

POSIBILIDADES DEL YESO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE BAJO COSTO

Ignacio de Oteiza

1. INTRODUCCIÓN

El problema de la vivienda en los países en vías de desarrollo (en adelante PVD), es probablemente uno de los más difíciles, ya que afecta a gran parte de la humanidad. Se puede afirmar que más del 50% de la población de los PVD necesita vivienda o necesita mejorar las condiciones del medio en que vive.

Casi todas las ciudades de los PVD, están rodeadas de asentamientos no controlados, donde se habita la mayoría de la población, los gobiernos se ven desbordados por este problema, las soluciones aplicadas hasta el momento no han frenado el aumento de la población en las ciudades, ni han permitido el acceso a la vivienda a los sectores de menores recursos. La tendencia actual es la de apoyar los esfuerzos que realizan estas familias a través de la autoconstrucción y mejora de las zonas, dotando de infraestructura a los asentamientos no controlados.

Aunque entendemos que el factor tecnológico no es el fundamental en la solución a este problema, creemos que actuando con directrices claras, se puede contribuir en muchos casos a la mejora del problema; los autoconstructores de las viviendas carecen de los medios para acceder a las tecnologías, que pueden mejorar el hábitat donde viven.

Algunas cifras que señala un informe reciente del Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos-UNCHS-Habitat, sirven para comprender la magnitud del problema.

- El 48% de la población mundial vive en zonas urbanas. En 1990, el 37% de la población de los PVD vivía en zonas urbanas, mientras que una tercera parte de la población urbana en los PVD vivía en tugurios y en ranchos.
- En 1990, más del 75% de la población en Latinoamérica vivía en zonas urbanas, que es

ABSTRACT PLASTER

POSSIBILITIES IN THE
CONSTRUCTION OF LOW-
INCOME HOUSES

The present work, part of the author's P.H.D. thesis, intends to analyze the influence of the construction materials in the cost of the houses for low-income people of underdeveloped countries. Since many of these construction materials can be produced in these countries and are not used any more because they have been substituted by others with higher cost of production, and worse, replaced by imported materials. Special emphasis is made upon the plaster, considering the important tradition of its use in our countries, which is being lost through the excessive use of the cement as its substitute; its higher handcraft production and the substantial energetic savings that it permits compared with the cement. A review of some of the uses of plaster for different constructive components, is being made.

RESUMEN

El presente trabajo es parte de la tesis doctoral del autor. Se trata en el mismo de analizar la incidencia de los materiales de construcción en los costos de la vivienda de interés social en los países en vías de desarrollo. Cómo muchos de los materiales que se pueden producir en estos países no son utilizados ya que han sido desplazados por otros con un mayor costo de producción y, lo que es más grave, materiales importados. Se estudia de forma especial el yeso por considerar que este material ha sido totalmente sustituido por el cemento, existiendo un abuso en la utilización de este último, perdiéndose incluso una tradición importante en nuestros países en el uso del yeso y permitiendo además una producción más artesanal y con un ahorro energético sustancial al compararlo con el cemento. Se hace una revisión de los posibles usos del yeso para diferentes componentes constructivos.

DESCRIPTORES

Materiales de construcción, Viviendas de bajo costo, Yeso.

el grado más alto de urbanización del mundo, superior al de Europa con un 73% de la población concentrada en las zonas urbanas (Centro UNCHS-Habitat 1992).

Pero de esta gran cantidad de personas concentradas en zonas urbanas, en América Latina existen entre un 50-70% que viven en áreas marginales de la periferia de las ciudades, construyendo su vivienda en correspondencia con la irregularidad de sus ingresos, una casa construida a la medida de sus posibilidades, y que se transforma en el tiempo, sustituyendo los materiales iniciales, en su mayor parte de desecho, por materiales más duraderos, pudiendo transcurrir en este proceso alrededor de 17 años (Oteiza, Echeverría, Arribas, 1988).

Son diversos los factores que inciden en el incremento de los asentamientos no controlados, y aunque no se trata en este trabajo de analizar detalladamente cada uno de ellos, sí es importante señalarlos.

a. Factor demográfico. Un crecimiento muy rápido de la población mundial, a partir de la revolución industrial y en especial en los últimos 40 años. Con el agravante de que este crecimiento es mucho mayor en los PVD que en los desarrollados. En 1980, tres de cada cuatro personas vivían en los países subdesarrollados; para el año 2025 se espera que cuatro de cada cinco vivan en estos países.

b. Migraciones campo-ciudad. En América Latina, en 60 años, se ha invertido la relación entre la población rural y la urbana. En 1930, alrededor del 70% de la población vivía en zonas rurales, mientras que en 1990 un 75% de la población vive en ciudades de más de 20.000 habitantes.

Estas migraciones se deben a las graves carencias (educación, salud, servicios, etc.) existentes en la zonas rurales y a las expectativas de la población de conseguir una calidad de vida mejor y empleo para su familia en las ciudades. Estas migraciones, conjuntamente con el alto crecimiento demográfico, hace que se presenten las mayores aglomeraciones urbanas en los PVD, donde ciudades como México y São Paulo, contarán con más de 20 millones de habitantes para el año 2000.

c. El factor económico. En América Latina, la situación económica ha empeorado; en los años 80, el producto por habitante bajó en un 10%. Según estudios de la CEPAL (1984), existen en la actualidad cerca de 130 millones de pobres,

lo que representa un 35% de la población, que llegará a 170 millones para el año 2000, si no cambian las condiciones económicas y en especial la distribución de la renta en estos países. Estos problemas económicos, conjuntamente con la presión de los organismos internacionales para la realización de ajustes estructurales en las economías de estos países, han llevado a los gobiernos de los PVD a que las inversiones en sectores relacionados con la vivienda, entorno de vida, seguridad social y asistencia, se reduzcan drásticamente.

El factor económico es quizás el factor más importante, ya que a su vez es el causante de las migraciones campo-ciudad.

d. El factor tecnológico. Al agudizarse el déficit de vivienda en la región en los años 70 y 80, se pensó que aplicando tecnologías que habían tenido éxito en otras partes y especialmente aquellas aplicadas para la reconstrucción de Europa después de la guerra, se podían resolver los problemas de vivienda. Sin embargo, la experiencia en muchos casos fue negativa, pues se trató de una transferencia de tecnología que además de no estar adaptada al medio, no podía ser aplicada para solucionar la falta de vivienda de la población de bajos recursos, ya que los costos de las construcciones excedían las posibilidades económicas de las familias a las que iban dirigidas estas soluciones. Además, en muchos casos se trataba de tecnologías en desuso y que obligaban a la compra de equipos e insumos de las industrias en los países de origen. Ante esto, la población de menores ingresos, sin acceso a las tecnologías "modernas", busca resolver su problema de vivienda a través de su propio esfuerzo, utilizando tecnologías tradicionales e improvisadas. Las tradicionales en muchos casos no se adaptan a las nuevas situaciones de la ciudad y las improvisadas corresponden a soluciones precarias que reflejan el bajo nivel de ingreso, y la inestabilidad, dado el tipo de ocupación de la tierra. Por otro lado, existe una falta de apoyo técnico y económico en todos los casos.

En los PVD se identifican dos sectores económicos bien diferenciados, un sector moderno denominado también formal o estructurado, con características similares a la economía de los países desarrollados, en donde la cons-

trucción de la vivienda se realiza a través de promotores privados y en algunos casos por promoción pública con la construcción de viviendas de interés social, pero donde el porcentaje de la población que puede acceder a esta oferta de viviendas es cada vez menor. Por otro lado, el sector público invierte cada vez menos recursos en la construcción de viviendas y servicios de infraestructura, dados los graves problemas económicos por los que atraviesan estos países y por el ajuste económico a que están sometidos.

El sector no oficial, denominado también sector informal o no estructurado, es el principal constructor de "viviendas" en estos países. Un sector económico constituido por grupos familiares cuyos ingresos están por debajo de los dos salarios mínimos, por lo que no pueden acceder a las viviendas que se ofrecen en el sector formal. Este grupo representa un alto porcentaje en las ciudades de América Latina y de todos los PVD.

El fenómeno de la construcción de viviendas del sector informal representa la mayor parte de la construcción en América Latina, según CEPAL (1984):

"Se ha estimado que la participación de arquitectos en los procesos convencionales de diseño y construcción de edificios y obras públicas, no pasa del 10% de todas las estructuras que se levantan anualmente en América Latina y el Caribe. En cuanto a la planificación, la participación puede ser aún menor. En cambio, los constructores profesionales del hábitat (arquitectos e ingenieros) crean de hecho prototipos que sirven como modelo para edificaciones no reguladas y de este modo participan, aun cuando no siempre conscientemente, en la configuración de la forma material del hábitat de una manera mucho más importante que el ejercicio de su profesión".

Como señala el comunicado de Habitat "La vivienda juega, sin ninguna duda, un papel de importancia vital, en la búsqueda del desarrollo sostenible: una vivienda adecuada no sólo cría ciudadanos sanos, que se interesan y pueden participar en el sostenimiento de los sistemas de apoyo a la vida de nuestro planeta, sino que, y esto es lo más importante, las condiciones del entorno diario, configuran nuestra manera de vivir y en último término afectan al medio ambiente mundial. Se reconoce que la inversión en la vivienda y en la infraestructura que con ella se relaciona, estimula el desarrollo económico, pues ejerce un impacto positivo en los sectores de los materiales de construcción y en el de la construcción misma, sector que proporciona empleo a muchas personas, incluso a trabajadores sin capacitación o de capacitación media".

2. EL DÉFICIT DE VIVIENDA Y LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El problema de la vivienda en referencia al déficit en los PVD, es grave actualmente y con pocas esperanzas de mejorar, ya que el crecimiento de la población es mucho mayor en estas regiones y las perspectivas económicas no son mejores. Ante esto se deben proponer medios para afrontar las necesidades apremiantes de una población más numerosa cuya demanda no deja de aumentar.

Una de las formas de intentar mejorar el problema, es por medio del desarrollo de la industria de la construcción en los PVD, ya que además de satisfacer las necesidades de vivienda de la población, estas industrias promueven el desarrollo económico de los diferentes países.

Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial-ONUDI (El-Rahman, 1985), "la demanda de los materiales de construcción va a duplicarse de aquí a finales de siglo, por lo que será necesario adoptar urgentes medidas para promover esta industria". Por otro lado, se señala que muchos países en vías de desarrollo gastan gran cantidad de dinero en la importación de materiales de construcción, llegando a ocurrir, que en algunos países de África más del 90% del valor de los materiales de importación corresponden a la construcción (Moavenzadeh, 1985).

Gran parte de estas importaciones no serían necesarias ya que la mayoría de los países cuentan con materias primas apropiadas para la producción de materiales de construcción, y en general los materiales autóctonos resultan más baratos que los importados. En casi todo el mundo han existido recursos naturales, sean de origen mineral o vegetal, que han permitido durante mucho tiempo la construcción de viviendas; sin embargo, estas técnicas se van perdiendo y se sustituyen por otras tecnologías y materiales que son ajenos a estos países. Por otro lado, los costos de transporte, tanto de las materias primas como de los materiales acabados, determinan gran parte de los precios de los materiales de construcción.

En los PVD, la industria de la construcción se encuentra también dividida en dos grandes sectores, el moderno o formal, que utiliza tecnologías avanzadas y que construyen las grandes obras de infraestructura promovidas por el Estado, oficinas, comercios y viviendas de los grupos de mayores ingresos, y un sector informal constituido por pequeñas empresas que actúan en la periferia de las ciudades y en zonas rurales; estos sectores llegan a ser los mayores consumidores de materiales de construcción.

Por otro lado, la producción de materiales de construcción en los PVD es insuficiente, entre las razones que señala ONUDI (Moavenzadeh, 1985) de la importancia

de incrementar el potencial industrial para la fabricación de materiales de construcción en estos países:

- Un porcentaje apreciable de los materiales de construcción utilizados en los países en desarrollo se importa, afectando negativamente a la balanza comercial.
- Los datos de importación y exportación indican la persistencia de una estructura de intercambio, según la cual los países en desarrollo exportan materias primas e importan esos mismos materiales en etapas avanzadas de transformación.
- Los materiales de construcción deben tener un papel destacado dentro de los objetivos de la política industrial de los países en desarrollo, en atención a las necesidades humanas básicas que únicamente pueden ellos satisfacer.

Se debe hacer hincapié en el desarrollo y explotación de los materiales autóctonos. A menudo existe un desconocimiento de los recursos naturales con que cuentan muchos de los PVD, en especial cuando se trata de recursos que no son petroquímicos, ni minerales metálicos, ya que éstos no tienen mayor importancia por parte de los intereses internacionales.

Entre las recomendaciones de diferentes organismos, en materia de investigación para la industria y materiales de construcción en los PVD, destacan:

- a. El Consejo Internacional de la Edificación (CIB), a través de su secretario general, planteaba en el año 1985, entre otros aspectos, la necesidad de (Sebestyen, 1985):
 - Utilización de materiales y subproductos locales; conservación de recursos y energía.
 - Aumento de la durabilidad y la piroresistencia de los materiales de construcción autóctonos.
 - Tecnologías apropiadas; aspectos económicos de las investigaciones y desarrollos tecnológicos.
 - Aplicación de técnicas de control de calidad para el mejor uso de los recursos.
 - Conservación de los recursos naturales y energéticos.

En relación con los materiales de construcción, las prioridades son:

1. Tierra (arcilla, adobe, laterita).
2. Cemento, cal, yeso y puzolanas (fábricas sencillas, materias primas locales y empleo de combustible local para la calcinación).
3. Concreto, ferrocemento, ladrillos, bloques, elementos premoldeados.
4. Madera, bambú, otros productos y subproductos vegetales.

b. En un informe elaborado para la Organización Latinoamericana de Vivienda y Desarrollo de Asentamientos Humanos (OLAVI) y por el Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UNCHS-Habitat), se señalan como prioridades en algunos países de América Latina, la necesidad de realizar investigaciones sobre la producción de yeso en pequeñas plantas, y la reintroducción de su uso como material aglutinante.

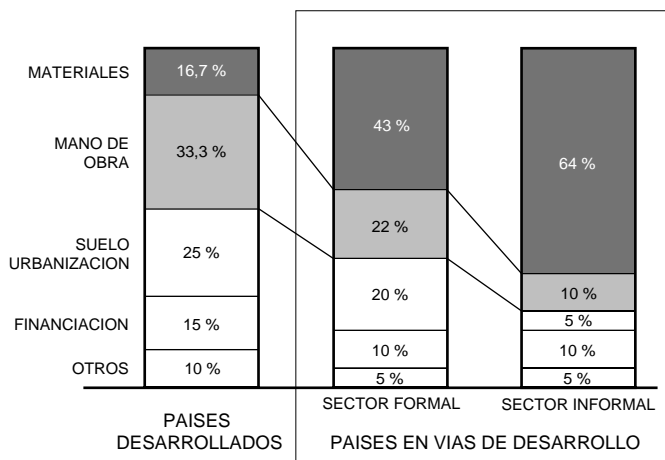
2.1. INCIDENCIA DE LOS MATERIALES EN LOS COSTOS DE LA VIVIENDA

La incidencia de los materiales en los costos de la vivienda es especialmente alta, cuando se comparan estos costos en los países desarrollados con los de los PVD y mucho más al analizar los dos sectores formal e informal.

En el estudio mencionado anteriormente (Salas, 1992), se desglosan los componentes básicos del precio de las viviendas de interés social, permite apreciar cómo en los países en desarrollo el componente que tiene una mayor repercusión en el costo de la vivienda es el de los materiales, que representan en los PVD un 43% en el sector formal y hasta un 64% en el sector informal, lo que equivale a las cuatro quintas partes del costo de la construcción propiamente dicho, mientras que en los países desarrollados, los materiales representan apenas un 16,7% del costo de la vivienda, debido principalmente a la repercusión de la mano de obra y de los costos indirectos (suelo, urbanización, financiamiento y otros) (figura 1).

Esta alta incidencia de los costos de los materiales de construcción en las viviendas de los sectores informales se debe, entre otros factores, a que existe una gran parte de la vivienda que se realiza por autoconstrucción, por

FIGURA 1
Distribución de los costos de la vivienda (Salas, 1992).



lo que los costos de mano de obra son muy bajos. Por otro lado, los gastos de suelo y urbanización son mínimos ya que se trata en muchos casos de zonas de la periferia de las ciudades o zonas no aptas para la construcción.

Haciendo un análisis de la descomposición de precios por componentes constructivos de una vivienda, se puede apreciar que en las viviendas de interés social, la incidencia de los costos es principalmente en los muros y en la cubierta, que representa el 50% o más del costo total.

Según estudios de diferentes autores en relación con esta descomposición de precios de forma porcentual, se aportan los siguientes datos:

En un estudio realizado para Guatemala (Salas, 1992), se concluye:

Paredes y muros	56,9%
Techumbre	31,7%
Cimentación	5,9%
Puertas y ventanas	5,6%

En el sector informal de algunos países en África (Nolhier, 1985):

Muros	43%
Cubierta	26%
Fundaciones	17%
Acabados	14%

De estos datos se puede concluir, que en la vivienda de bajo costo, el papel de los materiales de construcción y en especial los que se utilizan para elementos verticales (exteriores e interiores) y para la cubierta, es fundamental, por lo que se debe hacer hincapié para la mejora del hábitat económico en el estudio de materiales y sistemas constructivos que ayuden a disminuir los costos y a mejorar la calidad de este tipo de viviendas.

3. YESO, MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN LA VIVIENDA DE BAJO COSTO

El cemento es actualmente el material que más se utiliza en la construcción de viviendas, ya que está presente en diferentes partes de la construcción, en componentes constructivos, como los bloques de concreto de los muros y cerramientos verticales, o en la cubierta a través de láminas de fibro cemento, o en la estructura y cimentaciones, o como conglomerante en morteros para juntas de otros componentes como en el caso de los ladrillos y también en los acabados de las viviendas, llegando a representar un porcentaje muy alto del costo de los materiales de construcción de la vivienda.

Aunque gran parte de los países en desarrollo son productores de cemento, contribuyendo con un 35% del producto total (Moavenzadeh, 1985) y en el caso de los países de América Latina existen 170 plantas productoras de cemento (Salas, 1992), el balance comercial en relación con este producto es negativo en los países en vías de desarrollo, según los datos de ONUDI (tabla 1). Según estas cifras, la industria del cemento es la más dependiente de las importaciones, ya que desde el año 1970 al 1979 la importación de cemento en los PVD pasó de un 53,5% a un 78,9%.

Sin embargo, es posible afirmar que en muchos de los PVD, con la utilización de materiales y técnicas modernas de construcción, se han descuidado aquellas técnicas tradicionales que hacen uso de otros materiales para la construcción de viviendas, en donde por su adaptación al medio y adecuación a las disponibilidades del material, conseguían una vivienda mejor. Esto ocurre en especial con materiales tales como tierra (adobe, tapial), cal, yesos, madera y fibras vegetales, entre otros.

TABLA 1
Producción de materiales de construcción en los PVD (en tantos por ciento de la producción mundial) (Moavenzadeh, 1985).

MATERIAL	ÁFRICA		LATINOAMÉRICA		ASIA		TOTAL
	1980	1971	1980	1971	1980	1971	1980
Cemento	2,6	2,3	8,4	6,1	24,0	12,2	35,0
Artículos de asbesto-cemento	5,4	4,0	8,6	7,1	12,5	8,8	26,5
Bloques y ladrillos de hormigón	1,7	0,4	0,1	0,2	0,6	0,8	2,4
Otros productos de hormigón	2,3	1,3	0,4	0,3	2,1	2,9	4,8
Ladrillos de arcilla	0,2	1,2	0,6	0,5	16,7	7,4	17,5
Tejas de arcilla	0,1	0,1	1,5	0,7	26,0	23,5	27,6
Baldosas de pisos y paredes	1,6	0,7	14,2	10,4	8,9	1,5	24,7
Madera aserrada (latifoliada)	5,1	2,7	11,6	8,3	24,1	18,0	40,8
Contraenchapado	1,0	0,5	3,7	2,4	14,1	8,6	18,8
Tablero de aglomerado	0,4	0,5	3,9	2,5	1,9	1,2	6,2
Vidrio	-	-	7,0	4,4	7,3	5,6	14,3
Lingotes de acero en bruto	0,3	0,1	3,4	2,4	8,5	5,6	12,2

Fuente: *United Nations Yearbook of industrial Statistics, Edición 1980, Vol. II.*

Se pretende, en muchos casos, solucionar casi todos los componentes de la construcción, exclusivamente con el cemento, construyendo viviendas de interés social con placas y paneles de concreto, donde el consumo de cemento para una vivienda de 60 m² puede llegar a alcanzar entre 6 y 8 ton (Salas, 1992).

Es necesario reactivar la producción y utilización de materiales más económicos que el cemento y que existan en los PVD, pudiendo sustituir parte de los elementos realizados con cemento o parte del cemento utilizado; esto permitiría bajar los costos de la vivienda y reducir las importaciones en el caso de los países no productores de cemento.

3.1. EL YESO

La industria del yeso ha adquirido gran importancia en los países desarrollados. Modernas técnicas de explotación del mineral y de producción por medio de hornos especiales han permitido un gran avance en cuanto a la cantidad y calidad del yeso.

La producción mundial del yeso se divide, según su aplicación (SNIP, 1982), en:

- Yesos y productos para la construcción 45%
- Yesos para la industria del cemento 45%
- Yesos para la utilización en la industria química 4%
- Yesos para usos agrícolas 4%
- Yesos para otros usos 2%

La industria del cemento *portland*, demanda grandes cantidades de yeso, que incorpora en el producto final, con la función de regular el fraguado del cemento.

En los países desarrollados, productores de yeso utilizan la mayor parte de su producción para las industrias de yeso y de componentes a base de yeso. Por ejemplo, Estados Unidos de América, primer productor de yeso, destinó en 1981 el 81% de su producción a estos fines; Francia siendo el cuarto productor mundial, destina anualmente entre el 78-80% de su producción a sus industrias de yesos (SNIP, 1982).

En los PVD, la explotación de los recursos de yeso se realiza principalmente para el consumo de las industrias de cemento, con excepciones de aquellos países que han mantenido la tradición constructiva del yeso, como es el caso de la mayor parte de los países árabes. En América Latina, el yeso actualmente se utiliza muy poco en la construcción y menos aún en las viviendas de bajo costo.

La materia prima

El yeso se obtiene de dos formas, la más importante es a través de la piedra natural, denominada también aljez. Otros yesos obtenidos como subproductos de la industria química se denominan yesos químicos. El más co-

nocido y abundante es el fosfoyeso. En el año 1985 (Nolhier, 1985) se estimaba una cantidad mundial de yeso químico entre 80-100 millones de toneladas, superior a lo producido por medio del aljez; en 1981, los países occidentales de Europa produjeron 23 millones de toneladas y en los EE.UU. 36,7 millones de toneladas de estos yesos (Kuntze, 1983). En algunos países desarrollados, los yesos químicos se utilizan como materia prima para la construcción (Francia, Alemania, Japón, EE.UU., etc.) pero gran parte de estos yesos químicos son residuos.

El yeso natural es un material abundante, distribuido de manera homogénea por todo el mundo (con excepción de Japón y los países escandinavos), es un producto de fácil explotación ya que por lo general se encuentra en la parte superficial de la corteza terrestre.

Distribuido por continentes y por el desarrollo de los países, se observa en la figura 2, que solamente una cuarta parte de la producción mundial procede de los países en vías de desarrollo, lo que no significa que en estas zonas no existan yacimientos de yeso, pues éstos están distribuidos por todo el mundo.

Para el año 1982, la producción de yeso en Latinoamérica y el Caribe estaba distribuida de la siguiente manera (Salomon, 1985):

México	1.708.924
Brasil	680.000
Jamaica	340.000
Colombia	222.000
Chile	192.000
Rep. Dominicana	187.000
Cuba	122.000
Venezuela	110.000
Perú	100.000
Nicaragua	40.000
Guatemala	33.249
Honduras	23.000
Otros países	834.076
TOTAL	4.592.000 ton

La producción de mineral de yeso está distribuida por todo el subcontinente, desde México hasta Chile; sin embargo, la producción total de toda esta área, es menor que lo que aporta España al mercado mundial de yeso, llegando Sudamérica a importar material desde Europa (figura 3).

El yeso es un material que puede sustituir parcialmente el empleo del cemento y la cerámica, en algunos componentes de la vivienda. Los PVD con recursos naturales o químicos de yeso deben hacer esfuerzos por reactivar esta industria.

La industria del yeso permite varios tipos de

FIGURA 2
Distribución en tanto por ciento de la producción mundial de mineral de yeso. Año 1980 (Badino, 1988)

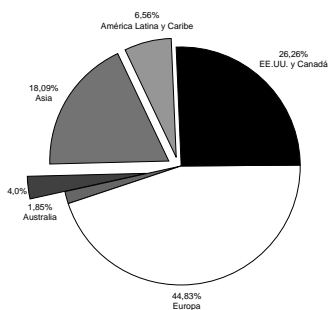


FIGURA 3
Mapa mundial de importaciones y exportaciones de yeso para el año 82/83 (Badini, 1988).

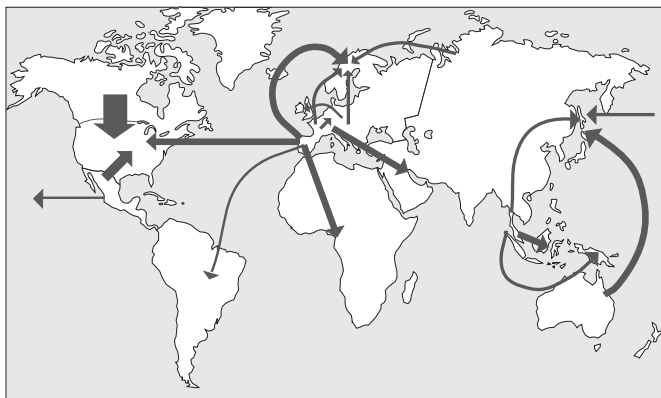


TABLA 2
Producción de yeso en algunos países de Europa- 1986.

PAÍS	CARTON YESO m ² /hab./año	REVESTIMIENTOS Y OTROS ELEM. kg/hab./año
Alemania	1,64	36
Francia	3,00	40
Italia	-	11
Reino Unido	2,55	-
Suiza	0,95	24
Suecia	6,5	-
Noruega	2,4	-
Finlandia	4,1	-
España	0,35	35

productos importantes en la construcción:

- Yesos para revestimientos.
- Yesos para proyección.
- Yesos para acabados.
- Yesos para la prefabricación de paneles, placas y bloques.
- Yesos para planchas lisas para cielorraso y otras placas.
- Yesos para tabiques prefabricados de cartón-yeso.
- Yesos para elementos decorativos, como cornisas, molduras, placas.

- Yesos para otros usos en la construcción.

La importancia de la industria del yeso dentro de la construcción, en los países desarrollados, la podemos ver a través del ejemplo de Francia, siendo éste uno de los países de mayor tradición en la utilización de este material. Algunos datos significativos, según el Sindicato Nacional de Industrias de Yeso en Francia-SNIP para el año 1981 (SNIP, 1982):

- Se extrajeron 6.490.000 toneladas de aljéz.
- Se utilizaron en la industria del yeso 180.000 toneladas de yeso químico.
- El consumo anual por habitante fue de 70 kg.
- Para la producción de yesos y prefabricados:
 - Yesos para enlucidos manuales 1.500.000
 - Yesos de proyección 300.000
 - Escayolas y pegamentos 220.000
 - Yesos para prefabricados de paneles, placas y otros 1.900.000
 - Total 3.920.000 t
- Un 20% de la producción de aljéz se empleó en las industrias de cemento.
- Los elementos prefabricados de yeso abastecen en Francia a casi el 85% del mercado industrializado de tabiques.

En EE.UU., primer productor y consumidor mundial de yeso, en el año 1981 (Kuntze, 1983):

- Se extrajeron 10.430.000 t de aljéz.
- Se importaron 6.700.000 t de yeso.
- Se utilizó en la industria del yeso 600.000 t de yeso químico.
- Para la producción de yesos y prefabricados de construcción se utilizaron 12.715.000 t de yeso.
- Para las industrias de cemento se utilizó el 19% de yeso no calcinado.

De los últimos informes de la Asociación Productores de Yesos de Europa, Eurogypsum, datos relativos a la utilización del yeso en la construcción en algunos países europeos, permiten apreciar el consumo de este producto:

Datos más recientes de la última reunión de Eurogypsum, señalan consumos por habitante y por año en diferentes países europeos (tabla 2).

Es de destacar que la producción de yeso en Europa se ha estabilizado en los últimos años; sin embargo, la industria de productos de yeso continua en expansión, produciendo elementos más sofisticados, mejorando las prestaciones de los productos en la construcción.

3.2. LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE YESO

Existe una amplia gama de posibilidades en cuanto al tipo de tecnología a utilizar para la cocción del yeso, según el tipo de horno y según la mecanización de la industria.

La temperatura de cocción del mineral de yeso para la obtención del semihidrato, varía en función del tiempo entre 65°C y 170°C, siendo las temperaturas normales de cocción entre 140°C y 170°C, aunque en la práctica las industrias modernas lleguen hasta temperaturas de 1.600 °C, esto es por razones de productividad y por la posibilidad de obtener la anhidrita que también se utiliza en el producto final. Para el cemento es necesario llegar a temperaturas de 1.200°C, lo que indica la necesidad de un mayor consumo de energía para estas industrias. El hecho de que el yeso requiera temperaturas bajas de cocción, presenta numerosas ventajas en especial para los países en vías de desarrollo, destacando entre otras:

- La posibilidad de construir pequeñas plantas.
- Los países no productores de petróleo o gas pueden utilizar energía de sustitución (desechos de madera, vegetales o desechos agrícolas).
- Reducción de costos en las instalaciones industriales.

En los PVD se tiende a que las plantas de producción sean pequeñas, debido a que los mercados son reducidos, además el costo por transporte de los productos de construcción es caro, dada su relación valor/peso. Siendo posible minimizar los costos por el transporte de los productos estableciendo pequeñas plantas cerca de las materias primas. En Europa se estima que el precio del cemento se duplica después de los 500 kilómetros de transporte, es lógico suponer que en los PVD el costo sea más del doble, dadas las dificultades de transporte de materiales por la falta de infraestructura.

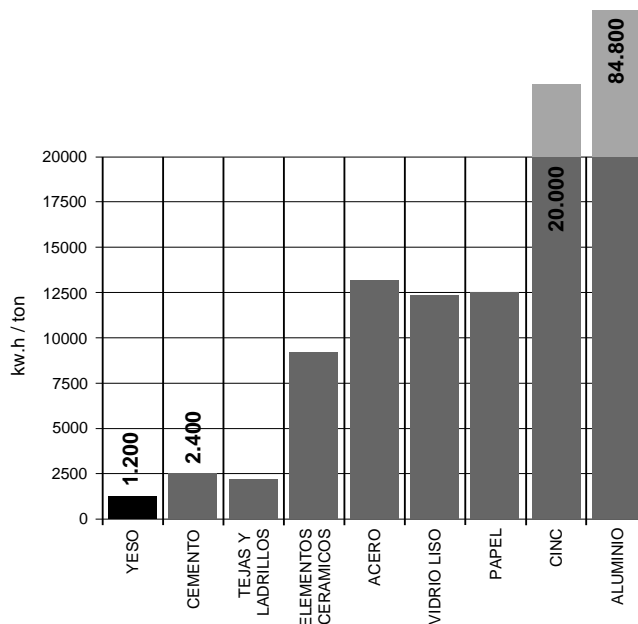
Entre las recomendaciones que se realizaron en la Primera Consulta de Materiales de Construcción, celebrada en Atenas en 1985, destacan en referencia a la producción de materiales a pequeña escala (UNCHS-Habitat, 1985):

- Pequeñas plantas satisfacen las necesidades de un mercado al que actividades y materiales en gran escala del sector moderno, debido a su elevado costo, no pueden satisfacer.
- La producción de materiales de construcción en pequeña escala, y otras actividades de construcción y fabricación en el sector no estructurado, desempeñan una importante función en el desarrollo económico.
- La industria a pequeña escala puede atenuar muchos obstáculos a la industrialización, por su capacidad de utilizar métodos de producción tecnológicamente flexibles. Por su posibilidad de transformación, las plantas pequeñas ofrecen mejores perspectivas de seguir siendo competitivas.

Si se compara el consumo de energía necesaria para la fabricación de diferentes materiales de construc-

ción en industrias modernas, se aprecia cómo la industria de yeso es una de las que tiene menor consumo energético, siendo su consumo la mitad del necesario para obtener el cemento (SNIP, 1976). En Europa, en el año 1984, a igual volumen de producción, el costo de una instalación para producir yeso era entre 2 y 2,5 veces menor que una de cemento (figura 4).

FIGURA 4
Consumo energético para la producción de 1 tonelada de material



Para industrias de yeso de pequeña escala, donde las temperaturas de cocción están alrededor de los 120°C, es posible bajar el consumo energético. Se estima que para producir 1 tonelada de sulfato cálcico semihidratado, que es el producto de yeso que se obtiene a las temperaturas más bajas, es necesario 25 kilogramos de fuel, mientras que si se quiere obtener la anhidrita, que requiere entre 400-600°C, el consumo aumenta hasta cerca de 50 kilogramos de fuel (SNIP, 1982).

Se han llevado a cabo experiencias con éxito, calcinando la piedra de yeso por medio de colectores solares, obteniendo un rendimiento anual de 1,5 a 2 toneladas por metro cuadrado de colector (Abbou, Eudeline, Salomon, 1985). Los colectores solares permiten alcanzar temperaturas de cocción entre 105 y 115°C, obteniendo un yeso semihidratado con buenas cualidades constructivas. Estas experiencias han sido llevadas a cabo por una empresa privada en Francia y en Mauritania, utilizando el producto obtenido en la fabricación de componentes para viviendas de interés social.

Los países desarrollados, con el fin de satisfacer la expansión de sus mercados, modernizan la industria

de yeso, buscando por un lado obtener un rendimiento de energía máximo y por otro minimizar los gastos en mano de obra, dado los altos costos que éstos representan. En los PVD interesa obtener también un máximo rendimiento energético, sin embargo, no es necesaria una alta mecanización de la industria ya que los costos por la mano de obra no son tan altos, interesando además la creación de empleo a través de estas pequeñas industrias; por otro lado, los costos de capital en la industria moderna muy mecanizada son bastante altos, además crean la necesidad de importar equipos costosos.

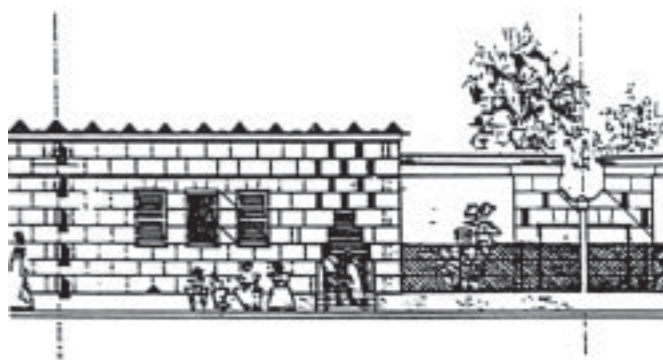
3.3. EXPERIENCIAS DE VIVIENDAS DE BAJO COSTO UTILIZANDO COMPONENTES DE YESO

Entre las experiencias de la utilización del yeso para viviendas de bajo costo, destacan algunas desarrolladas en África en la operación denominada REXCOOP VIVIENDAS EN YESO ("REXCOOP MAISONS EN PLATRE") (Alluin, Mauduit, 1985), llevada a cabo por el gobierno francés a través de un programa de cooperación interministerial. Estas acciones de cooperación para el desarrollo (1984-85) se realizaron en los siguientes lugares: El Kahdra (Túnez), Dakar (Senegal), Argelia, Nouakchott (Mauritania), y Ben Slimane (Marruecos), entre otros.

Las viviendas se caracterizan por ser de una sola planta, con un área entre 50 y 65 metros cuadrados, utilizando componentes constructivos a base de yeso, en algunos casos placas prefabricadas de yeso de 60 x 40 x 15 cm o bloques de menor dimensión (40 x 20 x 20 cm) de yeso con arena fina, con tratamientos especiales en el exterior de los muros con el fin de protegerlos del agua (figura 5).

En América Latina, las experiencias llevadas a cabo en la utilización del yeso prefabricado para viviendas de bajo costo están restringidas a la utilización de este material en muros o cerramientos interiores. Entre las construcciones conocidas por el autor, destaca el desarrollo de 450 viviendas de interés social (90 m²) en edificios de siete

FIGURA 5
Fachada de la vivienda, Ben Slimahe (Marruecos)



pisos en Maracaibo-Venezuela, en el año 1981, donde se utilizaron bloques de yeso alveolares, prefabricados, de 40 x 40 x 10 cm para las divisiones internas de cada vivienda. Se obtuvo un mayor rendimiento en la colocación, logrando una mayor economía que en las paredes internas de ladrillos cerámicos.

4. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS A BASE DE YESO

La utilización del yeso, en la mayoría de los países productores y consumidores de este material, se lleva a cabo para enlucidos o frisos (manual y proyectado) y para elementos decorativos. Sin embargo, los productos prefabricados a base de yeso en la construcción son cada vez más numerosos (SNIP, 1982), ocupando un papel importante en la realización de paredes, trasdosados y falsos techos, en especial en los países industrializados.

La aptitud del yeso en relación con el moldeado, su rápido endurecimiento, permitiendo la utilización inmediata de los moldes, la facilidad de colocación en obra, así como la mejora del material a través de la adición de fibras (materiales compuestos), hacen que sus características lo conviertan en un material apropiado además de ser un buen aislante térmico y acústico.

Se trata en este punto de describir algunas de sus aplicaciones, aparte de sus usos como enlucido y decorativos que pueden ser de utilidad en la construcción de viviendas de bajo costo en los países en vías de desarrollo.

4.1. COMPONENTES CON YESO PROYECTADO

Se exponen tres experiencias en diferentes países, de la utilización del yeso proyectado manual o mecánicamente para la realización de componentes constructivos:

a. Esta primera aplicación llevada a cabo en Senegal en el año 1985 (Martínez, 1986), basado en experiencias similares, donde se proyecta el yeso o mortero de cemento sobre una rejilla metálica, así como en la técnica ancestral de aplicar una argamasa de barro y paja sobre un entramado de ramas o trenzado de cañas, sistema muy utilizado tanto en África como en América Latina (conocida como quicha o bahareque). Propone un sistema que consiste en la proyección mecánica de yeso sobre un entramado de fibras vegetales, con espesores de 3 cm por cada cara y por el exterior de 1,5 cm de yeso hidrófugo. Su aplicación es en paredes y en cubiertas curvas. Los resultados obtenidos son satisfactorios, según el autor, en

cuanto al rendimiento, durabilidad y comportamiento mecánico. Este procedimiento se utilizó para la construcción de cuatro edificios de un nivel, con luces de hasta 7.20 m.

b. En el Instituto E. Torroja, dentro del programa de investigación "Materiales, tecnologías y prototipos para viviendas de muy bajo coste", se elaboraron algunos componentes para cubiertas, a base de cáscaras estructurales en yeso (Equipo VMBC, 1985).

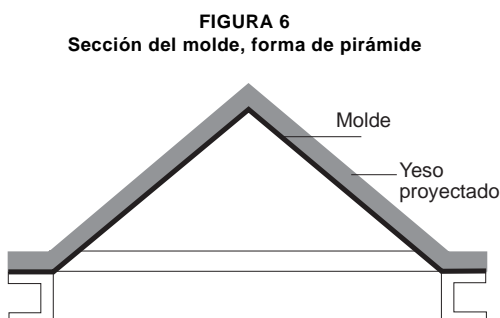
Para la elaboración de los componentes prefabricados, se utilizaron dos tipos de moldes de metacrilato, uno con forma de pirámide y el otro una cúpula, ambos de base cuadrada. Utilizando una máquina de proyección de yeso, se recubren los moldes con yeso hidrofugado en masa, con un espesor entre 3 y 5 cm, llegando a 7 cm en los bordes con la finalidad de reforzar el elemento. Por medio de maestras se garantiza un espesor uniforme y la terminación de la superficie exterior se realiza manualmente con una llana, el interior queda perfectamente acabado dada la textura lisa del molde.

En esta etapa de la investigación no se utilizó ningún tipo de armadura, lo que produjo la aparición de fisuraciones y microfisuras, por lo que se propone la utilización de armaduras a base de fibras dispersas de vidrio o naturales, así como mallas textiles o plásticas.

Las dimensiones de los elementos alcanzaron un ancho máximo de 2 m, los elementos prefabricados se apoyan sobre una estructura, que pueden ser muros resistentes, unidos entre sí utilizando el mismo yeso proyectado. El agua de lluvia es canalizada hacia el exterior, utilizando gárgolas.

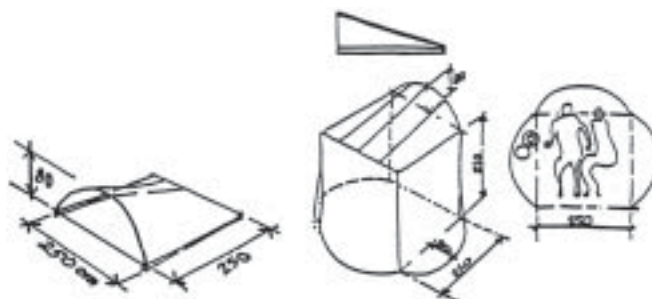
Estos trabajos iniciados en 1986, se encuentran en una etapa experimental (figura 6).

c. Otra experiencia es la realizada en el Politécnico de Turín (Mattone, Pasero, 1988), donde



se utiliza yeso proyectado con fibras largas de sisal. Se elaboraron componentes con estos materiales, en forma de conoide, aprovechando la facilidad para la realización de los moldes (superficie reglada) y su buen comportamiento estructural por su doble curvatura. La dimensión de los elementos es de 250 x 250 cm, con una altura en la clave del arco de 80 cm y un espesor medio de 3,02 cm (ver figura 8). Se utilizaron fibras largas (90 cm) de sisal como armadura, colocadas manualmente en las direcciones principales, el volumen de fibras llega a un 5,3% del volumen total. Para la impermeabilización de estos elementos, se ensayaron diferentes soluciones, utilizando aditivos que permitieran obtener un producto que redujera la absorción del agua de este material y otras soluciones consistían en la protección de la superficie exterior con la aplicación de acabados hidrófugos (figura 7).

FIGURA 7
Elemento de yeso reforzado con sisal (Mattone, 1988)



Aunque en estos tres casos se trata de prototipos experimentales, se demuestra que este material y procedimiento constructivo tiene grandes posibilidades en relación con la prefabricación de componentes para la construcción.

4.2. BLOQUES A BASE DE YESO

Siguiendo las características en cuanto a dimensiones de los elementos de los muros de mampostería, se han realizado algunas propuestas para la fabricación de bloques de yeso, utilizando diferentes composiciones:

- Bloques de yeso puro (Rodríguez, 1983).
- Bloques de yeso con arena fina (Alluin, Mauduit, 1985).
- Bloques de yeso, más tierra, más arena.
- Bloques con cualquiera de estas composiciones, reforzados con fibras naturales.

Las dimensiones son por lo general similares a los ladrillos huecos o a los bloques de cemento.

En algunos casos se trata de bloques de yeso macizos, en otros son huecos, con el fin de disminuir el peso y de permitir colocar internamente una armadura, para rigidizar el muro. También se utilizan conformados especiales que favorezcan la colocación y el machimbrado de los elementos. Algunas tipologías de bloques, aparecen en las figuras 8, 9, 10 y 11.

Estos bloques han sido propuestos para su utilización en muros interiores, sin tratamiento especial, o en

FIGURA 8

Bloque de yeso. Propuesto por Rodríguez- E.T.S.Arquitectura- Madrid (Rodríguez, 1983)

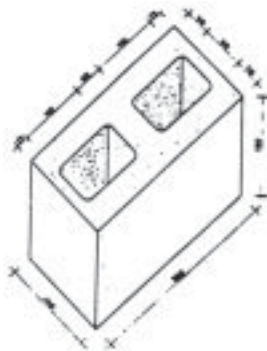


FIGURA 9

Bloque de yeso. Propuesto por Mattone-Turín (Mattone, 1988)

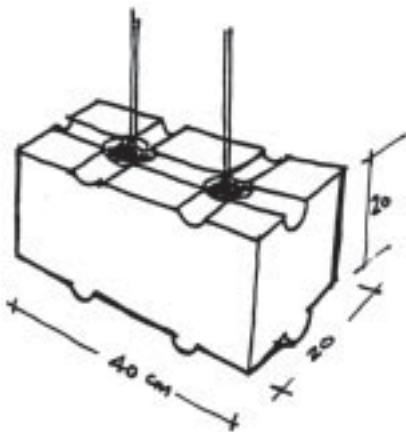


FIGURA 10

Bloque de yeso. Propuesto por Borges- Mérida (Venezuela)

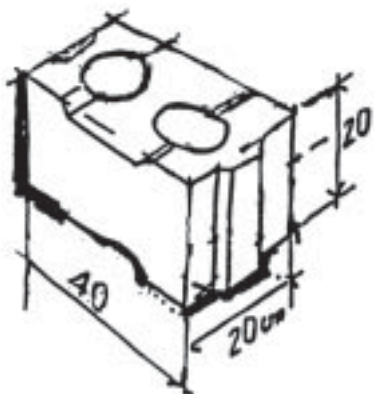
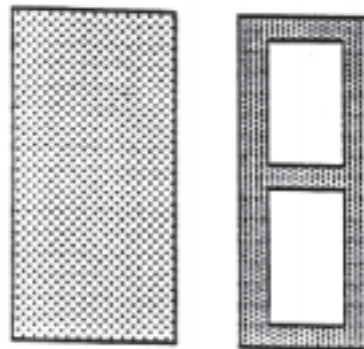


FIGURA 11

Bloque de yeso. Propuesto por Industrias ADAUA Mauritania (Nolhier, 1985)



algunos casos con enlucido de yeso por ambas caras para recubrir las juntas. También para muros exteriores utilizando tratamientos para la impermeabilización de la superficie por medio de pinturas bituminosas o con frisos a base de cal en la cara exterior.

4 . 3 . P A N E L E S D E Y E S O

Sin embargo, los elementos que mayor aceptación tienen en el mercado de la construcción de algunos países desarrollados son bloques o placas de mayores dimensiones, por la posibilidad de una buena manejabilidad, al ser menos pesados que los ladrillos y que los bloques de cemento. Son los denominados "Carreaux" en Francia; tienen más superficie útil, lo que permite un mayor rendimiento en la colocación en obra. Se requieren 3 ó 4 piezas por metro cuadrado, mientras que con los bloques 20 x 20 x 40 cm son necesarias 12,5 piezas para cada metro cuadrado.

Estas placas tienen forma paralelepípeda, sus cantos están conformados por ranuras y salientes, de tal manera que permiten un machihembrado entre los elementos, mejorando la resistencia de las juntas. Las placas pueden ser macizas o con perforaciones (alveoladas) paralelas a la superficie mayor; su peso varía según las dimensiones, el tamaño y el tipo de perforaciones.

Se fabrican con espesores variables entre 4 y 10 cm, las dimensiones de la superficie son: la altura entre 38 y 50 cm y el ancho inferior a 70 cm, su dimensión más utilizada es de 66 x 50 cm con espesores variables.

El acabado de estas placas es generalmente liso, por lo que no requieren las operaciones de frisado, previas al revestimiento o acabado final.

En algunos países se fabrican estas placas, con las mismas características en cuanto a dimensiones y conformado de los cantos, pero tipo sandwich o laminar, con los exteriores de yeso entre 1,5 y 3 cm y la parte central con otro material, como por ejemplo, poliestireno, expandido o poliestireno extruido, para mejorar sus propiedades térmicas, o también con lana mineral en el centro, mejorando

además de su aislamiento, su resistencia al fuego (Varios catálogos, 1991).

La realización de estas placas se puede llevar a cabo en pequeños talleres, y aunque es posible utilizar moldes de madera, el sistema de fabricación actualmente es por medio de moldes metálicos con fondo móvil, denominados como "moldes de extrusión", logrando dimensiones más precisas y un mayor rendimiento, ya que se pueden realizar hasta 20 placas en un solo vaciado.

4.4. PANELES SUELO - TECHO

Con secciones parecidas a las placas descritas en el punto anterior, pero con una altura hasta de 3 metros, se fabrican elementos para tabiques internos. Estas piezas suelo-techo, tienen la ventaja de un mayor rendimiento en la instalación, sin embargo son elementos más pesados, con dificultades en cuanto a su manipulación en el transporte y más susceptibles a la rotura por sus dimensiones y fragilidad. Por lo que su utilización fue más restringida que las placas pequeñas.

En los últimos años, gracias al avance del material compuesto, yeso reforzado con fibras de vidrio, además de las adiciones que disminuyen el peso y la posibilidad de realizar las paredes de la placa hueca más finas, en Inglaterra han surgido nuevas variantes de este tipo de placas, con un peso mucho menor y con una mayor tenacidad, que facilita su transporte y colocación (Rigg, 1991).

4.5. PANELES DE CARTÓN Y YESO

Es un material laminado, que está compuesto en su parte central por yeso recubierto con dos láminas de cartón, que constituyen ambas el paramento y la armadura del elemento. Se comercializa en forma de tablero; sus dimensiones más comunes son:

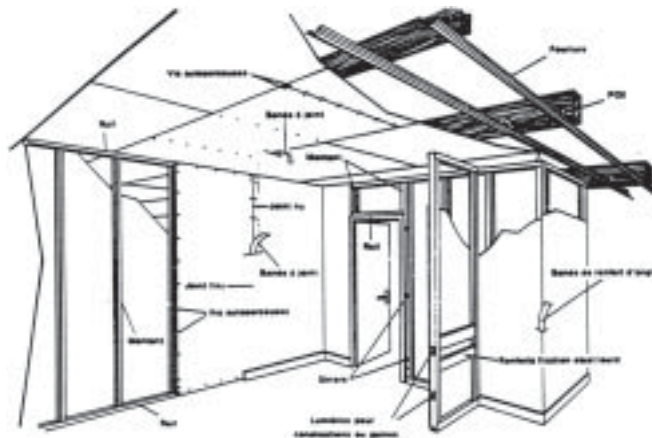
- ancho 120 cm
- alto 250 cm o más
- espesor variable entre 0,9 y 2,5 cm

Su utilización es muy amplia, destacando su uso en placas para cielo raso, tabiques interiores, trasdosados, suelos flotantes, etc. Es muy fácil de manejar por su bajo peso.

Este producto se patentó en EE.UU. en 1894 (Clark, 1991); en 1917 se construye la primera fábrica en Europa, en Liverpool. Actualmente existen industrias que producen estos elementos en casi todos los países desarrollados. En América Latina se han instalado, hasta ahora, fábricas en México, Venezuela, Argentina, Brasil y Chile, aunque no tienen una aceptación tan grande como en EE.UU. y los países del norte de Europa, sus productos comienzan a ser utilizados en la construcción de viviendas y en algunos casos en tabiques para viviendas de bajo costo.

La industria de cartón yeso no es muy sofisticada en cuanto a sus instalaciones; es un proceso lineal de producción de los elementos, conformando sus bordes para la posterior colocación en obra. Ha presentado muchas mejoras a través de su historia, tanto en relación con el equipo utilizado para su producción, como en la mejora de los materiales que lo componen (yeso y cartón) (figura 12).

FIGURA 12
Utilización del cartón yeso en tabiques y cielo raso



5. FACTORES RELACIONADOS CON LA UTILIZACIÓN DEL YESO EN VIVIENDAS DE BAJO COSTO

Entre los factores que se consideran favorables para la utilización del yeso en los PVD, algunos han sido señalados en los puntos anteriores, pudiendo resumirlos en:

- La piedra de yeso es una materia prima abundante y dispersa por el mundo. En muchos PVD se cuenta con este material.
- Su explotación es simple y poco costosa, al encontrarse generalmente en la parte superficial de la corteza terrestre.
- Es posible producir yeso calcinado (semihidrato) en pequeñas industrias con tecnologías que no son costosas; su consumo energético es menor que para la producción de otros materiales de construcción; en relación con el cemento requiere de la mitad del consumo energético.
- El desarrollo de industrias de yeso favorecería la diversificación tecnológica de los materiales de construcción que, conjuntamente con la creación de pequeñas plantas de materiales y de componentes constructivos, contribuirían a mejorar las condiciones de desarrollo económico en los PVD.

- Es posible sustituir parcialmente el consumo de cemento por medio de la producción y utilización del yeso. Siendo esto mucho más beneficioso para los países importadores de cemento, al permitir un ahorro de divisas.

- Amplia aplicación en la construcción.

El yeso puede ser aplicado en la construcción de viviendas en diferentes capítulos de obra, en especial en los muros y elementos verticales. Entre las aplicaciones están:

- Yeso para revestimientos.
- Yesos para prefabricación de paneles, placas y bloques.
- Yeso como conglomerante para juntas de otros componentes (ladrillos).
- Yesos para acabados y elementos decorativos.

Bajo costo del material de yeso

Los costos del yeso varían entre los diferentes países, así como entre los diferentes productos de yeso. En los países desarrollados, la diferencia entre un yeso de enlucir y un yeso para prefabricados, puede variar un 60%, incluso más si se trata de yeso con aditivos especiales o de alta dureza.

En los países productores de yeso, el precio del material ensacado es un 50% más barato que el precio del cemento. En los países no productores de yeso o con su producción utilizada exclusivamente para las industrias de cemento, el precio del yeso es similar al del cemento; en algunos casos en los PVD, las industrias de cemento explotan y monopolizan el yeso (caso Venezuela).

Estudios realizados en Mauritania (ADAUA, 1985) permiten determinar que los muros realizados con bloques de yeso más agregados, son un 48% más económicos que los muros de bloques de cemento, comparando ambos con espesores de 15 cm y sin frisar.

Nolhier, en el año 1985, comparaba los costos del yeso de prefabricación con los del cemento, para diferentes regiones de África, determinando las siguientes diferencias porcentuales, siendo siempre más económico el yeso:

• Dakar (Senegal)	60%
• Nauakkchot (Mauritania)	55%
• Sur de Marruecos	30 - 50% (según la fábrica)
• Sur de Argelia	30 - 50% (según la fábrica)

Este autor comparó también los costos de construcción de muros a base de bloques de yeso más agregados, con los muros de bloques de cemento, llegando a la conclusión que los costos son similares; sin embargo, si se realizan algunas mejoras tecnológicas en la fabricación del bloque de yeso es posible conseguir entre un 10 y 20% de economía en relación con los muros de bloque de cemento.

Fácil industrialización de componentes en yeso

El material de yeso permite la industrialización de diferentes elementos constructivos de manera sencilla, ya que no requiere de grandes ni sofisticadas instalaciones.

Dada la excelente plasticidad de la pasta y la posibilidad de regular el fraguado, el yeso se adapta muy bien a las formas de los moldes para su prefabricación. Es posible obtener diversidad de formas.

Los elementos prefabricados de yeso son fácilmente manejables ya que su peso es menor que el concreto. La densidad del yeso varía en función de la relación agua/yeso (A/Y), para relaciones normales entre 0,6 y 0,8; su densidad aparente está entre 1200 y 900 kg/m³, lo que representa aproximadamente la mitad de la densidad del concreto. Esto permite elaborar componentes constructivos prefabricados de mayor dimensión, manejables manualmente sin necesidad de equipos especiales para su colocación en obra. Esta característica en relación con el peso, permite que el transporte no repercuta tanto como en el caso del concreto.

El ensamble entre elementos prefabricados de yeso se realiza con el mismo material, logrando una buena adherencia entre el nuevo material y los componentes prefabricados.

En los países desarrollados, la prefabricación de elementos de yeso es una industria en expansión ya que permite obtener productos de buena calidad a bajo costo.

En los PVD, productores de yeso, es posible la creación de industrias a pequeña escala, de prefabricación de elementos de yeso, lo que contribuye a mejorar la productividad del sector de la construcción y a diversificar la oferta de materiales y componentes de construcción en viviendas de bajo costo.

Ventajas relacionadas con la habitabilidad

• Confort higrotérmico:

Su capacidad de regulación higrotérmica, tomando y cediendo humedad del ambiente, permite actuar al yeso como amortiguador de variaciones higrométricas del ambiente. Además es un material que no presenta condensaciones en su superficie.

• Material resistente al fuego:

Su buen comportamiento ante el fuego es conocido desde hace muchos años; en Francia, en el año 1667, se elaboró una ordenanza que obligaba a recubrir los paneles de madera con una capa de yeso con el fin de evitar la propagación del fuego.

Su resistencia al fuego se debe a las siguientes razones:

- El yeso es un material incombustible.
- Es un mal conductor de calor ($\lambda = 0,30 \text{ W/m}$)

°C) y, por tanto, buen aislante térmico. Es tres veces más aislante que el ladrillo y cinco veces más que el mortero de cemento.

- Contiene un 20% de agua de cristalización en su estructura, lo que retrasa su calcinación.
- El sulfato cálcico deshidratado actúa como barrera contra las llamas hasta alrededor de los 1200°C.
- No produce humos ni gases tóxicos durante su deshidratación y calcinación.
- Se utiliza actualmente para proteger del fuego a las estructuras metálicas.
- **Material inofensivo:**

Es un material químicamente neutro con un pH de 7. No afecta a la piel durante el fraguado ni una vez seco, razón por la cual se emplea también en medicina como fijación de las fracturas. No contamina, por el contrario, se utiliza en la agricultura para mejorar ciertos suelos.

Desventajas del yeso en la construcción

Frente a las ventajas señaladas anteriormente, el yeso por sus características físicas y mecánicas presenta ciertos problemas para su utilización en la construcción, los cuales pueden solucionarse con tratamientos o aditivos especiales, que son objeto de investigaciones. Entre los problemas destacan principalmente:

• **Sensibilidad del yeso ante el agua**

Uno de los inconvenientes más graves del yeso es su susceptibilidad frente al agua; dada su porosidad, tiene una gran capacidad de absorber agua del ambiente, esto hace que aparezcan manchas de humedad en el material, pero lo más grave es su pérdida de resistencia; en el yeso húmedo estas reducciones llegan a ser del 42% con un 1% de contenido de agua, de 50% con 5% de agua y de hasta un 82% cuando el material está saturado, que corresponde a un 40% de agua (Andrews, 1945). Esto hace que el yeso no tenga por lo general empleos estructurales y que requiera de una protección y tratamiento especial cuando se utiliza en exteriores.

La humedad de equilibrio del yeso está entre 1% y 2%, tiene además la característica de necesitar más tiempo en absorber que en ceder el agua y además recupera sus características mecánicas una vez seco el material (Lasheras, 1989).

Aunque el tema de la impermeabilización del yeso continúa siendo objeto de investigaciones, destacan las siguientes líneas (Tobio, 1956):

- Impermeabilización por adición de sustancias (orgánicas o inorgánicas), por ejemplo:** calces, calizas, arenas finas, tierra, cenizas volantes, cemento, colofonia, betunes, asfaltos, ceras, etc.
- Impregnación de piezas prefabricadas de**

yeso, por ejemplo: resinas sintéticas, soluciones orgánicas de parafina, soluciones acuosas de diferentes sales, etc.

c. Recubrimientos externos, después del fraguado y secado del material, por ejemplo: empastes a base de cemento, morteros con cal, pinturas de aceite, emulsiones de colofonia-caseína, soluciones de jabón, etc.

En climas secos o caracterizados por una alternancia de precipitaciones con largos períodos de insolación, es posible utilizar el yeso en exteriores, haciéndose necesaria su separación del suelo y evitando su exposición directa al agua por medio de aleros y canales que recojan el agua de lluvia.

El uso de cal aérea mejora la resistencia del yeso ante el agua; el uso de arena fina mezclada con yeso disminuye la porosidad y la vulnerabilidad del material ante el agua, mejorando de esta manera las características mecánicas del yeso.

• **Fragilidad del material**

Otra de las desventajas de este material es su fragilidad. Al aplicar a un elemento realizado con material de yeso, una carga superior a la máxima admisible, se produce una rotura de forma súbita, por lo que se dice que su comportamiento es de tipo frágil; también ante cargas de impacto llega a tener este tipo de comportamiento.

A través de la adición de fibras al yeso, es posible obtener un material con mejores características en cuanto a su resistencia a tracción y mejorar su comportamiento en cuanto a su fragilidad, permitiendo una mayor deformación antes de la rotura y que aunque se presenten fisuras en la matriz (yeso), no se destruye; las fibras aumentan de forma importante la tenacidad, siendo ésta muy superior a la del yeso solo.

Otras desventajas significativas como material de construcción son:

- Una baja resistencia a tracción.
- Reacción de oxidación en contacto con algunos metales.

6 . C O N C L U S I O N E S

Ante la grave crisis del sector habitacional en los países en vías de desarrollo, es necesario promover la utilización de materiales abundantes de bajo costo, que puedan ser utilizados en la elaboración de diferentes componentes constructivos para viviendas.

Las prestaciones que ofrece el yeso, referentes a la habitabilidad, tales como confort higrotérmico, resistencia al fuego, aislamiento térmico y acústico entre otras, constituyen un factor importante de mejora en la calidad de las viviendas.

A pesar de las limitaciones que presenta este material, es posible el uso del yeso en determinadas partes y componentes constructivos de una vivienda. Vale la pena rescatar el uso de este material, ante la simplicidad en su manejo, fácil moldeabilidad; su extracción no implica grandes inversiones y su producción a través de pequeñas plantas es posible realizarla con reducido consumo energético.

La investigación sobre el yeso en nuestro país debe ir dirigida a mejorar su fragilidad y pérdida de resistencia al absorber humedad. Otras investigaciones posibles son su versatilidad en la elaboración de componentes internos para viviendas.

BIBLIOGRAFÍA:

- Abbou, R.; Eudeline, D.; Salomon, T. (1985). «Deshydratation du gypse per capteurs solaires plans: Caracterisation et premiers resultats». Centre Scientifique et Technique du Batiment-CSTB, Rexcoop, Plan Construction et Habitat. *Colloque. Construire en plâtre dans les pays en développement*, pp. 7-23. París-Francia.
- ADAUA (1985). «Experience de L'A.D.A.U.A. dans les constructions en plâtre». *Colloque, Construire en plâtre dans les pays en développement*. pp. 187-194. París-Francia.
- ALLUIN, P.; MAUDUIT, J. P. (1985). «Le carreau porteur. Solutions techniques et expression architecturale». *Colloque. Construire en plâtre dans les pays en développement*, pp. 63-74. París-Francia.
- ANDREWS, J (1945). «Efecto de la humedad sobre la resistencia de los yesos». *Soc. Chem. Ind.*, 65, nº 5, p. 125.
- BADINO, V. (1988). *Il Gesso: Una risorsa mineraria per l'edilizia non convenientemente sfruttata nel mondo*. Grupo Italiano RILEM. Politecnico di Torino. pp. 139-144. Turín- Italia.
- BELLAMLIH, M. N. (1985). «Eléments pour une conception et une architecture plâtre por la construction économique au Maroc». *Colloque. Construire en plâtre dans les pays en développement*, pp. 75-84. París-Francia.
- Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos-UNCHS-Habitat (1992). *Día Mundial del Habitat*. 5. 10. 1992., UNCHS-Habitat.
- CEPAL (1984). *Dinámica y estructura del proceso de asentamiento humano en América Latina y el Caribe*. Chile: CEPAL, p. 122.
- CLARK, A (1991). «Desde Pamropo a la luna (100 años de cartón yeso, o más)» Documentación Técnica. *XIX Eurogypsum Congress Interlaken*, Suiza.
- EL-RAHMAN A. (1985) *Discurso de la Primera Consulta sobre la Industria de los Materiales de Contrucción*. Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial-ONUUDI, pp. 2-5 Atenas-Grecia.
- Equipo VMBC, IETcc/CSIC. (1985). *Realizaciones experimentales utilizando el yeso como material de construcción*. (Proyecto de investigación) Madrid-España.
- KUNTZE, R.A. (1983). «Chemistry and technology of gypsum». *Symposium ASTM Committee C-11 on Gypsum and Related Building Materials and Systems*. Atlanta- EEUU.
- LASHERAS, F. (1989). *Modelo teórico de comportamiento mecánico del yeso*. Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica. Madrid - España.

- MARTÍNEZ, H. (1986). «Construcciones en yeso proyectado sobre vegetales». *Informes de la Construcción*. Vol. 38, nº 382, pp. 27-33. Madrid-España.
- MATTONE, R.; PASERO, G. (1988). *Le malte a base di gesso quali matrici di materiali compositi con fibre vegetali per componenti edilizi a basso costo*. Grupo Italiano RILEM. Politecnico di Torino, pp.151-162. Turin- Italia.
- MOAVENZADEH, F. (1985). «Medidas y acciones para incrementar la producción de materiales de construcción locales, en el contexto de una mayor sustitución de importaciones», Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial-ONU, *Primera consulta sobre la industria de los materiales de construcción*, pp. 1-127, Atenas-Grecia.
- NOLHIER, M. (1985). *Construire en plâtre*. Programme Interministeriel REXCOOP, París - Francia.
- OTEIZA, I.; ECHEVERRÍA, A. (1988). *Componentes constructivos de la vivienda informal, caso Maracaibo-Venezuela*, Universidad del Zulia.
- RIGG, J. (1991). «Innovaciones en la tabiquería interior para el mercado de la vivienda». Documentación Técnica. *XIX Eurogypsum Congress*, Interlaken, Suiza. pp. 1-8.
- RODRÍGUEZ, F (1983). «Una nueva utilización del yeso en la construcción de muros». INCE-ATEDY-EUROGYPSUM, Yeso. *Boletín Informativo* Nº 48. Pag. 10-14 Madrid, España.
- SALAS, J. (1984). *Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo , V Centenario-Tecnología para viviendas de interés social*. Apart. D Prop. de estructuración del programa XIV. Instituto de Cooperación Iberoamericana. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Informe. Madrid, España.
- SALAS, J. (1992). *Contra el hambre de vivienda. Soluciones tecnológicas latinoamericanas.*, Escala. Col. Tecnologías para viviendas de interés social, pp. 55-107, Bogotá- Colombia.
- SALOMON, T. (1985). *Production solaire de plâtre. Une solution d'avenir pour l'habitat économique dans les pays en voie de développement*. Centre Scientifique et Technique du Batiment-CSTB, Rexcoop, Plan Construction et Habitat, pp. 259-270. París-Francia.
- SEBESTYEN, G. (1985). «Prioridades en materia de investigación para las industrias de los materiales de construcción en los países en desarrollo». Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial-ONU, *Primera consulta sobre la industria de los materiales de construcción*, pp. 1-67 Atenas-Grecia.
- SNIP. Sindicato Nacional de Industrias de Yeso en Francia (1982). «La explotación del yeso en Francia». INCE, ATEDY, EUROGYPSUM. *Yeso, Boletín Informativo*, pp. 19-24, Madrid, España.
- SNIP. Sindicato Nacional de Industrias del yeso en Francia (1976). «El yeso y las economías de energía». El Aislamiento térmico. INCE-ATEDY-EUROGYPSUM. *Yeso. Boletín Informativo* Nº 24, pp. 8-11. Madrid, España.
- SNIP. Syndicat National des Industries du Plâtre (1982). *Le plâtre: Physico- chimie, Fabrication-emplois Eyrolles*, pp. 70-83, París, Francia.
- TOBIO, J. M. (1956). «Contribución al estudio del yeso desde el punto de vista tecnológico». *Revista ION* nº 177, pp. 122, Madrid, España.
- UNCHS-Habitat (1985). «Producción de materiales de construcción en pequeña escala en el contexto del sector económico no estructurado». Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial-ONU. *Primera consulta sobre la industria de los materiales de construcción*, pp. 1-39, Atenas-Grecia.
- VARIOS (1990-1991). *Catálogo de productos de yeso: Plâtres Lambert, Plâtres Lafarge, Vilovigips, Knauf, Escayolas Marín, Pladur, Yesocentro y otros*. España.