LOS MORTEROS. CONTROL DE CALIDAD*

(MORTARS, QUALITY CONTROL)

César del Olmo Rodríguez, Dr. en Ciencias Químicas
Instituto Eduardo Torroja/CSIC
ESPAÑA

Fecha de recepción: 13 - VI - 94
681-3

RESUMEN

Los morteros son materiales de construcción de uso cada vez más extendido y especializado dentro de la edificación, cuyas características y prestaciones son diferentes según sea el destino para el que están diseñados; siendo necesario, para garantizar que su empleo y propiedades respondan a los fines previstos, llevar a cabo un control de calidad en obra.

En el presente trabajo se analizan, en primer lugar, las características de los principales tipos de mortero, así como las especificaciones que habitualmente se adoptan en el Proyecto, que corresponden, por lo general, a las que se establecen con carácter oficial en las Normas, Guías Técnicas, Pliegos de Condiciones, etc. Una gran parte de estos documentos de referencia se encuentran en fase de revisión, haciendo mención en el artículo al estado actual de esta normativa técnica.

Por último, se señalan también en el mismo las pautas que cabe adoptar para el control de calidad de los morteros, diferenciando las distintas etapas en que puede ser dividido.

SUMMARY

Mortars are building materials used ever more widely in construction and in a more specialized way. Their characteristics and performances are different depending on the purpose for which they are designed. In order to guarantee the characteristics and the proper use required by their purpose, in situ quality control is necessary.

This article analyzes, in the first place, the characteristics of the main types of mortars as well as the specifications normally adopted in the Project, generally corresponding to those officially established by Standards, Technical Guides, Specifications, etc. A large part of these reference documents is being revised and this article mentions the present state of the technical regulations.

Lastly, the article proposes guidelines to be adopted for the quality control of mortars, distinguishing the different stages in which this process may be divided.

1. Introducción

En esta conferencia vamos a tratar el tema del *Control de calidad de los morteros*, donde se recogen las características y prestaciones generales que deben reunir estos materiales de construcción, así como las pautas que cabe adoptar para su control.

Los datos contenidos en la exposición pueden ser de utilidad para:

- La redacción del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares que se incluye en el Proyecto elaborado por el Arquitecto; así como para
- La supervisión y aceptación de estos materiales, establecer su dosificación, etc., cometidos que tienen encomendados el Aparejador o Arquitecto Técnico.

* Conferencia pronunciada en el Curso de Control de Calidad organizado por el Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Murcia, junio, 1994.

1.1. Tipos de mortero

Los morteros son materiales de construcción de uso cada vez más extendido y especializado dentro de la construcción y edificación.

Los tipos de uso más frecuente, son los siguientes:

- Rejuntado de fábricas de ladrillo y albañilería.
- Revestimiento tradicional de fachadas (enfoscados y revocos).
- Monocapa (mortero no tradicional para revestimiento de fachadas).
- Colocación de pavimentos y revestimientos cerámicos:
 - En capa gruesa (morteros de agarre tradicionales).
 - En capa fina (morteros cola).
- Impermeabilización.
- Reparación.

A los que nos referiremos a lo largo de esta comunicación.

1.2. Documentos de referencia

Las características y prestaciones de los morteros que, por lo general, se adoptan en el Proyecto,

corresponden a la reglamentación oficial, definida en las correspondientes normas oficiales (NTE, NBE, UNE, etc.), Pliegos de Recepción, Eurocódigos, Directrices, Guías Técnicas, etc.¹.

En la Tabla 1 se resumen los documentos de referencia que contienen las especificaciones que deben cumplir los morteros.

1.3. Finalidad. Etapas

El control de calidad de los morteros tiene como finalidad:

a) En una etapa previa al comienzo de la obra

Efectuar:

- La *elección*, entre varios tipos o marcas de materiales, del
 - mortero, o de
 - las materias primas (arenas, etc.), en el caso de que esté previsto preparar el mortero a pie de obra, cuyas características mejor se adapten a las especificaciones definidas en el Proyecto; lo que implica *comprobar*, en cada caso,
- el *grado de cumplimiento* por los materiales considerados (morteros o materias primas) de las mencionadas características y prestaciones establecidas en el Proyecto.

Tabla 1

Control de calidad	Morteros					
	Fábrica de ladrillo y albañilería	Revestimiento	Monocapa	Cola	Impermeabilización	Reparación
Documentos de referencia y de Consulta	NBE FL-90 Normas UNE Serie 83-800 Experimentales (en estudio) ²	De paredes NTE RP Enfoscados NTE RP Revocos NTE RPA Alicatados De suelos NTE RSB Baldosas NTE RSB Terrazos Normas UNE Serie 83.800 Experimentales (en estudio)	Cahiers del CSTB n.º 2.669 1 al 5 julio-agosto 1993	Directrices UEAtc para la colocación de revestimientos cerámicos (Monografía n.º 403 IET)	Directrices Institutos Miembros UEAtc DIT n.º 262 IET	Normas UNE Serie 83-700 Experimentales (en estudio)

b) *A lo largo de la obra.*

Comprobar:

- La *regularidad* de la calidad del material correspondiente a los distintos suministros, partidas, lotes, etc., que llegan a obra.

2. Control de calidad previo al inicio de la obra

2.1. Elección de los materiales

2.1.1. Datos iniciales

Para la elección del material más idóneo, normalmente se dispone de uno, o varios, de los datos de partida siguientes:

- Ficha técnica de una serie de materiales, facilitada por el proveedor o fabricante (datos que genéricamente se incluyen en el capítulo de *control de la información*).

La ficha técnica de los morteros industriales contiene las características denominadas *valores declarados por el fabricante*, según la nomenclatura de la CEN, a la que nos referiremos más adelante.

- Muestras realizadas en obra por el fabricante o aplicador en el caso, por ejemplo, de materiales de revestimiento.
- Muestra del producto (en polvo o en pasta) para su ensayo.

2.1.2. Características a comprobar en los materiales

En la etapa previa a la iniciación de la obra se procede a evaluar en los materiales en estudio:

- Las características generales.
- Las características específicas, en relación con algunas propiedades concretas.

2.1.2.1. Características generales

En la evaluación de los materiales pueden establecerse diferentes *Niveles de control*, según que se trate de:

- Morteros de origen industrial, o materiales sin este origen (componentes o materias primas,

tales como arenas, agua para el amasado y curado, etc.).

2.1.2.2. Características particulares

Las características particulares de los morteros a comprobar en esta fase inicial del control de calidad comprenden, en primer lugar, la valoración de las *características específicas*; éste es el caso, por ejemplo, de los morteros que se emplean para la impermeabilización de las jardineras, etc., en que se comprueba, antes de su instalación en el edificio, la estanquidad de estos elementos.

Asimismo, otras características de los morteros, que es conveniente evaluar en esta fase previa del control, antes de que la propia obra haya comenzado, son las siguientes:

- Rendimiento.
- Tolerancias en el agua de amasado.
- Tiempo abierto ³.
- Trabajabilidad o facilidad para la colocación o aplicación.
- Compatibilidad con el soporte.

La evaluación de las dos últimas características puede realizarse utilizando, como base o soporte, el material de obra concreto en el que se trata de aplicar el mortero de referencia. Como, por ejemplo, en una obra de rehabilitación, donde el mortero se ensaya (aplica) en una muestra del soporte a revestir, o del hormigón dañado que se pretende reparar; o también el mortero se ensaya en el laboratorio en una muestra del hormigón aligerado que se trata de revestir, etc.

2.2. Los morteros industriales

Los morteros de origen industrial deberán cumplir las condiciones funcionales y de calidad fijadas en los documentos de referencia citados en la Tabla 1, así como, en general, las indicadas en las NTE, en el Pliego General de Condiciones de Recepción de Conglomerantes Hidráulicos, y en el Pliego General de Condiciones de Recepción del Hormigón en Masa o Armado, así como las correspondientes normas y disposiciones vigentes, relativas a fabricación y control industriales o, en su defecto, las correspondientes normas UNE.

Cuando el material llegue a obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de

dichas condiciones, normas y disposiciones, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

Podemos establecer dos niveles de control según que los morteros industriales estén o no homologados.

A) *Productos homologados*

Las características aparentes a comprobar son únicamente algunas de las correspondientes a:

- Los *ensayos de identificación*; o bien, a
- las características que se incluyen como *valores declarados por el fabricante*, según la denominación de la CEN, anteriormente mencionados, que corresponden a los que se incluyen en la ficha técnica del producto.

En las tablas incluidas más adelante (apartado 4.1) figuran señaladas con un asterisco (*) las *características de identificación* de los morteros industriales, así como los *requisitos esenciales* de los morteros de albañilería que se incluyen, hasta el momento, en las normas CEN en fase de proyecto.

B) *Productos sin homologar*

En este caso, el número de características a determinar en el mortero industrial es superior que en el caso anterior; siendo necesario, por lo general, evaluar las que se incluyen en el apartado 4.1.

Para lo cual, en ambos casos, se deberá enviar una muestra representativa del mortero a un laboratorio especializado para su estudio, porque las comprobaciones a efectuar normalmente superan las posibilidades de ensayo de un laboratorio a pie de obra. Por esta razón el control de calidad de estos materiales se incluye en el apartado 4, relativo al *Control de calidad en el laboratorio*.

2.3. *Los morteros tradicionales*

El control de calidad de los morteros tradicionales fabricados en obra comprende:

- A) El control de los componentes o materias primas.
- B) La dosificación del mortero.
- A) Control de los componentes o materias primas del mortero.

Tabla 2

Tamiz luz de malla, mm	Arenas para morteros de					
	Muros resistentes de fábrica de ladrillo Retenido, %	Revocos Contenidos, %			Enfoscados Retenido, % ⁴	Colocación de baldosas Contenidos, %
		Fino	Medio	Grueso		
5,0	100				100	35 a 60
3,0						
2,5	80 ± 20					
2,0						
1,5	65 ± 35					
1,25		0,5 a 1,0	1,0 a 1,5	1,5 a 2,0	65 ± 35	30 a 40
1,0						
0,63	42,5 ± 27,5					
0,50					27,5 ± 22,5	10 al 15
0,32	27,5 ± 22,5					
0,2						
0,16	15 ± 15					
0,1						
0,08						
					7,5 ± 7,5	

En los morteros preparados en obra, se deberá efectuar la recepción de las materias primas que componen el material, entre la que se encuentran las siguientes:

A.1) Control del cemento

NOTA: El cemento utilizado deberá estar certificado y homologado.

El cemento que, en general, se recomienda para la fabricación de los morteros de albañilería es de Clase 35, principalmente del Tipo II Z, si bien se admite también de otro tipo.

La recepción del cemento se efectuará, por lo general, teniendo en cuenta lo indicado en el apartado 2.3.1.1., únicamente archivando la ficha técnica que deberá acompañar al albarán del producto.

Sin embargo, en ocasiones es conveniente asimismo comprobar el tiempo de fraguado, sobre todo en tiempo caluroso.

A.2) Control de las arenas

NOTA: En los morteros de albañilería se emplean arenas naturales procedentes del río, mina o machaqueo; así como mezclas de ellas, que deberán estar libres de las sustancias perjudiciales definidas en la Instrucción EH-91, Artículo Arenas o Árido fino y en la NBE FL-90.

El tamaño máximo de la arena no deberá ser superior a 1/3 del espesor del tendel o recubrimiento, ni a 5 mm, estando definida la *granulometría* de las arenas en los documentos de referencia, que se resumen en la Tabla 2.

Además, en la norma UNE 83.800-Experimental se define como requisito adicional para los áridos empleados en morteros para juntas, que la fracción granulométrica deberá estar comprendida entre 0-1 mm, sin residuo alguno sobre este tamiz.

El *contenido de finos* menores de 0,08 mm (según UNE 7.050) de la arena, deberá ser, como máximo, del 15 por ciento del total.

Las características que habitualmente se determinan en las arenas son las siguientes:

- Huso granulométrico (tamaño máximo del árido, contenido de finos, etc.).

- Contenido de humedad.

- Friabilidad (FA)⁵.

- Absorción de agua⁶.

- Equivalente de arena (EAV)⁷.

- Limpieza y ausencia de elementos perjudiciales, que se valoran según los métodos de ensayo a que se hace referencia en la Instrucción EH-91, Artículo Áridos, que se recogen en la Tabla 3.

Los áridos no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento.

El *contenido de arcilla* admitido en las arenas: empleadas en la preparación de los morteros tradicionales, es distinto según sea la finalidad del mortero:

En los *morteros*:

- *Para* la puesta en obra de los *muros resistentes de fábrica de ladrillo* (según NBE FL-90).
- *Y de agarre*, tanto para la *colocación de pavimentos* como de *revestimientos cerámicos*.

La presencia de arcilla, en una proporción entre un 10 y 15 por ciento, puede ser beneficiosa porque proporciona al mortero una mayor plasticidad⁸, que

Tabla 3

Elementos perjudiciales según EH-91, Art. Áridos	Árido fino o arena Cantidad máxima admitida en % del peso total de muestra
Terrones de arcilla, determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la norma UNE 7.133.	1,0
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7.050 y que flota en un líquido de peso específico 2, determinados con arreglo al método de ensayo indicados en la norma UNE 7.244.	0,5
Compuestos de azufre expresados en SO ₃ , determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la norma UNE 83.120.	0,4
Materia orgánica, determinada con arreglo al método de ensayo UNE 7.082	Tras el ensayo, el color deberá ser inferior al patrón

facilita su puesta en obra y aumenta la retención de agua del material, útil para evitar una desecación excesiva por la succión del azulejo y/o del soporte, aunque introduce la característica negativa de aumentar la retracción de secado del mortero y reducir las características mecánicas y la adherencia.

Si bien, el empleo de aditivos aireantes plastificantes sustituye con ventajas las prestaciones que puede proporcionar al mortero este contenido controlado de arcilla en la arena.

Sin embargo:

En los *morteros*

- *de revestimiento*, el contenido máximo de arcilla admitido es del 5 por ciento, porque su presencia produce los efectos negativos mencionados (de aumento de la retracción, etc.).

A.3) Control del agua para el amasado y curado

Para el amasado y curado (regado) de los morteros deberán usarse aguas potables o aguas sancionadas por la práctica que no contengan sustancias perjudiciales en la proporción indicada en la Instrucción EH-91, Artículo 6, Agua, que se recoge en la Tabla 4.

Tabla 4

Características establecidas para el agua de amasado en la Instrucción EH-91, Artículo 6	
Condiciones	Especificaciones
— Exponente de hidrógeno pH (UNE 7.234).	> 5
— Sustancias disueltas (UNE 7.130), g/l	< 15
— Sulfatos (SO_4^{2-}) (UNE 7.31), g/l	< 1 (< 5 g/l para el cemento SR)
— Ion cloro (Cl^-) (UNE 7.178), g/l	< 6 (si el mortero va a estar en contacto con armaduras metálicas)
— Hidratos de carbono (UNE 7.132), g/l	0
— Sustancias orgánicas solubles en éter (UNE 7.235), g/l	< 15

A.4) Control de los aditivos

La recepción de los aditivos se hará según las normas UNE, Serie 83.200 correspondientes.

Sin embargo, teniendo en cuenta que, en la práctica, los componentes del mortero (arena, cemento, etc.) ejercen una influencia sobre el comportamiento de los aditivos, antes de adoptar el uso de un aditivo determinado se deberá estudiar el efecto combinado (aditivo-componentes del mortero, en las proporciones previstas) sobre las distintas características del mortero en cuestión, no sólo sobre las propiedades que se pretende mejorar con su incorporación.

B) Dosificación de los morteros

Otro aspecto importante que debe ser controlado en los morteros es la dosificación, que es diferente según su uso.

B.1) Dosificación del mortero tradicional para fábricas de ladrillo y albañilería

Las dosificaciones más frecuentes del mortero tradicional, según se definen en la NBE FL-90, son las incluidas en la Tabla 5.

Tabla 5

Mortero NBE FL-90 ⁹	Partes en volumen de sus componentes				
	Tipo	Cemento	Cal aérea	Cal hidráulica	Arena
M-20 (M-2)	a	1	—	—	8
	b	1	2	—	10
	c	—	—	1	3
M-40 (M-4)	a	1	—	—	6
	b	1	1	—	7
M-80 (M-8)	a	1	—	—	4
	b	1	1/2	—	4
M-160 (M-16)	a	1	—	—	3
	b	1	1/4	—	3

El primer valor expresa la resistencia mínima a compresión del mortero tipo en kp/cm^2 y el segundo valor (entre paréntesis) en N/mm^2 para su comparación con los correspondientes de la Tabla 6.

Por su parte, la norma UNE 83.800-Experimental define, para los morteros de albañilería, un número mayor de clases de morteros, que se resumen en la Tabla 6.

B.2) Dosificación del mortero tradicional para la colocación en capa gruesa de pavimentos y revestimientos cerámicos y de terrazo

Tabla 6

UNE 83.800 Clase	M 1	M 2,5	M 5	M 7,5	M 10	M 12,5	M 15	M 20	M 30
Resistencia compresión N/mm ²	1	2,5	5	7,5	10	12,5	15	20	30

Tabla 7

MORTERO PARA LA COLOCACION DE REVESTIMIENTOS		Partes en volumen de sus componentes			Referencia orientativa del Tipo de mortero según FL-90	Espesor mínimo de aplicación, cm
		Cemento (Tipo II)	Cal hidráulica	Arena		
En pavimentos	de baldosas (NTE RSB) DTU 52.1	1	—	6	M-40	2 (2 a 3) ⁹
	Dosificación probada y frecuentemente admitida ¹⁰	1 (II 35 ó 45)	—	4 ó 5	M-80	
	de terrazo (NTE RST)	1	—	6	M-40	2
En paramentos	Alicatados (NTE RPA)	2	1	10	M-40	1 2 a 2,5
	ANSI	1	1	7		
	Dosificación probada y frecuentemente admitida ¹¹	1 (II 35 ó 45)	—	5 ó 6		

La dosificación más frecuente de estos morteros es la que se resume en la Tabla 7.

B.3) Morteros tradicionales para el revestimiento y acabado de fachadas (enfoscados y revocos)

Las dosificaciones definidas en las NTE, RPE y NTE. RPR para estos morteros, fabricados únicamente empleando cemento como conglomerante mineral, se resumen en la Tabla 8.

Sin embargo, estas dosificaciones previstas, en general, para los anteriores cementos P-350-B resultan, en la práctica, con los cementos Tipo II, demasiado ricas en cemento, por lo que su empleo requiere unas condiciones de ejecución muy cuidadas para prevenir la formación de fisuras.

Por esta razón, se consideran dosificaciones más habituales las que se reseñan en la Tabla 9.

C) Consistencia del mortero fresco

Las consistencias de utilización más frecuentes del mortero fresco (en pasta), que varían según el tipo de uso, son las tres que corresponden a los valores medidos, en la mesa de sacudidas y con el Cono de Abrams, que se mencionan a continuación:

Consistencia	Mesa de sacudidas	Cono de Abrams
Seca	Menor de 140 mm	Menor de 2 cm
Plástica	Entre 140 y 200 mm	Entre 2 y 5 cm
Blanda	Mayor de 200 mm	Mayor de 5 cm

Tabla 8

MORTERO DE CEMENTO PARA REVESTIMIENTOS			Dosificación según NTE RPE y NTE RPR			Referencia orientativa del Tipo de mortero según FL-90 y UNE 83.800 *	Espesor mínimo de aplicación mm
			Cemento (C)	Arena (A)	Agua (I)		
Para enfoscado (aplicado sobre soportes sin cal y con terminación de mortero de cemento)	exterior	en volumen	1	3	260	M-160	12
		en peso (kg)	440	975			Cuando el espesor sea superior a 15 mm, se realizará por capas sucesivas ¹²
	interior	en volumen	1	4	260	M-80	10
		en peso (kg)	350	1.030			Cuando el espesor sea superior a 15 mm, se realizará por capas sucesivas
Para revoco de fachadas	en volumen		1	1	270	M-30 *	8
	en peso (kg)		920	950			
	en volumen		1	2	265	M-20 *	7
	en peso (kg)		600	1.300			

3. Control de calidad en obra

El control de calidad en obra de los materiales comprende, en primer lugar, el:

- *Control de recepción de los morteros y de sus componentes.*

Sin embargo, el control de calidad no debe limitarse únicamente a este aspecto, sino que debe incluir también el:

- *Control de la puesta en obra*

y el:

- *Control del producto acabado (colocado en obra),*

teniendo en cuenta que el mortero aplicado, en definitiva, va a formar parte de alguno de los elementos o unidades de obra siguientes:

- Una fábrica de ladrillo, en forma de mortero de juntas y tendeles.
- Un revestimiento cerámico vertical u horizontal, como mortero de agarre de un alicatado o solado,

- el revestimiento de un muro de fachada, en forma de enfoscado o revoco,

- un recubrimiento de impermeabilización de un sótano,

- etc.

cuya calidad final depende en gran parte:

- de su colocación, y
- de la compatibilidad con el resto de los materiales en cuyo contacto se coloca.

Pues, no conviene olvidar que el destinatario final del control de calidad es el usuario final del producto (en este caso, del edificio o vivienda) y no el técnico de la construcción.

3.1. Control de recepción de los materiales

Comprende:

3.1.1. Control de la información,

que incluye:

- El archivo de la ficha técnica del producto, facilitada por el proveedor o fabricante.

Tabla 9

MORTEROS DE CEMENTO		Tipo de mortero s/FL-90 UNE 83.800*	Dosificaciones indicativas		Observaciones
			Relación cemento:arena	Contenido de cemento, kg	
Pavimentos	Relleno de solados	M-1*	1 : 10		
	Base de colocación moqueta o parquet	M-40	1 : 6	300	
	Base de colocación con mortero cola	M-80 M-5*	1 : 4 ó 1 : 5		Capa de raseo
	Agarre terrazo (en viviendas sociales)	M-20	1 : 8		
	Agarre baldosas baja absorción (gres, plaqueta)	M-40	1 : 6	225-230 arena 0-5 mm	+ un espolvoreo superficial de cemento
Revestimiento Paramentos	Colocación	M-80 ó M-40	1 : 4 ó 1 : 6	300	Enfoscado maestreado + mortero cola
Alicatados	azulejo	M-12,5* M-80	1:3 ó 4 en soportes de alta densidad. 1:4 en soportes de baja densidad (hormigón aireado, etc.).		BS 5385
Fábrica de ladrillo	Juntas (muros resistentes)	M-80	1 : 4		
	Juntas (muros no resistentes, particiones, etc.)	M-40 M-20	1 : 6 1 : 8		
Revestimientos	Enfoscados	M-80	1 : 4	300	
	Revocos	M-160	1 : 3	440	
	Zócalos	M-20*	1 : 2	600	
	Gunitado ¹³ Pilotes	M-20* M-80	1 : 2 1 : 4	600 300	

3.1.2. Ensayos a pie de obra

3.1.2.1. Generalidades

Los ensayos a pie de obra tienen la finalidad de comprobar la *regularidad de la calidad* del mortero (o de sus materias primas, en su caso) de unas partidas a otras, desechando aquellas que no superan las tolerancias previstas.

Es necesario establecer, según el volumen de material que se consume, la *frecuencia de los controles*.

En general, los ensayos elegidos para su realización en obra deberán:

— Ser sencillos de efectuar.

— Requerir el empleo de un utillaje simple de fácil manejo.

3.1.2.2. Toma de muestra

El procedimiento normalizado para la toma de muestra de los morteros de albañilería y de revestimiento es objeto del Proyecto de Norma PNE 83.810-Experimental.

3.1.2.2.1. Se deberá *conservar una muestra* en condiciones adecuadas (al abrigo de la humedad y del aire, para evitar su carbonatación) durante un tiempo prudencial para posteriores comprobaciones, en caso de que aparezcan anomalías en el mortero utilizado. Esta precaución, lógicamente, no puede ser adoptada en el caso de los morteros

suministrados en fresco (morteros retardados, etc.), cuya muestra se conserva en forma de probetas con las que se comprueban algunas de sus características.

3.1.2.3. Ensayos

Teniendo en cuenta, en general, las limitadas posibilidades de ensayo que habitualmente se tienen en obra, las características de los morteros que comúnmente se comprueban en este lugar corresponden únicamente a la medida de las siguientes características:

— Resistencias mecánicas.

La medida de las resistencias mecánicas sirve, no sólo para determinar a qué clase pertenece el mortero de albañilería recepcionado, sino también nos proporciona una primera impresión de otras características del material (cohesión, impermeabilidad, etc.).

Técnica operatoria:

Las características mecánicas del mortero se miden con probetas normalizadas de dimensiones 4 x 4 x 16 cm, que se llenan con el mortero en dos capas aproximadamente iguales, compactando cada capa con 25 golpes de pisón ¹⁴.

Las modalidades de conservación del mortero, antes de la medida de las resistencias, dependen de la velocidad de endurecimiento del material, y son las siguientes: En primer lugar, el molde se conserva en una cámara húmeda a $(95 \pm 5) \%$ de HR (o en una bolsa de plástico sellada) a una temperatura de $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$, protegiéndolo contra la sequedad; y posteriormente, a la misma temperatura y a una HR del $(65 \pm 5) \%$, durante los tiempos que se indican en la Tabla 10.

— Agua de pastado.

Una forma sencilla de obtener en obra una primera aproximación de la regularidad de un mortero en polvo aditivado, de unas partidas a otras, es la de medir el *agua de pastado*.

NOTA: Este ensayo se realiza tomando una cantidad determinada del material en polvo, por ejemplo, 100 g, que se coloca en un cuenco o recipiente pequeño, y se mide la cantidad de agua que se necesita para obtener en la pasta preparada (mezclar con una espátula apropiada) un determinado grado de trabajabilidad, próximo al que se precisa para la colocación normal del material en obra; grado de trabajabilidad, próximo al que se precisa para la colocación normal del material en obra; grado de trabajabilidad que el operatorio es capaz de determinar con facilidad.

— Granulometría y humedad,

de las arenas, cuando el proveedor sea de garantía; en caso contrario deberá hacerse un control más exhaustivo, que incluye parte de los ensayos anteriormente mencionados.

Frecuencia de los controles

Parece razonable establecer como frecuencia mínima de control, para una obra de volumen normal (edificio en construcción), la de

- Una determinación de las resistencias mecánicas del mortero una vez al mes, y, para las dos últimas comprobaciones,
- Una por cada partida recibida de mortero o arena.

Tabla 10

UNE 83-821-92 Morteros. Métodos de ensayo. Morteros endurecidos. Determinación de las resistencias a flexión y compresión. Morteros de albañilería. Condiciones de confección y conservación de las probetas				
Tipo de mortero	Confección según apartado	Tiempo de conservación, en días		
		Atmósfera húmeda $t = (20 \pm 2)^\circ \text{C}$, HR = $(95 \pm 5) \%$		$t = (20 \pm 2)^\circ \text{C}$ HR = $(65 \pm 5) \%$
		En molde	Desmoldadas	
Mortero de cal de construcción	6.2.3	5	2	21
Morteros de: cal-cemento (cal > 50 % del conglomerante total,	6.2.3	5	2	21
Morteros de cemento de cal-cemento (cal < 50 %)	6.2.2	2	5	21
Morteros de otros conglomerantes hidráulicos	6.2.2	2	5	21
Morteros retardados	6.2.2	5 ¹⁵	2 ¹⁵	21

3.1.2.4. Condiciones de no aceptación de los morteros

La no aceptación de los morteros (por lo que respecta al control del propio material) se produce cuando

— *la dosificación*

no se ajusta a lo especificado en la Documentación Técnica.

Pudiendo establecerse, como criterio paralelo de no aceptación, cuando

— *las resistencias mecánicas del mortero no corresponden al tipo definido.*

3.2. Control de la puesta en obra

Para una correcta puesta en obra del mortero, son condiciones importantes a tener en cuenta:

3.2.1. La naturaleza del soporte

El soporte sobre el que se coloca un mortero debe poseer las siguientes características:

- Estabilidad: el mortero de revestimiento debe colocarse en obra, cuando el soporte haya alcanzado la estabilidad suficiente, lo que, por lo general, ocurre después de dos meses de su ejecución en el caso de soportes de bloques de hormigón y de un mes en el caso de soportes cerámicos (de ladrillo), y el edificio haya alcanzado el necesario asiento en el terreno.

Esta condición de estabilidad también debe ser respetada en la colocación de los revestimientos cerámicos horizontales, cuya capa de raseo de mortero no debe ser colocada, si va adherida sobre el forjado, hasta que éste haya alcanzado una antigüedad de unos dos meses.

- Compatibilidad con el mortero.

Son aspectos bien conocidos que un mortero de cemento no puede colocarse en el exterior en contacto con yeso o sobre compuestos de yeso; debiendo tenerse en cuenta también que un mortero de rejuntado de un muro de fábrica puede ser atacado por las eflorescencias del ladrillo si éstos contienen una proporción elevada de sales solubles.

- Limpieza (ausencia de polvo, sales, desencofrantes, etc.).

- Rugosidad.

- Absorción de agua. Debe tenerse en cuenta que, en tiempo caluroso y con viento seco, el soporte para la colocación de los revestimientos en el exterior, debe regarse (y esperar a que seque superficialmente antes de colocar el mortero), para evitar que se produzca una desecación excesiva del mismo, sin embargo, el soporte tampoco deberá estar empapado, porque, en estas condiciones, no se consigue una buena adherencia. Los morteros aplicados en el interior, dependiendo del grado de absorción de los soportes, también deben regarse, aunque la trascendencia de esta medida es proporcionalmente menor que en el caso precedente.

- Etc.

3.2.1.1. Condiciones de no aceptación de los morteros

La no aceptación de los morteros de revoco se produce cuando

— *La superficie del soporte no está limpia y/o húmeda*

3.2.2. Las condiciones atmosféricas durante la colocación

Para la colocación de los morteros en el exterior deberá tenerse en cuenta:

- Temperatura.
- Viento seco.
- Fuerte insolación.
- Lluvia.

Para, cuando la colocación del mortero se realice en condiciones desfavorables, adoptar precauciones especiales durante su puesta en obra, tales como la protección del revestimiento con lonas, arpilleras; el regado del mismo, etc.

3.2.3. Colocación o puesta en obra

NOTA: En los morteros preparados, suministrados a obra en cubas, se deberá comprobar que el material no sufre manipulaciones (aportes de agua, etc.) que alteren sus características originales.

- El revestimiento deberá interrumpirse a nivel de las juntas estructurales.

3.2.4. Curado del mortero

Los morteros de cemento, no conviene olvidarlo, necesitan agua para que el conglomerante desarrolle las reacciones de hidratación que dan lugar a los fenómenos de fraguado y endurecimiento del material, por lo que el mortero deberá ser *regado*, sobre todo en condiciones de fuerte insolación y/o viento seco, para evitar una pérdida de humedad (deshidratación) prematura.

3.3. Control del producto terminado

Cabe establecer distintos niveles de control en los morteros, según que se trate de morteros corrientes, o con superiores prestaciones.

3.3.1. Morteros de uso corriente

Para la mayoría de los morteros, de uso corriente, el control del producto terminado puede efectuarse por apreciación de las características siguientes:

- *Espesor de aplicación*.
- *Acabado* (aparición en el caso, sobre todo, de morteros de revestimiento, donde se deberá apreciar la textura, coloración, presencia de coqueras, etc.).
- *Planeidad*, admitiéndose las tolerancias medidas con regla de 1 m:
 - Enfoscados sin mastrar: 5 mm.
 - Enfoscados mastrados: 3 mm.
 - Revocos de mortero: 5 mm.
 - Revocos de resina: 3 mm.
 - Colocación de baldosas: 4 mm.
 - Cejas, para este caso: 2 mm.
 - Alicatados: 2 mm (medido con regla de 2 m).

- *Resistencia superficial (a la abrasión)*, por simple apreciación visual acompañada por medios mecánicos elementales (simple rayado con un objeto punzante).

- *Adherencia* (arrancamiento por tracción perpendicular con un aparato portátil de medida de la adherencia) ¹⁶.

3.3.1.1. Condiciones de no aceptación de los morteros

La no aceptación de los *morteros de revestimiento* se produce cuando:

- *El espesor de aplicación y el acabado* no se ajustan a lo especificado en la documentación técnica.
- Presenta *coqueras o defectos de planeidad* superiores a las tolerancias indicadas, o cuando
- El revoco *no se interrumpe en las juntas estructurales*.

En el caso de *un alicatado*, cuando

- El mortero *no recubre totalmente la superficie del azulejo*.

En *un solado*, el control de la adherencia de las baldosas se realiza despegando regularmente un número de ellas correspondiente al muestreo. Se considera que la adherencia es correcta cuando en todos los casos examinados el mortero de agarre ha quedado adherido en el reverso de la baldosa en un porcentaje superior al 65 por ciento.

3.3.2. Morteros con prestaciones de mayor responsabilidad

En otros casos, se exige al mortero una responsabilidad mayor, como es el caso de:

- Morteros de albañilería estructural.
- Morteros de reparación.
- Morteros-cola para la colocación de revestimientos cerámicos en el exterior.
- Morteros de impermeabilización.

— Morteros para construcciones en ambiente severo.

El control en obra del mortero aplicado precisa de comprobaciones más rigurosas que las indicadas para el caso del mortero de uso normal, si bien éstas pueden ser, en general, las mismas enumeradas en el caso anterior, aunque aumentado el número de mediciones; además, en estas comprobaciones puede incluirse una valoración de la impermeabilidad, evaluada, por ejemplo, después de la proyección de agua a presión con una manguera.

4. Control de calidad en el laboratorio

4.1. Métodos de evaluación. Normativa y directrices

En las Tablas 11, 12 y 13 se resumen las principales características a valorar en los tipos de morteros considerados.

5. Métodos de ensayo

Los métodos de ensayo, adoptados para la medida de las características de los morteros, se incluyen en los documentos de referencia mencionados en la Tabla 1.

Tabla 11

Características a valorar	Directiva productos de construcción. Requisitos esenciales	Morteros		
		Albañilería ¹⁷	Revestimiento	Monocapa ¹⁷
Producto en polvo		<ul style="list-style-type: none"> Granulometría 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño máximo de grano* Proporción de agua de amasado* 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Contenido de cenizas por calcinación* Granulometría*
Mortero fresco (en pasta)		<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Consistencia* Contenido de aire* Retención de agua* Tiempo de aplicación* 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Consistencia* Contenido de aire* Retención de agua* Tiempo de aplicación* 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente Consistencia Retención de agua* Tiempo abierto
Mortero endurecido	<ul style="list-style-type: none"> Resistencias mecánicas Estabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Resistencias mecánicas* Contenido de cloruros^{18*} Durabilidad^{19*} Estabilidad dimensional <p>Morteros ligeros</p> <ul style="list-style-type: none"> Módulo de elasticidad Tiempo de corrección 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Resistencias mecánicas* Contenido de cloruros* Módulo de elasticidad Estabilidad dimensional Permeabilidad al vapor Absorción por capilaridad Resistencia al hielo 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Resistencias mecánicas* Estabilidad dimensional Absorción por capilaridad* Módulo de Elasticidad*
	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad en caso de incendio Higiene, salud y medio ambiente Propiedades térmicas (consumo energético y retención de calor) Protección contra el ruido 	<ul style="list-style-type: none"> Los morteros son materiales no combustibles, que no necesitan ser ensayados Los morteros cuando se fabrican y usan según las normas y procedimientos habituales no son peligrosos para la higiene o la salud Habitualmente no se requiere ninguna especificación para estas características 		
Prod. aplicado sobre soportes	—	<ul style="list-style-type: none"> Adherencia* 	<ul style="list-style-type: none"> Adherencia* 	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento a ciclos de hielo/deshielo Adherencia Resistencia al choque

Tabla 12

Características a valorar	Directiva productos de construcción. Requisitos esenciales	Morteros			
		Cola (de uso más frecuente)			
		Para exteriores (mortero-cola con ligante mixto)		Para interiores (colas de endurecimiento hidráulico)	
		Características	Especificaciones según Directrices UEAtc	Características	Especificaciones según Directrices UEAtc
Producto en polvo		<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Pérdida al fuego* Granulometría* 		<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Pérdida al fuego* 	
Mortero fresco (en pasta)		<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Tiempo abierto Deslizamiento Consistencia Pérdida de agua en el ensayo* 	mín. 30 min. máx. 1 mm máx. 20 N a los 30 min. inf. a 3 g	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente* Tiempo abierto Deslizamiento Consistencia Pérdida de agua en el ensayo* 	mín 20 min. máx. 1 mm máx. 20 N a los 20 min. inf. a 6 g
Mortero endurecido	<ul style="list-style-type: none"> Resistencias mecánicas Estabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Flexión* Retracción 	Fuerza: 3 N mín Deformación: 5 mm mín. Tras el ensayo no deberán aparecer despegues ni fisuras	— <ul style="list-style-type: none"> Retracción 	— Tras el ensayo no deberán aparecer despegues ni fisuras
	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad en caso de incendio Higiene, salud y medio ambiente Propiedades térmicas (consumo energético y retención de calor) Protección contra el ruido 	<ul style="list-style-type: none"> Los morteros son materiales no combustibles, que no necesitan ser ensayados Los morteros cuando se fabrican y usan según las normas y procedimientos habituales no son peligrosos para la higiene o salud Habitualmente no se requiere ninguna especificación para estas características 			
Producto aplicado sobre soportes	—	<ul style="list-style-type: none"> Adherencia (3 d, 28 d, + ciclos de calor, + agua + hielo) Resistencia al cizallamiento Comportamiento al choque 	Después de los ensayos la adherencia será, como mínimo de 0,5 N/mm ² mínimo de 0,5 N/mm ² Después del ensayo se admite un comportamiento A, y se tolera un comportamiento B*.	<ul style="list-style-type: none"> Adherencia (3 d, 28 d, + ciclos de calor+agua+hielo) — Comportamiento al choque 	Después de los ensayos la adherencia será como mínimo de 0,5 N/mm ² — Después del ensayo se admite un comportamiento A, y se tolera un comportamiento B*.
* Comportamiento A: Tras el ensayo, únicamente resulta visible, a simple vista, el impacto circular producido por la caída de una bola de 250 g desde una altura de 0,80 m y no se observan fisuras. Comportamiento B: el impacto circular aparece rodeado de fisuras.					

Tabla 13

Características a valorar	Directiva productos de construcción Requisitos esenciales	Morteros	
		Impermeabilización	Reparación
Productos en polvo		<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente Granulometría 	<ul style="list-style-type: none"> Tamaño máximo del árido
Mortero fresco (en pasta)		<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente Consistencia Contenido de aire Retención de agua Fraguado 	<ul style="list-style-type: none"> Facilidad de aplicación
Mortero endurecido	<ul style="list-style-type: none"> Resistencias mecánicas Estabilidad Absorción por capilaridad Permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente Resistencias mecánicas Módulo de elasticidad Estabilidad dimensional Absorción por capilaridad Permeabilidad al agua Resistencia al hielo 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencias mecánicas Resistencia al cizallamiento Estabilidad dimensional Pasivación química de las armaduras Permeabilidad al agua Resistencia al hielo Resistencia química Desgaste
	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad en caso de incendio Higiene, salud y medio ambiente Propiedades térmicas (consumo energético y retención de calor) Protección contra el ruido 	<ul style="list-style-type: none"> Los morteros son materiales no combustibles, que no necesitan ser ensayados Los morteros cuando se fabrican y usan según las normas y procedimientos habituales no son peligrosos para la higiene o salud Habitualmente no se requiere ninguna especificación para estas características 	
Producto aplicado sobre soportes		<ul style="list-style-type: none"> Adherencia 	<ul style="list-style-type: none"> Adherencia

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Alvarez-Estrada, D.: Aplicación de revestimientos cerámicos en exteriores. Su problemática y soluciones, *Monografía* número 301, IETCC, 1972.
- (2) ACI MATERIALS JOURNAL: Guide to Portland Plastering, january-february, 1993.
- (3) ASTM C 926-90. Application of Portland Cement-Based Paster.
- (4) BS-5385-90. BS Wall and floor tiling²⁰. Normas Británicas de Alicatado y Solado.
- (5) CEN/TC 125: Proyecto de normas europeas. Morteros. Albañilería y Revestimiento. en estudio.
- (6) Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation. Cahiers del CSTB, número 2669, 1 al 5, juillet-août 1993.
- (7) Del Olmo, C.: Guía Técnica UEAtc para la evaluación de Colas para revestimientos Cerámicos, *Monografía*, número 403, IETCC, 1990.
- (8) Del Olmo, C. y otros: Morteros-cola. Características y condiciones de empleo, *Informes de la construcción*, número 342, julio-agosto, 1982.
- (9) Del Olmo, C.: Técnica electrodinámica para la medida del Módulo de elasticidad de los materiales de construcción.

Equipo puesto a punto en el IET, *Informes de la Construcción*, número 379, abril 1986.

- (10) DIN 18-540. Parte 1 y 2: Revocos con morteros de aglomerantes minerales.
- (11) Directiva de Productos de Construcción 93/68/CEE.
- (12) DTU número 26.1: Enduit aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne, CSTB, mayo, 1990.
- (13) DTU número 52.1: Revêtements de sol scellés, CSTB, octubre 1985 y diciembre 1992.
- (14) EH-91: Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado, MOPU.
- (15) Norma básica de la edificación. Fabricación de ladrillo, NBE FL-90.
- (16) NTE-RPA: Revestimiento de Paramentos Alicatados.
- (17) NTE-RPE: Revestimiento de Paramentos Enfoscados.
- (18) NTE-RPR: Revestimiento de Paramentos Revocos.
- (19) NTE-RSB: Revestimiento de Suelos Baldosas.
- (20) NTE-RST: Revestimiento de Suelos Terrazo.
- (21) Porcar, J. L.: Manual-Guía Técnica de los Revestimientos y Pavimentos Cerámicos, ITC, Castellón, 1987.
- (22) RC-91: Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos, MOPT.
- (23) 13-MR: Technical Committee on Mortars and Renderings. Rilem final recommendations, *Matériaux et Construction* número 89, septiembre-octubre 1982.
- (24) Rizzo, E. M., y Sobelman, M. B.: Selection Criteria for Concrete Repair Materials. *Concrete International*, septiembre, 1989.
- (25) Standard Practice for Shotcreting, ACI 1968.
- (26) UNE Serie 83 700: Morteros de reparación.
- (27) UNE Serie 83 800 Morteros de Albañilería y de Revestimiento.
- (28) Valdehita, M. T.: Morteros de cemento para albañilería. Monografía, número 337, del IETCC, 1976.
- (29) Varios autores: Colocación de pavimentos cerámicos, ITC, 1993.
- (30) Venuat, M. y Papadakis, M.: Control y ensayo de cementos, morteros y hormigones, 1966.

NOTAS

¹ Aunque, hoy en día, no se dispone de estos Eurocódigos y la normativa sobre los morteros está aún en fase de estudio.

² Las normas UNE de la serie 83... (morteros) mencionadas corresponden a las normas CEN europeas en fase de redacción.

³ Aunque esta característica depende, en cierta medida, de las condiciones ambientales durante la colocación, no obstante, es de utilidad su comprobación.

⁴ El volumen de huecos de la arena será inferior al 35 por ciento (que se mide con un recipiente enrasado con la arena y donde se vierte agua hasta que rebose, no debiendo admitir un volumen de agua mayor del mencionado).

⁵ La friabilidad, determinada según UNE 83.115... ≤ 40.

⁶ La absorción de agua por los áridos ≤ 5 por ciento.

⁷ El EAV determinado "a vista" (UNE 83.131-87) no será inferior a:
a) 75, para obras en ambiente I y II.
b) 80, para obras en ambiente III, o que hayan de soportar ciclos de agua/deshielo.

⁸ En la NBE FL-90 se recomienda para el mortero una consistencia de 17±2 cm. medida por el asentamiento según el cono de Abrams.

⁹ Espesores promedio según normas ANSI*.

- 10 La proporción de agua usada es la estrictamente necesaria para humedecer el mortero.
- 11 La proporción de agua usada es la estrictamente necesaria.
- 12 En enfoscados exteriores vistos es necesario hacer un llagueado, en recuadros no mayor de 3 m de lado, para evitar agrietamientos.
- 13 Las resistencias mecánicas deberán ser, como máximo, de 28 MPa.
- 14 Barra de material no absorbente de sección cuadrada de 12 mm de lado y con una masa de 50 g.
- 15 En morteros retardados puede resultar necesario tener que ampliar el tiempo de conservación de las probetas en el molde, en cuyo caso, se seguirán las instrucciones facilitadas por el fabricante que se reflejarán en el informe. El tiempo de conservación (20 ± 2)° C y (65 ± 5) % de HR será de 21 días no debiendo superar el tiempo de curado el total de 28 días establecido.
- 16 La adherencia de un revestimiento tradicional deberá ser, como mínimo, de 0,3 MPa.
- 17 Los requisitos esenciales de los morteros de albañilería según normas CEN en estudio, así como los ensayos de identificación de los morteros industriales se señalan con un asterisco*.
- 18 El contenido de CI con respecto a la masa de cemento no debe ser superior a 1 % en morteros sin armaduras, a 0,4 % en morteros armados, ni a 0,2 % en morteros pretensados.
- 19 Para el uso del mortero de albañilería estructural, en ambiente severo, etc.
- 20 Originalmente publicadas como Códigos Británicos de Buena Práctica Profesional CP 202 y CP 212.

* * *

Publicación del Instituto Eduardo Torroja-CSIC

bases para el diseño solar pasivo

equipo de investigación de ahorro de energía,
en el edificio

Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Equipo de Ahorro de Energía
en el edificio

Dirección y coordinación:
Arturo García Arroyo

M.^a José Escorihuela
José Luis Esteban
José Miguel Frutos
Manuel Olaya
Bernardo Torroja

selectividad en la aplicación de los sistemas y procedimientos pasivos dando origen a un ecumenismo arquitectónico solar, al margen de las condiciones climáticas y funcionales específicas de cada caso y lugar.

En este libro, utilizando criterios y metodología pedagógicos, se dan los fundamentos e instrumentos teórico-prácticos necesarios para el planteamiento de todo proyecto arquitectónico solar pasivo, de acuerdo con los principios éticos y económicos de conservación y ahorro de energía. Es decir: respeto de los presupuestos bioclimáticos, búsqueda de la máxima captación y acumulación de la radiación solar, y esmero en el aislamiento térmico de los cerramientos.

Un volumen encuadernado en cartulina ibiza plastificada, a cinco colores, de 16 x 23 cm, compuesto de 216 páginas, 217 figuras, 87 gráficos, 19 tablas y 10 cuadros.

Las dificultades de suministro y el alto coste de los productos energéticos convencionales han despertado la atención de los usuarios, técnicos e industriales de la edificación hacia los procedimientos y sistemas en que se basa el aprovechamiento de otras fuentes alternativas de energía, principalmente la solar. Esto ha generado un rápido desarrollo industrial y comercial que, en opinión de los autores de este libro, arrastran los siguientes defectos: un mimético tecnologismo respecto de los sistemas convencionales que violenta las peculiaridades de la energía solar (baja densidad y variabilidad en el tiempo), y una escasa