

OTRA VIVIENDA ES POSIBLE: UNA REALIZACIÓN DE LA COOPERACIÓN ESPAÑOLA EN NOUAKCHOTT (MAURITANIA)¹

(ALTERNATIVE HOUSING IS POSSIBLE: FOLLOWING THROUGH ON SPANISH CO-OPERATION IN NOUAKCHOTT, MAURITANIA)

Julián Salas, Dr. Ing. Ind. (CSIC-IETcc); Ignacio Oteiza, Dr. Arquitecto (H y C s.l.); José Javier Legarra, Arquitecto.

Fecha de recepción: 20-VI-04

ESPAÑA

163-4

RESUMEN

Se presenta en este artículo la experiencia del proyecto y construcción de alrededor de 150 viviendas en Nouakchott, capital de la República de Mauritania, promovidas por la Fundación CEAR con financiación de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI). Este proyecto se inició en el 2002 y se encuentra en fase avanzada de realización.

El desarrollo de un proyecto de cooperación de estas características tiene múltiples visiones, que van, desde la solidaridad con los más necesitados en un país con grandes carencias, pasando por la formación de los habitantes de un barrio extremadamente pobre, así como el apoyo y materialización de nuevas propuestas a las incipientes políticas habitacionales en Mauritania. Sin embargo, este trabajo se centra de forma monográfica en unos pocos aspectos de la intervención, como son: las experiencias relacionadas con el proyecto de arquitectura, ensayos sobre los materiales y componentes empleados y el proceso de construcción de las viviendas, en el que se primó la participación de la población femenina y la creación de talleres de componentes.

SUMMARY

The present article describes the experience acquired in designing and building some 150 housing units in Nouakchott, capital of the Republic of Mauritania, under a project sponsored by Fundación CEAR and funded by the Spanish International Co-operation Agency (AECI, Spanish initials for Agencia Española de Cooperación Internacional). Initiated in 2002, the project is now in the final phases.

The implementation of a co-operation project of these characteristics can be viewed from many perspectives, ranging from solidarity with the most needy in a country with huge deficiencies to training for the inhabitants of an extremely poor neighbourhood, and including support for and materialization of new proposals for Mauritania's incipient housing policies. This monograph, however, focuses on a fairly short number of issues: experiences in connection with the architectural design, materials and component testing and the building process itself, which encouraged female participation and the establishment of workshops to make components.

1. INTRODUCCIÓN

La madurez de la cooperación española para el desarrollo, tanto la gubernamental, como la descentralizada, así como de algunas realizaciones emprendidas por ONG especializadas en hábitat, está dando lugar a la ejecución

de proyectos con un alto contenido tecnológico -como puede ser el caso que se describe- que se han beneficiado de las aportaciones de un nutrido grupo de profesionales especialistas, que, de forma altruista, han contribuido a su realización.

¹ El trabajo que se describe es resultado de la colaboración de un buen número de profesionales de muy diferentes especialidades. La firma del trabajo por parte de los autores, en modo alguno pretende arrogarse la autoría del trabajo que se describe, en el que han participado en algunas de sus etapas, insistimos en que se trata de un trabajo colectivo.

No queremos dejar de mencionar a los que, de una u otra forma, han hecho posible el proyecto -nos referiremos preferentemente a los aspectos técnicos del mismo-, al arquitecto **José Javier Legarra**, responsable del proyecto definitivo y de su ejecución como delegado en Mauritania de la Fundación CEAR. El seguimiento del proyecto se realizó desde el Comité Técnico de CEAR formado por: **Felipe Colavidas**, **Ramón Muñagorri**, **Teresa López**, **Ignacio Oteiza** y **Julián Salas**. El anteproyecto lo realizaron de forma altruista los profesores de la UNAM de México **Carlos González Lobo** y **María Eugenia Hurtado** que también coordinaron los trabajos prácticos con yeso realizados en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Iberoamericana de México D.F. El Profesor **Luis de Villanueva** hizo posible la realización de diversos ensayos de laboratorio en la ETSA de Madrid, en los que participaron **David Sanz**, geólogo y estudiantes de la Asignatura de Seminario de Laboratorio de la ETSAM coordinados por **Ignacio Oteiza**. **Julián Salas** redactó el «Informe Propositivo: resultado de la Misión en Nouakchott. Sep. 2001»

Las condiciones de vida y, en concreto, el nivel del hábitat del país receptor, Mauritania, son realmente lamentables. Incluso se tiene la percepción de que están -posiblemente por el carácter originariamente nómada de gran parte de su población- muy por debajo de lo que objetivamente

supone su posición relativa, en el puesto 152 de los 173 países clasificados por el PNUD (2002) según el Índice de Desarrollo Humano. De forma contundente puede afirmarse que las actuales y futuras familias beneficiarias de las viviendas que se describen en este trabajo, no dispo-

TABLA 1

MAURITANIA	
	
POSICIÓN DE MAURITANIA EN LA TABLA DE ÍNDICES DE DESARROLLO HUMANO ELABORADA POR EL PNUD (2002)	152
1.- Población total en millones (Año 2000)	2,7
2.- Proyección de población en millones (Año 2025)	4,8
3.- Superficie (Km ²)	1.025.520
4.- PNB per cápita (US\$ 1994)	480
5.- Deuda externa total millones (US\$ 1997)	2.453,2
6.- % de analfabetismo (1995)	62
7.- Esperanza de vida (1997)	53,5
8.- País colonizador	Francia
9.- Año de la independencia	1960
10.- Sistema político	República presidencial. Pluripartidismo
11.- Porcentaje de población urbana (en 1995)	54,0
12.- % de población rural con acceso a agua potable (2000)	40,0
13.- % de población urbana con acceso a agua potable (2000)	34,0
14.- % de población total con acceso a servicios sanitarios (2000)	33,0
15.- % de población rural con acceso a servicios sanitarios (2000)	19,0
16.- Número de viviendas construidas por cada 1000 habitantes y año	Nouakchott 2,6
17.- Inversión anual en infraestructuras (en \$USA por persona)	5,0

nen de las condiciones de *habitabilidad básica* entendida en el sentido que se describe en el artículo precedente: “Por un programa cosmopolita de Habitabilidad básica”.

Desde el punto de vista de la transferencia tecnológica y dejando fuera, en este caso, los posibles aportes del proyecto específicamente al desarrollo de sus beneficiarios, la intervención en Nouakchott persigue dos tipos de transferencia de conocimientos, fundamentales en opinión de las autoridades mauritanas receptoras del proyecto:

a.- Conseguir la materialización de un “germen de ciudad” de suficiente escala para mostrarse, como réplica, en el contexto de una urbe como es hoy día Nouakchott, que puede considerarse -desde nuestra óptica- como el paradigma de la “no-ciudad”.

b.- Poner a punto una tecnología de construcción de viviendas de muy bajo coste, fácilmente asimilable por una población sin tradición alguna en realizaciones a base de autoconstrucción y utilizando el yeso como material preferente, con el handicap de que el empleo tradicional de dicho material se perdió completamente en Mauritania.

2. MAURITANIA: NECESIDADES DE HÁBITAT

En la Tabla 1 se recogen algunos datos de interés sobre Mauritania que pueden servir para enmarcar esta acción de cooperación para el desarrollo.

Como ya se ha mencionado, Mauritania (2002), ocupaba el puesto 152 de la lista de 173 países correspondiente al Índice de Desarrollo Humano elaborado por el PNUD. Tiene una población de 2,7 millones de habitantes, con una esperanza de vida de 53,5 años, un índice de alfabetización de 48% y un PNB per cápita de 480 US \$ al año.

Otros datos:

- Distribución de la población: 54% urbana / 46 % rural
- Superficie: 1.025.520 km²
- Densidad: 2,47 hab/ km²
- Población con acceso al agua potable: 37%
- Población con acceso a servicios sanitarios: 19%

La capital del país es Nouakchott, con una población que se acerca al millón de habitantes, que ha pasado, desde que consiguió la independencia de Francia, en 1960, de unos 10.000 habitantes a la situación presente. La capital se ha convertido en el objetivo y destino de gran cantidad de los antiguos nómadas que buscan un futuro mejor.

El país ha incrementado su proceso de desertización desde hace más de 70 años, por la pertinaz sequía, lo que ha obligado a gran parte de la población rural a desplazarse a los centros urbanos. Impresiona ver una ciudad que yace,

literalmente, sobre el desierto, sobre cuyas dunas van naciendo las chabolas de los últimos que han llegado (ver Figuras 1, 2 y 3).

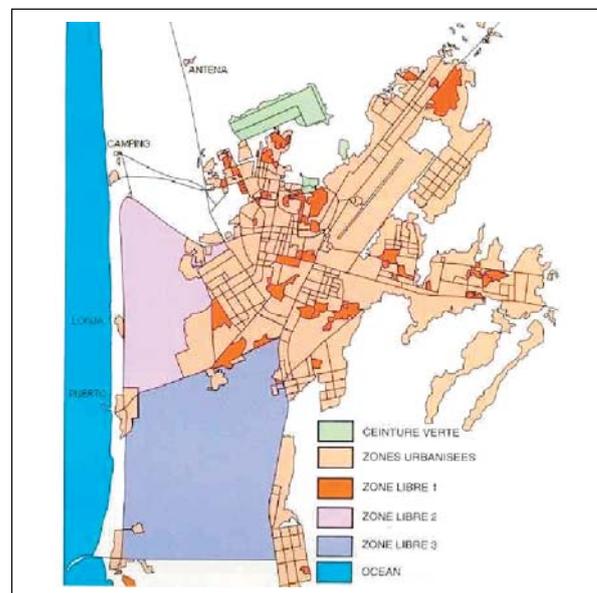


Figura 1.- Plano esquemático del desarrollo urbano de la ciudad de Nouakchott.

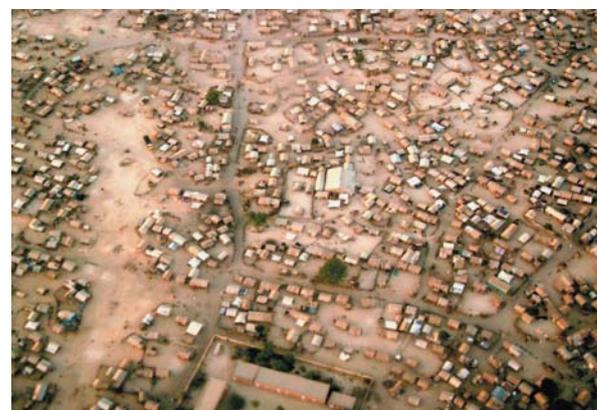


Figura 2.- Vista parcial aérea de El Mina, uno de los muchos tugurios -que son mayoría- en la capital del país.



Figura 3.- Aspecto parcial de un tugurio autoconstruido sobre la base de materiales desechados, justo en el momento que recibe el suministro de agua potable a precio de mercado. (Foto: J.J. Legarra).

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo general del proyecto, englobado dentro del programa HABITÁFRICA de la Fundación CEAR-AECI, es la mejora de las condiciones de vida en Rajaa, un barrio precario de Nouakchott. Debido al grado de pobreza, la aproximación se realizó de manera integral. La intervención se ocupó, simultáneamente, de: la mejora del hábitat, las infraestructuras y el fortalecimiento de las capacidades de los habitantes a lo largo del proceso de ejecución.

El Barrio de Rajaa se encuentra en la Moughataa de Riyad, junto a la carretera de Rosso que une Mauritania con Senegal, en el km 13. Lo conforman unos 59.000 habitantes en condiciones muy precarias. La mejora del hábitat es una necesidad expresada por la población. La dotación de habitabilidad básica que propone el proyecto, siguiendo el modelo de intervención de la ONG francesa GRET en su programa *Twize*, constituye un acercamiento o “entrada técnica” que permite una buena instalación del programa social en el barrio y la puesta en marcha de relaciones de concertación y de confianza con los habitantes y, de forma especial, con las mujeres (ver Figura 4). El proyecto se complementa con recursos individuales y municipales, materiales y sociales, básicos para crear un espacio humano habitable, digno y saludable. Se pretende propiciar la estabilidad para el desarrollo social y económico de los pobladores.

La implementación de las políticas municipales de servicios en el barrio Rajaa en colaboración con la Oficina Técnica del CDHLCPI (Comisariado para los Derechos Humanos, Lucha contra la Pobreza y la Inserción) y con responsables del gobierno mauritano en materia de hábitat, pretenden crear capacidad local para la resolución de los problemas en este sector.

Se trata de un proyecto de cooperación en el que se prima tanto el proceso social como el individual, entendiendo la importancia del proceso a la altura incluso de los resulta-



Figura 4.- Grupo de mujeres beneficiarias del proyecto en el momento de aprendizaje del manejo del mallazo de armadura para el armado de las cubiertas. (Foto: J.J. Legarra).

dos materiales sobre el hábitat que harán posible la satisfacción de las necesidades de residencia y urbanización. El resultado del proyecto será la construcción de 186 viviendas y la mejora de los servicios básicos de saneamiento y abastecimiento de agua potable, pero también el fortalecimiento de las estructuras participativas de la organización popular.

El programa se financia de la siguiente forma: el crédito está reservado para familias residentes en el barrio que tengan título de propiedad de la tierra que ocupan, que es el caso de prácticamente todas las familias del barrio *Rajaa*. Es necesario un aporte inicial por familia del 15% del valor total de la construcción del módulo tipo (cuarto, letrina y cercado de la parcela) y asumir un crédito del 35% del mismo total. El restante 50% es subvencionado. Es necesario también formar parte de un “Grupo Solidario *Twize*” que debe estar conformado por parte de 5 a 10 familias interesadas en participar en el proyecto. El principio de solidaridad es aceptado por los beneficiarios como el único medio de garantía para su crédito.

El principal logro del programa *Twiza Rajaa* será la implementación de un ‘*germen de ciudad*’ y de una tipología de vivienda ‘*crecedera*’ acorde con una demanda que se ha comprobado resulta accesible para muchos gracias al dispositivo financiero adoptado. Otro de los objetivos indirectos de este proyecto es el asesorar al Gobierno de Mauritania en la utilización de nuevos materiales y tecnologías de construcción apropiadas. El gobierno de Mauritania quiere llevar a cabo una investigación sobre materiales y tecnologías apropiados para la construcción de viviendas de bajo costo. Ámbito en el que la participación de expertos españoles podría ser una investigación en torno a la pertinencia del yeso, ya que el país dispone de yacimientos abundantísimos –aunque muy escasamente explotados- y se estima que su empleo en diferentes tipos de aplicaciones podría ser objetivamente de interés para Mauritania. Esta investigación y la posibilidad de concebir el proyecto in situ, ha tenido aplicaciones en otros proyectos de vivienda como Selibaby y Nouâdhibou también en Mauritania, por el desarrollo de una vivienda por fases, y por los materiales, donde, manteniendo la estructura de hormigón, se han utilizado otros como relleno: adobe y bloques de arenisca, según la disponibilidad del lugar.

4. EL ANTEPROYECTO DE ARQUITECTURA

El anteproyecto inicial, lo desarrollaron los arquitectos mexicanos Carlos González Lobo y Maria Eugenia Hurtado que contaron con la información conseguida in situ por el ingeniero Julián Salas (Salas, Julián, 2001). Se partió de una vivienda mínima, parte inferior de la Figura 5, conformada por una habitación (17,40 m²) y una letrina- ducha (5,04 m²) que está preparada para crecer en diver-

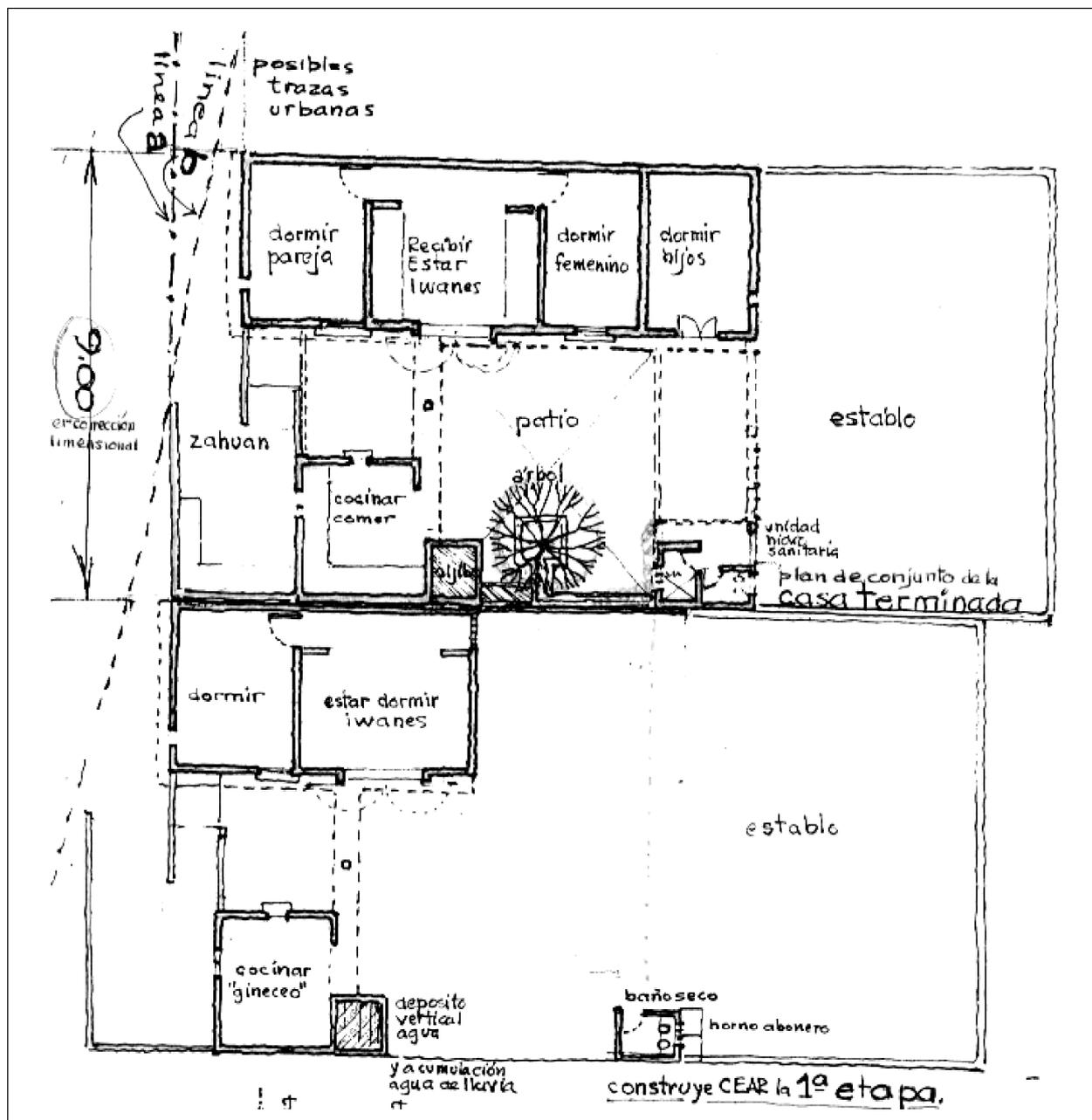


Figura 5.- Plantas de distribución de la fase inicial y posible crecimiento de la vivienda hasta la autoconstrucción de hasta un total de 76,32 m². (Dibujo González L. y Hurtado).

sas etapas hasta conformar una vivienda de 76,32 m² con la distribución que se recoge en la parte superior de la Figura 5.

El anteproyecto se describió (González L., Hurtado, 2001) en la siguiente forma:

“Una casa de patio con un cuerpo de habitaciones para padres e hijas y abuela en torno a un salón con divanes bajos de mampostería como salón de estar y recibo que se abre formalmente al patio y permite la máxima privacidad para los dormitorios y una habitación para los varones

con acceso desde el patio e inmediato al control del corral. Afuera y con control visual del patio, pero a salvo de las vistas del exterior que sólo se atisba por una rendija, estaría una habitación de 2,5 x 2,5 metros, que sirve de cocina y comedor y, en ocasiones, de gineceo. Y finalmente, entre el patio y el corral, los servicios de eliminación de excretas, letrina seca de dos hoyos con reciclamiento de excretas en seco que, en una primera etapa, sería destechado, conservando sólo los muros y una puerta donde, en etapas posteriores, podrían acompañarse de un cuarto de baño cuyas aguas, servidas mediante filtro de arena y cenizas, podrían ser usadas en un bebedero para los animales”.

En las Figuras 6 a 9, de C. G. Lobo y M. E. Hurtado, se representan varios aspectos de las ideas iniciales del proyecto: una perspectiva desde la cocina de los espacios interiores no cubiertos de la vivienda (Figura 6); una vista del alzado exterior de varias viviendas adosadas en su fase terminal (Figura 7) y dos aspectos de la distribución de la planta urbana de gran densidad: un núcleo conformado por una veintena de viviendas (Figura 8) y un detalle constructivo de la bóveda y los materiales propuestos inicialmente (Figura 9).

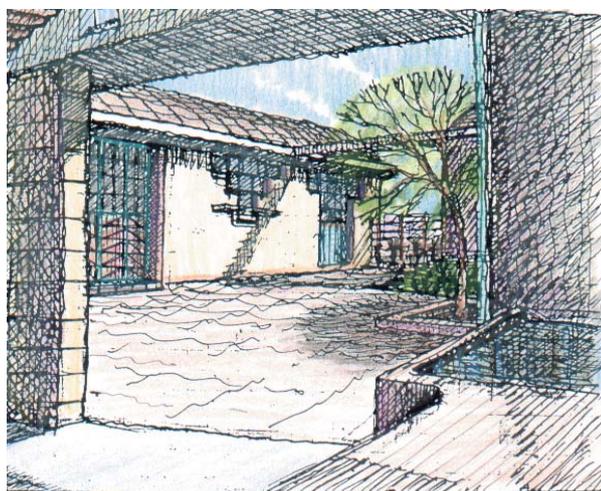
5. LOS MATERIALES

Uno de los principios de este proyecto de viviendas fue el utilizar en lo posible los escasos materiales existentes en el país y tecnologías de construcción sencillas que permitieran la creación de pequeños talleres de componentes constructivos y la autoconstrucción de partes de las viviendas, con participación de mano de obra femenina de las beneficiarias.

En la zona central del país donde se construyen las viviendas, se dispone fundamentalmente de arena del desierto y de grandes extensiones y volúmenes de sedimentos de residuos marinos conformados por conchas ("coquillage") que constituyen la única alternativa viable para sustituir los áridos necesarios para la preparación del hormigón, cuya inexistencia en cientos de kilómetros a la redonda hacen impensable su utilización.

5.1. El yeso materia prima abundante, escasamente empleado

En Mauritania el yeso natural se encuentra en grandes cantidades en la región de Nderhamcha, situada al norte de Nouakchott, existiendo al menos cuatro variedades de yeso



Vista desde la cocina

Figura 6.- Perspectiva desde la cocina de los espacios de patio. (Dibujo González L. y Hurtado).

provenientes de diferentes canteras. Esto llevó al equipo técnico a proponer un proyecto de viviendas utilizando mayoritariamente este material, aunque conscientes de las dificultades que presenta el yeso para su utilización en paramentos exteriores.

La información previa que disponía el equipo técnico sobre el yeso de Mauritania era escasa y basada en una nota técnica publicada en esta revista (Ould Chamek et al., 1998), en la que se presentaban resultados de la caracterización del yeso a partir de análisis termogravimétricos (ATG) y termodiferenciales (ATD), así como del estudio de cuatro diferentes yesos de esta región, basados en la difracción de rayos X.

En la capital, Noaktchott, existe, desde los años 80, una empresa, SAMIA -"Société Arabe des Industries Metallurgiques"-, productora de yeso y elementos decorativos a base de yeso, que, por distintas razones, ha permanecido cerrada o trabajando a muy bajo rendimiento. Esta empresa se mostró desde el primer momento muy interesada en colaborar con el proyecto, suministrando materia prima y equipos de producción de componentes a base de yeso, conscientes de lo que podrían suponer para su futuro los resultados del proyecto que se describe.

5.2. Caracterización de materiales

El equipo responsable del proyecto consideró de interés proceder a la caracterización de los yesos que utiliza la empresa SAMIA como materia prima en su industria, para lo que se solicitó la colaboración del Laboratorio de Materiales del Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSAM-UPM) (Villanueva, Oteiza, Sanz, 2002). La caracterización de las muestras de material, tomadas de forma aleatoria en la empresa SAMIA de Mauritania, perseguían los siguientes objetivos:

- Determinar la composición del agua de Nouakchott – Mauritania.
- Determinar las características físico-mecánicas del material, basándose en la Norma Española UNE, referida a Yesos y Escayolas.
- Determinar el producto español de yeso o escayola cuyas características se asemejen más al producto de Mauritania.

Las normas utilizadas en los diferentes ensayos fueron:

- UNE -102-010-86 - Yesos para la construcción. Especificaciones.
- UNE -102-011-83 - Escayolas para la construcción. Especificaciones.

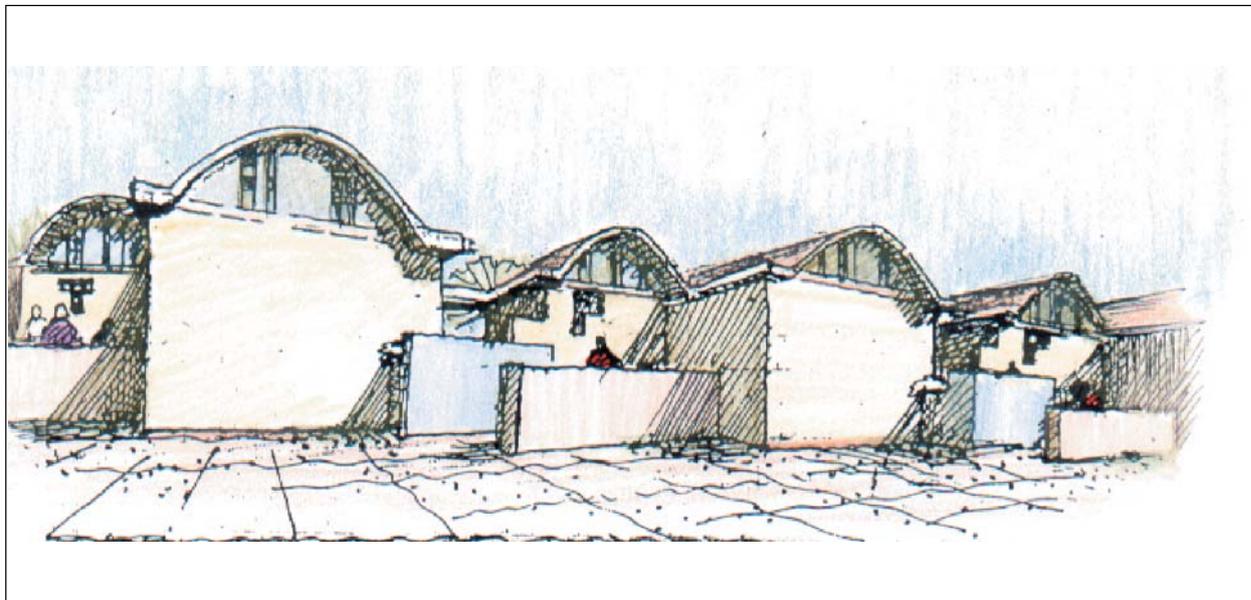


Figura 7.- Vista exterior de las viviendas. (Dibujo González L. y Hurtado).

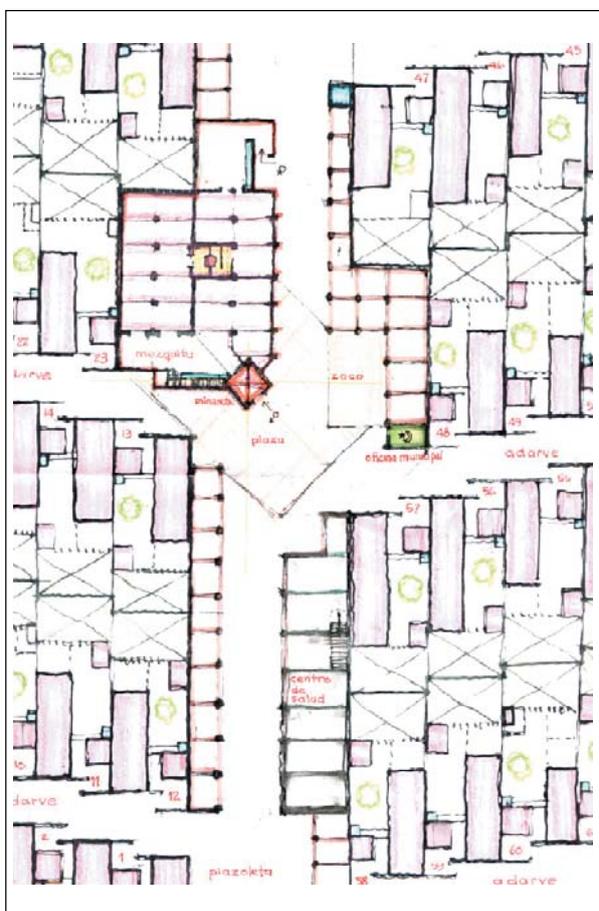


Figura 8.- Una de las unidades de trama urbana mediante cuya repetición se generaría el 'germen de ciudad'. (Dibujo González L. y Hurtado).

- UNE -102-031-82 - Yesos y escayolas de construcción. Métodos de ensayo físicos y mecánicos.
- UNE -102-032-84 - Yesos y escayolas de construcción. Métodos de análisis químico.
- EHE- Instrucción de hormigón estructural. Las conclusiones de este primer estudio fueron las siguientes:

5.3. El agua de la zona

Los valores obtenidos en los análisis de la muestra de agua se comparan en la Tabla 2 (página siguiente) con los que establece la norma "EHE -Instrucción del hormigón estructural", ya que la norma sobre el yeso no especifica valores para el agua del amasado. En los resultados no hay datos que puedan hacer sospechar un mal comportamiento del agua para realizar elementos constructivos en obra o prefabricados a base de yeso.

5.4. El yeso

Agua combinada: en el material analizado el agua combinada es del 6%, por lo que cumple con el requisito de las normas:

-UNE 102-010-86 -Yesos de construcción. Especificación: el contenido de agua combinada no debe de superar en ningún caso el 6%.

- UNE 102-011-83 -Escayolas para la construcción. Especificación: el contenido de agua combinada no debe de superar en ningún caso el 8%.

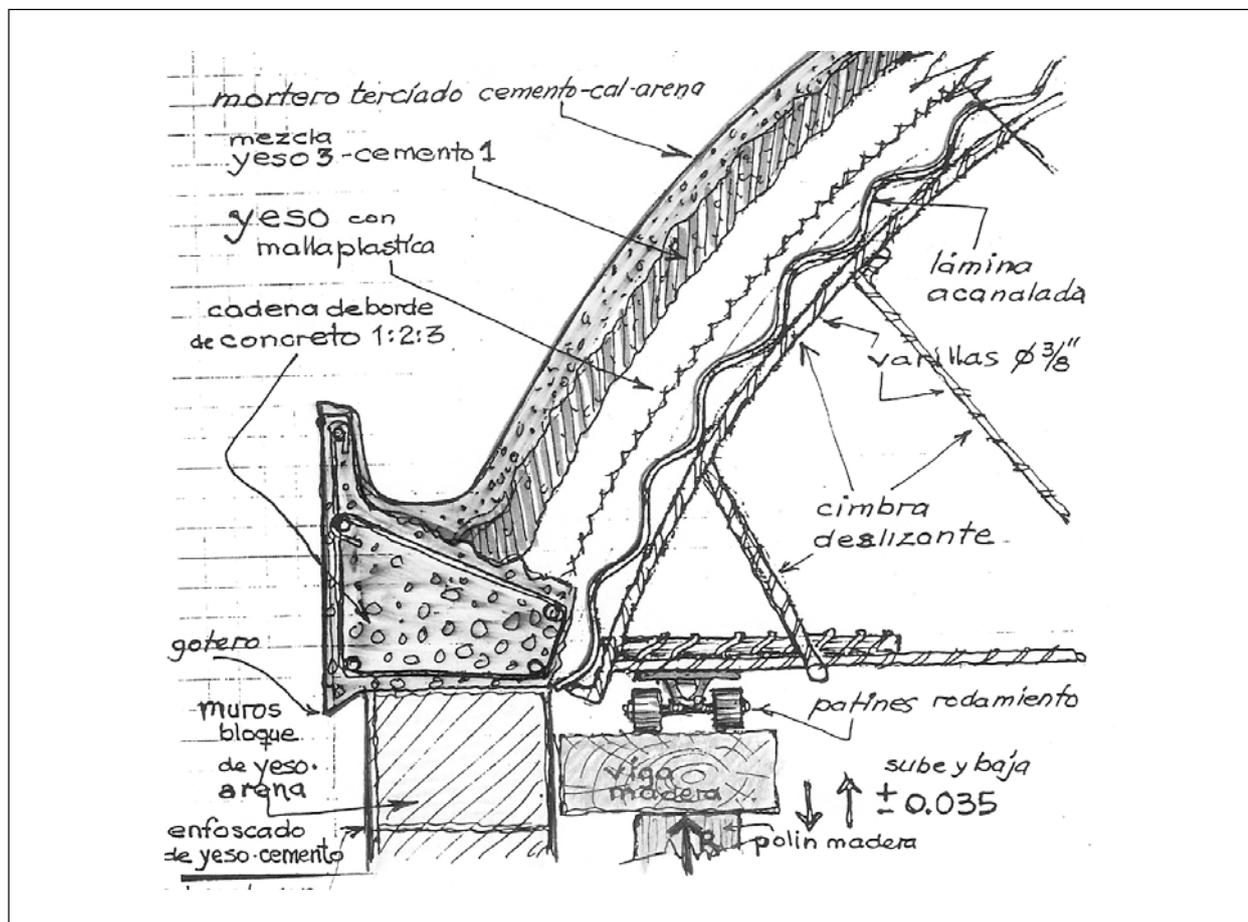


Figura 9.- Esquema inicial del encuentro de la bóveda con el muro exterior. Materiales y sistema constructivo. (Dibujo González L. y Hurtado).

TABLA 2

	Cl	Ca	K	SO ₄	PH
Agua de Nouakchott	0,81 mg/l	25 mg/l	0 mg/l	700 mg/l	7
Rangos según la EHE - 99	0-1 mg/l	0-100 mg/l	0-1500 mg/l	1000 mg/l	>5

1mg/l equivale a 1ppm (una parte por millón)

Índice de pureza: se aplica la norma UNE 102-032-84, conforme a la siguiente expresión:

IP%=1,70% SO₃+H₂O combinada

IP (del material de Mauritania)

IP=1,7% \times 41,17 (dato facilitado por la empresa)+6%
=75,99%

Corresponde a un **yeso grueso** de la norma UNE, por tener 76 % de índice de pureza.

-UNE 102-010-86 -Yesos de Construcción. Las especificaciones señalan índices de pureza como mínimo:

YG, YG/L-75%; YF, YF/L-80%; YP-85%

UNE 102-011-83 -Escayolas para la construcción. Las especificaciones señalan índices de pureza como mínimo: E30-85%; E35-90%

Tiempo de fraguado: el tiempo de fraguado de acuerdo a

los valores presentados por la empresa SAMIA eran de:

-Principio de fraguado: 3 minutos, 38”

-Fin de fraguado: 11 minutos, 22”

Diferencia: 7 minutos, 44”

Los ensayos realizados en el Laboratorio de Materiales de la ETSA-UPM, arrojaron los siguientes resultados:

-Principio de fraguado: 3 minutos.

-Fin de fraguado: 10 minutos.

Diferencia: 7 minutos.

Los tiempos de fraguado en los dos casos son similares. De acuerdo a estos resultados es un yeso de fraguado más rápido que el de la norma española, ya que el principio de fraguado, según la norma, debe estar comprendido entre 5 y 20 minutos. Sin embargo, para utilizarlo como yeso para la producción de elementos prefabricados, este tiempo reducido de fraguado, no tiene excesiva importancia, inclusive puede ser preferible para una mayor utilización de los moldes. Este resultado también indica la no existencia de contaminantes por fosfatos que pudieran perjudicar el material.

Finura de molido: la finura de molido del material de Mauritania, determinada en el Laboratorio según las Normas resultó ser de 1,46%

De acuerdo a estos resultados el material se corresponde con una **escayola “E-30”**, lo que indica que es un material de gran finura de molido.

Resistencia mecánica a flexotracción (Figura 10): los valores obtenidos en los ensayos superan los 30 kgf/cm²,



Figura 10.- Imagen de los ensayos a flexotracción realizados sobre probetas normalizadas en la ETSAM-UPM. (Foto: Oteiza).

sin alcanzar los 35 kgf/cm², según estos resultados podría asimilarse a una escayola E30 (mínima resistencia 30 kgf/cm²) o a un yeso de Prefabricados -YP (mínima resistencia 30 kgf/cm²).

-UNE 102-010-86 -Yesos de Construcción. Las especificaciones indican una resistencia a flexotracción:

YG, YG/L-20 kgf/cm²; YF, YF/L-25 kgf/cm²; YP-30 kgf/cm²

-UNE 102-011-83 -Escayolas para la construcción. Las especificaciones indican una resistencia a flexotracción:

E-30-30 kgf/cm²; E-35-35 kgf/cm²

Resistencia mecánica a compresión (Figura 11): los valores de los ensayos de resistencia a compresión superan en los dos casos los 88 kgf/cm² por lo que corresponden a una **escayola “E35”** (mínima resistencia 70 kgf/cm²).

-UNE 102-011-83 -Escayolas para la construcción. Resistencia a compresión:

E-30- 60 kgf/cm²; E-35-70 kgf/cm²

5.5. Conclusiones de la caracterización

de acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó que el material estudiado es asimilable a una **escayola “E30”** de la norma española, aunque el índice de pureza suministrado por el fabricante, no alcanza el valor del 80% exigido a esta escayola ya que según las especificaciones de la Norma Española (UNE 102-011-83): “Se designa E30 a la escayola que puede utilizarse en corridos de moldura de perfiles delicados, ejecución de moldeos, fabricación de plancha lisa y en general en los trabajos de decoración”.



Figura 11.- Imagen de los ensayos a compresión realizados sobre probetas normalizadas en la ETSAM-UPM. (Foto: Oteiza).

Para utilizar este material en elementos prefabricados, se recomiendan relaciones de Agua/Yeso superiores a los obtenidos en el amasado de saturación (A/Y-0,67), para obtener una mejor trabajabilidad del material, es decir, un tiempo de inicio de fraguado mayor al que se obtiene con el amasado a saturación.

6. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS: BLOQUES Y BÓVEDAS DE YESO

Una vez caracterizado el material, se analizaron posibles componentes constructivos a base de yeso. Para esto se contó nuevamente con el apoyo del Laboratorio de Materiales de la ETSAM-UPM, a través de la asignatura de Seminario de Laboratorio. Los estudiantes de esta asignatura llevaron a cabo diferentes ensayos para determinar la conveniencia o no de los componentes constructivos a base de yeso: como cerramientos de las viviendas y bóvedas de yeso como solución de cubierta. Es importante destacar que en cuanto a la cubierta a base de yeso, se realizaron algunos ensayos previos con estudiantes de Arquitectura de la Universidad Iberoamericana de México bajo la dirección del Prof. Carlos González Lobo.

6.1. Bloques de yeso realizados en laboratorio

conforme con diferentes ensayos con probetas de 4x4x16 cm se determinó como relación más conveniente en volumen: yeso "E30"/arena/agua, la siguiente: **1,0 / 0,7 / 0,85**, valores que surgieron de las características físico mecánicas del material y la trabajabilidad del mismo (Oteiza I. y López T., 2002).

Una vez determinadas las relaciones yeso / arena / agua en probetas pequeñas, se pasó a diseñar y ensayar el molde para los bloques de yeso, basados en las dimensiones y formas que utiliza la industria SAMIA. Las dimensiones externas del bloque (Figura 12) son: 40x15x20 cm (altura). La materia prima utilizada fue escayola "E30" y como



Figura 12.- Imagen de las probetas de ensayo y de los bloques de yeso y arena realizados en el laboratorio de la ETSAM. (Foto: Oteiza).

árido arena fina. Los valores medios de rotura a compresión obtenidos en los ensayos fueron de 37 kg/cm² (sobre el área bruta) y el peso medio del bloque fue de 12,26 kg.

Resultaron las conclusiones que siguen, de los ensayos de bloques realizados en la ETSAM:

A.- El peso del bloque al desmoldar (17,95 kg) y una vez seco (12,26 kg) se considera muy alto para su manipulación, por lo que se recomendó: un diseño diferente del bloque aumentando el volumen hueco (menor compactación).

B.- La trabajabilidad de la mezcla con las proporciones ensayadas es buena: se recomienda un amasado mecánico para homogeneizar la mezcla.

C.- El secado de los bloques en el ambiente del laboratorio resultó mejor que el realizado en estufa, recomendación que resulta favorable en un clima como el de Mauritania, donde hay escasas precipitaciones y las temperaturas son altas.

D.- Se recomienda además proteger el muro de bloques de yeso contra la acción del agua, en especial si va a tener solicitaciones estructurales.

6.2. Bloques de "hormigón" realizados en obra

El bloque de "hormigón" se ha diseñado en principio con iguales medidas que las del bloque de yeso. La única diferencia es el hueco que se deja al agrupar dos de los alvéolos laterales, para dejar sitio a un pilar de aproximadamente 13x13 cm.

La técnica empleada fue resultado de una adaptación de los medios locales a la forma de bloque deseada. No se ha pretendido innovar en el aspecto productivo, sino en el formal, ya que una nueva manera de producir supondría un aprendizaje previo con el que podrían surgir muchas dudas en su implantación. Los materiales empleados responden a una dosificación local habitualmente utilizada. Para establecer las comparaciones oportunas, se especificará más adelante la cantidad de cada componente, pero hay que señalar que mientras que con un saco de cemento, un productor local obtiene del orden de 80 bloques, la dirección del proyecto se propuso obtener unos 20-30 en aras a conseguir una mejor calidad de los mismos.

Aparte del cemento, se emplearon además arena de duna y conchas marinas (*coquillage*, a modo de áridos). Son estos los materiales en mayor proporción en los bloques producidos localmente, y eso provoca una disminución de la resistencia notable (Legarra, J.J., 2002).

Las cantidades de cada uno de los materiales se especifican en la Tabla 3.

TABLA 3

Material	Cantidad (vol.)	Cantidad (litros)	Volumen (por bloque)
Cemento	1 saco	50	2,08
Arena	2 carretillas de 50 litros enrasadas	115	4,79
“Coquillage” (Conchas de origen marino trituradas)	2 carretillas de 50 litros enrasadas	115	4,79
Agua	1 bidón	20	0,83
TOTAL		300	12,50
Número de bloques por dosificación (aprox.)			24

Se preparó un molde para la fabricación de encofrados perdidos a modo de vigas y zunchos. Las cantidades variarán, pero la dosificación se mantiene en las mismas proporciones (Figura 13 a, b y c)

6.3. Bloques de yeso realizados en obra

La forma de los bloques responde a similares bases de partida que las de los bloques de “hormigón”, salvo la diferencia de materiales. Las características del yeso (más ligero y más aislante, aunque por otro lado menos resistente a sollicitaciones estructurales), lo hacen idóneo para su empleo en cierres de fachadas donde la misión portante esté confiada a los elementos de hormigón armado. Las ventajas que se consiguen (aparte de las económicas y de la promoción de materiales locales) se pueden comprobar en soluciones ya ejecutadas en este material en Nouakchott.

Materiales empleados: en estas pruebas se emplearon las dosificaciones de la empresa SAMIA. Se han calculado 16 litros brutos por bloque. Teniendo en cuenta sus dimensiones de 20x20x40 cm, el volumen estimado es mayor, pero se ha hecho de manera expresa para evitar tener que añadir más cantidad por las pérdidas de las juntas (Legarra, J.J. 2002).

Se emplearon:

- 12 litros de agua
- 10 kilos de yeso
- 8 kilos de arena y “coquillage” premezclados.

Se aprecian en la Figura 14 las partes piramidales interiores, modificadas ligeramente sobre el diseño original, para permitir un desmoldeo más rápido. Aparte, se engrasan



Figura 13 a, b y c.- Tres momentos de la “producción” manual de bloques de “hormigón” en obra. (Foto: J.J. Legarra).



Figura 14 a, b y c.- Tres momentos de la “producción” manual de bloques de yeso en obra. (Foto: J.J. Legarra).



Fig. 15.- "Poster" de caractère didáctico preparado por J.J. Legarra con los pasos elementales necesarios para la "producción" manual de bloques de yeso en obra.

las paredes con aceite de motor que se recoge en varias estaciones de servicio (esto fue una gran preocupación después de ver en los alrededores de la ciudad, grandes superficies cubiertas de aceite utilizado, que se vierte de manera descontrolada sobre suelos muy permeables. Este empleo ha pretendido dar una utilización a ese deshecho). Se procedió al pesado de todos los materiales empleados, y en la cuba se realizó un amasado intenso con un modelo de varillas de cocina “gigantes” que se han fabricado a tal efecto (ver figura 14a), dejando el agua para el último momento (Figuras 14 a, b, c y Figura 15).

6.4. Conclusiones de los ensayos en obra

- Parece claro que la proporción de yeso puede llegar a reducirse levemente.
- La mezcla de los bloques de yeso es necesario que se realice de forma muy enérgica y con dos personas a la vez. La aparición de grumos condiciona notablemente la calidad del resultado final. Con el empleo de las “varillas” se ha reducido a prácticamente cero la aparición de grumos.
- A pesar del precio, sigue siendo interesante el uso de los bloques de yeso por su rapidez de elaboración.

6.5. Modelos para la realización de la cubierta

La propuesta inicial del proyecto preveía la utilización de las cubiertas con bóvedas de yeso, siguiendo la geometría de la catenaria, y aprovechando al máximo el uso del yeso como materia prima. Los primeros ensayos se realizaron en la Universidad Iberoamericana de México, bajo la dirección del Prof. González Lobo, ensayando dos sistemas constructivos. Por un lado, la bóveda vaciada in situ con encofrado ligero y desmontable de placas curvas metálicas (Figuras 16 y 17), y por otro, la bóveda a base de dovelas prefabricadas (Figura 18) y colocadas en la cubierta, para después vaciar una última capa de mortero a base de cemento, cal y arena, con propiedades impermeables (Carvajal, Magayón, Benkey, 2001).

Con estos primeros estudios se procedió en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid, a ensayar nuevamente la posibilidad de utilizar el yeso para elaborar las bóvedas de las viviendas.

Los primeros ensayos fueron para estudiar la adición de fibras (naturales y de polipropileno) a la masa de yeso, en probetas de 4 x 4 x 16 cm, esto permitió determinar algunas conclusiones:

- Mayor ligereza que el yeso en masa.
- Incrementa la tenacidad del material, y evita la rotura frágil típica del yeso.
- Disminuye la resistencia a compresión, pero aumenta la resistencia a flexo-tracción.

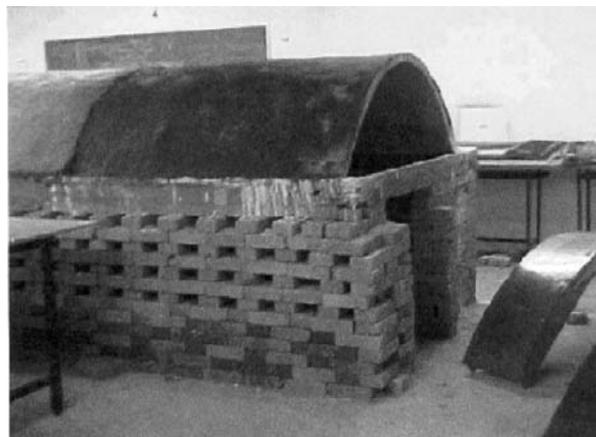


Figura 16.- Imagen de una bóveda a escala 1/2. Realizada en la Universidad Iberoamericana de México.



Figura 17.- Detalle de una bóveda a escala 1/2. Realizada en la Universidad Iberoamericana de México.

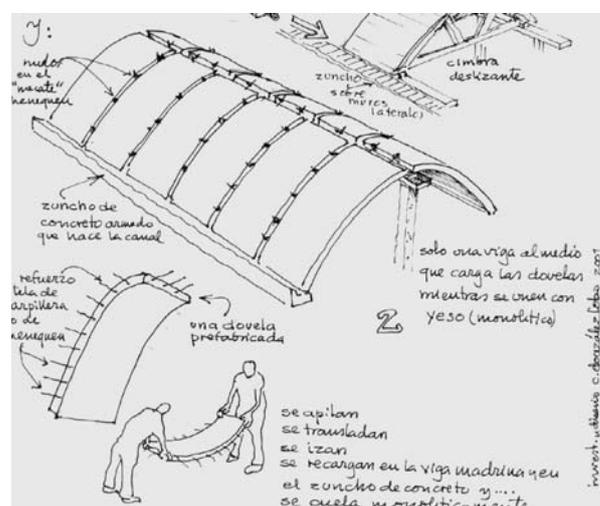


Figura 18.- Esquema de la bóveda a base de dovelas de yeso. (Dibujo González L. y Hurtado).



Figura 19 a y b.- Imágenes de los ensayos de las dovelas a escala 1/3 en el laboratorio de la ETSAM- Universidad Politécnica de Madrid. (Foto: Oteiza).

- Las fibras artificiales de polipropileno presentan una mayor adherencia al yeso que las fibras naturales.
- Las fibras naturales permiten una mejor trabajabilidad.

Para el diseño de la bóveda, se hizo un cálculo aproximado de las dovelas, usando el modelo del polígono funicular, según el cual la forma óptima responde a una parábola en la hipótesis de peso propio más sobrecarga. Para los ensayos, se decidió que las dovelas se articularan en la coronación con el fin de poder manipularlas en la obra y confinarlas en los apoyos.

Las recomendaciones de estos ensayos fueron las siguientes (Martín, Aldana, Fernández, Izquierdo, García, 2002):

- Elaborar las piezas in situ, manipularlas y transportarlas con precaución dadas sus características físicas.
- Una vez terminada la colocación de las dovelas, se recomienda colocar una capa de compresión que logre un estado monolítico de la bóveda y evite una permeabilidad excesiva.
- Al realizar los moldes, se ha de tener especial cuidado en que no se generen oquedades en la pieza, además de respetar el tiempo de fraguado de manera que no pierda resistencia ni se deforme.

Estas primeras conclusiones permitían recomendar este material para la elaboración de las bóvedas, sin embargo, uno de los graves problemas del yeso es su pérdida de resistencia en contacto con el agua, por debajo del 50%. En los estudios realizados en el laboratorio de materiales de la ETSAM, no se indicaba la forma de cómo resolver este problema, pues aunque la zona donde se construirían las viviendas es bastante seca, existen anualmente algunos periodos de lluvia, que podían afectar a los elementos estructurales en yeso (Figura 19 a y b).

7. EL PROYECTO DEFINITIVO Y SU EJECUCIÓN

El proyecto definitivo fue elaborado in situ por el arquitecto J. Javier Legarra, director de la obra; esto permitió

adaptar diferentes propuestas de materiales, componentes y formas de construir que surgieron durante el proceso. En las Figuras 20 y 21 se muestran: un esquema del sistema estructural básico, en hormigón armado, así como la planta y secciones de lo que será la vivienda total terminada.

Los principios que guiaron el proyecto fueron:

- Vivienda de crecimiento progresivo (concepción completa).
- Recuperación del modelo tradicional de vivienda de la zona en torno a un patio.
- Utilización de bóvedas de fácil construcción y adecuadas para la climatología de la zona.
- Adaptación a los tamaños de lotes predominantes en la zona.
- Sistema estructural adaptado al crecimiento previsto.
- Protección contra agresiones del medio externo.

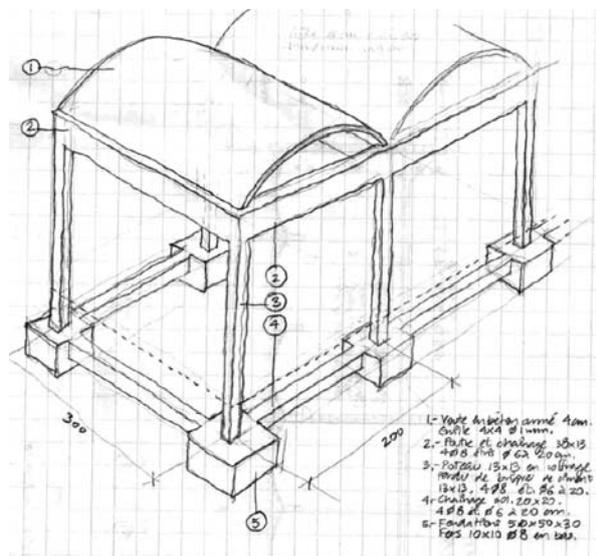


Figura 20.- Esquema estructural del módulo básico de vivienda cuya repetición genera las diferentes construcciones del proyecto. (Dibujo J.J. Legarra).

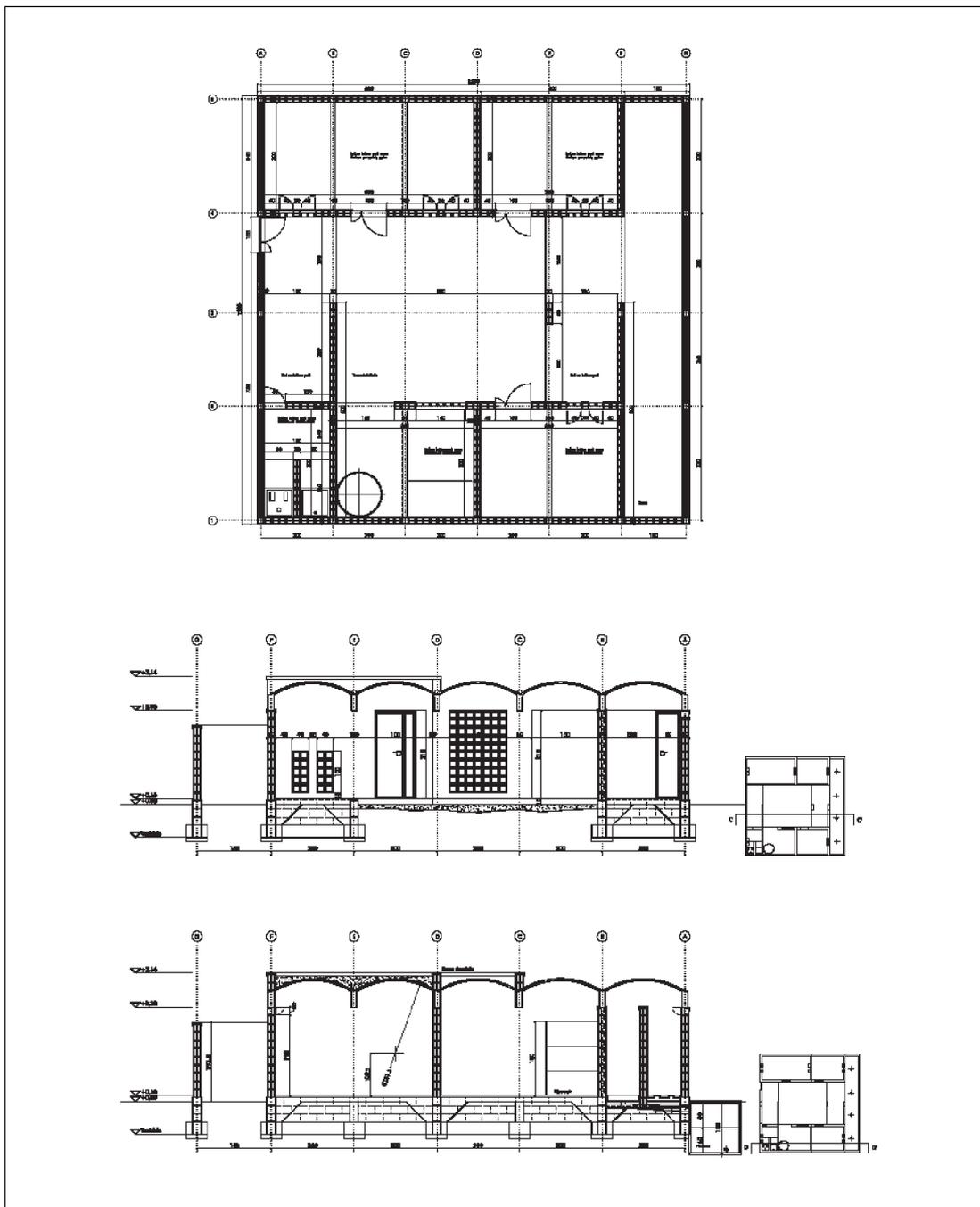


Figura 21.- Planta general y dos secciones frontales de una vivienda completa en su fase inicial. (J.J. Legarra).

- Economía constructiva y facilidad de ejecución adaptada al medio.
- Empleo de materiales locales para su adaptación a otras zonas del país o del entorno.

El proyecto se desarrolla recuperando la tipología de vivienda con patio que se adapta mejor a las condiciones climáticas de la zona, y que, por otra parte, ha sido desde tiempos ancestrales la manera de plantear la vivienda. Existen ejemplos en las «ciudades emblema» de

Mauritania (Chinguetti, Ouadane, Oualatta, etc.) ejemplos de arquitectura tradicional mauritana que ha quedado borrada del todo en la euforia constructiva del crecimiento de Nouakchott. En el caos que presenta la ciudad pocos ejemplos se pueden ver que respondan a este planteamiento. Por el contrario, las nuevas viviendas se plantean centradas en el terreno, rodeadas por el jardín (olvidando la herencia vernácula, que siempre ha resuelto los problemas de ventilación y aislamiento con una simple disposición de las habitaciones alrededor del patio).

La fachada exterior a la calle (y las medianeras) queda prácticamente ciega, y tan sólo se plantean unas pequeñas aberturas que ayuden a extraer el aire caliente por pura dinámica de fluidos. La fachada soleada, al encontrarse más caliente, hace que se acumule el aire en la zona superior; por lo que si se abren las ventanas del patio (situadas en la parte baja, para captar el aire más fresco) se crea una corriente de aire que refresca la vivienda. La situación de estas ventanas al patio responde, además, a cuestiones de hábitos locales, ya que la mayor parte de las actividades (la comida, el té, las charlas, etc.) se realizan en el suelo, sobre un tapiz.

Desde el acceso se entra al patio por un espacio al que da también la zona de servicios (letrina y ducha, 5,04 m²). Este bloque de servicio (junto al de la cocina, que da directamente al patio) se agrupa junto a la fachada de salida por razones culturales, ya que queda al abrigo de miradas, tanto desde el exterior como desde el mismo patio; y por razones de funcionalidad (la fosa séptica puede quedar fuera del recinto para su vaciado desde el exterior). Además se pueden recoger las aguas fecales, las de cocina y las de la letrina con un trayecto corto de canalización.

Es en este espacio-zaguán pueden almacenarse los posibles útiles de volumen (carretas, moldes, asnos, bidones, etc.) sin necesidad de introducirlos en la vivienda propiamente dicha. A continuación se encuentra el patio al que dan todas las habitaciones previstas, con ventanas situadas en la parte baja. Este patio puede, posteriormente, verse cubierto con una "jaima" (solución tradicional que difícilmente se abandona) que proporcionará zonas sombrías que favorecerán la ventilación natural.

Se ubican con salida al patio dos habitaciones tipo dormitorio de 11,40 m², una sala más grande de 17,40 m² y la cocina que se prepara abierta y con reserva para la colocación de un pequeño depósito para el agua, al que se dirigirán todas las pendientes de la cubierta.

A continuación, y tras un porche (veranda) que completa formalmente el patio, queda la salida al jardín en el que se prevé la plantación de árboles que permitan, asimismo, una zona sombreada que aporte aire fresco al patio. Es en esta zona donde pueden guardarse los animales sin necesidad de que salgan al exterior.

Si bien lo planteado sobrepasa de largo la vivienda que pueden asumir los beneficiarios, este planteamiento se fundamenta en un crecimiento previsible y organizado que evite posteriores problemas derivados de un mal uso o una arbitraria disposición de espacios. Se plantea una vivienda progresiva para que el crecimiento se desarrolle de manera organizada.

Los ritmos de construcción que requerían las viviendas en Nouakchott y los que se desarrollaban en las investi-

gaciones de los componentes (bloques y bóvedas de yeso) en la Escuela Superior de de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, eran diferentes, en la obra era necesario dar respuestas más inmediatas y con mayor seguridad, no se trataba de experimentar sin tener una base segura de que la respuesta de los materiales en las viviendas fuese la adecuada. Asimismo, no se había dado una respuesta clara para la impermeabilización de la solución a base de cubiertas de yeso, por lo que la premura de los plazos de obra llevaron a adoptar la cubierta de hormigón de 6 cm con mallazo, lo que se conseguía valiéndose de vasos para tomar el té de 6 cm de altura utilizados como separadores que dieron un excelente resultado al proporcionar luz directa en las habitaciones prácticamente cerradas.

En cuanto a la estructura, la cimentación está realizada a través de zapatas aisladas para los pilares, de dimensiones de 50x50x20 cm, con armadura de malla 10x10 con Φ 8, atadas con viga perimetral de 20x20. Para el arranque de los muros se colocó un murete perimetral de bloques macizos de mortero y, sobre éstos, una banda bituminosa, para evitar filtraciones. Los pilares se realizaron con bloques de mortero de cemento, de las mismas dimensiones que los de yeso, utilizados como encofrados para pilares interiores de 13x13 cm de hormigón, armados con 4 Φ 8 mm, con estribos de Φ 6 cada 15 cm. Las bóvedas son de hormigón armado con mallazo de acero trenzado de Φ 2 mm, con armaduras de Φ 6 cada 50 cm, atadas a la viga y al mallazo. Los diferentes materiales y el encuentro entre la bóveda y la viga de borde se muestran en la Figura 22.

Para el hormigonado de las cubiertas se dispuso de unos encofrados metálicos fácilmente manejables manualmente que se realizaron en el país y que permitía desencofrar en menos de 24 horas, lo cual permite al hormigón (aún en estado semiplástico) adaptarse a su forma final por la compresión de la propia catenaria. La bóveda se hormigonó en tres fases: la primera de hormigón casi líquido para su mejor adaptación a los encofrados y conseguir un buen acabado interior, la segunda capa más seca y, por lo tanto, más resistente, y la tercera fase, de acabado, una "lechada" de cemento, que deja liso el exterior y da las pendientes de desagüe. Dada la tremenda escasez de madera para la realización de encofrados de los elementos estructurales hormigonados en obras, se utilizó en todos -horizontales de atado y pilares verticales- bloques de hormigón prefabricados preparados al efecto (Figuras 23, 24 y 25).

Los cerramientos están realizados a base de bloques de yeso, con una mayor cantidad de alveolos, a los propuestos por la ETSAM, para mejorar su capacidad aislante y mecánica. Además se utilizaron bolsas de plástico apisonadas, abundantes en toda la ciudad, que se recogieron en varias jornadas de limpieza, como relleno que mejora la capacidad aislante de los bloques y ayudan a la mejora ambiental de la zona.

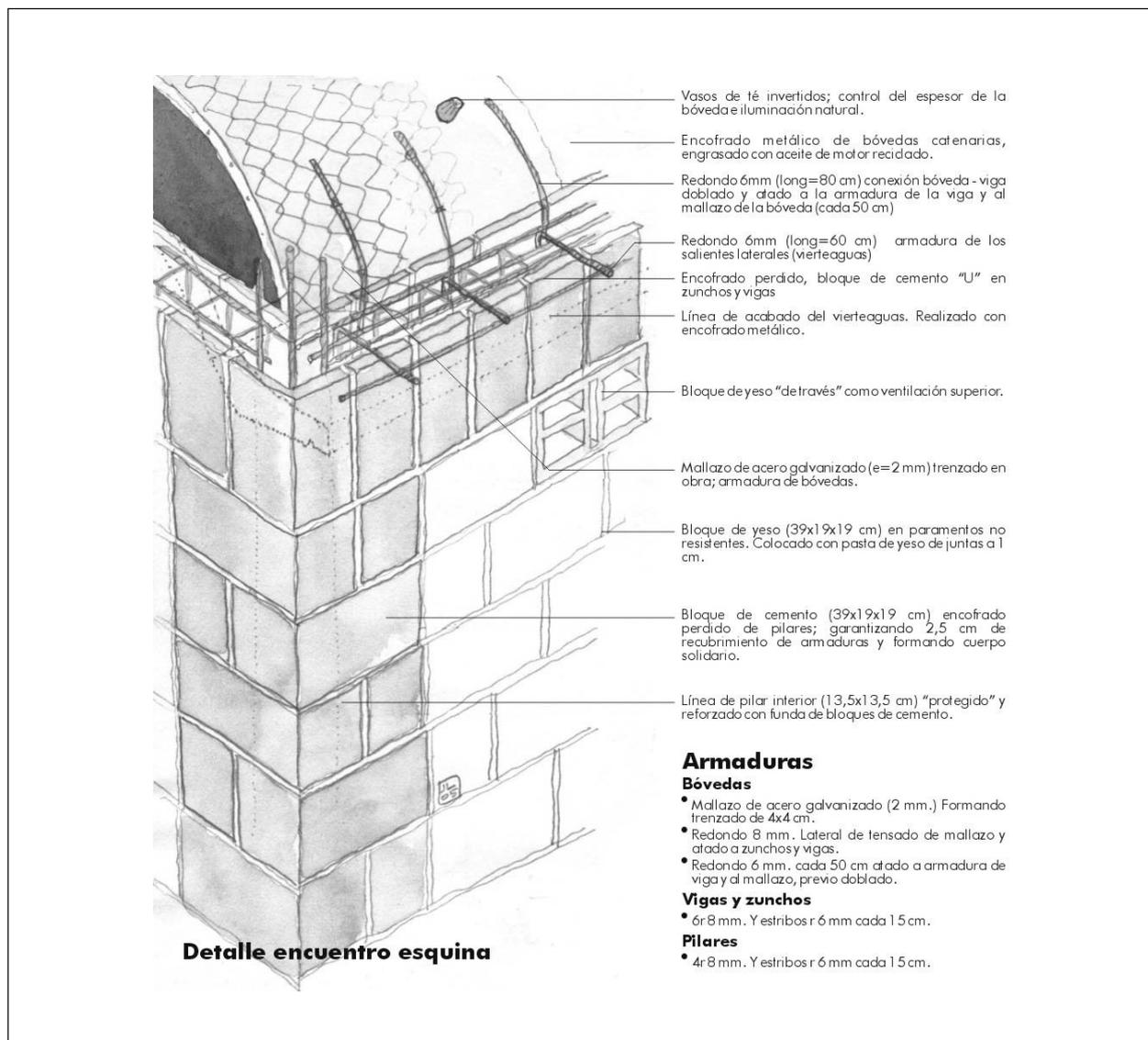


Figura 22- Esquema del encuentro de la bóveda de hormigón armado con la viga y los cerramientos. (J.J. Legarra).



Figura 23.- Preparación manual del encofrado metálico ligero para el hormigonado de las bóvedas. (Foto: J.J. Legarra).



Figura 24.- Elementos de la bóveda y proceso de hormigonado. En primer plano vaso de té. (Foto: J.J. Legarra).



Figura 25.- Vista de la construcción sin los acabados. Bloques de hormigón para encofrados de los postes y de las vigas o zunchos. (Foto: J.J. Legarra).



Figura 26.-Detalle de la preparación de bloques en "U" como encofrados perdidos para el hormigonado del zuncho de borde perimetral superior. (Foto: J.J. Legarra).

En las esquinas de los paños y cada 3 metros, se utilizaron pilares embebidos en bloques de hormigón a modo de encofrados perdidos, con armaduras de $6 \Phi 8$ mm, con estribos de $\Phi 6$ mm cada 15 cm.

Las Figuras 26 y 27 recogen algunos aspectos de los volúmenes externos y de los patios interiores de una de las primeras viviendas ejecutadas en su fase última de 72 m^2 utilizada como oficina de obra y de información a los participantes.

BIBLIOGRAFIA

- Carvajal J., Magayón A., Benkey M. y López E. *Cubierta de yeso Monolítica*. Trabajo de los estudiantes de Arquitectura de la Universidad Iberoamericana de México. 2001.
- Fundación CEAR. *Documento explicativo del Proyecto 2 Mauritania*. Madrid. 2002.
- González Lobo, C.; Hurtado, M. E. *Documentos varios y dibujos del anteproyecto*. México. Abril 2001
- Legarra, J.J. *Informes avances del proyecto HABITAFRICA-Mauritania. 2002, 2003*. Informes varios FCEAR.
- Legarra, J.J. *Planos, esquemas del proyecto y Fotos de los avances de la obra.2002-2004* Informes varios FCEAR.
- Martín Consuegra F., Aldana J., Fernández A., Fernández, J. Izquierdo L., García D. García I. *Estudio de la bóveda. Proyecto de asentamiento de viviendas en Nouakchott-Mauritania*. Trabajo de los estudiantes. ETSAM-UPM- 2002.
- Martín Ortega, E.; Muñoz, E.; Campoamor, J.; González, S. *Bloque de yeso. Proyecto Mauritania*. Trabajo de los estudiantes. ETSAM-UPM- 2002.
- Oteiza, I.; López, T. *Componentes constructivos con yesos de Mauritania-Bloque y Bóveda de Yeso*. Informe. Junio 2002.
- Ould Chamekh, et alt. *Caracterización Fisicoquímica del yeso natural en Mauritania*. Nota Técnica. Mater Construcc, Vol. 48, nº 250, abril/mayo/junio 1998. IETcc-CSIC Madrid.
- Salas J. *Informe Propositivo: resultados de la Misión en Nouakchott*, septiembre 2001, Documento interno FCEAR.



a



b



c

Figura 27 a, b y c.- Tres aspectos de una de las viviendas de mayor tamaño totalmente construidas así como del patio interior hacia el que se abren los muros de celosías conformadas por bloques de yeso (Fotos: J.J. Legarra).

• Salen Ould C. *Utilisations du plâtre dans la construction*. Comunicación Journée de sensibilisation sur l'utilisation des matériaux locaux dans la construction. Nouakchott. Mauritania. 2000.

• Villanueva, L.; Oteiza, I.; Sanz, D. *Caracterización de yesos en Mauritania*. Informe 01018. Laboratorio de materiales. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Enero 2002.
