresora 3D sobre una estructura modular. La forma de la estructura es hexágono, esto que permite ensamblarse una con otra para extenderse por todo el área necesaria.

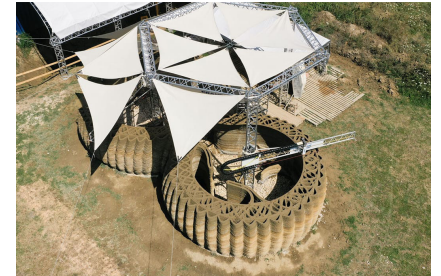
La forma de cúpula la puede realizar completamente la impresora sin ayuda de apoyos secundarios. Los muros de gran espesor no son completamente macizos sino que cuentan con una trama ondulada en su interior creando cámaras de aire. Alguna de esta cámaras son rellenas con cascara de arroz para crear una capa de aislante térmico.



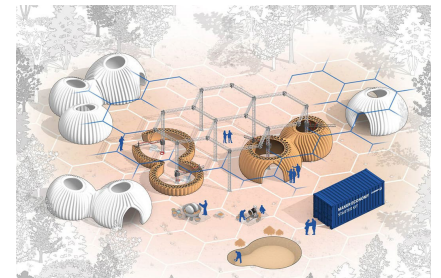
Mario Cucinella Architects. (2020)



Ego, W. 21/02/2021. Viviendas construidas con impresoras 3D con material reusable diseñadas por Mario Cucinella Architects



TECLA, las primeras casas impresas en 3D con arcilla de origen local. 04/04/2021



TECLA, las primeras casas impresas en 3D con arcilla de origen local. 04/04/2021

2.1. El caso de la arquitectura MUSGUM

Es un estilo más rustico y tradicional, confeccionado a mano por artesanos locales y que solo es característico en un lugar en concreto en todo el mundo, su grado de confort es bajo aunque su nivel de sostenibilidad es notablemente alto ya que solo emplea los recursos mínimos indispensables.

2.2. El caso de la arquitectura de SUPERADOBE

Esta técnica constructiva es relativamente nueva, muy efectiva, en este caso se emplea mayor uso de tecnologías modernas aunque mantiene el trabajo rustico de elaboración a mano por personal formado. Además este método tiene el interés añadido de un sistema que es aplicable en una gran variedad de localizaciones.

2.3. El caso de la arquitectura de IMPRESIÓN 3D

Este es el ejemplo de mayor desarrollo tecnológico que podemos encontrar en la arquitectura, a pesar de que requiere más elementos y materiales que los anteriores casos, ésta tecnología se haya por debajo del nivel de residuos que se produce en la obra tradicional por lo que sí se le puede denominar una edificación sostenible y rápida ya que es el sistema que menor uso le da a la mano de obra ya que es realizada casi en su totalidad con sistemas mecánicos.

2. ESTUDIO DE CASOS CONCRETOS

Después de un barrido previo de distintas culturas, ubicaciones, necesidades, metodologías constructivas, estilos etc... Ya se tiene una visión generalizada sobre métodos y técnicas afines al estudio de este trabajo. Se procede a realizar un estudio más en profundidad de 3 referencias, realizando así un análisis más en profundidad.

Con el objetivo de entender el origen de su configuración formal y característica de sus elementos. A continuación, se realiza el estudio en profundidad caso por caso. También se realiza una comparativa de estos una vez expuestos para observar los objetivos y motivos comunes y no comunes, para observar la trayectoria de evolución de uso de este material como el adobe.

Los casos a desarrollar en profundidad se elige por su uso y empleo tecnológico respecto al material del adobe (dejando al adobe como el material en uso casi del 90% dentro del proyecto), uso de la forma volumétrica buscando la estructura en cúpula junto con la base circular por motivos anteriormente citados, y por motivos de su potencial en el desarrollo.

Estos casos son organizados de menor a mayor uso y desarrollo tecnológico. La selección de las 3 referencias se apoya en las tres características del estudio:

- El empleo de diferentes métodos de empleo del adobe dependiendo el nivel de tecnología.
- La configuración de la forma de planta circular y el valor que este le aporta desde el punto de vista de la manera de ser habitados y a nivel compositivo.
- La cubierta en forma de cúpula, y sus efectos en la estructura de la vivienda, así como con el tipo de cimentación que necesita.

2.1. El caso de la arquitectura MUSGUM

Es un estilo más rustico y tradicional, confeccionado a mano por artesanos locales y que solo es característico en un lugar en concreto en todo el mundo, su grado de confort es bajo aunque su nivel de sostenibilidad es notablemente alto ya que solo emplea los recursos mínimos indispensables.

2.2. El caso de la arquitectura de SUPERADOBE

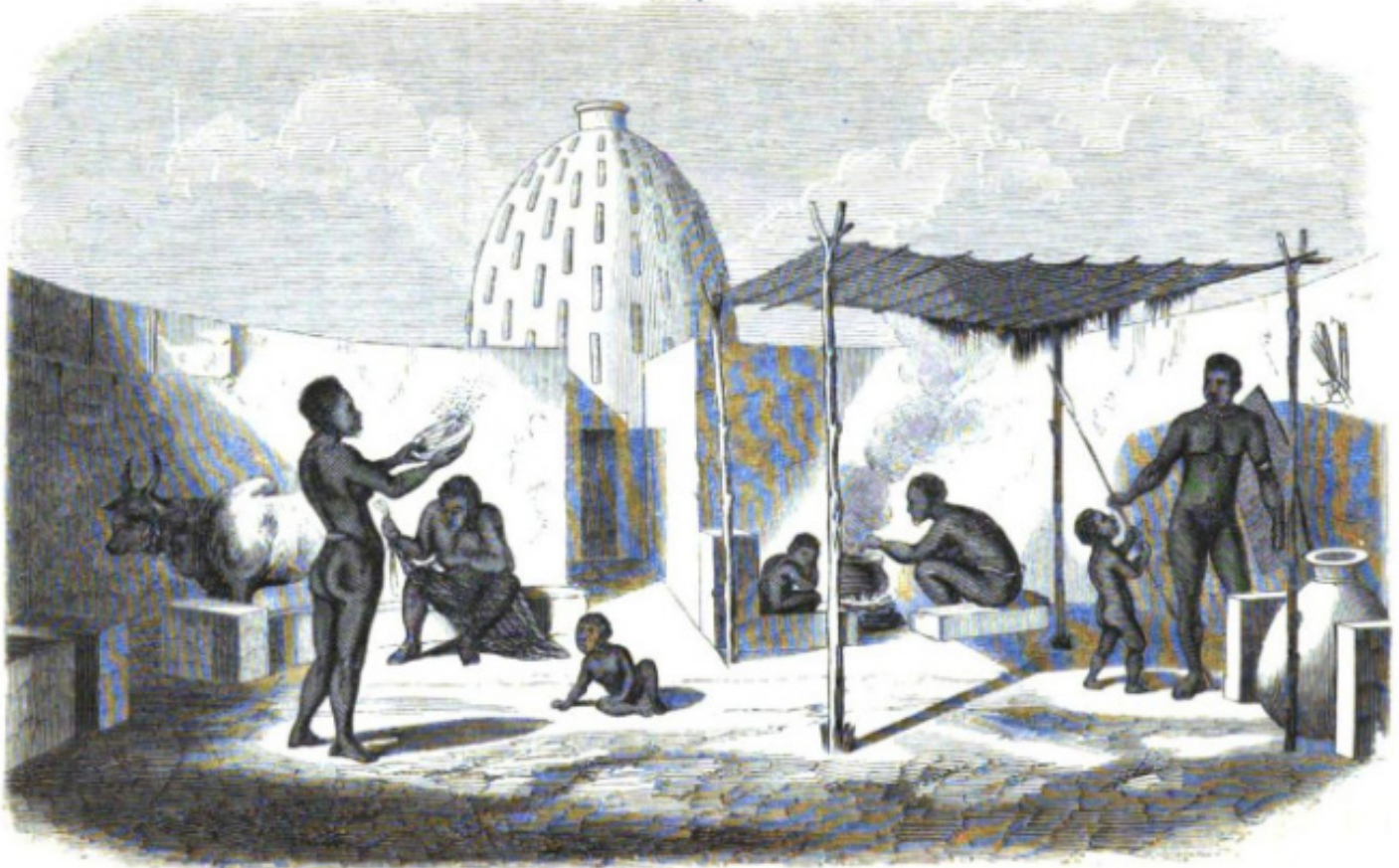
Esta técnica constructiva es relativamente nueva, muy efectiva, en este caso se emplea mayor uso de tecnologías modernas aunque mantiene el trabajo rustico de elaboración a mano por personal formado. Además este método tiene el interés añadido de un sistema que es aplicable en una gran variedad de localizaciones.

2.3. El caso de la arquitectura de IMPRESIÓN 3D

Este es el ejemplo de mayor desarrollo tecnológico que podemos encontrar en la arquitectura, a pesar de que requiere más elementos y materiales que los anteriores casos, ésta tecnología se haya por debajo del nivel de residuos que se produce en la obra tradicional por lo que sí se le puede denominar una edificación sostenible y rápida ya que es el sistema que menor uso le da a la mano de obra ya que es realizada casi en su totalidad con sistemas mecánicos.

Durante su viaje en la región del Lago Chad en el siglo XIX, Barth estableció contacto con los musgum y pasó tiempo viviendo y estudiando su cultura. Estudió y documentó meticulosamente la construcción, diseño y uso de estas viviendas circulares hechas en adobe.

Además de su enfoque en la arquitectura, Barth también investigó otros aspectos de la cultura Musgum, como sus sistemas sociales, económicos y religiosos. Pasó tiempo interactuando con los Musgum, aprendiendo sobre sus tradiciones, creencias y formas de vida. Sus escritos y estudios posteriores fueron fundamentales para la comprensión y preservación de la cultura Musgum.

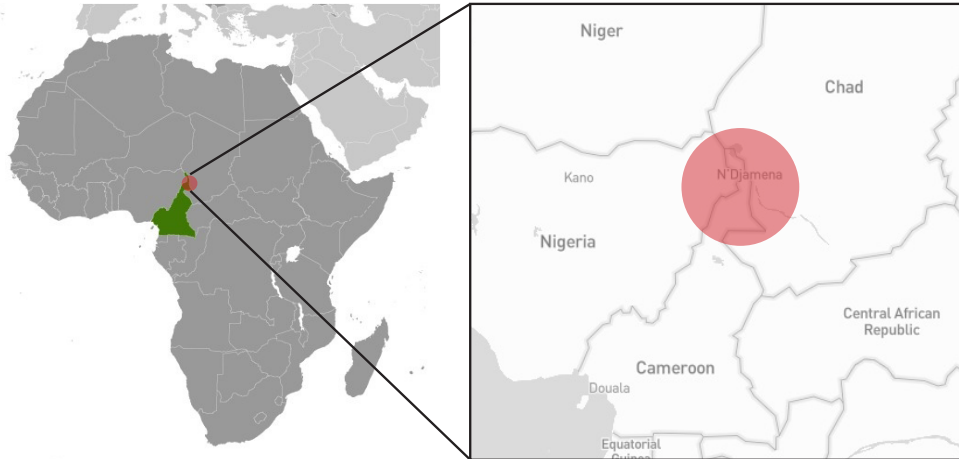


INTERIOR OF DWELLING

BARTH, HENRY (1857-1858) "TRAVELS AND DISCOVERIES IN NORTH AND CENTRAL AFRICA" Pág 415

LA ARQUITECTURA MUSGUM

Este tipo de arquitectura, perteneciente a la cultura Musgum, se encuentra ubicada entre la región de Mayo Danay, al norte de Camerun, y el suroeste de Chad (se puede encontrar una reconstrucción en la ciudad de Pouss con objetivo cultural y turístico).



Geografía Africa Territorio Storia Economía del Camerun. (2023).

Mapbox. (2023). geojson.io (Extracto del autor)

Su cultura y su gente sufrió la época colonia, en este caso, del colonialismo francés hasta 1930. En 1990 queda muy pocos Tolek en pie, no obstante a partir de 1995 se observó un resurgimiento de la cultura Musgum. Sus tradiciones se fueron perdiendo a medida que pasaba el tiempo hasta casi quedar olvidada mientras se implantaba la cultura francesa.

Esta cultura fue descubierta por los europeos cerca del 1850 por el explorador Henrich Barth. Escribió numerosos volúmenes que trataban de sus viajes. En *“Travels and Discoveries in North and Central Africa”* (Viajes y descubrimientos en África del Norte y Central): El trabajo más conocido de Barth, el escritor relata sus viajes y exploraciones proporcionando descripciones detalladas de las sociedades y culturas que encontró en su camino, incluyendo referencias a los Musgum y su arquitectura de Obus o Tolek.

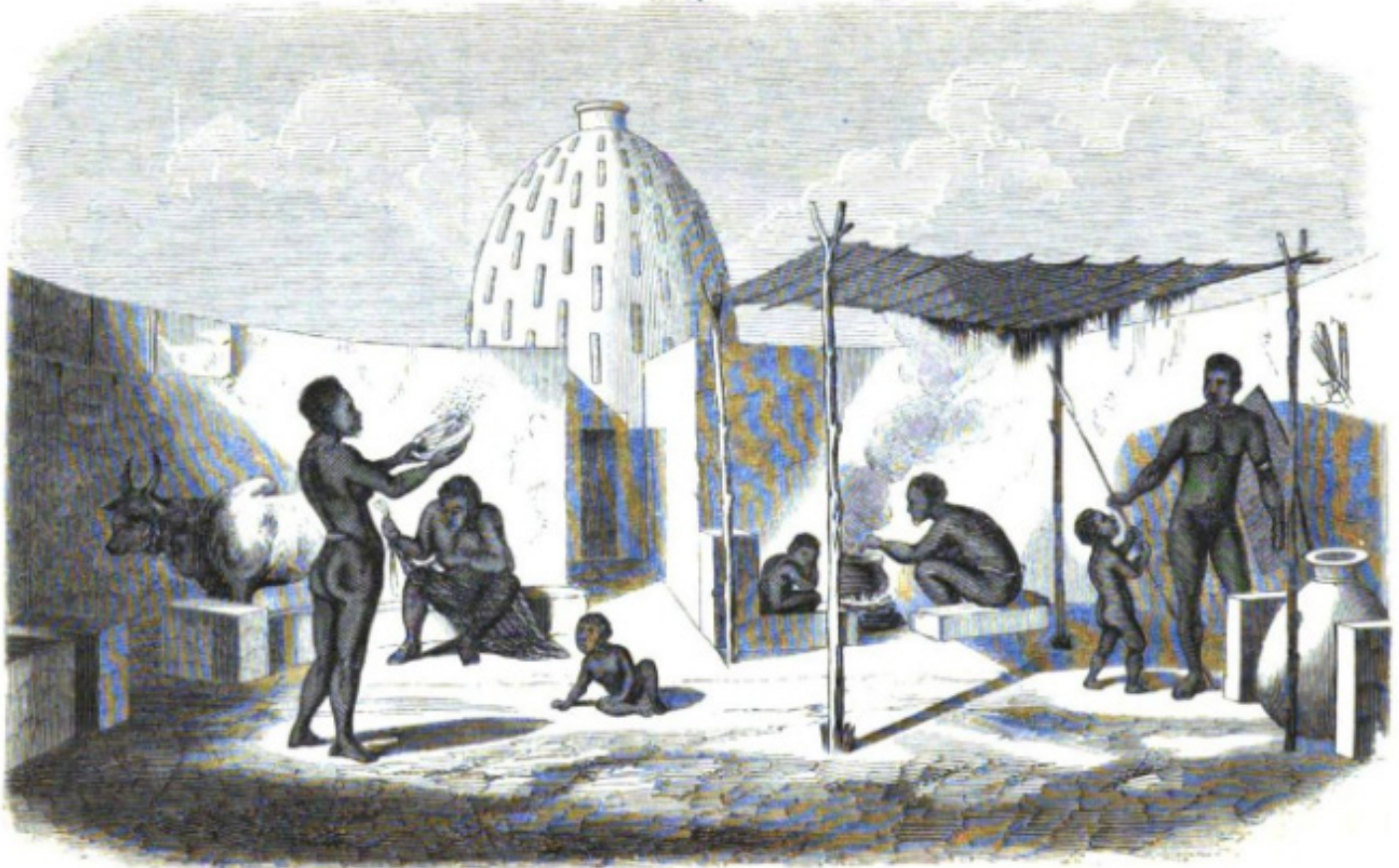


Henrich Barth (1821-1865)

Heinrich Barth | Africa Expedition, Saharan Research & 19th Century | Britannica.

Durante su viaje en la región del Lago Chad en el siglo XIX, Barth estableció contacto con los musgum y pasó tiempo viviendo y estudiando su cultura. Estudió y documentó meticulosamente la construcción, diseño y uso de estas viviendas circulares hechas en adobe.

Además de su enfoque en la arquitectura, Barth también investigó otros aspectos de la cultura Musgum, como sus sistemas sociales, económicos y religiosos. Pasó tiempo interactuando con los Musgum, aprendiendo sobre sus tradiciones, creencias y formas de vida. Sus escritos y estudios posteriores fueron fundamentales para la comprensión y preservación de la cultura Musgum.



INTERIOR OF DWELLING.

BARTH, HENRY (1857-1858) "TRAVELS AND DISCOVERIES IN NORTH AND CENTRAL AFRICA" Pág 415

LOS TOLEK

El TOLEK, también llamado OBUS es la vivienda tradicional del pueblo Musgum. Está hecho en adobe, confeccionado a mano de por personas del ámbito local especializados en la construcción y confección de estos edificios. Estos “albañiles” construyen la vivienda a partir de adobe de una forma interesante.

El Tolek es un módulo en planta baja, de planta circular, constituidos por una serie de capas de adobe. El Tolek se va generando al ir aplicando capas de adobe una sobre otra, conformando una cúpula basada en el arco catenario, los albañiles van trepando la cúpula conforme se van secando las capas previas para seguir con la siguiente capa de adobe. Cada módulo tiene su función y sus medidas, su altura varían entre los 5-9 m.

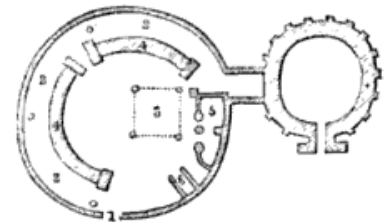
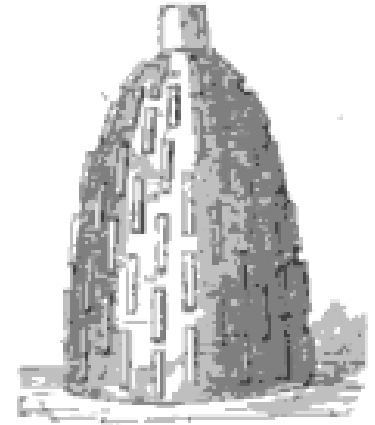
A continuación, los detalles de la metodología constructiva:

METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA

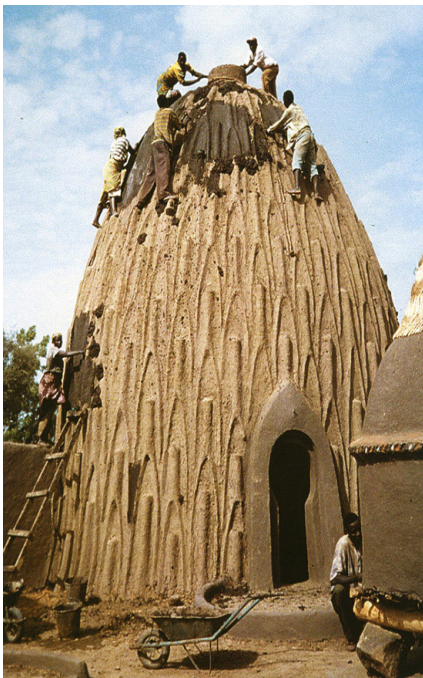
El asentamiento: Los Tolek se asientan directamente sobre el suelo, sin cimentaciones de ningún tipo, este emplazamiento es seleccionado previamente con cuidado, ya que a partir del primer Tolek se generaran de forma circular el resto de Tolek de la familia. En la elección del emplazamiento ha de asegurarse que el terreno no es inundable en época de lluvias así como que el terreno resista las cargas a las que será sometido.

La edificación del módulo Tolek: A partir del replanteo de su base se comienza a levantar lo que será la parte del muro base. El muro es corrido que va de mayor espesor en la base hasta más delgado y ligero en la parte superior. La forma de bóveda catenaria permite que la vivienda solo trabaje a compresión evitando así los esfuerzos de tracción y torsión.

Para su edificación los artesanos locales realizan la masa a partir de una cantidad y calidad de tierra muy específica de la zona y mezclada de forma precisa con la cantidad de agua necesaria.



BARTH, HENRY (1857-1858) "TRAVELS AND DISCOVERIES IN NORTH AND CENTRAL AFRICA" Pág 414

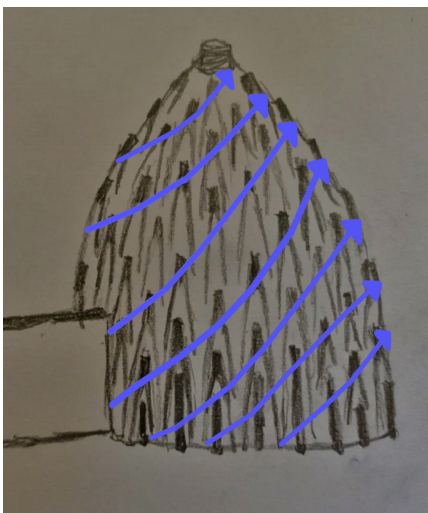


Euskal Herriko, (2014), Centro Vasco de Arquitectura,

En la cara exterior: Los constructores van generando como un especie de apoyo con forma de “V” invertida. Esto les ayuda a ir trepando por la propia construcción una vez seca para continuar con la obra. Finalmente, para coronar la obra, arriba se deja un hueco en la parte superior que permite la ventilación de la estancia. Este hueco está preparado para ser cubierto por una “tapa” de paja retirable que se coloca unicamente en los momentos de lluvia.

El proceso constructivo de cada Tolek, de media tarda aproximadamente 6 meses en ser construido, dependiendo de sus características, y más aún si la vivienda tiene adjunta otro módulo por cualquier motivo de necesidad para la familia.

El elemento en forma de “V” invertida, es realizado a mano y también esta hecho con el mismo material del muro, el abobe. Estos elementos no están distribuidos al azar, sino que siguen una linea ascendente con una trayectoria elíptica, la cual asciende alrededor de 50 cm entre cada escalón.



Dibujo del autor



SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli,

La funcionalidad y origen de este elemento parte de las tradiciones antiguas y cumple las siguientes funciones:

ESCALERA, es una escalera compuesta por estos apoyos que permiten no solo escalar el Tolek durante la construcción desde un inicio, sino que también para su posterior mantenimiento, ya que al ser adobe, se erosiona por viento, lluvia etc... desgastan la cubierta, por lo que es necesario que cada cierto tiempo se realice rehabilitación, y reparar la capa más externa de adobe.

CANAL, otro de sus usos en ocasiones es la dirección del agua de lluvia. Los canales que forman las trazas de la "V" invertida hacen la función de los canales de las "tejas árabes". Estos cauces direccionan el agua de lluvia repartiéndola alrededor de todo el Tolek, de esta forma se evita que se generen cauces más grandes y peligrosos en una parte específica donde el material esté más dañado y que se agriete la cubierta, por la erosión.

PUNTO DE OBSERVACIÓN, desde la cumbre del Tolek cuelga una cuerda por la cubierta que sirve únicamente como elemento de ayuda para trepar por la cúpula, pero en la época de guerras cuando las tribus estaban confrontadas, los soldados de las tribus trepaban el Tolek para ver venir desde lejos a las otras tribus enemigas, para así prepararse. A día de hoy no es más que una actividad turística.



Haida Valerie, "La case OBUS Mousgoum", Youtube, min 1:01

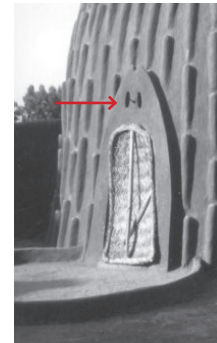


EusKal Herriko, (2014), Centro Vasco de Arquitectura,

Las puertas. Tienen forma de herradura, más estrechas en la parte baja y arqueadas y más amplias en la parte superior. La forma arraiga en la tradición Musgum, su forma es posiblemente derivada de la silueta de animales de ganado como la vaca, más anchas en la parte del tronco y más delgadas en las patas. La cultura Musgum tradicional guarda al ganado en la vivienda por lo que da sentido a la forma de la puerta.

En ocasiones en el mismo dintel de la puerta se pueden llegar a ver 1 o 2 orificios, de pequeño tamaño suficiente como para meter una mano cerrada, su función, posiblemente es de ayudar en la ventilación de la estancia junto con el hueco del lucernario superior.

Además la forma de la puerta coincide, con la forma de los escudos de los guerreros Musgum, forma parecida a la silueta de un pez o de una flecha. El escudo permite tapar una puerta por completo para defender la vivienda



EusKal Herriko, (2014), Centro Vasco de Arquitectura,



Ortego, A. 18/03/2022. 24 horas con la tribu Musgum de Chad - Los viajes de Ali, min 2:10



Arquitectura con Tierra 31/05/2016



jaimellevoyage aventure, 22/01/2013. "case obus Mousgoum et marché à Pous" min 1:04 , 1.06

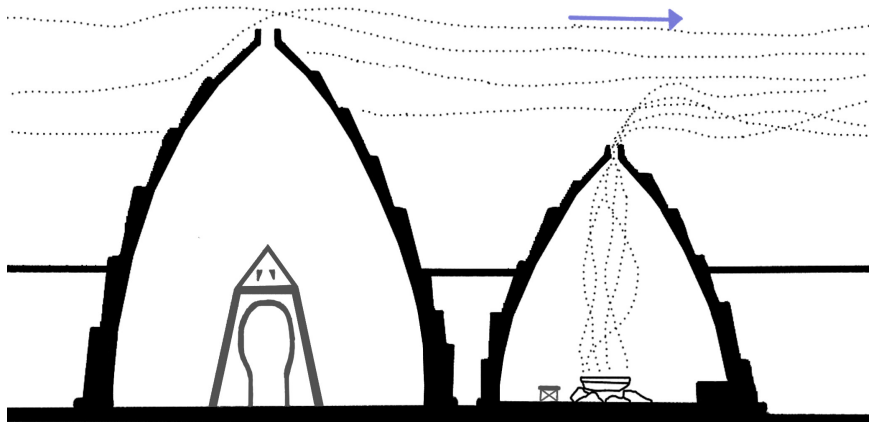
El lucernario superior, Este es uno de los elementos más importantes para el bienestar del usuario. En anteriores casos y ejemplos se ha visto como el lucernario superior actúa como chimenea para la cocina pero también como punto de ventilación por efecto Venturi. El aire caliente del interior del módulo asciende hasta toparse con el lucernario. La forma curva de las paredes ayuda a focalizar el calor y centrarlo en el punto más alto. Seguidamente es succionado desde la calle por el arrastre de las corrientes de aire externas. Los Toleks como ya se ha dicho tienen una altura considerable al superar los 5m, por lo que su cima tiene casi asegurada una corriente de aire.

El lucernario está compuesto por un anillo de aproximadamente de un palmo de alto haciendo de cuello y un hueco directo al exterior sin ningún tipo de cristal o protección que impida el libre paso de aire y de luz solar. La única protección que se coloca es un tejado hecho con paja en forma de cono hueco, únicamente es colocado por lluvia o en ocasiones especiales, como ceremonias.

Un hecho que personalmente me interesaría conocer serían las corrientes de aire que se generan cuando la brisa choca con las agrupaciones de Tolek. Habría que observar la aerodinámica de los Tolek y comprobar cual es su resistencia a fuertes vientos, ya que gracias a su forma y estructura evita vientos cortantes.



Arquitectura y empresa, 24/11/14 13:42, Viviendas de barro Musgum en Camerún,





Arquitectura con Tierra 31/05/2016

El sistema natural de ventilación con las propiedades del adobe consiguen climatizar la vivienda consiguiendo un ambiente más fresco durante el día y un ambiente más cálido durante la noche ya que las paredes absorben el calor durante el día y lo sueltan poco a poco durante la noche. Esta se puede considerar una de las mejores ventajas que tiene la construcción con tierra.

La decoración, El interior se mantiene en bruto, en la parte baja donde si que se lleva más el día a día, existe en ocasiones un recubrimiento de adobe más fino a modo de enlucido, mientras que el resto del Tolek se queda al desnudo.

En la parte enlucida se pueden encontrar algunas pinturas de estilo primitivo, (en el exterior en los muros que conectan los Toleks también podemos encontrar pinturas), en general son representaciones de las acciones de la familia como por ejemplo representaciones de la pesca en barca, animales de ganado, espigas de trigo, pero también instrumentos como tambores o lanzas etc...

El interior del Tolek se convierte también en un reloj solar, ya que el sol se cuele por el lucernario y se plasma en la pared o suelo dependiendo de la hora solar y de la época del año, básicamente ocurre lo mismo que ocurre en el Panteón de Roma.



EusKal Herriko, (2014), Centro Vasco de Arquitectura,

LA ORGANIZACIÓN DE LOS TOLEK

Los Tolek forman grupos familiares, el complejo básico se compone de 5 Toleks, uno para el cabeza de familia, dos para las mujeres, una para cocina, y como último uno para el ganado. La disposición de los elementos siguen una trama circular, y están unidas gracias a un muro que define el patio, este se cierra por las noches para protegerse. Estos núcleos familiares están preparados para ampliar su círculo, es decir ampliar la familia y de esta manera ampliar el número de Toleks que se necesiten.



Haida Valerie, "La case OBUS Mousgoum", Youtube, min 2:54

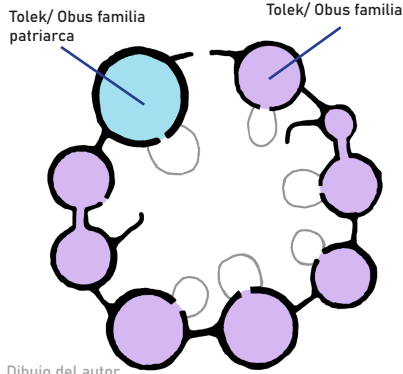


Los Tolek definen el área de lo que será el patio de la unidad familiar, y este patio a su vez se divide en pequeños espacios. Por ejemplo entre dos Toleks se genera un rincón y este puede ser aprovechado para juegos, almacenaje, ganado, etc...

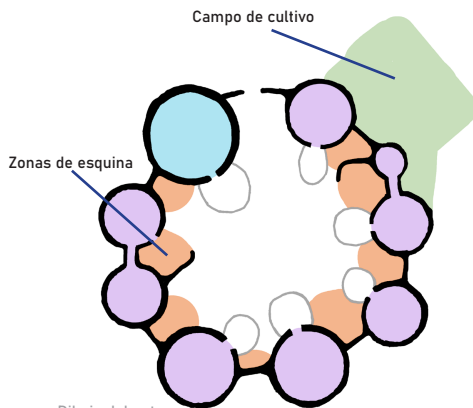
Por lo general la construcción de estas unidades familiares comienza con el Tolek de los hombres es decir con el Tolek del padre de la familia. Seguidamente son edificadas el resto en orden jerárquico y conforman el círculo familiar de la vivienda.

Hay que recordar que aunque sean Toleks independientes y por lo general no tienen conexión directa en ellos, conforman una única vivienda rodeada por un muro que cierra el vínculo familiar, y conectando sus estancias por medio del patio central. El número de Toleks máximo alcanzado es de 15 Toleks siempre partiendo de 5 como unidad básica.

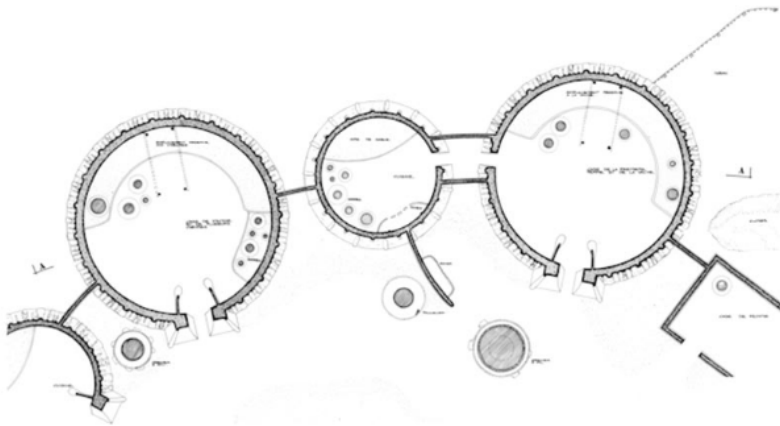
En el exterior por lo general se encuentran los cultivos de manera adyacente al perímetro de la casa familiar Musgum. Su ganadería se basa en cabras, gallinas, ovejas y sobre todo vacas. El ganado duerme dentro de los Tolek, pero el resto del día suelen estar dentro del patio resguardadas dentro de una de las áreas esquina, y en caso de tener que sacar a pastar, son movidos como rebaño por los hombres de la familia.



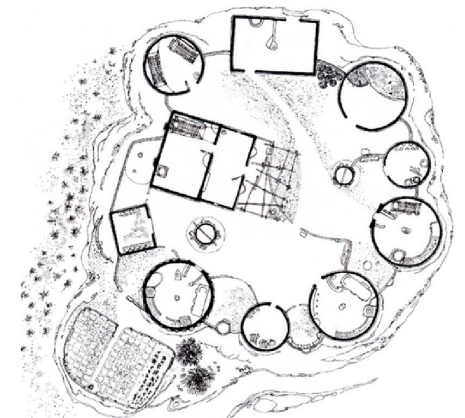
Dibujo del autor



Dibujo del autor

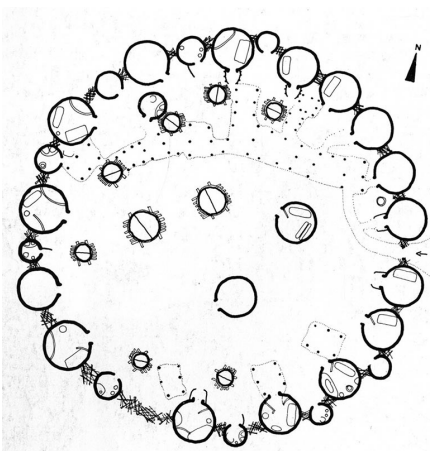


SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli,




SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli,





SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli,

Graneros: 

Los Toleks no son el único tipo de edificio que realiza esta cultura, también existe unas construcciones auxiliares;

PÉRGOLAS, Son elementos compuestas por columnas de adobe o de madera y vigas de madera de tronco, cubiertas con paja, ramas o similares. Sirve para generar zonas de sombra para realizar las tareas diarias así, como el molido de trigo, tejer etc...

GRANERO, Está compuesto por una gran vasija de adobe de dimensiones cercanas al metro de diámetro, se encuentra peraltado sobre una estructura de madera o de piedras para evitar el contacto con la humedad y otros animales e insectos.

A la vasija solo se puede acceder desde la apertura superior que normalmente está tapada con una tapa de tablonces de madera o ramas.

El número de vasijas de granero dependerá del tamaño de la familia así como de la producción y cosecha del año. En cuanto a la decoración del granero y la del patio interior, depende directamente de las costumbres de la familia, sus marcas y simbología, gustos y habilidades, etc...

GRANEROS



Euskal Herriko, (2014), Centro Vasco de Arquitectura,



J. y M.F. Ostorero 2003, Wikipedia,



Euskal Herriko, (2014), Centro Vasco de Arquitectura,

Para concluir destacar que la cultura Musgum aprovecha al máximo el uso del adobe, la mayor parte del mobiliario tanto de exterior como el de los propios Tolek, también están hechos con adobe por lo que quedan fijos en el sitio.

Los Musgum tuvieron un espacio dedicado a su cultura en la exposición colonia internacional de París que duró del 6 de mayo al 15 de noviembre de 1931 en el bosque de Vincennes, París. Su ubicación fue el pabellón 34. Fue una exposición en la que se mostraba las culturas del territorio extranjero francés.



propuestas educativas: diferencias étnicas y culturales – espaiperformatiu. (2023),



34 PAVILLON DE L'AFRIQUE EQUATORIALE FRANÇAISE

L. A. Fichet, Arch.

Archivo:Expo 1931 Aef.jpg - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2023)

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Los Musgum mantienen programa muy interesante y marcado, forma circular, desde su módulo Tolek de planta circular hasta su organización jerárquica de los módulos que conforman el conjunto.

El material empleado así como la técnica no producen ningún desecho en su construcción. Además el mantenimiento es también muy sencillo gracias a la forma de los módulos con los resaltes en forma de “V” invertida que tienen en su cara exterior. Se convierte en un elemento decorativo pero también funcional.

La facilidad de construcción de los módulos permite la ampliación del círculo familiar sin problemas. Es algo que a día de hoy en Europa es complicado conseguir que la vivienda crezca si la familia crece. En cambio el sistema Musgum permite ir ocupando los espacios entre Toleks para construir el nuevo Tolek para el nuevo integrante a la familia.

La ventilación natural generada permite mantener una temperatura agradable en el interior de los Toleks, además gracias al grosor y material de los muros la temperatura se regula durante el día y la noche. Al no tener ventanas horizontales la luz solo entra desde el lucernario y crea un ambiente en interior de la vivienda, la luz tiene un papel esencial en la creación del ambiente de la casa ya que se muestra como una luz divina que se cuelga en la vivienda desde el lucernario superior.

Por todo esto, bajo mi opinión los Tolek son la prueba de un desarrollo sostenible, con muy bajo coste, respetuoso con el medio que permite la vida de convivencia y comunidad, y con un mantenimiento de muy bajo coste material. Las desventajas son la situación y la falta de instalaciones sanitarias, desde el punto de vista de la habitabilidad, pero aun así, es una arquitectura de la que se puede aprender mucho.

A Khalili le gustaba el filósofo y poeta Rumi, del que solía citar:

Rumi: *'La tierra se convierte en oro en manos de los sabios.'*



¿QUÉ ES EL SUPERADOBE?

Para comenzar, el superadobe es una técnica constructiva natural, compuesta por sacos de tierra colocados en hileras y cosidos por alambre de espino y después enlucidos por ambas caras.

Para conocer bien esta técnica se ha realizado una investigación en profundidad desde su origen, hasta la evolución que ha tenido a nuestros días, finalmente se ejemplifican algunas referencias.

SU ORIGEN:

Esta técnica fue creada por el arquitecto Nader Khalili, (1936-2008), famoso arquitecto iraní-estadounidense, iraní de nacimiento y californiano como paisano.

Khalili recibió su educación en filosofía y arquitectura en Irán, Turquía y los Estados Unidos, en 1970 se licenció en arquitectura en California y desde 1975 abandonó sus oficinas en Teherán y Los Ángeles y se dedicó al desarrollo de la arquitectura en países del tercer mundo.

“Aquel año, “mi hijo me comentó que sus amigos jugaban para ver quién corría más deprisa y él nunca ganaba así que se giró, vino hacia mí y me aseguró que él quería correr por su cuenta. Esas palabras me hicieron pensar mucho, si corres todo el tiempo detrás de otros nunca puedes desarrollar tu potencial ni tus capacidades”, recuerda Khalili emocionado.

Fue así como Nader Khalili dejó de diseñar rascacielos, cerró sus oficinas en Teherán y Los Ángeles, se compró una motocicleta y huyó al desierto de Irán, donde encontró la inspiración para las casas que quería construir. Las viviendas del futuro tienen su origen en un método muy antiguo inspirado en las antiguas construcciones del desierto.”

CARRASCO ANA R. , LEAL JOSE F. Mundinteractivos,
12/09/2007, El adobe que permitiría colonizar la Luna,
elmundo.es.



Khalili en moto por el desierto de Irán 1975
Our Founder, CalEarth. 2014,

A Khalili le gustaba el filósofo y poeta Rumi, del que solía citar:

Rumi: *'La tierra se convierte en oro en manos de los sabios.'*



“En 1984, Khalili presentó su proyecto ante los técnicos de la NASA bajo el título ‘Bases lunares y actividades espaciales en el siglo XXI’, viable en una hipotética colonización extraterrestre basado en el Sistema Geltaftan, y el sistema ‘Velcro-Adobe’ (que luego se convertiría en Superadobe) en el simposio de la NASA de 1984,

El interés de la NASA por el proyecto es secundario para Khalili, “la principal aplicación de mi método es aquí en la Tierra, para los desplazados”, aunque en alguna ocasión ha bromeado diciendo que el proyecto marciano y lunar solucionarían el problema de la vivienda de la Tierra. En enero de 2000, Khalili obtuvo la autorización del Ayuntamiento de Hesperia, California para construir su prototipo de ‘ciudad lunar’. Desde entonces, la NASA ha renovado su interés en el sistema de Khalili.”

CARRASCO ANA R. , LEAL JOSE F. Mundinteractivos,
12/09/2007, El adobe que permitiría colonizar la Luna,
elmundo.es.



Our Founder, CalEarth. 2014,

En 1986 Khalili creó la organización sin ánimo de lucro: California Institute of Earth Art and Architecture, también famosamente conocida como “Cal-Earth”, dedicada a la investigación y desarrollo de la arquitectura sostenible. Sus soluciones sostenibles han sido publicadas por la NASA, y premiadas por las Naciones Unidas, y el premio Aga Khan de Arquitectura.

Desde su organización se perfeccionó la técnica del Superadobe, hasta el punto de emplearse para construir cualquier tipo de vivienda. En la mayoría de ocasiones se ha empleado como campamento de refugiados de zonas afectadas por movimientos sísmicos, o catástrofes naturales como huracanes e incluso maremotos. También simplemente como campamentos para refugiados. Por ejemplo en 1995 se estableció un campamento para las personas desplazadas desde Irán a Irak.

Khalili fue asesor de arquitectura sostenible para la ONU. Fue avalado por el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR) que lo empleó en 1995 para las personas desplazadas desde Irán a Irak.



Our Founder, CalEarth. 2014,

Desde Cal-Earth continúan investigando sobre la arquitectura sostenible a pesar del fallecimiento de Nader Khalili el 5/03/2008. Además esta organización enseña y divulga el método de construcción a día de hoy, para cualquier personas, teniendo o no experiencia en el sector.

La idea es mantener viva la voluntad de Nader y divulgar el método por todo el mundo para si dotar de viviendas seguras a aquellas personas que no tienen la posibilidad de alcanzarla independientemente de su situación, como refugiados o afectados por catástrofes, y ademas que la ciudadanía lo vea como un modo de construcción sostenible y práctico, para una vivienda común.

La técnica de construcción con sacos de arena y alambre de espino es a prueba de seísmos, testada y aprobada por las exigentes autoridades de California, cuenta con domos y bóvedas de Superadobe en al menos 49 países en 6 continentes, (según la propia pagina web) entre los que se encuentra España. Concretamente en Ávila, por un chico inglés que compró unos terrenos y decidió hacer su casa con este sistema por su compromiso con el medio. La vivienda que creó, con una superficie cercana a los 60 metros cuadrados, costó 10,000 euros.

FUENTE: RTVE, 02/07/2015 Las casas de adobe empiezan a construirse en España.



Sanz Matarranz, Carlos , 23/03/2017, EcologíaCot.

¿CÓMO SE CONSTRUYE?

En primer lugar hay que tener los conocimientos básicos de esta técnica, para ello, se organizan talleres de enseñanza en las diferentes localidades. Aquí en España es posible en Calmarles, Tarragona, donde se hacen talleres intensivos en los que se explica la teoría y se pone en práctica construyendo un pequeño domo de 2m de diámetro.

Tras el curso se da un certificado que acredita el conocimiento aprendido. Para realizar una vivienda con este método no es obligatorio tener el certificado pero si es conveniente tener conocimientos de su uso.

La patente del método es de Kahlili a nombre de la organización Cal-earth, con el objetivo de que ninguna marca usurpara y se lucrara con el método, por lo que el método es suyo pero es compartido con todo aquel que lo desee.

EL MÉTODO:

Para comenzar se realiza un plan de trabajo, se estudia en el suelo y las posibilidades que este tiene, como se realiza en cualquier otro proyecto. Una vez definido todo, comienzan las obras:

La Cimentación, hay diferentes formas dependiendo del emplazamiento, pero la más común es realizar una zanja de unos 50-60cm por donde arrancará el muro.

En el fondo se coloca una capa de grabas para que drene y seguidamente un plástico impermeable que enrolla las 5 o 6 primeras hiladas de sacos de la mezcla. De esta forma se consigue impermeabilizar la base, y proteger el interior de humedades.



Redacción. 18/07/2015 Taller de bioconstrucción con técnica de "Superadobe" en Guisando



Cortesía de Cal-Earth, 2021, OMPI,

El Muro, está compuesto por una serie de hiladas de unos sacos de diferente longitud, esta medida depende de la obra ya que el saco se vende como un rollo vacío, a modo de funda que se va cortando cada “x” metros según la necesidad, se puede llegar a comparar a una ristra de longaniza que has de ir llenando en obra.



Bandeo, J. 27/02/2013 Como construir en Superadobe paso a paso.

El relleno está hecho de tierra, generalmente tierra del mismo lugar tamizada para retirarle las piedras más grandes, se le añade agua y un 10% de cemento. Se mezcla todo y se va introduciendo en el saco gracias a un embudo.

Tal y como se puede observar en la imagen, en ocasiones se usa una especie de caballete que ayuda a mantener la boca del saco en vertical a la hora de ir introduciendo la mezcla. Se pueden encontrar una amplia variedad de estos ya que el caballete depende de los obreros y la costumbre que tengan, es decir, no hay un caballete único para todos.

Conforme se va llenando el saco, el caballete avanza por el muro dejando el saco relleno en su posición. Seguidamente el saco es compactado por otro operario con la ayuda de un pisón.

El grosor del muro ronda los 30-40cm, dependiendo de la cantidad de tierra que haya en el interior y lo compactado que se desee que quede.



Bandeo, J. 27/02/2013 Como construir en Superadobe paso a paso.



Vallejo Jose Andres 07/08/2023 Flickr

El alambre de espino, se coloca entre cada hilada de sacos de tierra (mezclada), para evitar que no se deslice una hilada con la otra. Las espinas se clavan en el saco agarrándolo cumpliendo así la función de armado. Aunque realmente esta metodología trabaja siempre a compresión y no es necesario más refuerzo, el alambre de espino sirve para coser los muros. Entre cada hilada se suele colocar 1 o 2 líneas de alambre de espino dependiendo el grosor del muro.

La compactación. A medida que se van colocando los sacos de tierra y el muro va avanzando, otro grupo de personas ha de compactar el saco con pisones manuales.

El objetivo es compactar bien la mezcla dentro del saco para que se forme un elemento lo más macizo posible, de esta forma al retirar la máxima cantidad de aire ocluido en el interior del saco, se ayuda a mejorar la cualidades del muro en cuanto a inercia térmica, resistencia térmica, soporte estructural etc....

Otra ventaja de que se vaya compactando es que la parte superior queda plana, lo que permite que los operarios puedan pisar y moverse libremente sobre el muro para colocar la siguiente hilada.

Huecos e instalaciones. Durante la obra es habitual preparar premarcos de puertas y ventanas, y los huecos de pasos de instalaciones que ayuden a la instalación de elementos posteriores.

Por ejemplo para el paso de tuberías se coloca un listón de madera durante la construcción, y se retira posteriormente dejando el hueco. En otras ocasiones se coloca directamente un tramo de tubo de PVC empotrado en el muro para que a través de este pasen las tuberías deseadas.



Redação Pensamento Verde. 25/03/2014

Colocacion de hileras compactadas con alambre de espino.



Bandeo, J. 27/02/2013 Como construir en Superadobe paso a paso.



Vallejo Jose Andres 07/08/2023 Flickr



Bandeo, J. 27/02/2013 Como construir en Superadobe paso a paso.



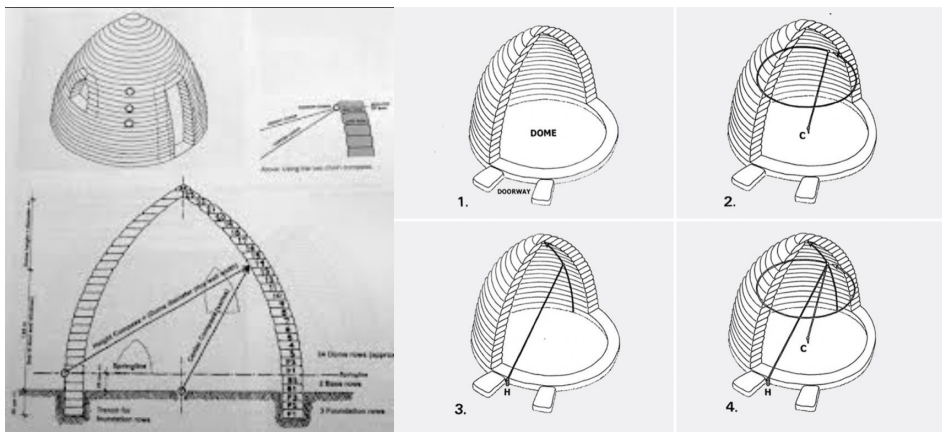
Bandeo, J. 27/02/2013 Como construir en Superadobe paso a paso.



CalEarth. 2014 What is SuperAdobe?

La cúpula, Se realiza con el mismo sistema constructivo que el muro. A medida que se va construyendo el muro y a partir de una altura definida se va cerrando.

Se forma a partir de un cruce de arcos, conforme se van añadiendo hiladas, a partir de un punto los operarios con ayuda de una cuerda a modo de compás, generan el radio de una circunferencia cuyo perímetro va siguiendo el borde interior del muro.



Tsatsahouse, 2023,

La Maison en Super Adobe. 22/06/2022



La Maison en Super Adobe. 22/06/2022

-Los acabados. En la parte superior de la cúpula encontramos diferentes acabados: abiertos, es decir el remate se hace dejando hueco superior para una ventana cenital, y dependiendo del tipo de marco, la ventana es móvil o no, es decir permite la ventilación como hemos visto en otros casos.

En otros casos se prefiere dejar cerrado, culminando la bóveda con una hilera a modo de pieza “clave” de la cúpula.

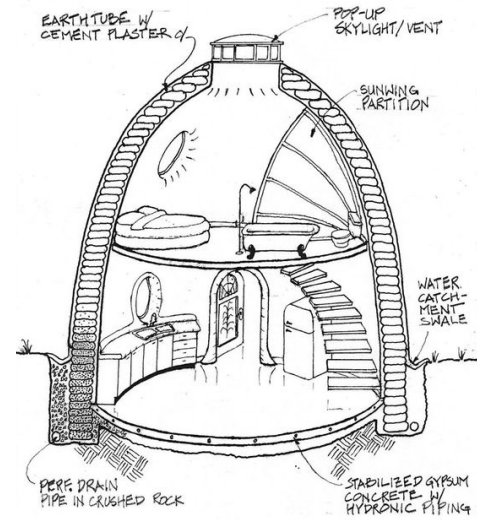
La libertad que ofrece este método constructivo es muy amplio, ya que te permite intercalar forjados a media altura creando así una segunda planta extra.



CARRASCO ANA R. , LEAL JOSE F. 12/09/2007, Mundinteractivos, El adobe que permitiría colonizar la Luna



CalEarth, 2014, What is SuperAdobe?



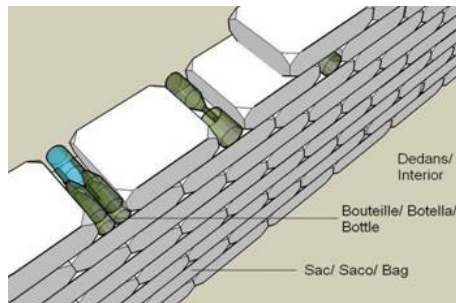
ELEVATED EARTH #1

08/10

CalEarth, 2014, What is SuperAdobe?

Existen otros métodos de iluminación natural para este tipo de viviendas, como ventanas comerciales o tragaluces. Hay una gran variedad de soluciones, dependiendo del gusto del cliente y la habilidad del albañil.

Una de las soluciones más llamativas es continuar con la idea de sostenibilidad y crear un paso de luz con elementos reutilizables como por ejemplo el uso de botellas de vidrio, de esta manera.



Openings in Walls, 2023,



Openings in Walls, 2023,

Los recubrimientos. Durante el proceso de construcción el muro se ha de golpetear un poco para reducir el bulto del saco de cada hilada.

Una vez colocados los pasos de las instalaciones se pasa a hacer una primera capa de adobe más basta a ambos lados del muro. Después de un primer secado la capa se puede lijar y añadir la segunda capa mucho más fina de adobe.

Finalmente el muro se puede, encalar, tratar con productos para añadir resistencia o incluso añadir una tercera capa de adobe, dependiendo de la localización, el clima etc....

El método permite hacer juegos de formas diversas mediante la suma de varios domos, pudiendo así generar complejos de viviendas de mayor tamaño, e incluso hacer residencias para más de un núcleo familiar.

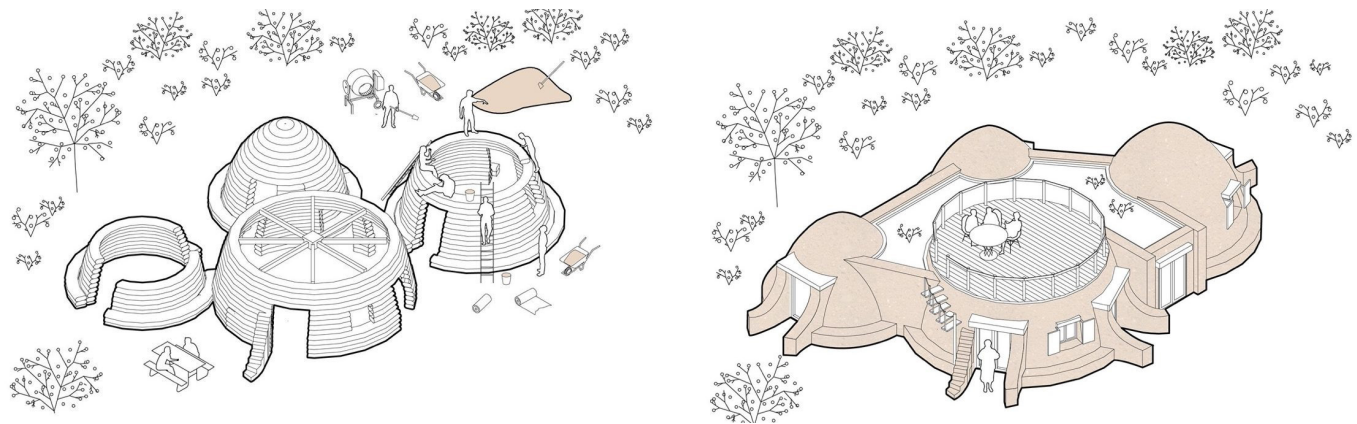
En cuanto al remate en la forma de las cúpulas, siempre es posible cortarla y efectuar una cubierta plana dotando así al edificio de una terraza plana superior.

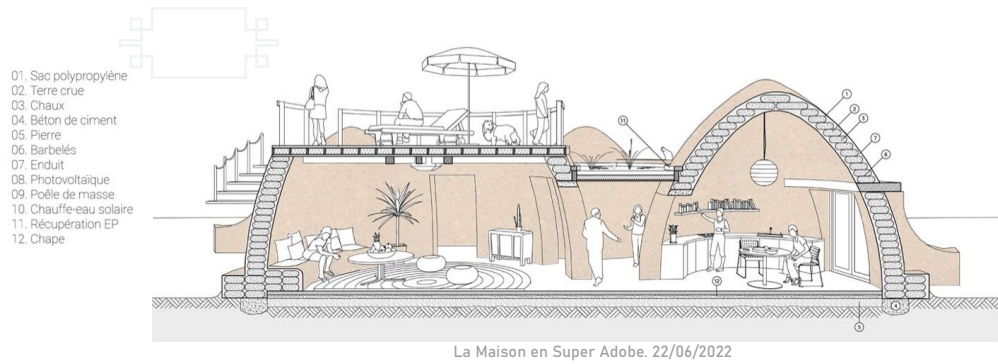


Supercalifragi, 31/03/2013, Una construcción de superadobe paso a paso.



@brandonv111, 2018, Earthbag Construction Building a Cheap and Environmentally Friendly HomeSteemit





El mobiliario externo: Como dato interesante, el método también brinda la posibilidad de generar la base del mobiliario exterior de la vivienda así como elementos auxiliares como otros jardinerías, separaciones de finca, cobertizos, etc....



Sam y Alex, 2023, An Outdoor Seating Area,



Sam y Alex, 2023, An Outdoor Seating Area,

Para mostrar paso a paso el método y una demostración de su puesta en obra. Se facilita un enlace a un vídeo en el que el mismo Nader Khalili lo explica.

https://www.youtube.com/watch?v=bnWw_PrJ-B48&t=1338s&ab_channel=tierrafirme2012

tierrafirme2012. 12/11/2012 Construcción de un Eco Domo con super adobe por Nader Khalili,

¿Qué ventajas e inconvenientes tiene este método?

A continuación se muestra un listado de ventajas e inconvenientes que obtenido tras el estudio del método.

VENTAJAS DEL SUPERADOBE

- 1.- Las viviendas de superadobe son muy económicas, asequibles para casi cualquier bolsillo. Los materiales empleados son naturales, ecológicos y locales, reduciendo así la emisión de residuos.
- 2.- La técnica del superadobe es sencilla de aprender, y sin necesidad de conocimientos previos.
- 3.- La tierra tiene unas grandes propiedades de aislamiento térmico y acústico.
- 4.- El sistema no necesita una cimentación complicada ni profunda, lo cual facilita su construcción.
- 5.- La técnica del superadobe y la composición estructural ofrece capacidad resistente frente a catástrofes naturales.
- 6.- No requiere de un gran gasto de energía, lo que implica mayor ahorro energético.

DESVENTAJAS DEL SUPERADOBE

- 1.- Las humedades, si no se protege bien la cimentación y las caras del muro, estas pueden aparecer y perjudicar la salud
- 2.- Las casas de adobe necesitan ciclos de mantenimiento frecuente, sobre todo en la cara exterior.
- 3.- Se puede emplear casi cualquier tierra para construir una casa de adobe, pero no todas las tierras sirven, por ello ha de mezclarse con pequeñas cantidades de cemento.
- 4.- No permite la edificación en altura, al no tener una estructura que ejerza de esqueleto sólido, la capacidad resistente del sistema de tierra es limitada. Generalmente se limita a planta baja más una.
- 5.- El espesor de los muros puede llegar a ser un problema si no se cuenta con una parcela con espacio suficiente. Hace falta espacio.

¿Dónde se ha usado este método?

Este método se ha utilizado en lugares muy diversos como se ha mencionado a lo largo del análisis.

Personalmente, en el proceso de estudio del método del superadobe he podido observar y leer varios artículos de diferentes construcciones aplicando este método, de los cuales me gustaría recalcar el de MAJARA RESIDENCY.

MAJARA RESIDENCY:

-El proyecto se ubica en la isla de Ormuz al sur de Iran, entre el Golfo Pérsico y el Golfo de Omár. Ubicada a 5 kilómetros de la ciudad de Ormuz. Y el estudio encargado fue Zav Architects, estudio de arquitectura iraní fundado en 2006 por Mohamadreza Ghodous. Su ubicación tiene un importante valor geopolítico al encontrarse en el estrecho de Ormuz, y por desgracia sus costas han sufrido las consecuencias del tráfico ilegal.

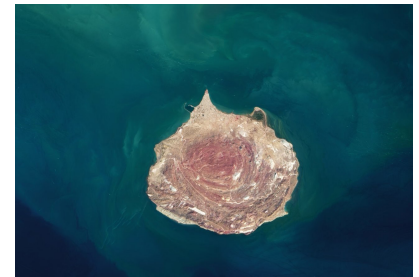
-A pesar de esto la isla tiene un gran potencial turístico, cuenta con sus paisajes montañosos de tonos rojizos que llegan hasta las playas.

-El reto era revalorizar la isla, y mostrar el potencial que tiene el lugar y su población a través de la arquitectura. El proyecto, titulado 'Presencia en Ormuz, se organizó en dos partes, la primera se encargaba de pequeñas operaciones dentro de la ciudad de Ormuz, y la segunda crear un complejo residencial.

"[...] El proyecto forma parte de una iniciativa mayor semiprivada para impulsar y fortalecer las comunidades locales a través de desarrollos urbanísticos. Por esta razón su diseño debía responder, además de a las necesidades inherentes de una edificación pública, [...]".

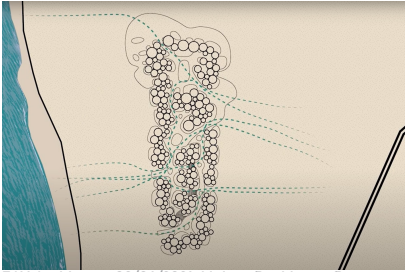


Geografía, 23/05/2018, Geografía de Iran.



C. 25/07/2008, isla de Ormuz, Irán

Durante la primera parte del proyecto se hicieron pequeñas intervenciones creando lugares de ocio, hoteles, etc... la mayoría de estos con la técnica de superadobe. Se eligió la técnica del superadobe ya que no era agresiva con el medio y permitía que los trabajadores fueran gente local que lo necesitaba. El estudio invirtió más dinero en la calidad de los salarios que en los materiales debido al bajo coste del método.

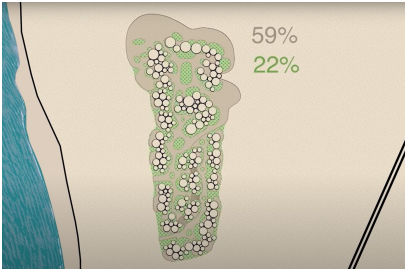


ZAV Architects, 02/06/2021, Majara Residency, Presence in Hormuz 2, min 10:37

En segunda parte, del proyecto relacionado al complejo residencial en 2020, de la que se encargaría personalmente Mohamadreza Ghodousi, junto con Fatemeh Rezaie, Golnaz Bahrami, y Soroush Majidi, se empleó a los mismos trabajadores ya que estos habían ganado experiencia trabajando el superadobe.

El complejo se pensó sin un límite físico que cercara el conjunto, por lo que permitir total permeabilidad con el medio animal y con los usuarios.

El proyecto residencial cuenta con 10300 metros cuadrados (59% área de paso, y 22% de vegetación local), un área colocada a 60m de la costa y 110m de la carretera más cercana.

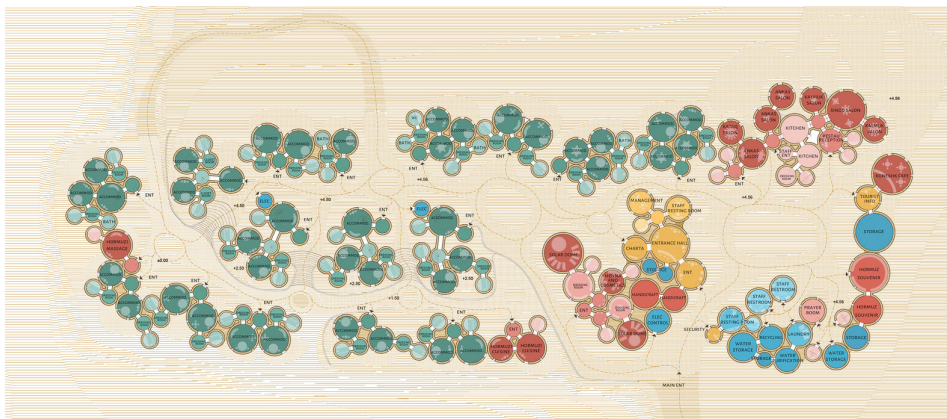


ZAV Architects, 02/06/2021, Majara Residency, Presence in Hormuz 2, min 10:49

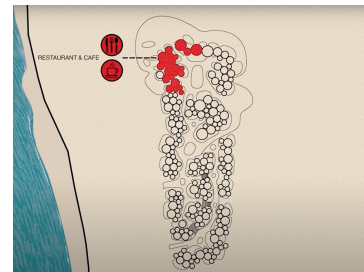


Cosentino España. 30/03/2021, Presencia en Ormuz, Majara Residence

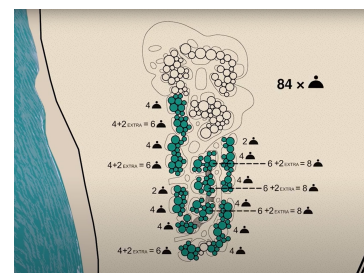
El proyecto tiene la capacidad de albergar hasta 82 usuarios. Cuenta también con zona de restaurante y comedor así como servicios públicos, compostaje, filtrado de aceite, y piscina. Cuentan además con una galería con elementos artesanales de la zona puestos a la venta.



Residencia Majara en Ormuz 08/12/2020 ZAV Architects



ZAV Architects, 02/06/2021, Majara Residency, Presence in Hormuz 2, min 14:52



ZAV Architects, 02/06/2021, Majara Residency, Presence in Hormuz 2, min 14:56



Residencia Majara en Ormuz 08/12/2020 ZAV Architects



Residencia Majara en Ormuz
08/12/2020 ZAV Architects



La forma del proyecto se asemeja al perfil de la isla por lo que las cúpulas apuntadas facilitan la integración visual con el entorno. En cambio el color es lo que hace que resalte en el paisaje, sus vivos colores generan un ambiente más alegre y hacen referencia tanto a los colores de la isla como a los colores tan vivos de la arquitectura iraní.



Cosentino España. 30/03/2021, Presencia en Ormuz,
Majara Residence



Cosentino España. 30/03/2021,
Presencia en Ormuz,
Majara Residence



Cosentino España. 30/03/2021,
Presencia en Ormuz,
Majara Residence

2.3. El caso de la arquitectura de Impresión 3D



2.3. El caso de la arquitectura de Impresión 3D



LA IMPRESIÓN 3D DE VIVIENDAS.

La impresión de viviendas en 3D es una de las tecnologías más avanzadas de la construcción. Este método se basa en la misma teoría de las impresoras 3D de filamento plástico de pequeños productos pero llevado a gran escala.

Existen ya un amplio abanico de empresas que desarrollan e investigan en el área de la impresión de viviendas de forma sostenible. Estas son algunas; Winsun, Apis Cor, COBOD, ICON.

La impresión 3D gana el título de técnica revolucionaria ya que permite la creación de formas complejas sin el empleo de un gran número de operarios ni de complejas estructuras ni maquinaria. A día de hoy la impresión 3D solo permite la construcción de la envolvente de la vivienda es decir la tabiquería. Las instalaciones, puertas, ventanas y acabados se han de realizar por operarios una vez acabada la impresión por lo que por el momento no es una técnica 100% automatizada.



WASP 3D, 21/01/2021,
Eco-sustainable 3D printed house
min: 1:33

FUNDAMENTOS Y PROCESO DE IMPRESIÓN

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, implica la creación de objetos tridimensionales mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D utilizadas en la construcción de viviendas pueden variar en tamaño y diseño, pero comparten el principio de construir una estructura en base a un modelo digital.

Las máquinas de impresión 3D cuentan con una gran variedad de tamaños y modelos dependiendo de: El tamaño de la vivienda a imprimir, las condiciones del terreno o de la accesibilidad de las vías de acceso, la calidad y composición de la mezcla a emplear...

La impresión 3D ha evolucionado para permitir la creación de estructuras enteras, desde paredes y techos hasta detalles arquitectónicos. Algunos aspectos clave para comprender los fundamentos de la impresión 3D son:



Nueva vivienda construida con una impresora 3D
08/06/2020

-Tecnología de Deposición de Material: las impresoras 3D de este ámbito utilizan la tecnología de deposición de material fundido (FDM). En este proceso, un material, como cemento o una mezcla de barro y paja, se extruye a través de una boquilla.

-Modelado 3D y GCode: Antes de iniciar el proceso de impresión 3D, se crea un modelo digital tridimensional. El archivo se convierte en un archivo GCode, que contiene las instrucciones detalladas para la impresora 3D. El GCode indica la ruta y el movimiento de la boquilla de impresión, la velocidad de deposición y otros parámetros críticos.

-Materiales de Construcción: varían según el fabricante y el proyecto. Pueden incluir mezclas especiales de cemento, aditivos para mejorar la adherencia y la resistencia, y en algunos casos se emplea la arcilla o adobe.

-Calidad y Acabado: La precisión y la calidad de la impresión 3D son factores clave. El control de la velocidad de impresión, la temperatura y otros parámetros afecta la calidad de la estructura final. Los acabados finos y los detalles arquitectónicos pueden requerir ajustes y procesos adicionales después de la construcción.

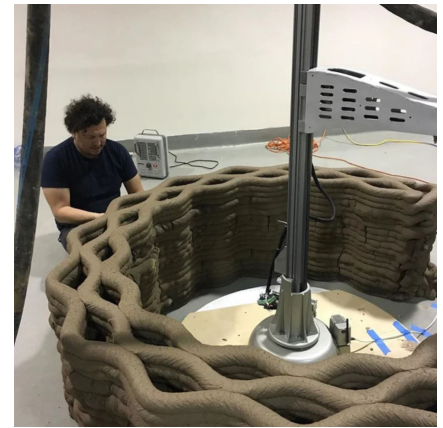
La impresión 3D permite generar distintos tipos de entramado dentro de los muros dependiendo su grosor y su importancia estructural. La forma del entramado también ayuda al aislamiento acústico y térmico. Aquí se muestran algunos tipos de entramado:



AD Editorial Team. 12/02/2018



Gallery of 3D Printing a 2-Meter-High Column in 30 Minutes: What's Next With This Technology?



Home. (2019). 3D PotterBot Scara V4 3D Printer



Kubi Sertoglu. 16/03/2020



Gibson, E. 03/10/2019, Rael San Fratello

PROCESO DE IMPRESIÓN 3D DE VIVIENDAS

El proceso de impresión 3D de viviendas involucra varios pasos coordinados y en cadena. Estos son:

1-Modelado 3D: El proceso comienza con la creación de un modelo digital tridimensional de la vivienda. En esta etapa se define la geometría, las dimensiones y los detalles arquitectónicos.

2-Segmentación y Gcode: El modelo digital se pasa a archivo Gcode. El modelo se divide en secciones horizontales, que luego se subdividen digitalmente en capas más delgadas. Cada una de estas capas representa la trayectoria de la hilada que la impresora 3D seguirá.

3-Preparación del Material y la Estructura: Antes de comenzar la impresión, se prepara el material de construcción. Dependiendo de la tecnología y el proyecto, esto podría implicar la mezcla de cemento, arcillas, o adobe, con aditivos y otros componentes para obtener la consistencia adecuada.

También se montan las estructuras necesarias para la máquina extrusora. Esta estructura depende del modelo de la máquina y de las dimensiones de la vivienda. La estructura suele ser temporal, únicamente sirve para facilitar que la cabeza extrusora llegue a todas las partes. Aquí se muestran algunos tipos:



Atenea Cáceres. 12/08/2016, Una compañía italiana creó una impresora 3D capaz de construir casas



OVACEN. 03/03/2017, Tecnología en obras, una casa con impresora 3D en 24 horas.



OVACEN. 03/03/2017, Las impresoras 3D también hacen casas.



noeliarmartinez. 17/11/2021, Be More 3D: haciendo realidad la impresión 3D de casas.

4-Impresión de Capas Sucesivas: La impresora 3D comienza a trabajar, extruyendo el material por capas siguiendo las instrucciones del archivo Gcode. La boquilla se mueve en patrones precisos, depositando el material y formando las paredes y estructuras de la vivienda.

Los patrones dependen de la necesidad de la vivienda, ajustándose a la climatología, a la carga estructural a soportar, o el tipo de acabado deseado.

En ocasiones, algunos de los huecos son rellenados una vez secadas las capas, con cemento e incluso armaduras, para reforzar la estructura. El propio muro impreso hace de encofrado perdido.

5-Solidificación y Endurecimiento: A medida que el material se deposita, se solidifica. La velocidad de impresión, la temperatura y otros parámetros se controlan para asegurar una correcta adhesión entre las capas.

6-Acabado y Post-Procesado: Una vez que se completa la construcción, se procede al acabado de detalles: el alisado de superficies, la aplicación de revestimientos y otros acabados para lograr el aspecto y la funcionalidad deseados.

7-Instalaciones y Remates Finales: Después de que la estructura principal esté impresa, se procede a realizar instalaciones eléctricas, fontanería y otros sistemas... así como agregar ventanas, puertas y otros detalles para completar la vivienda.

VENTAJAS DE LA IMPRESIÓN 3D DE VIVIENDAS

1-Eficiencia en el Tiempo y Costos: Permite construir viviendas de manera mucho más rápida en comparación con los métodos tradicionales, (se ha llegado a alcanzar la impresión de una vivienda en 24h como en Nacajuca, México). Esto conduce a una reducción notable de los costos en mano de obra.

2-Reducción de Residuos: La impresión 3D produce menos desperdicio de material en comparación con la construcción convencional, ya que solo se utiliza la cantidad exacta de material necesaria para cada capa. Esto contribuye a la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental.

3-Personalización y Flexibilidad en el Diseño: Permite la creación de diseños arquitectónicos altamente personalizados y únicos de forma paralela. Los diseños pueden adaptarse fácilmente a la obra posteriormente como pieza prefabricada, de este modo se ahorra aun más tiempo de construcción.

4-Acceso a Zonas Remotas y Desafiantes: Puede ser especialmente útil en áreas remotas o afectadas por desastres naturales, donde la construcción tradicional es difícil. La tecnología puede brindar viviendas asequibles y rápidas en lugares de difícil acceso.

5-Innovación en Diseño y Arquitectura: La impresión 3D permite la creación de nuevas formas y estructuras que serían costosas de lograr con métodos tradicionales. Los arquitectos pueden explorar nuevas posibilidades en el diseño y la construcción.

DESVENTAJAS DE LA IMPRESIÓN 3D DE VIVIENDAS

1-Tamaño Limitado: Tienen limitaciones en cuanto al tamaño de las estructuras de las impresoras. Construcciones más grandes pueden requerir un ensamblaje posterior o el uso de múltiples partes impresas.

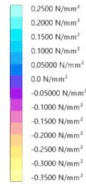
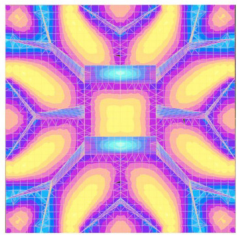
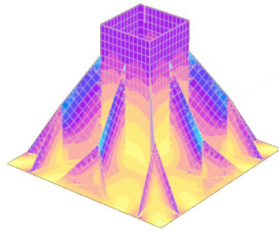
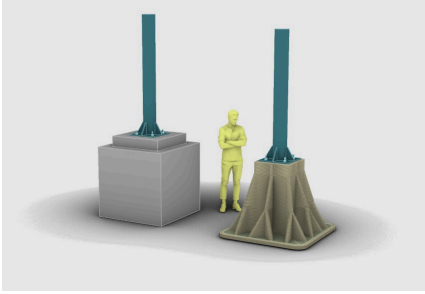
2-Limitaciones de Materiales: Aunque la tecnología avanza, las opciones de materiales para la impresión 3D de viviendas aún son limitadas en comparación con los materiales convencionales. Esto puede afectar la durabilidad y resistencia a largo plazo.

3-Requerimientos Energéticos: La impresión 3D de viviendas puede requerir fuentes de energía significativas para alimentar las impresoras. Esto puede aumentar los costos energéticos y el impacto ambiental, aunque se puede compensar si se toma como fuente las energías renovables.

4-Necesidad de Capacitación Especializada: La preparación de los materiales pueden requerir capacitación especializada. La falta de mano de obra capacitada puede ser un impedimento en la adaptación de la tecnología.

5-Regulaciones y Códigos de Construcción: A medida que la impresión 3D de viviendas se vuelve más común, es necesario establecer regulaciones y códigos de construcción específicos para garantizar la seguridad, la calidad y el cumplimiento normativo de las estructuras.

ALCANCE Y FUTURO DE LA IMPRESIÓN 3D DE VIVIENDAS



ELEMENTOS PREFABRICADOS: La impresión 3d nos permite hacer piezas prefabricadas para su posterior instalación como por ejemplo: IBERDROLA PAD FOUNDATION; Las zapatas desarrolladas por la empresa Hyperion Robotics las cuales contienen un 75% menos de material en comparación con la zapata cuadrada tradicional. El proyecto se promueve por Iberdrola, en colaboración con Grupo Peikko, con el objetivo de desarrollar un nuevo sistema de menor emisión de CO2

“Las pruebas en vivo, presenciadas por el ingeniero del cliente, demostraron que la base puede soportar 3 veces su carga de diseño utilizando solo 1/4 del material utilizado normalmente.”

“Este proyecto es un gran éxito en términos de huella de eCO2 y mejoras en la metodología de construcción para el futuro a largo plazo de la industria. Hyperion ahora está trabajando para ampliar esta aplicación de impresión 3D y aplicarla a infraestructuras energéticas con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de estas nuevas instalaciones y disminuir los costos y plazos de entrega del proyecto.”

“Esta base [impresa en 3D] es muy especial. Al ser el primero en el mundo, se ahorra un 75% de material en comparación con los cimientos tradicionales que se encuentran típicamente en las infraestructuras energéticas” | Henry Untereiner, cofundador de Hyperion Robotics.”

Hyperion Robotics, 2021



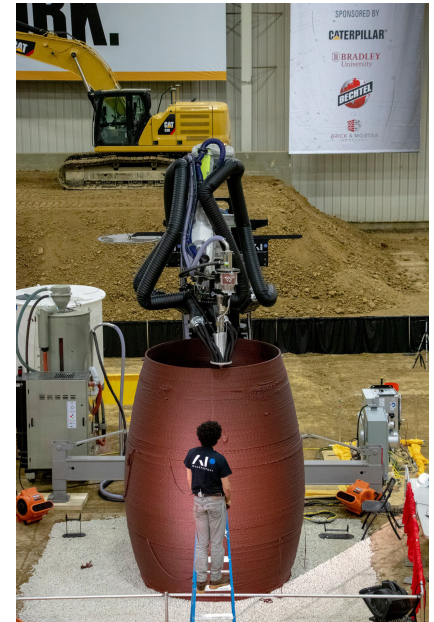
imágenes de:
Arch Daily, 03/04/2022,
Impresión 3D con hormigón bajo en carbono: reducción de las emisiones de CO2 y el desperdicio de material.

CAPSULAS PARA LA COLONIZACIÓN: La NASA esta muy interesada en la impresión 3d de módulos habitables para la colonización de Marte y la Luna. Para ello se propuso un concurso en 2015 en el que se presentaron cerca de 300 equipos. De todos ellos solo fueron seleccionados 5 en el verano de 2018 para pasar a la fase 3, fase de impresión de modelo en pequeña escala en 2019.

Uno de los cinco ganadores es la compañía Al SpaceFactory. El equipo propuso un módulo habitable en forma de torre de planta circular, con las paredes curvas generando una especie de cúpula en ovoide, esto ayuda a ganar resistencia estructural. Todo realizado a partir de la impresión 3D.



El material estaría hecho a partir de polvo basáltico de la superficie de Marte junto con una mezcla innovadora de biotráctico (ácido poliláctico) y procesada a partir de plantas cultivadas en Marte. Todo ello extruido a partir de una impresora 3d in-situ.



Alcalde, S. 15/05/2019, Así serán las casas impresas en 3D que se construirán en Marte



Información e imágenes obtenidas de:
Alcalde, S. 15/05/2019, Así serán las casas impresas en 3D que se construirán en Marte.

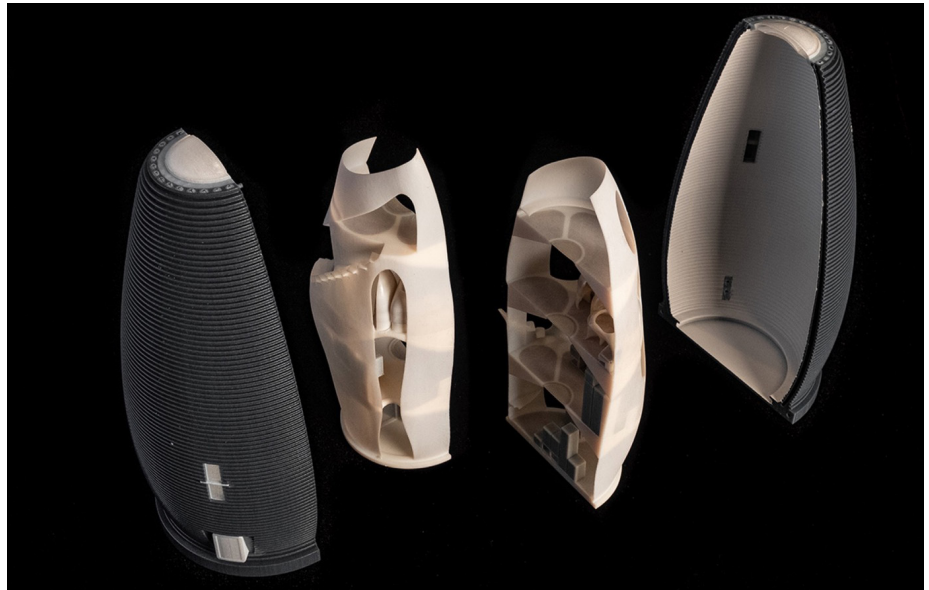
Patrick Walsh, Niall. 30/07/2018. NASA apoya proyecto de cápsulas impresas en 3D para astronautas en Marte.

Este modulo cuenta con 4 plantas, en los que se desempeñarían todos los trabajos de investigación de los astronautas así como su día a día en la vivienda.

Que la impresión 3d se haya elegido para la creación de módulos herméticos, con las necesidades de la vida de los astronauta, tiene mucho que decir sobre el potencial que puede desarrollar, (este método sin necesidad de cementos).



Alcalde, S. 15/05/2019, Así serán las casas impresas en 3D que se construirán en Marte



Patrick Walsh, Niall. 30/07/2018. NASA apoya proyecto de cápsulas impresas en 3D para astronautas en Marte.



Alcalde, S. 15/05/2019, Así serán las casas impresas en 3D que se construirán en Marte

VIVIENDAS SOCIALES DE BAJO COSTO: Como se ha mencionado anteriormente este método de construcción es más rápido y barato que el método tradicional, por lo que también es útil para viviendas para familias de pocos recursos, como por ejemplo:

A las afueras de Nacajuca, México la organización sin fines de lucro New Story, en colaboración con la constructora Échale y la empresa de maquinas impresoras ICON, contando con el apoyo de gobierno, están desarrollando un barrio de viviendas de cerca de 500 hogares para brindar soluciones a comunidades en extrema pobreza y en riesgo.

Ya hay 200 casas en construcción o completas, 10 de las cuales se imprimieron in-situ con la impresora Vulcan II de Icon, una nueva impresora creada para adaptarse al entorno rural. La impresora es capaz de imprimir hasta dos viviendas al mismo tiempo.

Hay planes en curso para construir caminos, un campo de fútbol, una escuela, un mercado y una biblioteca, para así completar el nuevo barrio.



Impresora Vulcan II



Cegarra Alejandro, 2021 Nacajuca Un pueblo de México tendrá casas construidas con una impresora 3D. The New York Times.



Informacion obtenida en The New York Times

Debra Kamin, 2021, Un pueblo de México tendrá casas construidas con una impresora 3D. The New York Times.



Happy Jasta. 18/12/2019. New Story & ICON are Building World's First 3D Printed Housing Community in Mexico.



Cegarra Alejandro, 2021 Nacajuca Un pueblo de México tendrá casas construidas con una impresora 3D. The New York Times.

Las viviendas cuentan con 50 metros cuadrados con dos habitaciones, un baño y comedor-cocina. Suficiente para acoger a una familia de cuatro usuarios. La vivienda garantiza la resistencia a los seísmos e inundaciones habituales de la zona.

Las familias que las ocuparan son seleccionadas por tener unos ingresos muy reducidos y por vivir en zona de riesgo de inundaciones. El terreno es un terreno cedido por las administraciones, además la administración se hará cargo de los servicios de electricidad y agua.



Cegarra Alejandro, 2021, Kamin, D. 07/10/2021. Una impresora 3D de tres metros de altura creó un pueblo de 500 casas. LA NACION

EN ESPAÑA; Haciendo referencia a la rapidez, resistencia, y a su bajo coste, de la calidad de la impresión 3D y volviendo al material de adobe. En España también se ha investigado en este método constructivo. Sobre todo desde las universidades. Como en el proyecto TOVA. Es la primera estructura arquitectónica de España construida con tierra e impresoras 3D, ubicada en Vallada Labs de Barcelona.

Desde Parametric Architecture cuentan lo siguiente del proyecto TOYVA:

“Este proyecto de investigación desarrollado por un grupo de estudiantes, investigadores y profesionales del posgrado de Arquitectura de Impresión 3D del Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IAAC) Se realizó en colaboración con WASP, utilizando una grúa WASP. Se completó en un par de semanas con materiales y mano de obra 100% locales, pocos residuos y una huella de carbono prácticamente nula.

Un revestimiento impermeable aplicado utilizando ingredientes crudos extraídos como aloe y claras de huevo para asegurar la resistencia del material a la intemperie. Debido a que los materiales se adquirieron dentro de un radio de 50 metros, no se generó basura durante la construcción”

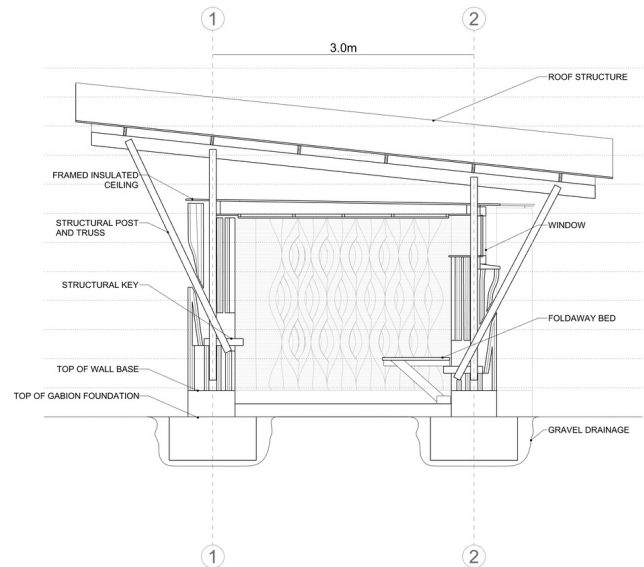
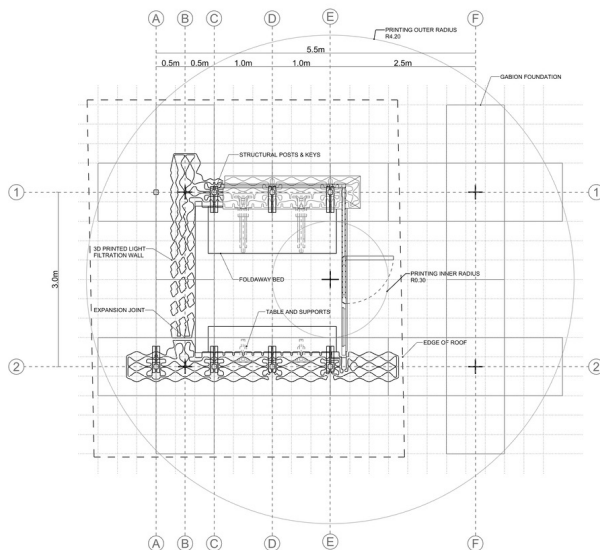
Serra Utkum Ikiz. 12/09/2022



Serra Utkum Ikiz. 12/09/2022, Spain's first building made with earth and a 3D printer: TOVA



¿De qué trata la tecnología WASP? 26/09/2022



Serra Utkum Ikiz. 12/09/2022, Spain's first building made with earth and a 3D printer: TOVA



Serra Utkum Ikiz. 12/09/2022, Spain's first building made with earth and a 3D printer: TOVA

Las paredes ayudan al control del paso del aire y control de radiación solar. El diseño es demasiado reducido como para aguantar el invierno, pero si es útil durante las otras 3 estaciones, abriéndose al medio y ampliando las estancias.

El proyecto sirve como modelo para el desarrollo de viviendas sostenibles a partir de los medios del entorno y reducir así la huella de carbono generada por la construcción.



Maria Jose R. 02/09/2022 TOVA, el primer prototipo de casa impresa en 3D con tierra local de España

EL PROYECTO TECLA

Este proyecto es una referencia que se asemeja y adapta a la línea del estudio de este trabajo, por lo que se ha realizado un estudio más en profundidad para entender mejor como la impresión 3D y el adobe pueden generar arquitectura.

Se encuentra ubicado en la región de Bologna, Italia, en el Parque Tecnológico WASP. La ubicación seleccionada resalta la conexión entre la arquitectura y la naturaleza, permitiendo que la vivienda se integre armoniosamente con su entorno.

TECLA es el resultado de una colaboración entre la escuela de investigación de ecosostenibilidad de SOS - Escuela de Sostenibilidad, escuela fundada por Mario Cucinella. y la empresa WASP (World's Advanced Saving Project). WASP es conocida por haber estado a la vanguardia en la aplicación de esta tecnología en la arquitectura.

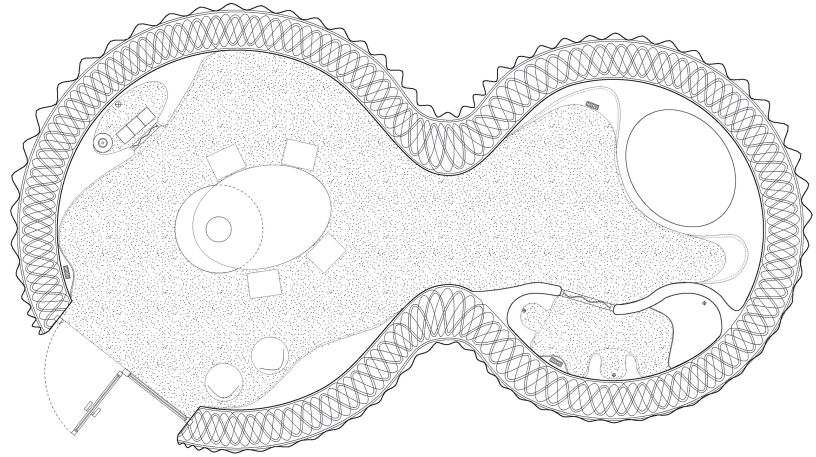
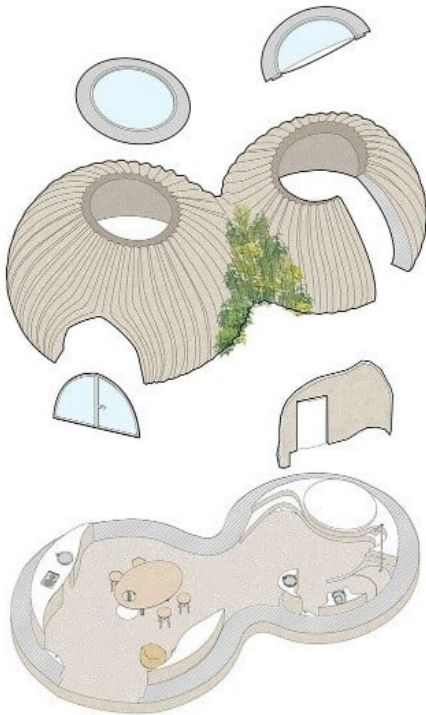
El proyecto en plano no se queda solo en un módulo habitable sino que se propone un complejo de comunidad con varios módulos. El complejo estaría dotado por un ciclo de reciclaje de aguas para así también alimentar cultivos que autoavastezcan a la comunidad. Es un proyecto con una visión futura de sostenibilidad.



Solarat, C. 28/04/2021, "Tecla", la primera casa impresa con arcilla en 3D, diseñada por el arquitecto Mario Cucinella



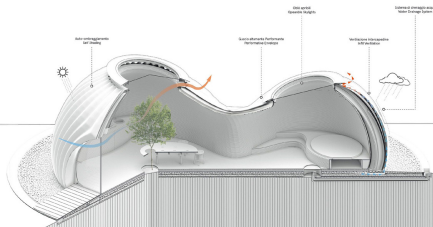
TECLA, las primeras casas impresas en 3D con arcilla de origen local. 04/04/2021



Ego, W. 21/02/2021. Viviendas construidas con impresoras 3D con material reusable diseñadas por Mario Cucinella Architects

El prototipo de dos bóvedas consta de 60 metros cuadrados y contiene por un lado una habitación con un baño, y por la otra un salón recibidor. El espacio se ventila gracias al efecto venturi a través de unos lucernarios que iluminan desde arriba, (este método ya se ha visto en otras metodologías analizadas anteriormente).

Ego, W. 21/02/2021. Viviendas construidas con impresoras 3D con material reusable diseñadas por Mario Cucinella Architects



Moool, Junio 2021, Casa ecológica impresa en 3D TECLA

Mario Cucinella Architects. (2020)





Moool, Junio 2021, Casa ecológica impresa en 3D TECLA



Moool, Junio 2021, Casa ecológica impresa en 3D TECLA



Mario Cucinella Architects. (2020)

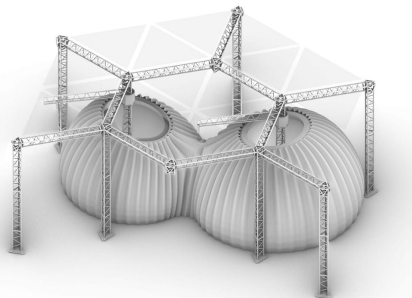
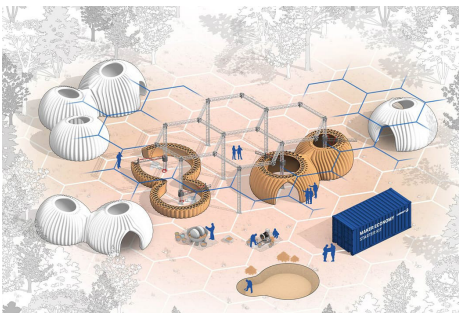
El proceso de construcción implica el uso de una impresora 3D especialmente diseñada para crear un cerramiento que también conforma la cubierta formando una bóveda.

La estructura sostiene el cabezal y brazo de la extrusora de material. La maquina tiene un radio que delimita el área de impresión sobre la que trabaja.

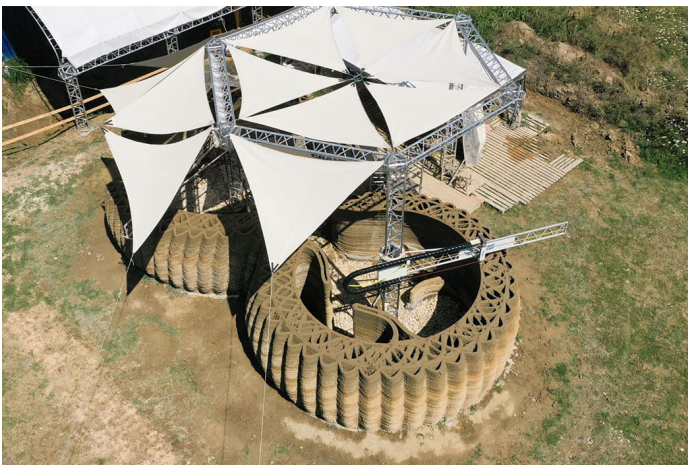
La impresora para este proyecto esta desarrollada por la empresa WASP, y se compone por unos módulos hexagonales que reproducen una maya que abarca la superficie deseada. Esta maya es capaz de prolongarse hasta el infinito. La impresora es capaz de imprimir un módulo en 72h.



WASP 3D, 21/01/2021,
Eco-sustainable 3D printed house min: 1:33



TECLA, las primeras casas impresas en 3D con arcilla de origen local. 04/04/2021





Solarat, C. 28/04/2021, "Tecla", la primera casa impresa con arcilla en 3D, diseñada por el arquitecto Mario Cucinella

El material es una mezcla de tierra cruda del sitio del emplazamiento, arcilla y otros materiales naturales, como por ejemplo las cascavas de arroz, que se usa como relleno aislante de las cavidades que tiene el muro en su interior, ya que el muro esta conformado por unas trazas sinusoidales.

Dependiendo la climatología donde se construyera, los muros variarían de espesor así como de trazado interno.

El objetivo central del proyecto es explorar y promover la construcción sostenible y eficiente, reduciendo la huella de carbono, a través del uso de la tecnología de impresión 3D, aspirando demostrar que es posible construir viviendas de manera sostenible sin comprometer el diseño y la funcionalidad.



The Spaces Team. 21/04/2021. Three houses taking 3D printing to the next level

CONSIDERACIONES ÉTICAS Y CONCLUSIONES

A medida que la impresión 3D de viviendas se convierte en una realidad, surgen consideraciones éticas y sociales. Se debe abordar la posible pérdida de empleos en la construcción tradicional, así como las implicaciones para la vivienda asequible y la comunidad, aunque el número de trabajos es más reducido, también será necesario la creación de puestos formados y especializados en este nuevo campo de la construcción.

Además, se deben establecer regulaciones adecuadas para garantizar la seguridad y calidad de las construcciones impresas en 3D. No solo visto desde un punto de vista estructural, sino también desde el punto de vista: sanitario, energético, sociológico...

En resumen, la impresión 3D de viviendas es una tecnología emocionante e innovadora que tiene el potencial de transformar la forma en que construimos y vivimos. A medida que los desafíos se superan y la tecnología evoluciona, la impresión 3D podría desempeñar un papel crucial en la creación de viviendas asequibles, personalizadas y sostenibles para las generaciones futuras.

La impresión 3D ha llegado para quedarse, y aunque sea una tecnología relativamente nueva, ya empieza a tener cierta repercusión en la construcción. Solo queda esperar y ver como se desenvuelve y evoluciona esta tecnología tan sostenible en nuestro entorno.

3. COMPARATIVA, RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación, tras un estudio previo de un conjunto de referencias, y un análisis más en profundidad de tres de ellas, se realiza una comparativa para poder observar la evolución que ha tenido la técnica del empleo de adobe en la construcción de viviendas.

La comparativa, se reduce a los tres casos concretos, ya que se adaptan mejor a las características escogidas desde un principio para este trabajo, desde el más manual y tradicional, al más innovador y tecnológico.

- Tolek de la cultura Musgum, con TRABAJO MANUAL.
- Residency Majara, con SUPERADOBE.
- Proyecto Tecla, con IMPRESIÓN 3D

La comparativa se centra en los siguientes conceptos:

- Método constructivo.
- Instalaciones.
- Empleo de recursos.
- Iluminación.
- Ventilación.
- Cimentación.
- Emisión de residuos.
- Tiempos de construcción.
- Acabados.

- MÉTODO CONSTRUCTIVO -

CULTURA MUSGUM

-Pertenece arraigado en la su cultura, es realizado íntegramente a mano únicamente por albañiles especializados de la propia tribu. Implica una participación de la familia en la creación de la vivienda.

SUPERADOBE

-Técnica poco conocida, es un método colectivo realizado a mano. No hace falta conocimientos previos muy avanzados, puede participar familias, amigos, incluso operarios con experiencia de una empresa para las instalaciones. Es decir es un método autodidacta e independiente.

IMPRESIÓN 3D

-Método innovador y casi mecánico. Requiere personal cualificado y una empresa especializada. Emplea pocos operarios, la impresora es controlada constantemente por un par de operarios que traban junto a la máquina para generar la vivienda. Una vez terminada la impresión es posible también necesita operarios para las instalaciones, mobiliario etc...

- INSTALACIONES -

CULTURA MUSGUM

-No tienen instalaciones como agua corriente, electricidad, etc... El mobiliario mayoritariamente también esta hecho por piezas fijas en adobe.

SUPERADOBE

-Son completas, dependen de los gustos y posibilidades de los promotores.

IMPRESIÓN 3D

-Son completas, dependen de los gustos y posibilidades de los promotores.

- EMPLEO DE MATERIALES -

CULTURA MUSGUM

-Todo el Tolek esta hecho de adobe, conformado por tierra y agua en ocasiones puede contar con ayuda de paja para mejorarla consistencia de la mezcla.

SUPERADOBE

-Además del adobe hecho con tierra y agua, la mezcla puede contener un 10% de cemento para mejorar la consistencia, así como aditivos. La construcción los Domos también necesita la fibra de plastifico reciclado o biodegradable en forma de saco para conformar las hiladas y rollos de alambre de espino que cose las hiladas. Finalmente el recubrimiento puede estar conformado por diversos tipos de material, revoco de cal, adobe, cemento etc...

IMPRESIÓN 3D

-Por lo general el material es cemento, pero en el caso del proyecto Tecla demuestra que esta tecnología también puede realizarse con adobe, empleando tierra, agua y aditivos únicamente. En ocasiones puede contener armados que refuercen puntos claves de la estructura, o algunos materiales aislantes como relleno.

- ILUMINACIÓN -

CULTURA MUSGUM

-En la vivienda al no disponer de electricidad la única iluminación con la que cuentan es la luz natural que se cuela por la apertura superior de la cúpula. Esta apertura deja entrar los rayos de sol de forma directa plasmándose en las el suelo y paredes. Se genera un ambiente cálido y acogedor en su interior.

SUPERADOBE

-Depende del proyecto. Este método te permite crear tanto ventanas como lucernarios, por lo general cuentan con electricidad por lo que también tienen luz artificial. En Majara residenci la iluminación aunque escasa, es por ventanas convencionales

IMPRESIÓN 3D

-Cuenta con las mismas capacidades del Superadobe, por lo general cuentan con electricidad por lo que también tienen luz artificial. En el caso del proyecto Tecla la luz entra a través del cristal del lucernario.

- VENTILACIÓN -

CULTURA MUSGUM

-Es única, ocurre a través del orificio superior de la cúpula gracias a efecto Venturi. No disponen de mecanismos de ventilación ni de aperturas horizontales en los laterales como ventanas, en excepción del hueco de acceso.

SUPERADOBE

-Varia según la construcción, por lo general es ventilación cruzada ya que disponen de aperturas en los muros como ventanas. También pueden disponer de ventilación forzada. Contempla la posibilidad de una ventilación por una apertura e la parte superior de la cúpula. En el caso de Resicenci Majara no dispone de ventilación por la parte superior de sus Domos.

IMPRESIÓN 3D

-Varia según la construcción, por lo general es ventilación cruzada ya que disponen de aperturas en los muros como ventanas. También pueden disponer de ventilación forzada. Contempla la posibilidad de una ventilación por una apertura e la parte superior. En caso del proyecto Tecla la ventilación sucede como en la cultura Musgum, solo disponen de un lucernario superior para la ventilación.

- CIMENTACIÓN -

CULTURA MUSGUM

-No tienen. Los Tolek se instalan directamente sobre el suelo, por ello es tan importante la labor de los albañiles a la hora de encontrar el emplazamiento correcto.

SUPERADOBE

-Es muy simple, sobra con realizar una zanja de 50-60cm por todo el perímetro por donde se va a levantar el muro, y introducir una base de grabas y 5 o 6 hileras impermeabilizadas.

IMPRESIÓN 3D

-Cuentan con una cimentación común por zapatas, losa o pilotes, en la superficie se realiza las vigas de atado y solera. Sobre esta plataforma o base se da comienzo a la impresión.

- EMISIÓN DE RESIDUOS -

CULTURA MUSGUM

-No tiene emisión de residuos ya que se hace todo a mano, con tierra del entorno y sin usar aditivos químicos. A su vez, no se implica maquinarias ni escombros sobrantes ya que se usa toda la mezcla realizada.

SUPERADOBE

-A penas emiten residuos ya que todo el material que se aplican en la construcción son utilizados. Algunos residuos pueden ser el embalaje de algunos materiales o elementos de apoyo durante la obra. Genera huella de carbono al utilizar transporte de materiales y producción de cemento por poco que lleve o aditivos.

IMPRESIÓN 3D

-Tiene residuos y genera una huella de carbono similar a la del Superadobe. El transporte de las impresoras y montaje de las estructuras de estas, pueden generar un mayor impacto ambiental. Sobre todo si la obra no se realiza en adobe y si en cemento.

- TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN -

CULTURA MUSGUM

-El tiempo completo por vivienda puede variar, puesto que la vivienda va evolucionando conforme crece la familia. Pero centrándose en el tiempo de un solo Tolek se hablaría de 6 meses de construcción de cada módulo.

SUPERADOBE

-Este tiempo puede variar dependiendo del tamaño de la vivienda, pueden tardar desde un par de meses hasta el tiempo necesario para todos los Domos.

IMPRESIÓN 3D

-Es método bate cualquier tiempo, las impresoras han llegado a crear viviendas pequeñas en 24h. La velocidad de impresión dependerá de la impresora, la calidad de detalle de la vivienda y el tamaño de la vivienda. Por lo general la media suele ser de menos de una semana, pero se prolonga a unas semanas más mientras se realizan las instalaciones.

- ACABADOS -

CULTURA MUSGUM

-Por ambas caras se enlucen con una capa de adobe más fina. La capa exterior se aplica cada cierto tiempo según el número de ciclos de lluvia. La cara exterior se deja a en bruto el adobe a igual que en la cara interior, pero por esta parte si se realizan pinturas de elementos y actividades cotidianas de la familia.

SUPERADOBE

-El acabado final se realiza al añadir por ambas caras más adobe dejando las paredes lisas, borrando las juntas entre hiladas, el acabado puede estar echo de adobe, mortero de cemento o cal... Finalmente se pintan ambas caras con pinturas del color seleccionado, en Majara residency se puede apreciar el gran juego de colores.

IMPRESIÓN 3D

-Es muy común dejar vista las juntas entre hiladas, por lo que de normal se deja el muro en bruto. El acabado final puede ser una mano de pintura junto con algún producto para mejorar la impermeabilidad desde el exterior.

- NÚMERO DE ALTURAS -

CULTURA MUSGUM

-Únicamente cuenta con la planta baja, se entiende que el nivel de alturas sea solo este ya que no disponen de una cimentación firme. A pesar de su única planta, los Tolek pueden alcanzar una gran altura rondando los 5-6m,

SUPERADOBE

-Suelen contar con una única planta baja, pero el método permite alcanzar las 2 alturas sin problema alcanzando los 6m de altura.

IMPRESIÓN 3D

-La técnica permite alcanzar más de 2 alturas contando con refuerzos, alcanzando alturas de 11-12m de altura. Aunque lo comercial y convencional se suele optar por 2-3 alturas máximo.

REFLEXIÓN PERSONAL

Finalmente, resumiendo lo aprendido, decir que el adobe es un material con mucho potencial, no por menos ha llegado hasta nuestros días. Un material que nos lleva a los inicios, a lo más básico, que es habitar un espacio estando envuelto por la naturaleza y con ella conformar un hogar. Es un material que nos permite ser parte de la naturaleza al cubrirnos con ella. Respetando el medio y siendo un material completamente ecológico, algo muy destacable sobre los tipos de materiales de las construcciones convencionales.

La evolución de técnica es interesante, y más interesante es ver el rumbo que toma hacia el futuro no tan lejano si contamos con colonias ecológicas aquí y en otros planetas. Es hasta irónico ver como el siguiente paso de la culminación de la tecnología es dar espacio a métodos tan tradicionales como el adobe y apoyarse en ello para seguir avanzando.

El adobe presenta ventajas al tener el material en el propio entorno, da ventajas sobre los tiempos de transportes de material. Por lo que se puede decir que el adobe es un material con unas ventajas económicas, materiales y ecológicas muy destacables.

Luego, a demás de todo esto, el adobe es un material con unas capacidades, puede gustar más o menos, puede ser apropiado o no dependiendo en lugar. Pero esto es lo que hace que un material esté vivo, que tenga una personalidad y que él determine si se cumplen las condiciones adecuadas para resolver el proyecto. Como se ha mostrado en este trabajo, existen varias formas de resolver un proyecto.

Por ejemplo; En las viviendas Trulli, la edificación se hacia por hileras pero con piedra, porque el entorno responde así, en cambio las viviendas del Harran si que emplean el adobe en forma de ladrillos. Viviendas similares pero con distinta respuesta.

Este trabajo tiene el objetivo de analizar hasta donde ha llegado el adobe en la construcción y demostrar que el adobe puede competir en algunas características con los materiales más innovadores de la construcción.

Para concluir, en el presente trabajo se muestran algunos de los ejemplos y capacidades del adobe, con ello espero haber dado a conocer un material con mucha historia y con mucho potencial el cual personalmente desconocía e infravaloraba, y admito que a partir de este trabajo el adobe contará como un espacio en mi biblioteca de materiales para futuros proyectos que pueda realizar a la hora de ejercer en esta profesión.

4. BIBLIOGRAFIA

-ELEMMENTOS "A"- Fotografias y Dibujos

- Abdoulaye, L. 22/03/2014, Tata Somba – Traditional Fortress in Northern Benin. UNSEEN BENIN; UNSEEN BENIN. Consulta: 31/08/2023, SitioWeb: <https://unseenbenin.wordpress.com/2014/03/22/tata-somba-traditional-fortress-in-northern-benin/>
- Adept Expeditions. 20/10/2018, The Beehive Houses of Harran: Turkey's Ancient Adobes – Adept Expeditions. Consultado: 22/08/2023, Sitio Web: <https://adeptexpeditions.com/the-beehive-houses-of-harran-turkeys-ancient-adobes/>
- AD Editorial Team. 12/02/2018. 3D Printing Fuses Thai Craftsmanship to Create Habitable Concrete Structures. ArchDaily. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: https://www.archdaily.com/887403/3d-printing-fuses-thai-craftsmanship-to-create-habitable-concrete-structures?ad_medium=gallery
- Adept Expeditions. 20/10/2018, The Beehive Houses of Harran: Turkey's Ancient Adobes – Adept Expeditions. Consultado: 22/08/2023, Sitio Web: <https://adeptexpeditions.com/the-beehive-houses-of-harran-turkeys-ancient-adobes/>
- Alcalde, S. 15/05/2019, Así serán las casas impresas en 3D que se construirán en Marte. www.nationalgeographic.com.es; National Geographic. Consultado 27/08/2023, Sitio Web: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-seran-casas-impresas-3d-que-se-construiran-marte_14259
- Andrea. (2010, February 18). *musgum earth architecture*. Designboom | Architecture & Design Magazine. Consulta: 21/07/2023 a las 13:30H, SitioWeb: <https://www.designboom.com/architecture/musgum-earth-architecture/>
- Archivo:Expo 1931 Aef.jpg – Wikipedia, la enciclopedia libre. (2023). [Wikipedia.org](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Expo_1931_Aef.jpg). Fuente: SCN de CPA, Consulta: 29/07/2023, SitioWeb: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Expo_1931_Aef.jpg

- Armando Antonio Iachini. 13/04/2017. Armando Iachini: Los aciertos sustentables de las casas colmena de Harran - Armando Antonio Iachini Lo Medico | Construcciones Yamaro. Consulta: 22/08/2023, SitioWeb: <https://armandoiachini.com/armando-antonio-iachini-lo-medico/armando-iachini-los-aciertos-sustentables-de-las-casas-colmena-de-harran/>

- Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 "*El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca*", consulta: 11/04/2023, INFO BUIL, Sitio Web: <https://www.infobuild.it/approfondimenti/trullo-pugliese-storia-arte-tecnica-bioclimatica-costruzione-in-pietra-a-secco/>

- Arquitectura con Tierra 31/05/2016- Casas de barro "Obus" de la tribu Musgum, en Camerún, África. Blogspot.com, Consulta: 21/07/2023 a las 13:10H, SitioWeb: <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2016/05/arquitectura-con-tierra.html>

- Arquitectura y empresa, 24/11/14 13:42, Viviendas de barro Musgum en Camerún, Arquitectura. Consulta: 29/07/2023, SitioWeb: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/viviendas-de-barro-musgum-en-camerun>

- Atenea Cáceres. 12/08/2016, Una compañía italiana creó una impresora 3D capaz de construir casas. Noticias de Marketing Y Tecnología | MOTT. <https://mott.pe/noticias/una-compania-italiana-creo-una-impresora-3d-capaz-de-construir-casas/>

- @brandonv111, 2018, Earthbag Construction Building a Cheap and Environmentally Friendly HomeSteemit. Steemit.com, Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: <https://steemit.com/environment/@brandonv111/earthbag-construction-building-a-cheap-and-environmentally-friendly-home>

- @NaoCasanova, 28/09/2021 La tradición de las CASAS COLMENA en HARRÁN Twitter.es Consultado: 22/08/2023, Sitio Web: <https://twitter.com/NaoCasanova/status/1442889940493287430>

- Bandeo, J. 27/02/2013 Como construir en Superadobe paso a paso. Bioguia; Bioguia. Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: <https://www.bioguia.com/notas/como-construir-en-superadobe-paso-a-paso>
- BARTH, HENRY (1857-1858) *"TRAVELS AND DISCOVERIES IN NORTH AND CENTRAL AFRICA"* Harper & Bros, Volumen 2, Pág 414, 415
- C. 25/07/2008, isla de Ormuz, Irán. Wikipedia.org; Consulta: 11/08/2023, SitioWeb: https://es.wikipedia.org/wiki/Ormuz_%28isla%29#/media/Archivo:Iran's_Rainbow_Island.jpeg
- CalEarth. 2014 What is SuperAdobe? CalEarth. Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: <https://www.calearth.org/intro-superadobe/>
- CalEarth. 2014, CalEarth. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.calearth.org/our-founder>
- CARRASCO ANA R. , LEAL JOSE F. Mundinteractivos, 12/09/2007, El adobe que permitiría colonizar la Luna, elmundo.es. El mundo.es, Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.elmundo.es/elmundo/2007/09/12/survivien-da/1189606057.html#:~:text=%22El%20poeta%20dijo%3A%20%22La,todo%20lo%20que%20hago%22%2C%20afirma>
- Casas naturales, (2023). Casas colmena de adobe, Turquía. Naturalhomes.org. Consultado: 22/08/2023, Sitio Web: <http://naturalhomes.org/es/homes/beehive-harran-turkey.htm>
- Cegarra Alejandro, 2021, Kamin, D. 07/10/2021. Una impresora 3D de tres metros de altura creó un pueblo de 500 casas. LA NACION; LA NACION. Consultado 27/08/2023 Sitio Web: <https://www.lanacion.com.ar/propiedades/construccion-y-diseno/como-una-impresora-3d-de-tres-metros-de-altura-esta-creando-un-pueblo-de-500-casas-nid29092021/>

- Cegarra Alejandro, 2021 Nacajuca Un pueblo de México tendrá casas construidas con una impresora 3D. The New York Times. Consultado 27/08/2023, Sitio Web: <https://www.nytimes.com/es/2021/10/01/espanol/construccion-casas-3d-mexico.html>

- Cleves Kristense E. 13/07/2006, Kutammaku, País de los batammariba, Viaje al Patrimonio. Consulta: 31/08/2023, SitioWeb: <https://viajealpatrimonio.com/listing/kutammaku-pais-de-los-batammariba/>

- Cortesía de Cal-Earth, 2021, OMPI, La técnica arquitectónica nacida de la poesía. Wipo.int. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.wipo.int/ipadvantage/es/details.jsp?id=2716>

- Cosentino España. 30/03/2021, Presencia en Ormuz, Majara Residence. Cosentino España, Consulta: 13/08/2023, SitioWeb: <https://www.cosentino.com/es/blog/presence-in-hormuz/>

- CTBUH. 2021, SOM's Beijing Greenland Center Tower – The Skyscraper Center. Council on Tall Buildings and Urban Habitat. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.skyscrapercenter.com/building/som-s-beijing-greenland-center-tower/11005>

- Dalili Nia, H. 22/04/2020, Traditional architecture, modern methods. ArchiDaily. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: https://www.archdaily.com/936592/traditional-architecture-modern-methods?ad_medium=gallery

- Darwin, C. 1871. The Descent of Man. John Murray, London, Sitio Web: <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Darwin1871.jpg>

- David Bozsaky, Abril 2015 Figura 9: A Navajo “Hogan”, ResearchGate; ResearchGate. Consulta: 31/07/2023, SitioWeb: https://www.researchgate.net/figure/A-Navajo-Hogan-18_fig9_277359661

- Dezeen, 2022, Superadobe o arquitectura nómada: por qué los domos de tierra serán el futuro, cultura y estilo de vida, Modelo Prueba, Dwell Earth, SitioWeb: <https://www.dezeen.com/es/2022/05/18/superadobe-que-es-nomada-domos-tierra-arquitectura-nomada/>

- Dibujo propio

- Dsdugan, 03/09/2016,. Navajo Hogan in Monument Valley, Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. Consulta: 31/07/2023, SitioWeb: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:16_21_2006_monument_valley.jpg#mw-jump-to-license

- Ego, W. 21/02/2021. Viviendas construidas con impresoras 3D con material reusable diseñadas por Mario Cucinella Architects, Culturainquieta.com; Cultura Inquieta. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: <https://culturainquieta.com/es/sostenibilidad/item/17837-viviendas-construidas-con-impresoras-3d-con-material-reusable-disenadas-por-mario-cucinella-architects.html>

- El Libro de los Cinco Anillos, (2023). Earthship Biotecture. Earthship Biotecture, Consultado: 21/08/2023, Sitio Web: <https://earthshipbiotecture.com/es/el-libro-de-los-cinco-anillos/>

- EusKal Herriko, (2014), Centro Vasco de Arquitectura, *Arkitektura Ikerkundera*, Consulta: 21/07/2023 a las 13:30H, SitioWeb: <http://intranet.pogmacva.com/es/obras/73539#>

- Filloy Nadal, Laura, 2019, Cúpula Geodésica: Historia, Beneficios y Aplicaciones. Architectural Digest, SitioWeb: <https://www.architecturaldigest.com.mx/arquitectura/1234/cupula-geodesica-historia-beneficios-aplicaciones-dise-nado-ras-dome-mexico-df>

- FireTree, 26/02/2008, Building a hogan, Bed and Breakfast, Monument Valley Utah. Firetreeinn.com. Consulta: 31/07/2023, SitioWeb: <https://www.firetreeinn.com/slideshow/hpc/039.htm>

- Gallery of 3D Printing a 2-Meter-High Column in 30 Minutes: What's Next With This Technology? - 5. (2020). ArchDaily. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: https://www.archdaily.com/955597/3d-printing-a-2-meter-high-column-in-30-minutes-whats-next-with-this-technology/600bb76d63c017573d00038f-3d-printing-a-2-meter-high-column-in-30-minutes-whats-next-with-this-technology-image?next_project=no

- Geary David y Owens Sarah, 18/02/2014, Harbin Opera House / MAD Architects, ArchDaily, Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.archdaily.com/477105/harbin-opera-house-mad-architects>

- Geografia Africa Territorio Storia Economia del Camerun. (2023). Trapaninfo.it. Consulta: 22/07/2023, SitioWeb: https://www.trapaninfo.it/10_AFRICA/GEOGRAFIA%20-%20AFRICA%20-%20CAMERUN.htm

- Geografía, 23/05/2018, Geografía de Iran. Iran-Uruguay. Consulta: 11/08/2023, SitioWeb: <https://www.iranuruguay.com/geografia/>

- Gibson, E. 03/10/2019, Rael San Fratello 3D prints earth structures to demonstrate potential of mud architecture. Dezeen; Dezeen. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: <https://www.dezeen.com/2019/10/03/mud-frontiers-rael-san-fratello-3d-printed-low-cost-construction/>

- Gladwell M. , 2000, The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference. Little, Brown and Company, SitioWeb: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Tipping_Point

- Gómez, C. 2017, La impresión 3D, un aliado para la construcción de viviendas. El Mundo, SitioWeb: <https://www.elmundo.es/economia/2017/05/27/5927a0f4ca4741da478b45df.html>

- Goodwin, L. (2019). An Earthship is a type of passive solar house made of natural and recycled materials. Inhabitat. Consulta: 21/08/2023, Sitio Web: <https://inhabitat.com/architecture/an-earthship-is-a-type-of-passive-solar-house-made-of-natural-and-recycled-materials/>

- Guglielmi, G. 14/02/2018. 3D-printed houses are now a reality. Here's a look at how they're made. PBS NewsHour. Consulta: 30/08/2023, SitioWeb: [https://www.pbs.org/newshour/science/3d-print ed-houses-now-reality-heres-look-theyre-made](https://www.pbs.org/newshour/science/3d-print-ed-houses-now-reality-heres-look-theyre-made)

- Haida Valerie, "La case OBUS Mousgoum", Youtube, 25/03/2018, Consulta 20/07/2023 min 1:01, Sitio Web: https://www.youtube.com/watch?v=P02GCmlcr1o&ab_channel=HaidaValerie

- Happy Jasta. 18/12/2019. New Story & ICON are Building World's First 3D Printed Housing Community in Mexico. Homecrux; Homecrux. Consulyado 30/08/2023 Sitio Web: <https://www.homecrux.com/worlds-first-3d-printed-community/136824/amp/>

- Harold Carey Jr. 2016, Navajo Home – Hogans or Hohrahn. Navajopeople.org, Consulta: 31/07/2023, SitioWeb: <http://navajopeople.org/blog/navajo-home-hogans/>

- Harvard University. (2023). El Sistema Solar. Consulta: 21/08/2023, Sitio Web: <https://www.cfa.harvard.edu/sed/index.html>

- Heinrich Barth | Africa Expedition, Saharan Research & 19th Century | Britannica. °(2023). In Encyclopaedia Britannica. Consulta: 22/07/2023, SitioWeb: <https://www.britannica.com/biography/Heinrich-Barth>

- Home. (2019). 3D PotterBot Scara V4 3D Printer. Ultimate 3D Printing Store. Consultado: 30/08/2023, Sitio Web: https://ultimate3dprintingstore.com/a/s/products/3d-potterbot-scara-v4?utm_source=pinterest&utm_medium=social

- HowStuffWorks, 2019, How 3-D Printed Houses Work, Science, HowStuffWorks, Consulta: 27/08/2023, SitioWeb: <https://science.howstuffworks.com/3-d-printed-house.htm>

- Iadanza, E. 03/09/2020, El futuro de la vivienda: las casas impresas en 3D, Expansión. Expansión, SitioWeb: <https://www.expansion.com/directivos/estrategia/2020/09/03/5f50b46de5fdea3d208b45e5.html>

- Igor Kryan, 2017, ¿Es la adobe el futuro de la arquitectura? ArchDaily, SitioWeb: <https://www.archdaily.com/co/co/791036/es-la-superadobe-rknl-arquitectura>
- InPerfecto. 19/07/2020, NUESTRO HOGAR, UN RECORRIDO POR EL MUNDO Parte 14, Inperfecto.com.mx. Consulta: 01/08/2023, Sitio Web: <https://inperfecto.com.mx/2020/07/19/nuestro-hogar-un-recorrido-por-el-mundo-parte-14/>
- J. y M.F. Ostorero 2003, Wikipedia, 14/03/2005 Consulta 28/07/2023
Sitio Web: https://es.wikipedia.org/wiki/Caba%C3%B1as_de_barro_de_Musgum
- jaimelevoyage aventure, 22/01/2013. “*case obus Mousgoum et marché à Pouss*”, YouTube, min: 1:04, 1:06 Consulta: 21/07/2023 a las 16:06H, SitioWeb: https://www.youtube.com/watch?v=KzRmcxAPIPI&ab_channel=jaimelevoyageaventure
- Johnston, B. 17/01/2013, La casa experimental de 100 dólares: Construida por estudiantes, para estudiantes, ArchDaily. Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: <https://www.archdaily.com/316241/the-100-house-a-house-for-students-by-students>
- Kitchen, P. 2017, What Are Earthships? greenmatch.co.uk, SitioWeb: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2017/07/what-are-earthships>
- Krásný, J. 24/11/2017, 3D Printing in Construction: AEC Trend Forecast 2018, ArchDaily. Consulta: 30/08/2023, SitioWeb: <https://www.archdaily.com/883588/3d-printing-in-construction-aec-trend-forecast-2018>
- Kubi Sertoglu. 16/03/2020, Twente AM unveils large-scale concrete 3D printer in Dubai - 3D Printing Industry. 3D Printing Industry. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: <https://3dprintingindustry.com/news/twente-am-unveils-large-scale-concrete-3d-printer-in-dubai-169072/>
- Kujundzic, P. 05/04/2020, Rama's Bridge / Pencil Office. ArchDaily. Consulta: 31/08/2023, SitioWeb: <https://www.archdaily.com/937801/ramas-bridge-pencil-office>

- La Maison en Super Adobe. 22/06/2022 Réseau Twiza. Consulta: 07/08/2023,
SitioWeb: <https://fr.twiza.org/portail/la-maison-en-super-adobe/>
- La Puglia*, Información turística de la Puglia y Salento, (2023) Guía de Puglia - Apulia
> Los Trulli de Alberobello, Consulta: 28/07/2023, Sitio Web: <https://www.lapuglia.es/los-trulli-de-alberobello/>
- López-Soto F. , 23/02/2022, Así se construye una casa con una impresora 3D gigante: en tiempo récord y sin esfuerzo. Xataka, SitioWeb: <https://www.xataka.com/impresion-3d/asi-se-construye-casa-impresora-3d-gigante-tiempo-record-esfuerzo>
- Mapbox. (2023). geojson.io, extracto del autor, | powered by Mapbox. Geojson.io.,
Consulta: 21/07/2023, SitioWeb: <https://geojson.io/#map=6.32/10.878/15.12>
- Maria Jose R. 02/09/2022 TOVA, el primer prototipo de casa impresa en 3D con tierra local de España. 3Dnatives; 3D Natives. Consultado: 28/08/2023,
Sitio Web: <https://www.3dnatives.com/es/la-impresion-3d-permite-un-proyecto-arquitectonico-sostenible-e-innovador-02092022/#!>
- Mario Cucinella Architects. (2020). Mcarchitects.it. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web:
<https://www.mcarchitects.it/progetti/tecla-technology-and-clay>
- May John, 2010 , *"CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS TRADICIONALES ARQUITECTURA POPULAR"*, edición 2011, BRUME,
INBS: 978-849801-523-2
Pág 22-23, 70-71, 92-93, 110-111, 116-117.
- Méndez, C. 22/09/2020, El Salvador tendrá su primera escuela impresa en 3D. Forbes. SitioWeb: <https://www.forbes.com.mx/negocios-el-salvador-tendra-su-primera-escuela-impresa-en-3d/>
- Moool, Junio 2021, Casa ecológica impresa en 3D TECLA / MC A Architects, Moool.com. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: <https://moool.com/tecla-3d-by-mc-a.html>

- Moove Magazine, 2023, ¿Qué es la arquitectura vernácula? Características y ejemplos, Moovemag.com Consultado: 22/08/2023, Sitio Web: <https://moove.com/2021/09/que-es-la-arquitectura-vernacula-caracteristicas-y-ejemplos/>
- Nealer, E. 23/01/2019, Chinese 3D-printed house can withstand earthquakes, costs less than \$5,000. Dezeen. Consulta: 30/08/2023, SitioWeb: <https://www.dezeen.com/2019/01/23/3d-printed-houses-winsun-china/>
- Nelson, D. 31/07/2023, Navajo Hogan Interior. Vpics.homes; VPics Homes Inc. Consulta: 31/07/2023, SitioWeb: <https://vpics.homes/navajo-hogan-interior>
- noeliamartinez. 17/11/2021, Be More 3D: haciendo realidad la impresión 3D de casas. Hablemos de Empresas. <https://hablemosdeempresas.com/pymes/impresion-3d-casas/>
- Nueva vivienda construida con una impresora 3D 08/06/2020, Piso BCN, Consultado: 30/08/2023 Sitio Web: <https://pisobcn.com/casa-construida-con-impresora-3d/>
- Parker, B. 2022, The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference. Summer Reading Book List. Consulta: 21/08/2023, SitioWeb: <https://www.mrsparkersap.com/summer-reading-list>
- Openings in Walls, 2023, Earthbagbuilding.com. Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: https://www.earthbagbuilding.com/articles/openings/openings.htm?utm_content=buffera208e&utm_medium=social&utm_source=pinterest.com&utm_campaign=buffer#rebar
- Our Founder, CalEarth. 2014, CalEarth. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.calearth.org/our-founder>
- Ortego, A. 18/03/2022. 24 horas con la tribu Musgum de Chad - Los viajes de Ali, YouTube, Consulta: 23/07/2023 a las 08:31H, min 2:10, SitioWeb: https://www.youtube.com/watch?v=BCyrNgOG080&t=186s&ab_channel=AliciaOrtego

- OVACEN. 03/03/2017, Las impresoras 3D también hacen casas. Diario de Noticias de Navarra. <https://www.noticiasdenavarra.com/que-mundo/2020/07/16/impresoras-3d-casas-2261023.html>

- OVACEN. 03/03/2017, Tecnología en obras, una casa con impresora 3D en 24 horas. OVACEN; OVACEN. <https://ovacen.com/tecnologia-onbras-casa-impresora-3d/>

- Páez Cristóbal, 29/12/2020 Majara Residence, el clúster de domos de superadobe de Zav Architects, Experimenta.es, Consulta: 11/08/2023, SitioWeb: <https://www.experimenta.es/noticias/arquitectura/majara-residence-el-cluster-de-domos-de-superadobe-de-zav-architects/>

- Patrick Walsh, Niall. 30/07/2018. NASA apoya proyecto de cápsulas impresas en 3D para astronautas en Marte. ArchDaily En Español. Consultado 27/08/2023, Sitio Web: <https://www.archdaily.cl/cl/899180/nasa-apoya-proyecto-de-cap-sulas-impresas-en-3d-para-astronautas-en-marte>

- Perry Null Trading Company, 2020, How to Build a Navajo Hogan. Consulta: 31/07/2023, SitioWeb: <https://perrynulltrading.com/blogs/perry-null-trading/how-to-build-a-navajo-hogan>

- Propuestas educativas: diferencias étnicas y culturales, 2023, espaiperformatiu, Udl.cat, Consulta: 29/07/2023, SitioWeb: http://www.espaiperformatiu.udl.cat/?page_id=637906&lang=es

- PrusaPrinters, 2023, 3D Printed Houses, 3D Printing News. PrusaPrinters, Consulta: 30/08/2023, SitioWeb: <https://blog.prusaprinters.org/3d-printed-houses-what-are-they-and-why-are-they-better-than-ordinary-houses/>

- Redacción. 18/07/2015 Taller de bioconstrucción con técnica de “Superadobe” en Guisando - TiétarTeVe. TiétarTeVe.Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://tietarteve.com/taller-bioconstruccion-superadobe-guisando/>

- Redação Pensamento Verde. 25/03/2014, Construções sustentáveis: as vantagens do uso de superadobe | Pensamento Verde. Pensamentoverde.com.br. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.pensamentoverde.com.br/sustentabilidade/construcoes-sustentaveis-vantagens-uso-de-superadobe/>
- Residencia Majara en Ormuz 08/12/2020 ZAV Architects, Consulta: 13/08/2023, SitioWeb: https://www.archdaily.cl/cl/952820/residencia-majara-en-ormuz-zav-architects?ad_medium=gallery
- Revista Summa. (2019). Arquitectura, UNAL, Apuntes Arquitectónicos N. 5 (1), 40–43, Consulta: 05/08/2023, Sitio Web: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/apuntesarq/article/view/12109>
- Robertson, B. 05/03/2022, La ingeniería bioclimática: la edificación más allá del horizonte, Mundiario, SitioWeb: https://www.mundiario.com/articulo/tecnologia/ingenieria-bioclimatica-edificacion-horizonte/2022_050317030755535498.html
- Sam y Alex, 2023, An Outdoor Seating Area, Earthbagbuilding.com. Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: <https://www.earthbagbuilding.com/projects/seat.htm>
- Sanz Matarranz, Carlos , 23/03/2017, EcologiaCot.Cursos de bioconstrucción en Finca La Tierra. Ecologiacotidiana.es. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://ecologiacotidiana.es/cursos-de-bioconstruccion-en-finca-la-tierra/>
- Savinar, C. 01/05/2018, El concepto detrás de las cúpulas geodésicas y por qué se ven por todas partes, Architectural Digest, SitioWeb: <https://www.architecturaldigest.com.mx/arquitectura/2018/05/01/concepto-cupulas-geodesicas-por-que-estan-por-todas-partes>
- Serra Utkum Ikiz. 12/09/2022, Spain's first building made with earth and a 3D printer: TOVA. Parametric Architecture, Consultado: 28/08/2023, Sitio Web: <https://parametric-architecture.com/spains-first-building-made-with-earth-and-a-3d-printer-tova/>
- SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli, Consulta: 20/07/2023, Sitio Web: <https://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>

- Solarat, C. 28/04/2021, "Tecla", la primera casa impresa con arcilla en 3D, diseñada por el arquitecto Mario Cucinella - Cultura Inquieta. Culturainquieta.com; Cultura Inquieta. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: <https://culturainquieta.com/es/arte/arquitectura/item/18136-tecla-la-primera-casa-impresa-con-arcilla-en-3d-disenada-por-el-arquitecto-mario-cucinella.html>

- Sun, 2016, Baidu's New Futuristic Office Building with over 40,000 LED lights, Arch Daily, Consulta: 04/08/2023, SitioWeb: <https://www.archdaily.com/790689/baidu-new-futuristic-office-building-with-over-40000-led-lights>

- Supercalifragi, 31/03/2013, Una construccion de superadobe paso a paso. Blogspot.com; Blogger, Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: <http://amorhumoryrespeto.blogspot.com/2013/03/una-construccion-de-superadobe-paso-paso.html>

- TECLA, las primeras casas impresas en 3D con arcilla de origen local. 04/04/2021. Ecolinventos. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: <https://ecoinventos.com/tecla-viviendas-3d/>

- The Spaces Team. 21/04/2021. Three houses taking 3D printing to the next level The Spaces. Consulta: 30/08/2023, Sitio Web: <https://thespaces.com/3d-printed-houses-next-level/?epik=dj0yJnU9Nk55Z25lUk1zbzR4TWJ0NTlGZW9xRHhLSlU3N2JuTU4mcD0wJm49SmpYOUUNTT0hmZ0xSZy1jX05rY3R0ZyZ0PUFBQUFBR1RkNVRB>

- Todos los derechos, 2023. Sobre Nosotros, Consulta: 23/08/2023, SitioWeb: <https://www.todoslosderechos.org/en/sobre-nosotros>

- Togo Mapa Para El Diseño De Fondo Blanco Vectores Libres de Derechos - iStock. (2023). Istockphoto.com. Consulta: 31/08/2023, SitioWeb: <https://www.istockphoto.com/es/search/2/image?mediatype=illustration&phrase=togo+mapa+para+el+dise%C3%B1o+de+fondo+blanco>

- TRT Español. 23/02/2021, Caniche de Tonya, a un paso de conseguir la Indicación Geográfica, Trt.net.tr. Consultado: 22/08/2023, Sitio Web: <https://www.trt.net.tr/espanol/cultura-y-arte/2021/02/23/caniche-de-tonya-a-un-paso-de-conseguir-la-indicacion-geografica-1589288>

- Trulli : UNESCO world heritag, 04/06/2022, Trulli Invest. Trulli Invest. Consultado: 04/09/2023, Sitio Web: <https://trulli-invest.com/trulli-unesco-world-heritage/?lang=en>
- Tsatsahouse, 2023, Tsatsahouse. Tsatsahouse. Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: <https://www.tsatsa-house.com/>
- Urbika, 18/03/2021, Casas hechas en 24 horas con una impresora gigante. Urbika, SitioWeb: <https://www.urbika.com/post/casas-hechas-en-24-horas-con-una-impresora-gigante>
- Vallejo Jose Andres 07/08/2023 Flickr, IMG_1923-W Flickr. Consulta: 07/08/2023, SitioWeb: https://www.flickr.com/photos/arquitectura_en_equilibrio/8169307781/in/photostream/
- Visita, L. (2023). Casa de 100 dólares. Consulta: 21/08/2023, Sitio Web: https://es.wikipedia.org/wiki/Casa_de_100_d%C3%B3lares
- VUSI KHUMALO , CHIEF NDABENI KRAAL , 2008, Everard Read - Cape Town. (2023). Everard-Read-Capetown.co.za. Consulta: 01/08/2023, Sitio Web: https://www.everard-read-capetown.co.za/artist/VUSI_KHUMALO/works/445
- Walker, D. (2019). The best alternative housing ideas. Evening Standard. Consulta: 21/08/2023, Sitio Web: <https://www.standard.co.uk/lifestyle/the-best-alternative-housing-ideas-a4181556.html>
- Walker, R. (2020). 8 fascinating facts about the Burj Khalifa, the tallest building in the world. CNN Travel. Consulta: 21/08/2023, Sitio Web: <https://edition.cnn.com/travel/article/burj-khalifa-facts/index.html>
- WASP 3D, 21/01/2021, Eco-sustainable 3D printed house, YouTube. Consulta: 13/08/2023, min 1:33, SitioWeb: https://www.youtube.com/watch?v=w9sXqxcRPM&ab_channel=3DWASP

- Wood, John George, 1827-1889 - Zulu Kraal enclosing 21 Huts - JohnGeorgeWood book - Wikimedia Commons. (2015). Wikimedia.org. Consulta: 01/08/2023, Sitio Web: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:023_-_Zulu_Kraal_enclosing_21_Huts_-_JohnGeorgeWood_book_063.jpg

- Yeffet, H. 02/04/2019, Shigeru Ban's Rooftop Terrace Closes the Deal on Japan's Tallest Building, ArchDaily. Consulta: 04/08/2023, SitioWeb: <https://www.archdaily.com/912348/shigeru-bans-rooftop-terrace-closes-the-deal-on-japan-tallest-building>

- ZAV Architects, 02/06/2021, Majara Residency, Presence in Hormuz 2 YouTube. Consulta: 11/08/2023, min 10:37, 10:49 , 14:52 , 14:56, SitioWeb: https://www.youtube.com/watch?v=28se_FFwvFg&ab_channel=ZAVArchitects

- Zellner, M. 2023, Beijing Greenland Center Tower, The Skyscraper Center, Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.skyscrapercenter.com/building/soms-beijing-greenland-center-tower/11005>

- ¿De qué trata la tecnología WASP? 26/09/2022 Expansión.com. Consultado: 28/08/2023, Sitio Web: https://www.expansion.com/fueradese rie/arquitectura/album/2022/09/26/631f2faa468aeb20128b45ac_2.html

-ELEMENTOS "B"- Citaciones

- Anonimo, (30/03/23), Arquitectura Vernácula, Wikipedia,
https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_vern%C3%A1cula
- Hyperion Robotics, 2021 Hyperionrobotics.com, Consultado 27/08/2023,
Sitio Web: <https://www.hyperionrobotics.com/projects/pad-foundation>
- RAE, (30/03/23), RAE,
<https://dle.rae.es/vern%C3%A1culo>
- RAE, (2) (30/03/23), RAE,
<https://dle.rae.es/adobe>
- Páez Cristóbal, 29/12/2020 Majara Residence, el clúster de domos de superadobe de
Zav Architects, Experimenta.es, Consulta: 11/08/2023, SitioWeb: <https://www.experimenta.es/noticias/arquitectura/majara-residence-el-cluster-de-domos-de-superadobe-de-zav-architects/>
- Revista construye, Enero 2022, Espectativa 2022, "*CONSTRUYE*", vol. digital,
Pág58-59,
<https://issuu.com/agsconstruye/docs/revistaconstruye-enero-2022-mty/1>
- Viaje al Patrimonio.15/04/2021, Kutammaku, País de los batammariba, Viaje al Patri
monio. Consulta: 31/08/2023, SitioWeb: <https://viajealpatrimonio.com/listing/kutammaku-pais-de-los-batammariba/>

-ELEMENTOS "C" - Textos fuente-originales

- Abdoulaye, L. 22/03/2014, Tata Somba – Traditional Fortress in Northern Benin. UNSEEN BENIN; UNSEEN BENIN. Consulta: 31/08/2023, SitioWeb: <https://unseenbenin.wordpress.com/2014/03/22/tata-somba-traditional-fortress-in-northern-benin/>
- Alcalde, S. 15/05/2019, Así serán las casas impresas en 3D que se construirán en Marte. [Www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es); National Geographic. Consultado 27/08/2023, Sitio Web: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-seran-casas-impresas-3d-que-se-construiran-marte_14259
- Andrea. (2010, February 18). *musgum earth architecture*. Designboom | Architecture & Design Magazine. Consulta: 21/07/2023 a las 13:30H, SitioWeb: <https://www.designboom.com/architecture/musgum-earth-architecture/>
- Arq. Emanuele Meloni, 08/03/2021 consulta:11/04/2023, *El trullo de Apulia: historia, arte, técnica y bioclimática de la construcción en piedra seca*, INFOBUIL, Sitio Web: <https://www.infobuild.it/approfondimenti/trullo-pugliese-storia-arte-tecnica-bioclimatica-costruzione-in-pietra-a-secco/>
- Arquitectura con Tierra 31/05/2016- *Casas de barro "Obus" de la tribu Musgum, en Camerún, África*. Blogspot.com, Consulta: 21/07/2023 a las 13:10H, SitioWeb: <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2016/05/arquitectura-con-tierra.html>
- CARRASCO ANA R. , LEAL JOSE F. Mundinteractivos, 12/09/2007, El adobe que permitiría colonizar la Luna, elmundo.es. [Elmundo.es](http://elmundo.es), Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.elmundo.es/elmundo/2007/09/12/suvidada/1189606057.html#:~:text=%22El%20poeta%20dijo%3A%20%22La,todo%20lo%20que%20hago%22%2C%20afirma>
- Debra Kamin, 2021, Un pueblo de México tendrá casas construidas con una impresora 3D. The New York Times. Consultado 27/08/2023, Sitio Web: <https://www.nytimes.com/es/2021/10/01/espanol/construccion-casas-3d-mexico.html>

- González, C. Agosto 2019. ¿Qué es la construcción con Superadobe? Construir TV. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.construirtv.com/que-es-y-cuales-son-las-ventajas-de-la-construccion-con-superadobe/>
- Haida Valerie, “La case OBUS Mousgoum”, Youtube, 25/03/2018, Consulta 20/07/2023 a las 13H, Sitio Web: https://www.youtube.com/watch?v=P02GCmlcr1o&ab_channel=HaidaValerie
- Heinrich Barth | Africa Expedition, Saharan Research & 19th Century | Britannica. °(2023). In Encyclopaedia Britannica. Consulta: 22/07/2023, SitioWeb: <https://www.britannica.com/biography/Heinrich-Barth>
- InPerfecto. 19/07/2020, NUESTRO HOGAR, UN RECORRIDO POR EL MUNDO Parte 14, Inperfecto.com.mx. Consulta: 01/08/2023, Sitio Web: <https://inperfecto.com.mx/2020/07/19/nuestro-hogar-un-recorrido-por-el-mundo-parte-14/>
- J. y M.F. Ostorero 2003, Wikipedia, 14/03/2005 Consulta 28/07/2023 Sitio Web: https://es.wikipedia.org/wiki/Caba%C3%B1as_de_barro_de_Musgum
- Maria Jose R. 02/09/2022 TOVA, el primer prototipo de casa impresa en 3D con tierra local de España. 3Dnatives; 3D Natives. Consultado: 28/08/2023, Sitio Web: <https://www.3dnatives.com/es/la-impresion-3d-permite-un-proyecto-arquitectonico-sostenible-e-innovador-02092022/#!>
- May John, 2010 , *“CASAS HECHAS A MANO Y OTROS EDIFICIOS TRADICIONALES ARQUITECTURA POPULAR”*, edición 2011, BRUME, INBS: 978-849801-523-2 Pág 22-23, 70-71, 92-93,
- Nader khalili superadobe. (2023). Calearth.es. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.calearth.es/nader-khalili/>
- Nelson, D. 31/07/2023, Navajo Hogan Interior. Vpics.homes; VPics Homes Inc. Consulta: 31/07/2023, SitioWeb: <https://vpics.homes/navajo-hogan-interior>

- Páez Cristóbal, 29/12/2020 Majara Residence, el clúster de domos de superadobe de Zav Architects, Experimenta.es, Consulta: 11/08/2023, SitioWeb: <https://www.experimenta.es/noticias/arquitectura/majara-residence-el-cluster-de-domos-de-superadobe-de-zav-architects/>

- Patrick Walsh, Niall. 30/07/2018. NASA apoya proyecto de cápsulas impresas en 3D para astronautas en Marte. ArchDaily En Español. Consultado 27/08/2023, Sitio Web: <https://www.archdaily.cl/cl/899180/nasa-apoya-proyecto-de-cap-sulas-impresas-en-3d-para-astronautas-en-marte>

- RTVE, 02/07/2015 Las casas de adobe empiezan a construirse en España. RTVE.es. Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.rtve.es/play/videos/teledia-rio/casas-adobe-empiezan-construirse-espana-para-luchar-contr-ca-lor/3195388/>

- SOCKS, June 26, 2015 by Fosco Lucarelli, Consulta: 20/07/2023 a las 12:48H, Sitio Web: <https://socks-studio.com/2015/06/26/musgum-mud-huts/>

- SuperAdobe Worldwide, CalEarth, 2014, CalEarth. CalEarth, Consulta: 03/08/2023, SitioWeb: <https://www.calearth.org/alumni-projects2/>

- tierrafirme2012. 12/11/2012 Construcción de un Eco Domo con super adobe por Nader Khalili, YouTube. Consulta: 08/08/2023, SitioWeb: https://www.youtube.com/watch?v=bnWw_PrJB48&t=1338s&ab_channel=tierrafirme2012

