

614 - 28

el empleo del yeso en Gran Bretaña

N. FOSTER

«Gypsum Plasterboard Development Association»

resumen

Sección I.—Introducción

Resume brevemente la historia del yeso en Gran Bretaña, yacimientos y demanda de este producto después de la guerra.

Sección II.—Tipos de yeso

Describe los diferentes tipos y grados de densidad, ligeros premezclados y sus usos principales. Se comparan las características de los yesos de acabado. También se introducen los yesos para paredes delgadas.

Sección III.—Especificaciones para enlucidos

Se resumen, en forma de tabla, sistemas convenientes de enlucidos de yeso para distintos soportes.

Se indican las propiedades de los soportes que influyen en la elección de la especificación. También se muestran las especificaciones de recubrimientos intermedios y de acabado, teniendo en cuenta el tipo de soporte. Asimismo se incluyen especificaciones para una sola capa para fondos adecuados.

Sección IV.—Revoco de hormigón denso

Se examinan los factores que afectan la adherencia del yeso para alisar hormigón denso, así como los resultados del trabajo experimental y las investigaciones «in situ» dirigidas por la Building Research Station». Además, se indican medidas para mejorar la adherencia del yeso al hormigón.

sección I. - introducción

El primer testimonio que se tiene de haber utilizado el yeso calcinado para revocar, data del siglo XIII. En el año 1245, Enrique III, hombre culto y con inquietudes artísticas, emprendió la reconstrucción de la Abadía de Westminster, durante la cual importó yeso de París y artesanos franceses expertos en su aplicación. La importación de yeso de Francia continuó hasta el siglo XVI y du-

rante aquel período se utilizó en muchos edificios, los cuales son hoy de importancia histórica. Es evidente que la fabricación del yeso en la Gran Bretaña data del año 1288 en Nore Down, Purbeck, donde el yeso se extraía de unos yacimientos que hoy sabemos se extienden entre los condados de Dorset y Kent. Estos yacimientos todavía se explotan en Robertsbridgs (Sussex) donde se encuentra la mina más grande de yeso. Datos históricos revelan que el yeso procedente de este yacimiento era de un color gris pálido, y para distinguirlo del yeso de París blanco se le denominaba «Yeso de Nore».

En Gran Bretaña hay abundantes yacimientos yesíferos y los principales depósitos se indican en el mapa, figura 1. A simple vista hay una gran diferencia entre los yesos del Sur, Centro y Norte de Inglaterra. Los que se obtienen en el Sur son grises y los yesos de los yacimientos restantes tienen distintos tonos rosáceos. También se encuentran yesos blancos, pero en pequeñas cantidades.

A pesar de las tendencias de después de la guerra de construir en «seco», así como de la introducción de métodos de construcción industrializados, que son esencialmente sistemas «secos», la producción anual de todos los tipos de yeso ha aumentado entre los años 1948 y 1964 en cerca de 400 %. La producción anual de yeso cocido durante el período 1948 a 1963 ha sido la siguiente:



Figura 1

Año	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Producción en 1000 toneladas	229	253	283	285	342	408	461	455	501	510	501	549	609	665	723	775

El incremento en la demanda del yeso se debe, principalmente, a la mayor productividad en la construcción, ya que la gran mayoría de los edificios todavía son de construcción tradicional, empleando procesos «húmedos».

Sin embargo, hay otros dos factores que han contribuido a esta demanda y que son:

- a) Las rigurosas normas de protección contra el fuego, exigidas por nuestros códigos de construcción, que de un modo económico sólo pueden conseguirse protegiendo los elementos de la estructura con yeso;
- b) El haberse introducido la utilización de yesos a los que previamente se les ha añadido áridos ligeros, con lo que además de facilitar, en gran parte, su puesta en obra y ofrecer otras ventajas técnicas, determina un nivel más elevado y seguro de la mano de obra que se emplea.

sección II. - tipos de yeso

YESOS «DENSOS»

Generalidades

Estos son los yesos tradicionales, y la palabra «densos» sólo se emplea para diferenciarlos de los yesos ligeros, que aparecieron hace 10 años aproximadamente. Los yesos ligeros se describirán posteriormente en este mismo capítulo.

T A B L A 1

CLASE	TIPOS Y GRADOS	USOS PRINCIPALES
<p><i>Clase A</i></p> <p>Yeso de París</p>	—	Moldeo y fundido.
<p><i>Clase B</i></p> <p>Yeso hemihidrato retardado</p>	<p>a) Yesos para guarnecidos:</p> <p>(i) Enlucido (sin y con pelo)</p> <p>(ii) Enrejado metálico</p> <p>b) Yesos de acabado:</p> <p>(i) Acabado de pared</p> <p>(ii) Acabado de paneles</p>	<p>Mezclado con arena para soportes sólidos y para la mayor parte de placas y losas.</p> <p>Mezclado con arena para enrejado metálico y placas de fibra de madera. Contiene cal y fibra hidratadas.</p> <p>Como un acabado liso sobre bases de la clase B (puede añadirse cal hidratada hasta 25 % en volumen.)</p> <p>Para el acabado con una sola capa de paneles cartón-yeso.</p>
<p><i>Clase C</i></p> <p>Yeso anhidro</p>	Acabado	Como enlucido sobre bases de la clase B y sobre mortero de cemento/cal/arena (1 : 1 : 6).
<p><i>Clase D</i></p> <p>Cemento «Keene»</p>	Acabado	Como enlucido sobre bases de mortero de cemento/arena (1 : 3).

Los yesos que entran en la categoría de «densos» están fabricados de acuerdo con el British Standard 1191:1955 «Gypsum Building Plasters», norma que está siendo objeto de revisión y su próxima edición será en 1965. La B. S. 1191 (edición 1965) divide los yesos en cuatro clases, y dicta normas respecto a su composición química y ciertas propiedades físicas. En la tabla 1 se dan detalles de las clases, tipos y grados, así como los usos principales de estos yesos.

Por lo tanto, hay 4 clases principales de yeso, con los dos grados de capa intermedia, que son los yesos de la clase B, y con los 4 grados de yesos de acabado, que entran en las clases B, C y D. Debido a su característica de baja expansión de fraguado y al hecho de que está virtualmente exento de cal libre, la clase B es el único yeso de acabado adecuado para una sola capa en paneles de cartón-yeso. El yeso de la clase A, que no es retardado, con un tiempo de fraguado de 20 a 30 minutos, aproximadamente, se emplea, fundamentalmente, para moldear y fundir y no entra en el tema de este trabajo.

Recubrimientos inferiores (guarnecidos)

Los grados de recubrimientos inferiores presentan un tiempo de fraguado muy largo en pasta pura y sólo se emplean para mezclarlos con arena. Cuando se mezclan correctamente con la calidad de arena adecuada, estas mezclas para guarnecidos fraguan, en obra, después de 1,30 a 3 horas.

Las proporciones de arena y yeso varían, según el tipo de fondo, el cual será tratado en la Sección III —«Especificaciones de Revoques»—. En esta etapa, es importante considerar que la resistencia de la capa inferior, sus propiedades y tiempo de fraguado dependen, en gran parte, de la calidad de la arena.

Una arena buena para revocar estará bien tamizada, exenta de sales solubles y contendrá un mínimo de arcilla y limo. Las calidades exigidas para arenas de revoque se especifican en la British Standard 1198: 1955. De forma muy breve estos requisitos vienen expresados de la manera siguiente:

GRANULOMETRIA	ARENA TIPO I	ARENA TIPO II *	
Tamiz B.S.			
3/16"	100	100	
N.º 7	90-100	90-100	
N.º 14	70-100	70-100	% en peso que pasa por los tamices B.S.
N.º 25	40-80	40-100	
N.º 52	5-40	5-50	
N.º 100	0-10	0-10	

* Debido a que es un material más fino, la arena que cumpla las condiciones de la tipo II es inferior al tipo I y, por tanto, cuando se mezcle con yesos para capas inferiores, las proporciones de la arena tipo II se reducirán en un tercio.

Arcilla y limo

En el caso de arena natural y arenas de grava triturada, el porcentaje de arcilla, limo y polvo fino no deberá exceder del 5 % en peso o de un 10 % en el caso de arenas de piedra triturada.

Acabados

Las características esenciales de las 4 clases de yeso de acabado están resumidas en la tabla 2.

TABLA 2

GRADO	FRAGUADO Y SECADO	DUREZA SUPERFICIAL	ACABADO QUE PUEDE ALCANZARSE
<p><i>Clase B (hemihidrato)</i></p> <p>(i) Acabado de paredes.</p> <p>(ii) Acabado de paneles.</p>	<p>Tiempo de fraguado de 2 a 2,5 h; la adición de cal hidratada de hasta un 25 % acelerará el fraguado.</p> <p>Tiempo de fraguado de 45 a 65 minutos. Expansión lineal de fraguado no superior a 0,2 % en un día.</p> <p>Los dos tipos de yeso de acabado de la clase B endurecen rápidamente después de haber comenzado el proceso de fraguado, y se deberá dejar secar lo antes posible.</p>	<p>Suficientemente duro y resistente a cualquier deterioro en casos normales. La adición de cal en el caso del acabado de paredes debilita el yeso.</p>	<p>Lo suficientemente liso y nivelado para la mayor parte de las aplicaciones.</p>
<p><i>Clase C (anhidro)</i></p>	<p>Fragua lenta y gradualmente. Puede recocerse hasta una hora después del amasado. No se dejará secar demasiado de prisa porque si no puede tener lugar una expansión retardada.</p>	<p>Más duro que el acabado de la clase B.</p>	<p>Se puede obtener fácilmente una superficie lisa.</p>
<p><i>Clase D</i></p> <p>(Cemento Keene*)</p>	<p>Análogo al de la clase C, pero deberá ponerse incluso más cuidado para evitar la expansión retardada. La expansión lineal no excederá del 0,5 % en 4 días.</p>	<p>Más duro que la clase C, con resistencia máxima a cualquier deterioro.</p>	<p>Muy nivelado y liso. Especialmente recomendable para casos de bajo ángulo de iluminación.</p>

* El cemento Keene es un yeso anhidro especialmente preparado que no contendrá más de un 2 % de agua combinada comparado con el yeso de la clase C, el cual puede contener hasta un 3 %. El proceso de fabricación fue patentado por Keene en 1836, y este producto está todavía considerado de alta calidad por las personas que trabajan el yeso, debido a sus excelentes cualidades de finura y acabado.

YESOS LIGEROS

Generalidades

Los yesos ligeros pertenecen a la clase B (yeso hemihidrato) mezclada con árido ligero, incluyendo como tal la perlita expandida, la vermiculita exfoliada o mezclas de ambos óxidos. El árido puede mezclarse con yeso en obra; pero no es muy conveniente, ya que pueden producirse resultados que no ofrecen gran confianza y, por lo tanto, prácticamente todo el yeso ligero empleado hoy en día se obtiene en taller como material en que la mezcla se hace previamente. El peso del yeso ligero para capas inferiores, comparado con el peso de los yesos que contienen arena, cuando está húmedo, pesa menos de la mitad y, una vez fraguado y seco, alrededor de 1/3. Esto hace que resulte más fácil su aplicación y que se ahorre una parte considerable de carga muerta en la estructura de un edificio, siendo este último un factor que puede economizar el costo del edificio, si se tiene en cuenta por el arquitecto al hacer el proyecto.

Está en preparación una norma inglesa para yesos ligeros previamente mezclados y, probablemente, aparecerá a finales del próximo año 1965. La tabla 3 clasifica varios tipos de yeso ligero, de acuerdo con la norma propuesta, y facilita información sobre el árido utilizado en cada tipo y los principales empleos a que pueden destinarse.

TABLA 3

TIPOS Y GRADOS	ARIDO	USOS PRINCIPALES
<i>Capas inferiores</i> Enlucido ligero	Perlita	Para la mayor parte de fondos sólidos distintos del hormigón denso, piedra de sillería y ladrillos finos prensados de baja absorción.
Aglomerante ligero	Vermiculita	Hormigón prefabricado y preparado «in situ», piedra de sillería, corcho y paneles de cartón-yeso.
Enrejado metálico ligero	Perlita y Vermiculita mezcladas	Todo tipo de enrejado metálico, placas de fibra, de madera y placas de poliestireno expandido.
Fines diversos de poco peso	Vermiculita	Cualquier soporte.
<i>Acabado</i> Acabado ligero	Perlita y vermiculita mezcladas o vermiculita sola	Como acabado sobre todas las anteriores capas inferiores.

El yeso con vermiculita previamente mezclados se introdujo por primera vez en Gran Bretaña en el año 1938, pero, debido a las ideas conservadoras del gremio del yeso, la demanda de este producto fue insignificante hasta 1952, fecha en la cual puede decirse que quedó establecida definitivamente la venta del yeso vermiculita. El yeso con perlita previamente mezclados apareció por prime-

ra vez al mercado en 1954 y se hizo popular debido a sus buenas propiedades: fácil empleo y gran poder cubriente. Sin embargo, mientras que el yeso vermiculita se adhiere fácilmente a cualquier tipo de fondo, el yeso perlita es conveniente únicamente para fondos sólidos tales como hormigón ordinario, piedra de sillería y ladrillo prensado. Eventualmente, la mayor parte de los fabricantes decidió poner a la venta ambos yesos de vermiculita y de perlita, estableciéndose, en la tabla 3, los fines principales para los que se utiliza cada tipo. En los últimos años, la demanda de yesos ligeros previamente mezclados ha aumentado considerablemente, y en los 12 meses últimos comprendidos hasta el 31 de marzo de 1964 esta demanda era 23 veces el nivel anual de ventas de hace 10 años.

Ventajas

La popularidad de los yesos ligeros previamente mezclados se debe al hecho de haber reconocido las ventajas que ofrecen cuando se comparan con los yesos tradicionales que contienen arena.

Para la persona que lo utiliza es mucho más sencillo de aplicar, y por venir mezclado directamente de fábrica puede tener la seguridad de que es un producto consistente. La dificultad en encontrar arenas para enfoscados conforme a las exigencias de B. S. 1198 (lo cual se convierte en un problema cada vez más difícil) está completamente descartada. Además, la conveniencia de poder amasar estos yesos con agua en la obra, en la cual van a ser utilizados, hace que sea una ventaja importante cuando se revoque en invierno en condiciones climatológicas crudas.

El empleo de yesos ligeros elimina también retrasos durante los enfoscados que se realizan en invierno, debido al problema que plantea la arena cuando se congela.

Para el arquitecto, los yesos ligeros, previamente mezclados, ofrecen varias ventajas técnicas, además de la garantía de que la calidad del yeso será siempre uniforme. Las principales ventajas técnicas pueden resumirse brevemente como sigue:

<i>Propiedad</i>	<i>Observaciones</i>
Ligero.	Cuando está seco, su peso es 1/3 del yeso que contiene arena.
Aislamiento térmico aumentado.	La resistencia térmica de los yesos ligeros es aproximadamente 3 veces mayor que la de los yesos que contienen arena.
Menor capacidad calorífica.	Esta propiedad permite calentarse más rápidamente la superficie del yeso en habitaciones con calor intermitente.
Resistencia al fuego más elevada.	El proteger muchos elementos de la estructura con yesos ligeros, les proporciona una resistencia al fuego 2 veces mayor que la que se obtiene con espesores iguales de yesos que contienen arena.
Mayor resistencia al agrietamiento.	Los yesos ligeros son más elásticos que los que contienen arena y, por lo tanto, pueden soportar mayores tensiones, debido al movimiento estructural o térmico. De esta forma se reducen los gastos de conservación.

Yesos para paredes delgadas

Este tema se tratará sólo muy superficialmente. El empleo de yeso sobre fondos sólidos en capas delgadas comenzó hace 3 años solamente, cuando los sistemas industrializados de construcción que utilizaban elementos de hormigón relativamente lisos y nivelados, densos o aireados se hicieron de uso más conocido en Gran Bretaña.

Hay tipos de yesos para paredes delgadas, pero todos ellos se dividen, esencialmente, en dos categorías: los que están basados en aglomerantes orgánicos (como, por ejemplo, los llamados Yesos Escandinavos) que fraguan por secado, y los que se basan en el yeso hemihidrato que tienen un tiempo de fraguado definido. La mayor parte de estos yesos están preparados, especialmente, para conseguir buena retención de agua y, al mismo tiempo, buena plasticidad para permitir su aplicación en fondos muy absorbentes.

El tipo de aglomerante orgánico de yesos para paredes finas se aplica corrientemente por pulverización o con una espátula ancha de no más de 1/16" de espesor para que resulte económica, mientras que el segundo tipo se aplica normalmente con paleta hasta de 3/16" de espesor.

Por lo tanto, los yesos para paredes delgadas toleran mejor las imperfecciones de fondo.

sección III. - especificaciones para enlucir

Los sistemas más comunes de enlucido, están resumidos en la tabla 4. La elección del recubrimiento inferior depende del tipo y propiedades de los fondos, como, por ejemplo, absorción, tipo de conglomerante y retracción por secado, mientras que la elección de la capa de acabado dependerá de su compatibilidad con el recubrimiento inferior y su dureza.

Las características y aplicaciones de los diferentes tipos de yesos de acabado han sido descritas en la Sección anterior (tabla 2). También se facilita información sobre la aptitud de distintos fondos para el trabajo en una sola capa, con notas breves sobre cualquier tratamiento preliminar de la superficie que pudiera ser necesario.

Cuando en la tabla se menciona un tratamiento de adherencia, significa la aplicación de agentes aglomerantes de tipo bituminoso o emulsión p. v. a. El 1.º se recomienda únicamente para paredes y el 2.º puede aplicarse en paredes o placas de techo, y es muy valioso para mejorar la adherencia del yeso al hormigón denso que contenga caliza, ladrillo, granito o cenizas pulverizadas como áridos.

Sin embargo, el enlucido sobre hormigón denso liso [ver Especificación 5 (b)] presenta riesgos especiales, los cuales son demasiado complejos para resumir en la tabla. Los problemas característicos de fondos de hormigón se discuten con más detalle en la Sección IV.

NOTAS SOBRE LA TABLA 4.

(a) Espesor de la fábrica de yeso.

El espesor de enlucidos de 2 capas es, generalmente, del orden de 1/2 pulgada, excepto en el caso de fondos de hormigón y cartón-yeso, cuyo espesor ya terminado no deberá exceder de 3/8 de pulgada. Los enlucidos de 3 capas se emplean sólo sobre fondos sólidos, que son lo suficientemente desiguales como para necesitar una capa inferior adicional y sobre enrejados metálicos. En fondos sólidos, los enlucidos de 3 capas normalmen-

te no exceden de 3/4 de pulgada y en enrejados metálicos 1/2 pulgada con capas inferiores conteniendo arena, ó 3/8" con capas inferiores ligeras, midiendo el espesor desde la superficie del enrejado.

(b) *Proporciones de arena.*

Las proporciones se dan en volumen y donde se indican proporciones alternativas, es decir 2½ — 3 y 1 — 1½, se refiere a variaciones en la densidad aparente de los yesos que resultan de las diferencias que existen en las especificaciones de los fabricantes. Las proporciones de arena se basan en el empleo de arena, según la B. S. 1198, tipo I (ver Sección II). Si se emplean arenas de tipo II, la proporción de arena deberá reducirse en 1/3.

(c) Los yesos de la clase B, para acabado de paredes, y los de la clase C, yesos de acabado, deberán emplearse únicamente para capas inferiores que contengan arena, y el acabado ligero se aplicará únicamente para recubrimientos inferiores ligeros. La clase B puede emplearse, bien en pasta pura o bien mezclados, con cal hidratada en la siguiente proporción: 3 partes de yeso y una de cal, en volumen.

sección IV. - revoque de hormigón denso

Generalidades

Las paredes o placas de techo de hormigón denso moldeadas «in situ» son de los fondos más difíciles de enlucir, especialmente cuando la superficie se ha alisado deficientemente por el encofrado. Son muy frecuentes los fallos de adherencia del yeso en estos fondos. Tales desconchados afectan a grandes superficies de yeso, que tienden a producirse cuando el edificio se ha completado y ocupado, y su reparación puede causar un grave inconveniente y resulta costosa.

Los factores que influyen en la adherencia del yeso al hormigón han sido objeto de una extensa investigación por la Building Research Station, y la información que a continuación se detalla es un resumen de los resultados y de las medidas propuestas para su remedio.

La adherencia del yeso al hormigón puede ser perturbada por:

- (a) el movimiento diferencial entre el yeso y el hormigón,
- (b) el poder absorbente del hormigón,

siendo influenciados ambos factores por el tipo de árido que se encuentra en el hormigón y, en el caso del factor (b), también por la relación agua/cemento.

MOVIMIENTO DIFERENCIAL

Efecto del árido

La retracción por secado del hormigón desde el estado húmedo al aire seco oscila entre 0,03 % y 0,08 % y depende de la composición y calidad del hormigón, mientras que la contracción que corresponde a los yesos no es superior normalmente a 0,01 %. Sin embargo, en una placa hormigonada «in

S O P O R T E			
TIPO	PROPIEDADES		
	Succión	Clave o junta	Retracción por seca
SOportes sólidos.			
1. Ladrillo de arcilla normal y fábrica de bloques.	Moderada a alta.	Buena si las juntas están bien rebañadas o los ladrillos bien enlazados; de lo contrario, puede necesitarse un enfoscado u otro tratamiento de agarre.	Despreciable.
2. a) Fábrica de ladrillo de arcilla densa y fábrica de bloques (excluyendo la fábrica de ladrillo macizo). b) Silicato cálcico. fábrica de ladrillo o c) Hormigón. bloque.	Baja a moderada.		Baja a alta (salvo la fábrica de ladrillo de arcilla).
3. a) Hormigón sin finos. b) Hormigón o bloques de árido ligero de estructura abierta.	Baja a moderada.	Buena.	Baja a alta.
4. Losas y fábrica de bloques de hormigón aireado.	Moderada a muy alta.	Buena con yesos adecuados.	Baja a alta.
5. a) Fábrica de ladrillos de arcilla macizos. b) Hormigón denso. c) Hormigón y bloques ligeros de superficie cerrada.	Baja a moderada, pero el hormigón denso necesita humedecerse o un agente de agarre.	Pobre, pudiendo ser necesario un tratamiento de agarre.	Baja a alta (excepto fábrica de ladrillo arcilla).
6. Los siguientes soportes tratados con agentes de agarre: a) Ladrillo vitrificado. b) Tejas vidriadas. c) Superficies pintadas.	Muy baja.	Adecuada con yesos convenientes.	Despreciable.
LOSAS.			
7. Lana de madera.	Baja.	Buena.	Usualmente se coloca en sitio seco, pero puede ser elevada se usa como ceramientos permanentes
8. Paneles de paja.	Baja.	Pobre, requiriendo tratamiento con sustancias de agarre.	Se coloca en seco.
TABLEROS.			
9. a) Cartón de yeso. b) Cartón de fibra.	Baja.	Buena con yesos adecuados.	Usualmente se coloca en seco. El movimiento de humedad en el cartón de fibra puede ser alto, a menos que se condicione «in situ».
10. Tableros de plásticos espumados (p. ej. poliestireno, poliuretano).	Baja.	Adecuada con yesos convenientes.	Se coloca en seco.
ENTRAMADOS.			
11. Entramado metálico (todos los tipos).	Baja.	Buena.	Ninguna.

DOS O TRES CAPAS (a)			TRABAJO DE UNA SOLA CAPA (a)
CAPAS INFERIORES ALTERNAS	TIPO DE ACABADO (c)		
Capas inferiores con arena (b) Yeso : arena	Capas inferiores ligeras	Acabado «denso» según B. S. 1191 o acabado ligero	Donde el soporte está suficientemente alisado
1 : 2,5-3	Yeso negro o de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	No es adecuado.
1 : 2	Yeso negro o de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	No es adecuado.
1 : 2	Yeso negro o de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	No es adecuado.
1 : 2	Agarre o yeso de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	Yesos de pared delgada o acabado de paneles de la clase B sobre hormigón de baja succión.
1 : 1,5	Agarre o yeso de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	Yesos de pared delgada o acabado de tableros de la clase B; para los últimos puede ser necesario un tratamiento de agarre.
1 : 1,5	Agarre o yeso de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	Acabado de tableros de la clase B sobre un agente de agarre.
1 : 2	Entramado metálico o de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	No es adecuado.
—	Agarre o yeso de uso corriente.	—	Acabado de tableros clase B sobre un agente de agarre.
1 : 1,5	Agarre o yeso de uso corriente.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	Acabado de tableros clase B.
1 : 1-1,5	Entramado metálico o de uso general.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	Acabado de tableros clase B, supuesto que los tableros están firmemente sujetos a un soporte rígido.
Última capa inferior 1 : 1,5 Segunda capa inferior 1 : 2	Entramado metálico o de uso general.	Acabado de pared clase B o clase C. Ligero.	No es adecuado.

situ», armada en ambas direcciones, la retracción por secado se reduce hasta cierto punto y puede completarse una proporción considerable de dicha retracción antes de aplicar el yeso sobre la placa. También existe una diferencia en la expansión térmica, encontrándose la del hormigón dentro del intervalo (4,1 a 7,3) $10^{-6}/^{\circ}\text{F}$, lo cual depende principalmente del árido, mientras que el yeso oscila entre $8,0 \times 10^{-6}$ en mezcla conteniendo arena y $11,1 \times 10^{-6}$ para un yeso hemihidrato de la clase B en pasta pura.

El secado de un elemento de construcción que conduce a la retracción del hormigón provocará esfuerzos cortantes que se desarrollarán en la interfase hormigón-yeso, aunque hay pruebas de laboratorio que demuestran que la mayor parte de estos esfuerzos pueden absorberse, bajo ciertas condiciones, por un proceso similar a la fluencia del hormigón. Por lo tanto, es probable que los movimientos térmicos que se producen más rápidamente, y en condiciones secas, sean la causa más importante del fracaso.

Si la adherencia del yeso es muy débil para soportar estas tensiones térmicas, entonces se desprenderá del fondo. Esto se deduce por el hecho de que muchos de los fallos estudiados por la B.R.S. han resultado estar estrechamente relacionados con una rápida elevación de la temperatura en las construcciones afectadas. Además, se estableció, tanto por observaciones en obra como en el laboratorio, que los hormigones hechos con piedra caliza, granito o ladrillo triturado como árido, todos los cuales presentan un coeficiente de expansión térmica excesivamente pequeño, eran especialmente propensos a fallar. La tabla 5 da el coeficiente de expansión térmica de varios yesos y hormigones e indica que, para el hormigón fabricado con piedra caliza, granito o ladrillo machacado como áridos, la diferencia entre la expansión del yeso y el hormigón es, aproximadamente, el doble de la diferencia que hay entre el yeso sobre hormigón de grava.

TABLA 5
Expansión térmica de yesos y hormigones

MATERIAL	COEFICIENTE DE EXPANSION LINEAL $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$	DIFERENCIA EN LA EXPANSION DEL YESO Y HORMIGON $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$
<i>Yesos</i>		
Hemihidrato puro	11,1	—
Hemihidrato puro mezclado con 1/3 vol. de cal.	10,0	—
Hemihidrato con arena (1 : 2 por volumen) ...	8,0	—
Yeso que aglomera vermiculita	9,7	—
Valor medio para los yesos	10,0	—
<i>Hormigones fabricados con varios áridos</i>		
Grava	7,3	2,7
Cuarcita	7,1	2,9
Granito	5,3	4,7
Ladrillo machacado	4,8	5,2
Piedra caliza	4,1	5,9

Los datos experimentales anteriores están confirmados gráficamente en la figura 2, la cual representa la frecuencia de fallos en relación con el coeficiente de expansión térmica del hormigón como resultado de nueve grandes fracasos que han sido estudiados por la B. R. S. durante los últimos años.

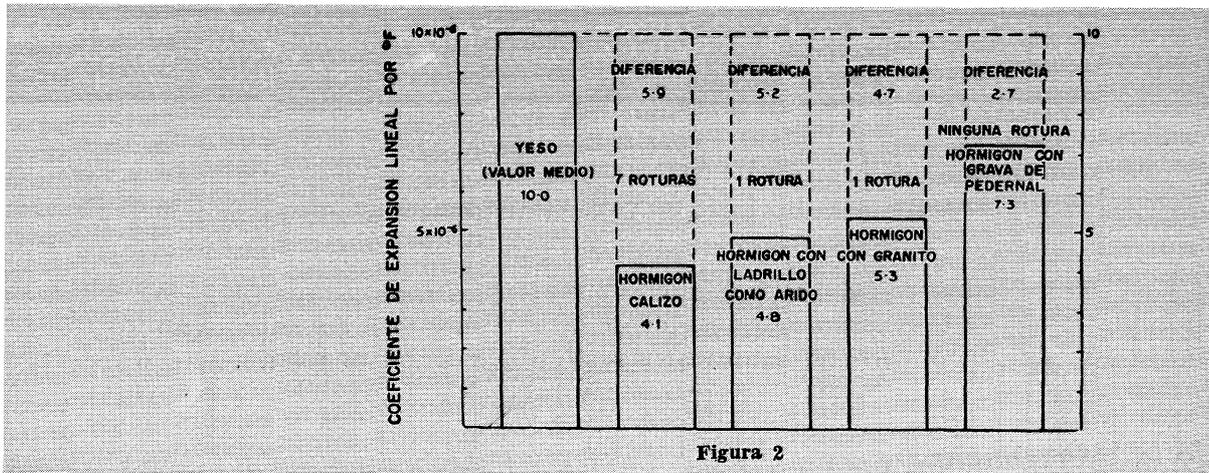


Figura 2

Efecto del espesor del yeso

Otro aspecto del problema es la cuestión del espesor del yeso. Ensayos realizados sobre paneles de hormigón enlucidos con yeso, simulando el efecto de los movimientos térmicos diferenciales de yeso y hormigón, han confirmado que el fallo puede producirse donde la adherencia inicial del yeso es pequeña debido a elevaciones de temperatura relativamente pequeñas. Por ejemplo, el fallo de un recubrimiento de 3/8" de yeso de enlucido mezclado con arena (1:1,5 en volumen) fue producido por esfuerzos cortantes del tipo de los que resultarían por una elevación de temperatura de sólo 17° F en yeso sobre hormigón con piedra caliza o de 38° F si el hormigón estuviese hecho con grava como árido. Los resultados de estos ensayos han recalcado la importancia de mantener el espesor total del yeso sobre el hormigón en un mínimo. Era de esperar, con fundamentos teóricos que, para una elevación de temperatura dada, el esfuerzo cortante en la interfase del yeso y el hormigón sea proporcional al espesor del yeso; esta relación se confirmó por ensayos sobre recubrimientos de 1/2 y 1/4 de pulgada de espesor. Los recubrimientos de 1/2 pulgada fallaron con esfuerzos que eran sólo la mitad de los que se requerían para causar el fallo de los recubrimientos de 1/4". De ello se deduce que hay una ventaja considerable en los trabajos de una sola capa, donde la superficie del hormigón es lo suficientemente buena y nivelada como para permitir esto. El hormigón denso es verdaderamente el único fondo sólido para enlucir, sobre el cual es preferible el trabajo de una sola capa, a los de dos o tres. La absorción uniforme del hormigón permite obtener un buen acabado con únicamente un recubrimiento.

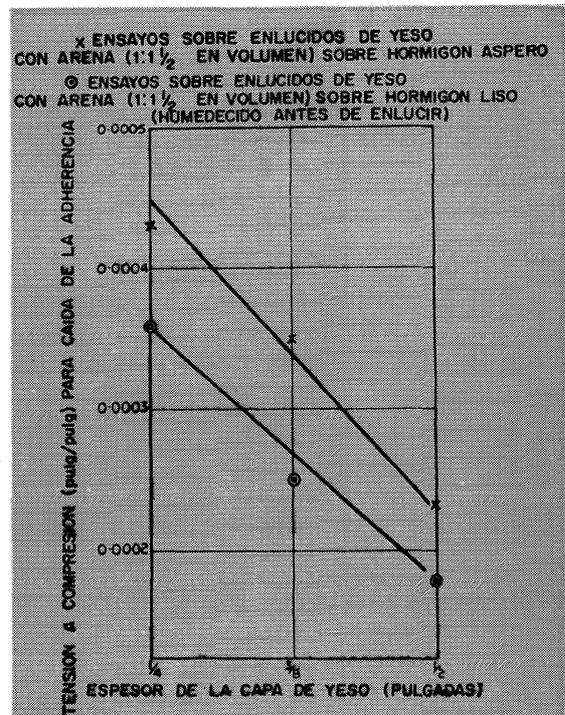


Figura 3

La resistencia a compresión debida al momento diferencial del yeso y el soporte, causante del fallo, y el efecto del espesor del yeso, se indican en el gráfico de la fig. 3.

Cuando se necesita aplicar un enlucido de dos capas en el hormigón es ventajoso emplear un yeso lo suficientemente elástico como para poder soportar la deformación inducida por los movimientos térmicos diferenciales; por esta razón, un recubrimiento interior de yeso ligero (que contenga vermiculita como árido) con una capa de acabado ligera es un sistema de enlucir bastante conveniente. La mayor adherencia del yeso ligero en el hormigón cuando se somete a tensiones térmicas bruscas e intensas está comprobada por el comportamiento de este tipo de yeso en ensayos de resistencia al fuego sobre los elementos de hormigón de una estructura. Este yeso se adhiere con firmeza al fondo durante un período mucho más largo que cualquier otro revestimiento inferior de yeso con arena.

La conclusión que se obtiene de todos estos ensayos es que cuando el hormigón está fabricado con áridos de expansión térmica baja, y particularmente de caliza, el espesor total del revoco (yeso conteniendo arena o recubrimientos inferiores ligeros) no deberá exceder de 3/8 de pulgada.

Mejora de la adherencia

Cuando se aplica una mezcla de yeso húmedo sobre hormigón seco, el aire que expulsan los poros de la superficie es retenido en la interfase, evitando así el buen contacto entre el yeso y el hormigón. Se puede obtener una mejora considerable en la adherencia del yeso con hormigones de baja expansión, rociando simplemente con agua la superficie del fondo a enlucir antes de comenzar la operación de enyesado. Esto desplaza el aire ocluido en los poros y aumenta el área de contacto entre yeso y hormigón. La figura 4 es una fotografía de la parte posterior de una capa de yeso hemi-

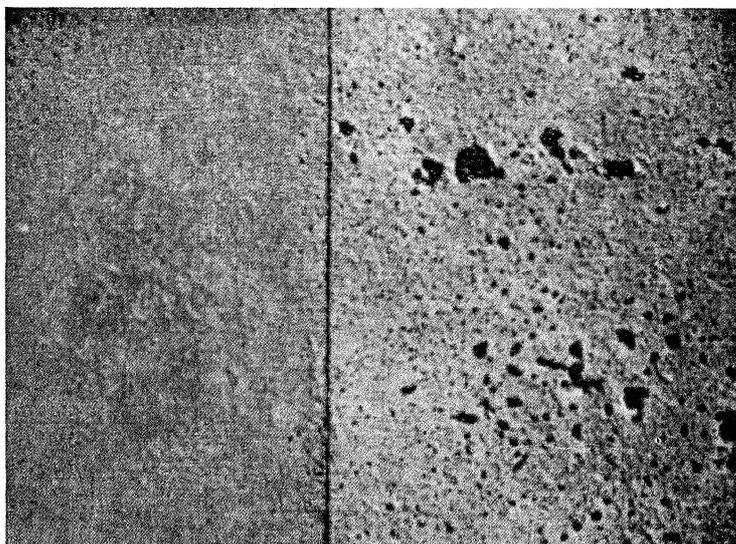


Figura 4

hidrato puro que ha sido aplicada a una probeta de hormigón relativamente lisa. La parte de la izquierda de la probeta fue rociada con agua mientras que la de la derecha no. Se ve claramente la diferencia en el área de contacto entre las partes secas y húmedas.

Características de succión

Investigaciones más recientes han revelado que, a medida que aumenta la relación agua/cemento del hormigón, también aumenta la succión, y la adherencia del yeso se empeora en correspondencia hasta un punto donde incluso el sencillo método de rociar la superficie del hormigón con agua no resulta un remedio eficaz.

Los efectos de la relación agua/cemento y el tipo de árido en la succión de hormigón seco se han venido estudiando desde entonces, midiendo la velocidad inicial de la absorción de agua desde cero mediante un filtro de vidrio sinterizado conectado a un tubo capilar horizontal. La superficie de vidrio sinterizado se mantiene contra la placa de hormigón, con un papel de filtro húmedo entre ellos, para asegurar un contacto capilar continuo; la intensidad de absorción se calcula de la velocidad de movimiento del menisco del agua a lo largo del tubo capilar calibrado. Un hormigón 1:2:4 fabricado con grava de pedernal como árido y una relación agua/cemento de 0,5 dio una velocidad de sólo $0,3 \text{ cm}^3/\text{pie}^2 \cdot \text{min}$, mientras que la velocidad de un hormigón similar hecho con una caliza densa era de $4,2 \text{ cm}^3/\text{pie}^2 \cdot \text{min}$. La absorción aumentó aproximadamente $1,6 \text{ cm}^3/\text{pie}^2 \cdot \text{min}$ por cada aumento de 0,1 en la relación agua/cemento para ambos áridos.

Los ensayos de adherencia realizados sobre hormigón con relaciones agua/cemento que oscilan entre 0,5 y 0,7, han demostrado que la adherencia del yeso (puro o con arena) a hormigones hechos con árido calizo se deteriora rápidamente a medida que se aumenta esta relación, y que el humedecer la superficie del hormigón no resulta eficaz para mejorar la adherencia si la velocidad de absorción excede $5 \text{ cm}^3/\text{pie}^2 \cdot \text{minuto}$.

La medida de la velocidad de absorción serviría para indicar si una superficie de hormigón necesita humedecerse simplemente antes de enlucir o si necesita un tratamiento preliminar con un agente adhesivo para asegurar una adherencia satisfactoria.

El efecto de la relación agua/cemento del hormigón fabricado con árido calizo (1:2:4 en volumen) sobre la adherencia de una capa de yeso hemihidrato de $3/16''$ se indica en la figura 5.

Efecto de la relación agua/cemento de un hormigón hecho con árido calizo (1:2:4 en volumen) en relación con la adherencia sobre él de una capa de yeso puro de $3/16''$ de espesor.

RELACION AGUA/CEMENTO	SUPERFICIE DEL HORMIGON	ADHERENCIA	
		Carga para el arranque lb/in ² (media)	Tensión de compresión en la caída in/in
0,5	Lisa y seca	125	0,00070
	Lisa y húmeda	> 125	0,00080
0,6	Lisa y seca	60	0,00030
	Lisa y húmeda	90	0,00030 (2)
0,7	Lisa y seca	Inmedible (1)	0,00015
	Lisa y húmeda	60	0,00030 (2)

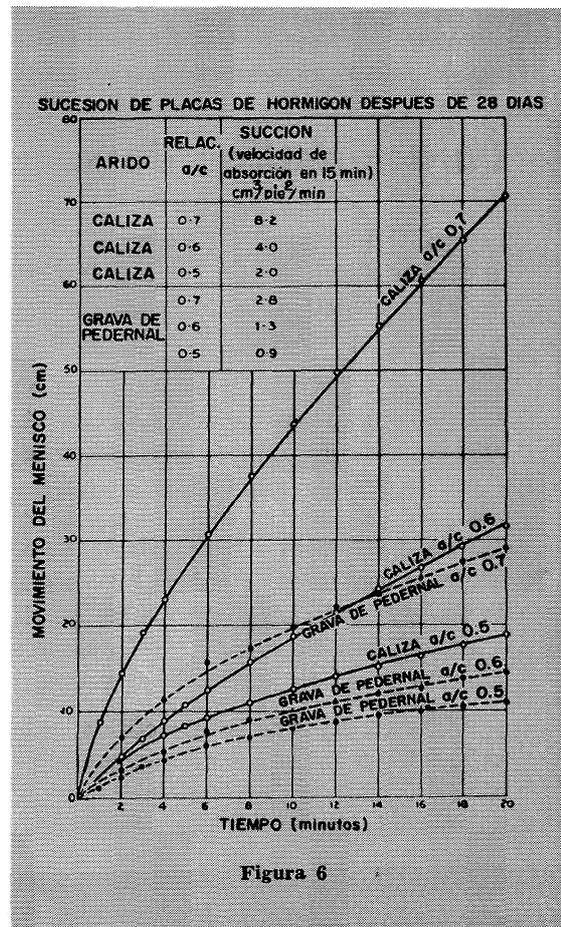
NOTA (1) «Inmedible» indica que la caída ocurrió mientras se agujereaba el yeso, o antes que poderse aplicar en los ensayos de arranque cualquier carga medible.

NOTA (2) A estas tensiones sólo ocurrió una caída parcial del yeso en las partes húmedas de las placas.

Figura 5

El efecto de la succión está muy acentuado en el caso del hormigón ligero estructural hecho con cenizas de combustible pulverizadas y sinterizadas, el cual ha originado un creciente número de espectaculares fallos del yeso. La expansión térmica característica de este fondo es también bastante baja, del orden de $4,8 \times 10^{-6}$ por °F, lo cual constituye un riesgo más. Los ensayos realizados sobre este fondo demostraron que su velocidad inicial de absorción de agua comenzando desde 0 (16 cm³/pie² · minuto) era aproximadamente el doble de la velocidad máxima registrada previamente para el hormigón conteniendo caliza; el humedecer la superficie de este hormigón antes de enlucir no era suficiente para asegurar una adhesividad satisfactoria de los yesos normales. Se podía obtener buena adhesividad, bien con yesos especiales con un aditivo que retenga el agua, o bien tratando el hormigón con un agente adhesivo antes de enlucir.

Las velocidades relativas de absorción de agua de los hormigones fabricados con diferentes áridos y distinta agua/cemento vienen indicadas en el gráfico de la figura 6.



CONCLUSIONES

- 1) La adherencia del yeso a hormigones lisos de baja expansión térmica, generalmente, puede mejorarse humedeciendo la superficie del hormigón inmediatamente antes de enlucir.
- 2) El peligro de una expansión térmica diferencial que rompa la adherencia entre el yeso y el hormigón se hace mayor a medida que aumenta el espesor del yeso. Cuando no se pueden emplear enlucidos de una sola capa hasta de 3/16", entonces el espesor de enlucidos de 2 capas, preferentemente en yeso/vermiculita, no deberá exceder 3/8".
- 3) Cuando la relación agua/cemento del hormigón, fabricado con árido de baja expansión es alta, la succión aumentará hasta tal punto que el remedio sencillo descrito en el párrafo 1) no será adecuado y la superficie del hormigón requiere un tratamiento con un agente adhesivo a base de acetato de polivinilo.
- 4) El hormigón hecho con cenizas de combustible pulverizadas y sinterizadas presenta una dificultad especial, debido a sus características de gran succión y baja expansión. Únicamente puede obtenerse buena adhesividad a este fondo con yesos especiales que contengan un aditivo que retenga el agua, o tratando la superficie con un agente adhesivo de polivinilo antes de enlucir.

AGRADECIMIENTO

Doy las gracias a la Building Research Station, del Departamento de Investigación Científica y Técnica, que no sólo llevó a cabo el trabajo experimental mencionado en la Sección IV, sino que además, gracias a su permiso, pudieron publicarse las figuras 2, 3, 4, 5 y 6.