

Estudio teórico y experimental sobre los morteros para muros resistentes de fábrica de ladrillo para la actualización de la Norma Básica MV 201-1972

1.ª Parte: Memoria del estudio

JAVIER LAHUERTA VARGAS, Dr. Arquitecto
Catedrático Prof. de la ETSA de NAVARRA
GUILLERMO J. MONTERDE COMBA, Dr. Arquitecto
Investigador Científico. IETCC

RESUMEN

El presente estudio teórico y experimental sobre morteros, de cemento o de cal y cemento, constituye la puesta al día del contenido del Capítulo 3º MORTEROS, de la Norma MV 201 - 1972 "Muros resistentes de fábrica de ladrillo", que perdió su vigencia con la desaparición del cemento portland P-250, sustituido por el cemento portland PA-350 con adiciones activas prescrito en el nuevo Pliego RC-75 "Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos" de obligado cumplimiento.

SUMMARY

This theoretical and experimental study on cement or lime and cement mortars brings up to date the contents of Chapter 3: MORTARS, of Norm MV 201-1972 "Resistant brick-work walls" which lost its validity when disappeared portland cement P-250, substituted by portland cement PA-350 with active additions, prescribed in the new Standard RC-75 "Standard of general technical prescriptions for cements acceptance" being obligatory its fulfilment.

1. ALCANCE DEL ESTUDIO

1.1. Introducción

La dirección General de Arquitectura y Vivienda del ministerio de Obras Públicas y Urbanismo planteó la revisión de la Norma básica MV 201-1972, Muros resistentes de fábrica de ladrillo, (1), creando una Comisión que se constituyó el 6 de julio de 1981, presidida por el Subdirector General de Edificación D. Luis Felipe Rodríguez Martín, y compuesta por representantes de Ministerios, Colegios profesionales, Asociaciones Empresariales, Institutos de Normalización e Investigación, y otras Organizaciones interesadas en la normativa de los muros de fábrica de ladrillo.

El representante en esta Comisión del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, IETcc, D. Guillermo Monterde Comba, señaló en la reunión del día 27 de enero de 1982 que el contenido del Capítulo 3, Morteros, de la Norma MV 201-1972, venía muy influido por la variación de características de los cementos españoles, que se produjo al promulgar el Pliego RC-75, Prescripciones generales para la recepción de cementos (2), con modificaciones esenciales respecto de las del Pliego de 1964, vigente en la fecha de promulgación de la Norma 201-1972.

El representante del IETcc expuso la necesidad de realizar un estudio experimental sobre morteros para fábricas, confeccionados con el cemento PA-350, de uso generalizado en la actualidad, y que ha sustituido al cemento P-250, que era el de empleo común anteriormente, y

manifestó que su Instituto estaba en condiciones de realizar este trabajo experimental, con la colaboración del Laboratorio de Edificación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra, lo que fue confirmado por D. Javier Lahuerta Vargas, Director de dicho Laboratorio y miembro asimismo de la Comisión. La Comisión antes citada manifestó su acuerdo con lo expuesto y con la realización del trabajo experimental.

El presente trabajo que ha sido llevado a cabo por el Laboratorio de Edificación, por encargo, bajo las directrices, y financiado por el Instituto Eduardo Torroja, complementará al que tiene intención de realizar el IETcc estudiando la hidrofilia, o retentividad del agua de amasado de los morteros frescos, la influencia del contenido de aire, y otros temas.

1.2. Plan general

El Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento y el Laboratorio de Edificación trataron de la cuestiones que deberían estudiarse para la actualización del Capítulo 3, Morteros de la Norma Básica MV 201-1972, y establecieron los criterios generales de actuación.

Para programar los trabajos y supervisar su realización, se constituyó en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra un Grupo de Trabajo, con los siguientes miembros:

D. Javier Lahuerta Vargas, Prof. Dr. Arquitecto, Director del Departamento de Estructuras, y del Laboratorio de Edificación.

D. Juan Lahuerta Vargas, Prof. Dr. Arquitecto, Director del Departamento de Construcción.

D. Domingo Pellicer Daviña, Dr. Arquitecto, Profesor adjunto del Departamento de Construcción.

D. Lorenzo García Durán, Dr. Arquitecto, Jefe de Sección del Laboratorio de Edificación.

D. Miguel Angel Gutiérrez Fernández, Arquitecto, Ayudante del Departamento de Construcción.

D. Francisco Zuasti Elizondo, Arquitecto, Ayudante del Departamento de Construcción.

El Grupo de Trabajo redactó primeramente una propuesta de los trabajos teóricos y experimentales que realizaría el Laboratorio de Edificación. Esta propuesta se envió y fue aprobada por el IETcc, en la forma en que figura en 1.3. El grupo de Trabajo designó al Sr. Zuasti encargado de la puesta en marcha y realización de los trabajos.

1.3. Programa de los trabajos

La propuesta citada en 1.2, de los trabajos teóricos y experimentales encargados al laboratorio de Edificación es la que se indica a continuación, relacionando los trabajos bajo los números de los artículos del actual Capítulo 3, Morteros, de la Norma Básica MV 201-1972.

“3.1. Condiciones de los materiales

“3.1.1. Cemento

Redacción de una nueva Tabla 3.1. recomendaciones para el empleo de distintos tipos de cemento en la confección del mortero para muros de fábrica de ladrillo, adaptada al vigente Pliego RC-75, Prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos.

“3.1.2. Cales

Investigación de las cales que existen en el mercado español. Revisión de la Tabla 3.2. Condiciones de las cales aéreas a la vista de los datos suministrados por los fabricantes.

Revisión de la Tabla 3.3 . Condiciones de las cales hidráulicas.

“3.1.3. Arenas

Investigación experimental sobre la influencia del contenido de finos de la arena en la resistencia del mortero, con distinción de arcilla y limo, mediante la determinación del denominado equivalente de arena.

Propuesta de limitación del contenido de finos a la vista de los resultados de la investigación.

Propuesta sobre la limitación del tamaño máximo de los granos.

Propuesta sobre límites del contenido máximo de impurezas.

“3.1.4. Agua de amasado

Revisión del condicionado actual.

“3.1.5. Aditivos

Propuesta de condiciones exigibles a los aditivos: D.I.T. y otros.

“3.2. Características de los morteros

“3.2.1. Dosificación

Propuesta estableciendo la dosificación en peso, lo que es ya práctica bastante generalizada, y una equivalencia en volumen para obras poco mecanizadas.

“3.2.2. Resistencia

Investigación experimental de las resistencias que se obtienen con unas dosificaciones tipo, establecidas en peso, deducidas de las que figuran en la Tabla 3.5. Dosificación de los morteros tipo, con cemento PA-350 que es el actualmente usual.

Propuesta de Tabla 3.5. manteniendo la nomenclatura y gradación actual de resistencias, probablemente con supresión de uno de los dos escalones inferiores. No parece conveniente incluir un escalón superior a M-160 innecesario para los ladrillos que se fabrican.

“3.2.3. Plasticidad

Esta es una propiedad del mortero, importante para el asentamiento del ladrillo, pero cuya medición no figura en ninguna Norma. Se estudiará a fondo esta cuestión con el fin de precisar un poco más la definición actual. Se ignora si podrán obtenerse resultados utilizables”.

1.4. Esquema documental

El conjunto de los trabajos teóricos y experimentales realizados se definen en los siguientes documentos:

Memoria, que recoge la descripción general de los trabajos en conjunto y en detalle, las razones por las que se han realizado y una síntesis de los resultados experimentales obtenidos.

Propuesta, de revisión del Capítulo 3, Morteros, de la Norma Básica MV 201-1972, Muros resistentes de fábrica de ladrillo, que ha redactado el Grupo de Trabajo, basándose en estudios teóricos y en los resultados de los trabajos.

Anejo 1. Descripción de los aparatos, métodos de ensayo y Normas que se han empleado en la realización de los ensayos.

Anejo 2. Recopilación completa de los resultados de los ensayos realizados sobre los materiales empleados en la fabricación de los morteros.

Anejo 3. Recopilación y resúmenes de los resultados de los ensayos realizados sobre los morteros.

CAPITULO 2. ESTUDIO DE LOS MATERIALES

2.1. Generalidades

Todos los materiales empleados en la confección de morteros para fábricas han sido objeto del estudio, aunque con diferente tratamiento según sus peculiaridades, teniendo en cuenta la Norma MV 201-1972 (1), el Pliego RC-75, (2) y los Pliegos de Condiciones para la ejecución de fábricas de ladrillo vigentes (3), (4) o recomendatorios (5).

En los epígrafes sucesivos se detallan los estudios realizados con cada uno de los materiales:

2.2. Cementos.

2.3. Cales.

2.4. Arenas.

2.5. Arenas compuestas.

2.6. Aguas de amasado.

2.7. Aditivos.

Los resultados de los ensayos realizados en cada uno de ellos se reflejan detalladamente en el Anejo 2. Estos resultados han sido analizados por el Grupo de Trabajo, quien ha redactado la Propuesta de revisión del Capítulo 3. Morteros, de la Norma MV 201-1972.

2.2. Cementos

En la confección de morteros para muros resistentes de fábrica de ladrillo se usa actualmente en la mayoría de los casos el cemento portland con adiciones activas PA-350.

Este tipo de cemento ha sustituido al cemento portland P-350, que podría denominarse ordinario, pero que no se fabrica actualmente por varias razones, entre ellas la de ahorro de combustible (6).

En el Pliego RC-75 figura el cemento compuesto C-200, que puede contener adiciones inertes en proporción no superior al 35 % en peso. Este tipo de cemento parece haber sido establecido como cemento de albañilería; sin embargo, no se fabrica actualmente, y por consiguiente no se emplea.

Los demás tipos de cemento apenas son usados, salvo en ámbitos muy restringidos, exceptuándose aquellos casos en que se necesitan propiedades especiales, cuyo número es muy pequeño.

Los morteros de este trabajo han sido realizados todos ellos con cemento PA-350, marca El Cangrejo, fabricado por Cementos Portland S. A., Olazagutia (Navarra), procedente de una sola remesa y conservado en recipientes herméticos de plástico.

Las características de este cemento, según los ensayos normales del Pliego RC-75, figuran en el Anejo 2 de este Estudio.

El Grupo de Trabajo hizo una nueva redacción del Artículo 3.1.2., Cementos, del Capítulo 3 de la Norma MV 201, recogiendo condiciones relativas a recepción y almacenamiento, y estudió la Tabla de recomendaciones para el empleo de distintos tipos de cemento en la confección del mortero para muros de fábrica de ladrillo, considerando las opiniones emitidas (7), (8), (9).

El criterio seguido en la redacción de esta Tabla ha sido el de incluir todos los tipos y categorías de cemento, aunque actualmente no se fabriquen, y los cementos con propiedades adicionales.

Finalmente el Grupo de Trabajo estimó que el contenido de dicha Tabla no constituía en general condiciones de Norma, y por esta razón se ha pasado al Apéndice A de la Norma, que no tiene carácter prescriptivo.

2.3. Cales

El consumo de cales para la confección de morteros para fábricas en España es en la actualidad muy escaso.

Los morteros cuyo conglomerante es sólo cal aérea, no se emplean actualmente; los de cemento y cal aérea se confeccionan en algunos casos, utilizándose la cal para mejorar la plasticidad del mortero y hacer más claro su color. Los morteros de cal hidráulica se emplean solamente en zonas de alrededor de las escasas fábricas que producen este conglomerante.

Las recomendaciones CIB (10), y las normas extranjeras (11), (12), (13), (14), (15), (16), incluyen siempre morteros de cemento y cal, y en general exigen emplear cal cuando la relación en volumen cemento : arena es inferior a 1 : 4.

Se pidió a fabricantes de cal enviasen datos sobre las características de sus productos, y muestras para realizar ensayos. Se recibieron las contestaciones que se indican en el Cuadro 1.

En el laboratorio se determinaron en cada muestra de cal las siguientes características:

Carácteres organolépticos: color, tacto.

Peso específico aparente de la cal suelta, en polvo o en terrón.

Contenido de óxido cálcico UNE 7095

Contenido de óxido magnésico UNE 7095

Pérdida por calcinación	UNE 7099
Contenido de anhídrido carbónico	UNE 7099
Contenido total de agua	UNE 7099
Finura	UNE 7187 y UNE 7190
Residuo en tamiz 0,2	UNE 7050
Residuo en tamiz 0,08	UNE 7050

CUADRO 1
Contestaciones de fabricantes de cal

Fabricante	Envían características	Número asignado a la muestra	Clase de cal
Hijo de Fernando Roca	Si	No envió	Cal aérea apagada en polvo
Molins de Rey (Barcelona)	No	No envió	Cal hidráulica
Cal Industrial S.A.	Si	4	Cal aérea apagada en polvo
Tiebas (Navarra)			No fabrica cal hidráulica
Cales Pascual S.L.	Si	1	Cal aérea apagada en polvo
Paterna (Valencia)			No fabrica cal hidráulica
Cales de Pachs S.A.	Si	3	Cal aérea viva en polvo
Pachs del Panadés (Barcelona)	Si	7	Cal aérea apagada en polvo
			No fabrica cal hidráulica
Derivados Cálcicos S.A.	Si	2	Cal aérea apagada en polvo
Gerona			No fabrica cal hidráulica
Fidel Azcabide S.A.	No	5	Cal aérea apagada en polvo
Alzo (Guipúzcoa)			No fabrica cal hidráulica
Tudela Lafargue S.A.	Si	6	Cal aérea viva en terrón
Tudela Veguin (Asturias)			No fabrica cal hidráulica

Para comprobar el cumplimiento de las exigencias de la Norma MV 201 se calcularon los siguientes contenidos referidos al peso total, menos el peso del agua contenida:

- Contenido de óxidos cálcico y magnésico.
- Contenidos de anhídrido carbónico.

Los resultados de los ensayos figuran en el Anejo 2 de este estudio, y se resumen en el Cuadro 2.

CUADRO 2
Resultados de los ensayos de las cales aéreas

Muestra de cal aérea		Contenido de		Peso específico aparente Mp/m ³	Residuo en tamiz(1)	
n ^o	Suministro	CaO + MgO %	CO ₂ %		0,2 %	0,08 %
1	Apagada en polvo	91,0	7,9	0,41	0,4	1,0
2	Apagada en polvo	87,1	8,5	0,36	0,4	2,2
3	Viva en polvo	96,5	3,4	0,71	0	0,8
4	Apagada en polvo	93,3	5,3	0,38	0,2	0,2
5	Apagada en polvo	90,4	7,6	0,43	0,2	1,7
6	Viva en terrón	97,1	1,5	1,05	10,4	13,0
7	Apagada en polvo	94,3	2,2	0,34	0	0

(1) Como residuo en el tamiz 0,08 se toma el valor acumulado con el de 0,2.

No se recibió ninguna muestra de cal hidráulica. Su consumo es realmente escaso.

El Grupo de Trabajo, a la vista de estos resultados tomó las siguientes decisiones relativas a las propuestas de revisión del Capítulo 3.

Dividir el actual Artículo 3.1.2. en dos. Uno referente a las cales aéreas y otro a cales hidráulicas.

Redactar el referente a cales aéreas adaptándolo a las condiciones actuales de su suministro, y establecer siglas para los tipos.

Modificar la Tabla 3.2. para que sin ambigüedad sus prescripciones puedan aplicarse a las cales vivas y a las cales apagadas, lo que no está claro en la actual.

Rebajar la exigencia del tipo CA.2 en lo referente al contenido de CO₂, no cumplido actualmente, y que en el empleo para morteros no es decisivo.

En el referente a las cales hidráulicas se propone reducir a dos los tres tipos actuales, ya que la escasa producción no justifica mantener más que una cal hidráulica de primera calidad, y otra de calidad mínima.

Modificar la Tabla 3.3 ajustándola a estos criterios. La resistencia debe actualmente obtenerse mediante la Norma UNE 7205, sobre barras de 4 × 4 × 16 cm³, determinando las resistencias a flexotracción y compresión. Los valores prescritos en esta Tabla a flexotracción se han obtenido comparativamente y deberán ser verificados experimentalmente.

2.4. Arenas

Para conocer las características de las arenas que se emplean actualmente en la confección de morteros para fábricas de ladrillo, se encargó a doce arquitectos, de doce localidades españolas, que tomasen muestras de arenas comúnmente empleadas para la confección de morteros para fábricas de ladrillo, y las remitiesen al Laboratorio para su ensayo.

Se dispuso de las doce muestras que se indican en el Cuadro 3.

CUADRO 3
Muestras de arenas recibidas

Nº	Procedencia	Origen
1	Barcelona	Natural, de río
2	Gerona	Natural, de río
3	León	Natural, de río
4	Madrid	Natural, de río
5	Alicante	Natural, de mina
6	Lodosa (Navarra)	Natural, de cantera
7	Tudela (Navarra)	Natural, de cantera
8	San Sebastián	Natural, de playa
9	Sevilla	Natural, de playa fluvial
10	Vigo (Pontevedra)	Natural, de playa
11	Granada	Machaqueo
12	Tiebas (Navarra)	Machaqueo

Con ellas se realizaron los ensayos que se indican a continuación, reseñando la Norma aplicada:

- Contenido de finos, UNE 7135.
- Contenido de materia orgánica, UNE 7082.
- Contenido de compuestos de azufre, UNE 7245.
- Granulometría UNE 7139, y módulo granulométrico.

Forma de los granos:

- Peso específico de la arena suelta y de la arena compactada. Compacidad, UNE 7088.
- Equivalente de arena, UNE 7324, preparando la muestra según UNE 7327.
- Reactividad potencial con álcalis del cemento, UNE 7137.

Los resultados de estos ensayos figuran en el Anejo 2 de este Estudio, y se resumen en los cuadros 4 y 5.

La línea granulométrica de las 12 arenas se representa en la figura 1. La línea granulométrica de la fracción < 2,5 mm de dichas arenas se representa en la figura 2.

Por el modo de adquisición de las arenas, y su localización geográfica, el conjunto puede considerarse como una muestra representativa de las arenas que se están empleando en la Península. El grado de cumplimiento de las condiciones que exigen la actual Norma MV 201-1972, o que se deriven de ellas, se refleja en el Cuadro 6.

Estos resultados han sido estudiados por el Grupo de Trabajo, y contrastados con su experiencia constructiva, llegando a las conclusiones siguientes en relación con las condiciones que deberían exigirse en la Norma:

CUADRO 4
Resultados de los ensayos de las arenas

Arena n ^o Clase	Forma de los granos	Peso específico aparente		Compa- cidad %	Finos %	Materia orgánica	Compuestos de azufre SO ₄ %	Reactivi- dad poten- cial
		Suelta Mp/m ³	Compacta Mp/m ³					
1 Río	Polied.	1,47	1,64	65	1,2	Adm.	0,01	No
2 Río	Polied.	1,48	1,68	61	4,6	Adm.	0,05	No
3 Río	Polied.	1,65	1,91	74	6,5	Adm.	0,01	No
4 Río	Polied.	1,48	1,67	65	4,5	Adm.	0,10	No
5 Mina	Polied.	1,39	1,66	65	29,3	Adm.	0,10	No
6 Cantera	Polied.	1,45	1,69	70	21,2	Adm.	0,01	No
7 Cantera	Polied.	1,62	1,90	74	14,0	Adm.	0,10	No
8 Playa	Redond.	1,21	1,38	56	5,4	Adm.	0,44	No
9 Playa F.	Redond.	1,31	1,53	60	12,7	Adm.	0,09	No
10 Playa	Redond.	1,36	1,57	62	2,3	Inad.	0,18	No
11 Machaq.	Polied.	1,51	1,91	71	20,4	Adm.	0,34	No
12 Machaq.	Polied.	1,47	1,97	74	25,1	Adm.	0,12	No

CUADRO 5
Resultados de la granulometría de las arenas

Arena n ^o Clase	Equiva- lente de arena %	Retención en peso en el tamiz (mm):						Módulo granulo- métrico
		5 %	2,5 %	1,25 %	0,63 %	0,32 %	0,16 %	
1 Río	97	99,7	86,1	53,8	23,5	6,2	2,2	3,29
2 Río	89	99,8	97,0	86,9	65,5	23,1	7,4	3,16
3 Río	87	89,6	70,8	57,1	42,2	18,2	8,8	3,13
4 Río	90	99,6	88,1	70,9	44,1	12,3	6,0	2,79
5 Mina	28	99,8	92,2	81,7	72,7	58,3	42,5	1,53
6 Cantera	29	99,4	97,8	95,4	90,3	66,0	35,9	1,15
7 Cantera	62	93,8	75,4	63,7	56,9	35,4	20,3	2,55
8 Playa	90	98,9	96,7	93,2	88,2	63,4	19,3	1,40
9 Playa F.	76	99,6	99,4	99,2	98,8	70,3	18,7	1,14
10 Playa	96	99,1	94,8	80,7	57,7	15,2	3,8	2,49
11 Machaq.	61	100	99,2	75,3	55,5	34,6	25,0	2,10
12 Machaq.	66	100	99,4	83,7	62,5	40,3	30,5	1,84

Forma de los granos: Sin modificación.

Tamaño máximo del grano: El actual límite de 5 mm se juzga alto en la mayoría de los casos. Se propone el límite de 2,5 mm como conveniente para todos ellos, exigiendo que el 90 % en peso de la arena pase por dicho tamiz. Aunque esta exigencia no la han cumplido todas las arenas ensayadas, la buena práctica del cribado consigue con poco coste su cumplimiento.

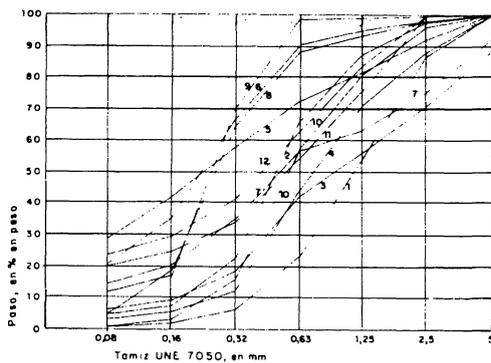


Fig. 1.—Granulometría de las arenas suministradas.

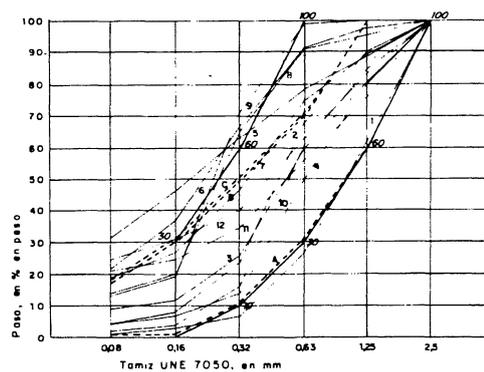


Fig. 2.—Granulometría de la fracción < 2,5 mm de las arenas suministradas, de las arenas compuestas A, B, C, y límites propuestos.

CUADRO 6
Cumplimiento de las condiciones por las arenas

Condición	Exigencia	Lo cumplen, en %
Forma de los granos	Redonda o poliédrica	100
Tamaño máximo:	Toda ≤ 5 mm	17
	90 % ≤ 5 mm	92
	90 % $\leq 2,5$ mm	67
Contenido de finos:	≤ 15 %	67
Granulometría:	Límite máximo	42
	Límite mínimo, excepto tamiz 5 mm	100
	Fraciones c-d, d-e ≤ 50 %	100
	Fración c-e ≤ 70 %	100
Contenido de materia orgánica:	Admisible	92
Contenido de compuestos de azufre:	$\leq 1,2$ %	100
Otras impurezas:	Ensayo en general no viable	—
Reactividad potencial con los álcalis del cemento:	Negativa	100

Contenido de finos: El mortero fresco necesita tener un mínimo contenido de finos, suma del de la arena, y el del cemento, y en su caso la cal, para conseguir una plasticidad adecuada a su colocación con la paleta. Una arena con un bajo contenido de finos exige alta dosificación de conglomerante, lo que encarece el mortero. Un alto contenido de finos cuando son de arcilla es muy perjudicial por la reducción de resistencia y el aumento de heladicidad que se produce (9), (17), (18), (19), (20), pero cuando son de polvo de piedra machacada, o limo, solamente aumenta la relación agua:cemento. Su influencia (21) es moderada, y se propone que no se requiera cumplir la exigencia del máximo único del 5 % de finos en arenas para hormigones, cuando la suma del porcentaje de finos y del equivalente de arena no sea superior a 70 %.

A la vista de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia de morteros, se propone adoptar este criterio.

Granulometría: La granulometría debe realizarse sobre la fracción que pase por el tamiz 2,5 UNE 7050, separando la parte mayor, que según se expresó al definir el tamaño máximo, no será superior al 10 %.

Los resultados de los ensayos efectuados en las arenas y las resistencias de morteros obtenidos, que se analizan luego, permiten simplificar las condiciones exigibles para la granulometría, que se reflejan en la propuesta.

Contenido de materia orgánica: Sin modificación.

Contenido de impurezas: Las sustancias de la arena que pueden ser verdaderamente perjudiciales para el cemento del mortero son los compuestos de azufre, y su determinación es sencilla y precisa. Por eso ha parecido conveniente sustituir la condición actual de contenido de impurezas por un límite de 1,2 % en el contenido de compuestos de azufre, expresados en SO_4^- , como se exigen en las arenas empleadas en la confección de hormigones en masa o armados (22), o pretensados (23), y que está perfectamente sancionado por la práctica, habiéndose producido desperfectos, a veces graves, en cuanto se rebasa.

Reactividad potencial con los álcalis del cemento: La condición de reactividad potencial negativa, que se exige a las arenas para hormigones (22), (23), no figura en la Norma MV 201-1972, pero parece conveniente incluirla, aun cuando sean raros los casos en que no se cumple, arenas de machaqueo de ciertos granitos, y otras. Las doce arenas ensayadas la han cumplido.

2.5. Arenas compuestas

Además de las doce arenas descritas en 2.4 se prepararon tres arenas compuestas obtenidas mezclando fracciones 2,5-1,25; 1,25-0,63; 0,63-0,32; 0,32-0,16 y 0,16-0,08 separadas por cribado en seco de la arena caliza de machaqueo, procedente de Tiebas (Navarra), y, según los casos, polvo de caliza < 0,08, o una arcilla de modelar fina y sin granos superiores a 0,08.

El criterio para preparar estas arenas fue el siguiente:

Arena A: Módulo granulométrico máximo posible: 3,00, según las limitaciones de la Propuesta de revisión. Se obtuvo mezclando las siguientes cantidades:

Fracción	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,32	0,32-0,16	0,16-0,08
% en peso	40	30	20	10	0

Al haber efectuado en seco el cribado de la arena quedaron finos adheridos en la superficie de los granos. El contenido de finos en el ensayo de levigación fue de 2,1 % y su equivalente de arena de 93 %.

Arena B: Módulo granulométrico mitad del máximo: 1,50. Línea granulométrica entre los límites propuestos. Contenido de finos de polvo de caliza: 15 %, igual al máximo permitido en la actual MV 201-1972. Se obtuvo mezclando las siguientes cantidades:

Fracción	2,5-1,25	1,25-0,63	0,63-0,32	0,32-0,16	0,16-0,08	< 0,08
% en peso	0	30	20	20	15	15

Por la razón anterior los finos en levigación fueron: 18 % y el equivalente de arena 68 %.

Arena C: Igual a la B, pero con finos de arcilla. En levigación se obtuvo: 19,4 %, y el equivalente de arena 45 %.

Las líneas granulométricas de las arenas A, B, C, y los límites que figuran en la Propuesta del Capítulo 3, se representan en la figura 2.

2.6. Aguas

Las condiciones exigidas en la Norma MV 201-1972 al agua que se emplea en el amasado del mortero y en el humedecimiento de los ladrillos, coinciden casi a la letra con las que se exigen para los hormigones (22), (23). No se conoce ningún caso en que cumpliendo estas condiciones se hayan producido defectos, y por ello no se ha realizado experimentación con aguas.

En la confección de los morteros se ha empleado el agua potable suministrada por el Servicio Municipal de Aguas de Pamplona, que es la utilizada en todas las obras de la ciudad.

2.7. Aditivos

Actualmente en la confección de morteros para fábricas de ladrillo se emplean a veces aditivos plastificantes, (20), (24), (25), (26) con objeto de mejorar la plasticidad del mortero.

En este estudio se han confeccionado algunos morteros de plasticidad deficiente con aditivo plastificante, con objeto de tener datos sobre su influencia, sin proceder a una investigación a fondo de esta cuestión que no era objeto de este trabajo.

El aditivo empleado fue SIKANOL-M, cuya composición, como ocurre en la mayoría de los aditivos comercializados, es desconocida, y se siguieron las indicaciones de dosificación recomendada por la casa SIKA fabricante de dicho producto.

Al producto líquido se agregó el agua de amasado en proporción de 0,2 % del peso del cemento más el de la cal en su caso, que se indica para morteros amasados a mano.

El Grupo de Trabajo propuso una modificación del correspondiente artículo de la Norma haciendo referencia explícita al Documento de Idoneidad Técnica (27) o a la experimentación realizada, exigiendo su inclusión en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, o la autorización del Director de Obra.

CAPITULO 3. ESTUDIO DE LOS MORTEROS

3.1. Generalidades

El principal objeto de este estudio ha sido determinar la resistencia que se obtiene con morteros confeccionados con cemento PA-350, que es el de uso más frecuente en la actualidad, con objeto de establecer una Tabla equivalente a la Tabla 3.5 de la Norma MV 201-1972, en la que figura como fundamental el cemento P-250, que era el usual antes de aparecer el Pliego RC-75, y que ha dejado de fabricarse.

Otras propiedades de los morteros han sido estudiadas según las tendencias actuales (9), (10), (28), (29), (30), (31), (32), y se han realizado ensayos, especialmente para determinar la influencia de la clase y contenido de finos de la arena, determinados mediante el ensayo de levigación y el del equivalente de arena, lo que ha permitido hacer una propuesta sobre la cuestión.

Las determinaciones efectuadas sobre los componentes del mortero, sobre el mortero fresco y sobre el mortero endurecido, han suministrado datos sobre la influencia de las características de los materiales, y de su dosificación, en las propiedades del mortero fresco y endurecido, como se detalla a continuación.

3.2. Dosificación de los morteros fabricados

De acuerdo con el epígrafe "3.2.2." de la propuesta, la dosificación de los componentes: cemento, en su caso cal, y arena, de los morteros para ensayo se estableció en peso.

La serie I, se compone de morteros con relación cemento : arena, de valores 1 : 3, 1 : 6 y 1 : 10, confeccionados con las 12 arenas enviadas (2.5), obteniéndose en total 36 tipos diferentes de mortero. Las dosificaciones elegidas corresponden a contenidos de cemento máximo, medio y mínimo que se juzgan posibles para morteros de fábrica.

CUADRO 7
Dosificaciones de los morteros de la serie II

Arena	Dosificación en peso			Aditivo	Objeto	
	Cemento	Cal	Arena			
A	1	0	3	No	Comparar con los morteros de la Serie I	
	1	0	6	No		
	1	0	10	No		
		1	0,5	4,5	No	Investigar la influencia de la adición de cal.
		1	1	6	No	
		1	1,5	7,5	No	
		1	2	9	No	
		1	3	12	No	
		1	0	4	Si	
	1	0,5	6	Si		
	1	1	8	Si		
	1	0	5	Si		
1	0,5	7,5	Si			
1	1	10	Si			
B y C	1	0	6	Si o No	Investigar la influencia de la naturaleza de los finos en la resistencia.	
	1	0,5	9	Si o No		
	1	1	12	Si o No		
	1	0	9	Si		
	1	0,5	13,5	Si		
	1	1	18	Si		
1,4 y 10	1	2,33	10	Si	Comparar con los morteros de la Serie I, empleando dosificación alta de cal.	

La serie II se compone de 29 tipos de mortero, con las dosificaciones en peso que se establecen en el Cuadro 7.

3.3. Confección de los morteros de ensayo

Se fabricó un volumen de 7-8 litros de mortero fresco con cada una de las dosificaciones establecidas. El cemento, la cal aérea apagada en polvo en su caso, y la arena, se pesaron en balanza, con precisión de 0,01 kg. Se vertieron sobre una carretilla de chapa, limpia y seca y se mezclaron a mano con paleta, por un operario con reconocida experiencia de albañil, hasta obtener una mezcla uniforme a la vista, en un lapso no inferior a 1 minuto.

Sobre la mezcla seca se fue agregando agua, medida con probetas graduadas de precisión 0,01 l, y se amasó a mano con paleta, hasta obtener una mezcla uniforme a la vista, en lapso no inferior a 1 minuto. Cuando la docilidad de la masa, a juicio del operario, fue la conveniente, se midió la consistencia con cono Abrams, aceptándose la masa si el asiento era de 17 ± 2 cm, valor indicado en la Norma MV 201-1972. Cuando el asiento fue menor se añadió agua, igualmente medida, hasta intentar conseguir dicho valor.

En la Serie I de morteros sin cal, con arenas de bajo contenido de finos, y en las de playa, no fue posible llegar a este asiento, ya que se produce segregación con asientos menores. Este fenómeno se acentuó con morteros de bajo contenido de cemento. En los morteros con cal de la Serie II ocurrió obtener asientos algo mayores, 20-22 cm, con masas de docilidad apropiada a juicio del operario, variando mucho la consistencia de estos morteros con pequeños aumentos de agua.

Con la masa definitiva se midió además la consistencia mediante el asiento en el denominado cono 15, construido especialmente para este estudio, con dimensiones mitad del cono Abrams. También se midió mediante el ensayo con mesa de sacudidas según el método de la Norma UNE 7205.

Los resultados de los ensayos de los morteros figuran en el Anejo 3 de este Estudio y se presentan sistematizados en el cuadro 8 los de los 36 morteros de la Serie I, y en el cuadro 9 los de los 29 morteros de la Serie II.

La comparación entre los asientos en cono Abrams y en cono 15 se presenta en la figura 3. La comparación entre los asientos en cono Abrams, y los escurrimientos con la mesa de sacudidas, se presentan en la figura 4.

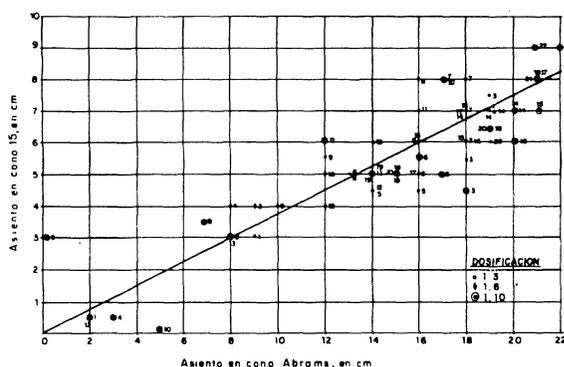


Fig. 3.—Comparación de los ensayos con cono Abrams y cono 15.

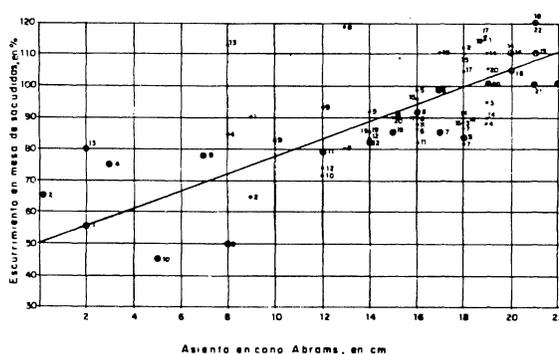


Fig. 4.—Comparación de los ensayos con cono Abrams y mesa de sacudidas.

CUADRO 8

De los ensayos sobre los morteros de la Serie I

ARENA		MORTERO FRESCO											MORTERO ENDURECIDO A 28 DIAS				RESISTENCIAS MECANICAS DEL MORTERO ENDURECIDO															
Número	(1) γ PPM (4) F %	Dosificación C Cemento 1,07 Mp/m ³ A Arena, W Agua			Consistencia			Plasticidad		Peso Humedad Absorción Heladicidad				Resistencia a compresión			Resistencia a flexotracción			Relación σ ₁₁ /σ ₁₂												
		Procedencia (2) Forma (5) E %	C A C A	P esp	kp de componente por m ³	W C	Cono A	Cono 15	Maso %	(4) F	(6) Grado	especif Mp/m ³	%	%	Perdida %	Calif (7)	σ ₁₁ en kp/cm ² a edad de	σ ₁₂ σ ₁₂₂	σ ₁₁ en kp/cm ² a edad de	σ ₁₁ σ ₁₁₂₂	7 d	28 d	91 d	7 d	28 d	91 d	7 d	28 d	91 d			
Origen (3) MG	F + E	en peso	en volumen	Mp/m ³	C	A	W	cm	cm	%	%	%	%	%	%	7 d	28 d	91 d	7 d	28 d	91 d	7 d	28 d	91 d	7 d	28 d	91 d	7 d	28 d	91 d		
1 Barcelona Rio	1,47	1,2	1,3	1,2,18	2,193	470	1410	313	0,66	19	7	115	24	S	2,12	6,0	11,5	0	NO	158	231	275	0,68	1,19	43	49	55	0,88	1,12	0,27	0,21	0,26
	P	97	1,6	1,4,36	2,133	258	1546	329	1,28	9	3	90	14	M	2,01	4,6	11,7	2	NO	39	73	78	0,53	1,07	14	19	20	0,74	1,05	0,36	0,28	0,26
	Rio	3,29	98	1,10	1,7,28	1,845	142	1419	284	2,00	2	0,5	55	9	M	1,79	2,8	11,2	R	S1	6	22	23	0,27	1,05	1	8	9	0,13	1,13	0,17	0,36
2 Gerona Rio	1,48	4,6	1,3	1,2,17	2,164	460	1381	323	0,70	18	6	113	26	G	2,08	6,5	11,7	0	NO	167	255	277	0,65	1,09	41	53	63	0,77	1,19	0,25	0,21	0,23
	P	89	1,6	1,4,34	2,007	242	1455	310	1,28	9	4	65	17	S	1,88	4,5	12,1	2	NO	39	73	86	0,53	1,18	17	20	23	0,85	1,15	0,44	0,27	0,27
	Rio	3,16	94	1,10	1,7,23	2,020	153	1530	337	2,20	-	3	65	13	M	1,91	3,3	12,0	18	S1	9	19	21	0,47	1,11	3	5	7	0,60	1,40	0,33	0,28
3 Leon Rio	1,85	6,5	1,3	1,1,95	2,295	503	1508	284	0,57	19	7,5	95	28	G	2,25	6,1	9,5	0	NO	294	353	388	0,83	1,10	55	64	81	0,86	1,27	0,19	0,18	0,21
	P	87	1,6	1,3,90	2,216	275	1650	291	1,08	18	5,5	87	19	S	2,11	4,2	10,3	1	NO	83	116	134	0,72	1,16	25	31	32	0,81	1,03	0,30	0,27	0,24
	Rio	3,13	94	1,10	1,6,48	2,214	175	1748	291	1,66	18	4,5	82	14	M	2,10	2,3	9,5	17	S1	27	56	64	0,48	1,14	10	13	16	0,77	1,23	0,37	0,23
4 Madrid Rio	1,48	4,5	1,3	1,2,17	2,248	478	1435	335	0,70	19	7	87	26	G	2,17	6,2	10,5	0	NO	168	278	305	0,68	1,10	48	57	59	0,84	1,04	0,26	0,21	0,19
	P	90	1,6	1,4,34	2,115	254	1523	338	1,33	8	4	85	17	S	2,00	4,0	11,9	24	S1	39	61	72	0,64	1,18	13	15	18	0,87	1,20	0,33	0,25	0,25
	Rio	2,79	95	1,10	1,7,23	1,993	152	1523	318	2,08	3	0,5	75	13	M	1,88	2,5	12,9	R	S1	12	19	21	0,63	1,11	3	6	7	0,50	1,17	0,25	0,32
5 Alicante Cantera	1,39	29,3	1,3	1,2,31	2,037	414	1243	380	0,92	14	4,5	92	45	G	1,90	8,2	17,2	29	S1	136	148	197	0,92	1,33	32	44	45	0,73	1,02	0,24	0,30	0,23
	P	28	1,6	1,4,62	2,009	233	1400	376	1,61	16	4,5	98	38	G	1,80	5,6	18,1	32	S1	31	55	61	0,56	1,11	12	13	13	0,92	1,00	0,39	0,24	0,21
	Cantera	1,53	57	1,10	1,7,70	1,465	146	1455	376	2,60	17	5	98	35	G	1,73	3,7	18,6	R	S1	6	13	16	0,46	1,23	1	2	3	0,50	1,50	0,17	0,15
6 Lodosa (Na) Cantera	1,45	21,2	1,3	1,2,21	2,096	425	1275	396	0,93	16	6	85	38	G	1,94	7,2	16,9	3	NO	123	142	172	0,87	1,21	35	45	45	0,78	1,00	0,28	0,32	0,26
	R	29	1,6	1,4,42	2,041	235	1413	393	1,66	16	5	90	31	G	1,81	4,2	18,3	47	S1	25	36	42	0,69	1,17	10	13	14	0,77	1,08	0,40	0,36	0,33
	Cantera	1,15	50	1,10	1,7,38	2,044	150	1496	398	2,88	16	5,5	91	28	G	1,75	2,8	19,3	R	S1	6	14	14	0,43	1,00	1	3	3	0,33	1,00	0,17	0,21
7 Tudela (Na) Cantera	1,62	14,0	1,3	1,1,98	2,254	483	1449	322	0,66	18	7	82	33	G	2,18	7,1	11,6	0	NO	248	333	388	0,74	1,17	54	59	64	0,92	1,08	0,22	0,18	0,16
	P	62	1,6	1,3,98	2,258	278	1670	310	1,11	18	8	88	25	G	2,14	4,8	11,1	1	NO	89	123	158	0,72	1,28	26	32	38	0,81	1,19	0,29	0,26	0,24
	Cantera	2,55	76	1,10	1,6,60	2,207	174	1742	291	1,67	17	8	85	21	S	2,05	3,0	11,3	11	S1	27	47	55	0,57	1,17	11	13	15	0,85	1,15	0,41	0,28
8 S Sebastian Playa	1,21	5,4	1,3	1,2,65	1,989	390	1170	429	1,10	13	5	80	27	G	1,84	9,2	18,8	7	S1	102	117	170	0,87	1,45	30	30	46	0,79	1,21	0,29	0,32	0,27
	R	90	1,6	1,5,30	1,901	202	1211	488	2,42	13	5	118	18	S	1,64	6,3	21,9	R	S1	13	22	120	0,59	5,45	5	9	35	0,56	3,89	0,38	0,41	0,29
	Playa	1,40	95	1,10	1,8,84	1,773	120	1202	451	4,17	8	3	50	13	M	1,48	3,6	24,9	R	S1	0	3	6	0	2	0	1	2	0	2,00	-	0,33
9 Sevilla Playa fluvial	1,31	12,7	1,3	1,2,45	2,110	428	1283	399	0,93	12	5,5	94	32	G	1,98	9,0	16,3	1	NO	130	217	227	0,80	1,05	40	45	61	0,89	1,36	0,31	0,21	0,27
	R	76	1,6	1,4,90	2,007	227	1363	417	1,83	10	4	84	24	S	1,81	6,9	18,4	26	S1	20	36	48	0,56	1,33	7	13	18	0,54	1,38	0,35	0,36	0,38
	Playa fluvial	1,14	89	1,10	1,8,17	1,934	139	1390	405	2,92	7	3,5	77	20	S	1,71	4,7	19,2	R	S1	6	13	14	0,46	1,08	1	2	3	0,50	1,50	0,17	0,15
10 Vigo (Pa) Playa	1,36	2,3	1,3	1,2,36	2,141	443	1329	369	0,83	17	8	110	25	S	2,05	7,3	13,4	6	S1	123	184	192	0,67	1,04	28	40	43	0,70	1,08	0,73	0,22	0,22
	R	96	1,6	1,4,72	1,991	231	1387	373	1,61	12	5	71	15	S	1,80	4,6	16,1	45	S1	19	39	45	0,49	1,15	7	10	13	0,70	1,30	0,37	0,26	0,29
	Playa	2,49	98	1,10	1,7,87	1,891	136	1359	396	2,92	5	0	46	10	M	1,67	2,9	17,4	R	S1	0	3	6	0	2	0	0	1	0	1,00	-	-
11 Granada Machaqueo	1,51	20,4	1,3	1,2,13	2,178	463	1390	325	0,70	16	7	83	38	G	2,10	7,3	12,9	0	NO	211	250	289	0,84	1,16	49	60	60	0,82	1,00	0,23	0,24	0,24
	P	61	1,6	1,4,28	2,096	255	1529	312	1,22	16	8	88	31	G	1,96	4,9	12,9	1	NO	72	108	109	0,67	1,01	23	34	35	0,68	1,03	0,32	0,31	0,32
	Machaqueo	2,10	81	1,10	1,7,09	2,037	158	1577	302	1,98	12	6	79	27	G	1,89	3,5	12,6	4	S1	27	39	39	0,56	1,00	9	15	16	0,60	1,07	0,41	0,38
12 Trebax (Na) Machaqueo	1,47	25,1	1,3	1,2,18	2,159	456	1368	337	0,73	14	4,5	83	42	G	2,07	7,1	13,0	2	NO	205	263	297	0,78	1,13	43	57	62	0,75	1,09	0,21	0,22	0,21
	P	66	1,6	1,4,31	2,154	262	1572	320	1,22	12	4	73	35	G	2,00	4,7	13,3	R	S1	75	114	123	0,66	1,08	21	33	35	0,84	1,06	0,28	0,29	0,28
	Machaqueo	1,84	91	1,10	1,7,28	2,107	162	1621	324	2,00	14	5	82	31	G	1,91	3,0	14,2	R	S1	19	31	39	0,61	1,26	8	12	13	0,67	1,08	0,42	0,39

(1) γ = Peso específico aparente (2) Forma de los granos P= Poliédrica R= Redondeada (3) Módulo granulométrico (4) F= Fines < 0,08 mm (5) E= Equivalente de arena (6) G=Grasa S= Sogrosa M= Magra (7) No= No es heladizo S= Si es heladizo R= Rotas

CUADRO 9
De los ensayos sobre los morteros de la Serie II

(1) γ : Peso específico aparente (2) Forma de los granos P: Poliedrica R: Redondeada (3) Módulo granulométrico (4) F: Finos $\leq 0,08$ mm
(5) E: Equivalente de arena (6) Pl: Plastificante 2% sobre el total de conglomerante (7) G: Grasa S: Sogrosa M: Magra (8) No: No es heladizo Si: Si es heladizo R: Rotoso.

ARENA			MORTERO FRESCO										MORTERO ENDURECIDO A 28 DIAS				RESISTENCIAS MECÁNICAS DEL MORTERO ENDURECIDO																							
Número	(1) γ Mp/m ³	(4) F %	Dosificación	C	Cemento	$\gamma_c = 1,07$ Mp/m ³	L	Cal	$\gamma_l = 0,38$ Mp/m ³	A	W	Agu	Consistencia			Plasticidad		Peso	Humedad	Absorción	Heladicidad		Resistencia a compresión			Resistencia a flexotracción					Relación σ_f / σ_c									
Procedencia	(2) Forma	(5) E %	CL A	CL A	P esp	en	de	de	de	de	de	de	W	Plastif.	Cono A	Cono 15	Mesa	(4) F	(7)	especif	%	%	Perdida	Calif	(B)	σ_{cj} en	σ_{cs}	σ_{ct}	σ_{cs}	σ_{ct}	σ_{ct}	σ_{ct}	σ_{ct}	σ_{ct}	σ_{ct}	σ_{ct}	σ_{ct}			
Origen	(3) Mg	F + E	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en	cm	cm	%	%	Grado	Mp/m ³	%	%	%	%		7d	28d	91d	7d	28d	91d	7d	28d	91d	7d	28d	91d	7d	28d	91d
A	Compuesto	P 93	1,0	3	1	0	2,14	2,203	469	0	1406	328	0,70	NO	14	6	80	25	S	2,15	6,7	11,0	0	NO	228	316	350	0,72	1,11	57	65	68	0,88	1,05	0,25	0,21	0,19			
			3,00	95	1,0	10	1	0	4,28	2,068	245	0	1469	354	1,44	NO	8	3	112	15	S	1,93	5,2	13,7	R	SI	27	55	61	0,49	1,11	10	18	20	0,53	1,05	0,37	0,35	0,33	
			1,0	3	1	0	2,14	2,203	469	0	1406	328	0,70	NO	14	6	80	25	S	1,93	8,0	15,9	2	NO	56	94	119	0,60	1,27	20	28	35	0,71	1,25	0,36	0,30	0,29			
			1,1	8	1	0	2,82	2,014	204	2,04	1224	582	1,87	NO	18	7	90	26	G	1,86	8,1	18,0	30	SI	25	44	62	0,57	1,41	6	15	21	0,53	1,40	0,32	0,34	0,34			
			1,3	7,5	1	0	1,423	1,963	157	2,36	1178	392	2,50	NO	19	7	100	26	G	1,79	8,6	19,9	R	SI	13	20	33	0,65	1,65	3	8	14	0,38	1,75	0,23	0,40	0,42			
			1,2	9	1	0	1,564	1,949	128	2,56	1154	411	3,20	NO	20	7	110	26	G	1,73	7,5	19,5	R	SI	6	13	22	0,46	1,69	2	3	9	0,66	3,00	0,33	0,23	0,41			
			1,3	12	1	0	1,845	1,947	96	2,88	1153	410	4,31	NO	20	7	110	26	G	1,70	6,2	22,4	R	SI	3	6	13	0,50	2,17	1	1	4	1,00	4,00	0,33	0,17	0,31			
			1,0	4	1	0	2,84	2,017	347	0	1389	281	0,80	SI	18	8	110	20	S	1,95	5,7	10,8	0	NO	120	172	186	0,70	1,08	38	49	52	0,78	1,06	0,32	0,28	0,28			
			1,0	5	1	0	1,41	1,985	223	1,12	1340	310	1,38	SI	18	6	95	20	S	1,85	5,7	14,9	0	NO	27	50	66	0,54	1,32	11	19	22	0,58	1,18	0,41	0,38	0,33			
			1,1	8	1	0	2,82	1,948	164	1,64	1316	304	1,85	SI	21	7	110	21	G	1,76	4,0	16,1	0	NO	13	25	30	0,52	1,20	3	9	11	0,33	1,22	0,23	0,36	0,37			
B	Compuesto	P 68	1,0	6	1	0	4,43	2,010	241	0	1447	322	1,33	SI	19	8	115	28	G	1,86	5,1	14,3	0	NO	53	78	86	0,68	1,10	21	27	28	0,78	1,04	0,39	0,35	0,33			
			1,5	86	1,0	5	1	0	1,141	1,964	168	80	1433	332	2,08	SI	18	7	105	29	G	1,82	4,2	16,0	0	NO	17	31	35	0,55	1,13	7	13	14	0,54	1,08	0,41	0,42	0,40	
			1,0	9	1	0	6,64	1,873	157	0	1413	303	1,93	SI	15	5	90	25	G	1,80	3,7	13,1	0	NO	19	36	39	0,53	1,08	7	13	14	0,54	1,08	0,37	0,36	0,36			
			1,0	5	1	0	1,41	1,920	101	81	1368	302	3,00	SI	19	6,5	105	26	G	1,80	3,3	14,6	0	NO	6	25	26	0,24	1,04	2	6	7	0,33	1,17	0,33	0,24	0,27			
			1,1	18	1	0	2,82	1,967	73	73	1317	304	4,14	SI	21	8	120	26	G	1,73	2,4	15,4	6	SI	3	18	19	0,17	1,06	1	3	6	0,33	2,00	0,33	0,17	0,32			
C	Compuesto	P 45	1,0	6	1	0	4,43	2,032	236	0	1416	380	1,61	NO	14	5	85	30	G	1,87	8,5	19,1	7	SI	25	55	64	0,45	1,16	11	18	20	0,61	1,11	0,44	0,33	0,31			
			1,5	64	1,0	5	1	0	1,141	1,974	152	76	1367	379	2,50	NO	14	5	85	30	G	1,77	8,8	21,0	25	SI	13	18	25	0,72	1,39	3	6	10	0,50	1,67	0,23	0,33	0,40	
			1,0	9	1	0	7,24	1,951	159	0	1429	363	2,30	SI	15	5	90	27	G	1,74	4,2	19,1	11	SI	13	18	18	0,72	1,00	2	4	5	0,50	1,25	0,15	0,22	0,28			
			1,0	5	1	0	1,41	1,982	106	83	1428	395	3,75	SI	19	8	105	27	G	1,65	3,1	18,8	28	SI	0	5	6	0	1,20	0	1	1	0	1,00	0	0	0,20	0,17		
1,1	18	1	0	2,82	1,968	78	78	1400	388	5,00	SI	19	6,5	100	27	G	1,66	3,6	19,7	46	SI	0	9	13	0	1,44	0	2	3	0	1,50	0	0	0,22	0,23					
1	Barcelona Río	1,47	1,2	1,2	33	10	16,56	728	1,911	1,15	2,68	1149	379	3,30	SI	21	8	100	25	G	1,68	4,9	19,7	2	NO	3	16	19	0,19	1,19	1	3	3	0,33	1,67	0,33	0,19	0,26		
P 97		3,79	98	1,0	10	1	0	1,141	1,910	1,14	2,63	1039	384	3,03	SI	21	9	120	28	G	1,67	4,0	20,2	30	SI	5	8	17	0,63	2,13	1	2	4	0,50	2,00	0,20	0,25	0,24		
4	Madrid Río	1,48	4,5	1,2	33	10	16,56	723	1,910	1,14	2,63	1039	384	3,03	SI	21	9	120	28	G	1,67	4,0	20,2	30	SI	5	8	17	0,63	2,13	1	2	4	0,50	2,00	0,20	0,25	0,24		
P 90		2,79	95	1,0	10	1	0	1,141	1,910	1,14	2,63	1039	384	3,03	SI	21	9	120	28	G	1,67	4,0	20,2	30	SI	5	8	17	0,63	2,13	1	2	4	0,50	2,00	0,20	0,25	0,24		
10	Vigo Playa	1,38	2,3	1,2	33	10	16,56	707	1,807	1,07	2,49	1067	384	3,60	SI	22	9	100	28	G	1,59	4,3	22,0	10	SI	0	9	18	0	2,00	0	3	7	0	2,33	0	0,33	0,39		
R 98		2,49	98	1,0	10	1	0	1,141	1,910	1,14	2,63	1039	384	3,03	SI	21	9	120	28	G	1,67	4,0	20,2	30	SI	5	8	17	0,63	2,13	1	2	4	0,50	2,00	0,20	0,25	0,24		

3.4. Plasticidad del mortero fresco

En la Norma MV 201-1972, no se define el concepto de plasticidad del mortero fresco, ni un método para medirla. Técnicos y albañiles designan como plasticidad la propiedad del mortero fresco de la que depende su aptitud para poder extender la tortada, restregar el ladrillo y rellenar completamente las juntas: llagas y tendeles.

Se ha intentado medirla mediante un método inspirado en la cuchara de Casagrande para determinar el límite plástico de una arcilla, colocando mortero en un recipiente, haciendo una acanaladura y sometiéndolo a sacudidas. No se han obtenido resultados que fuesen comparables con lo que un albañil experimentado entiende por plasticidad.

El ensayo de extruir por una tobera el mortero fresco incluido en un recipiente a presión, tampoco parece tener interés.

Se ha comprobado que la calificación de la plasticidad de un mortero por el albañil, concuerda bastante con el contenido de finos menores de 0,08 mm de la mezcla seca: cemento, eventualmente cal, y arena; y que su consistencia debe estar comprendida entre unos límites, que varían de unas mezclas a otras.

También se ha comprobado que un mortero fresco de plasticidad conveniente tiene pequeña segregación de agua, lo que hace más importante el estudio de la hidrofilia, o retentividad del agua de amasado de los morteros frescos, ya que cuando ésta es baja el mortero tiene plasticidad magra, y por consiguiente es inadecuado para sentar ladrillo.

El contenido de finos de la mezcla seca, y la calificación de su plasticidad figuran en el Anejo 3 de este Estudio. Los de los 36 morteros de la Serie I se presentan en el Cuadro 8, y los de los 29 morteros de la Serie II, en el Cuadro 9.

En la Propuesta del Capítulo 3, de la Norma se define la plasticidad del modo indicado, y en función del grado de plasticidad exigido en el Pliego de Prescripciones Particulares del Proyecto, se imponen límites de contenido de finos de la mezcla seca, que son los mismos de la Norma actual, ya que se han mostrado concordantes con las estimaciones del grado de plasticidad.

3.5. Fabricación de las probetas de ensayo

Con cada tipo de mortero se fabricaron nueve probetas prismáticas de $4 \times 4 \times 16$ cm³, rellenando tres moldes triples de acero convenientemente engrasados. La compactación del mortero en los moldes se efectuó comprimiendo con una espátula, y golpeando después los moldes diez veces contra una mesa de mármol, y se enrasó finalmente con una regla metálica. La consistencia de los morteros confeccionados aconsejó este método de compactación como el más conveniente.

Los moldes llenos se almacenaron en cámara con 95 % de humedad relativa y temperatura de $21 \pm 2^\circ$ C, en la que se mantuvieron 24 horas, desmoldando después las probetas. Tres probetas se pesaron seguidamente y con este peso se obtuvo el peso específico aparente inicial del mortero fraguado. Las nueve probetas desmoldadas se conservaron en cámara húmeda hasta su ensayo.

A partir del peso específico aparente inicial del mortero fraguado, y del peso específico aparente en estado suelto de los conglomerantes: cemento y cal en su caso, y de la arena empleada, se calcularon los contenidos de los componentes del mortero en kg/m³, se obtuvo la dosificación en partes en volumen.

Los resultados figuran en el Anejo 3 de este estudio. Los de los 36 morteros de la Serie I se resumen en el Cuadro 8 y los de los 29 morteros de la Serie II en el Cuadro 9.

En la figura 5 se presenta la relación entre el contenido de cemento y la relación en peso cemento : arena. En la figura 6 la relación entre las dosificaciones en peso y en volumen.

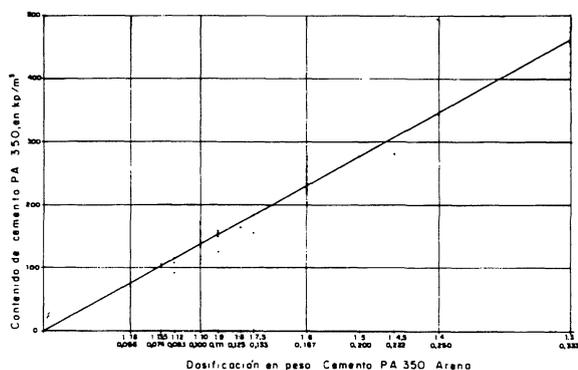


Fig. 5.—Relación contenido de cemento: dosificación en peso.

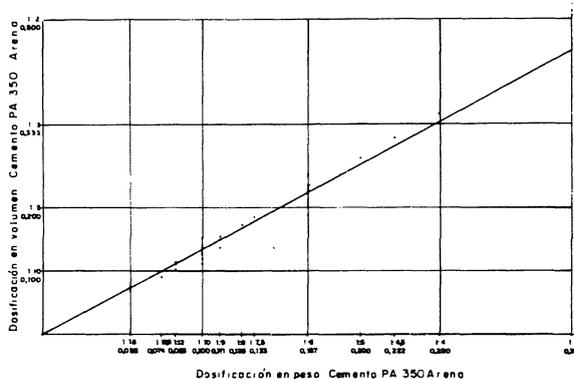


Fig. 6.—Relación dosificación en volumen: dosificación en peso.

3.6. Prescripciones sobre la confección de morteros

Las prescripciones, que figuran en el artículo 3.3. de la Propuesta de Revisión, fueron establecidas por el Grupo de Trabajo, después de estudiar la influencia de la dosificación en las propiedades del mortero fraguado, que figura en 4.6.

Las conclusiones a que se llegó, obligaron a incluir el artículo 3.3.1. Dosificación del mortero, siguiendo los criterios adoptados de no especificar dosificación sino contenido de cemento, y establecer la dosificación en la obra realizando la experimentación necesaria para verificar que el mortero cumple con las especificaciones.

El Grupo de Trabajo redactó además el artículo A.3 del Apéndice A en el que se reúne todo aquello que tiene carácter de recomendación, pero que resulta útil para la determinación experimental de la dosificación.

El artículo 3.3.2 referente al amasado del mortero se ha redactado sin modificar esencialmente, lo que se indica en la Norma actual, pero resaltando que el amasado a mano requiere autorización.

Finalmente en el artículo 3.3.3 el Grupo de Trabajo ha sido unánime en prohibir el rebatido de mortero, y puntualizar mejor lo referente al tiempo de utilización.

CAPITULO 4. EL MORTERO ENDURECIDO

4.1. Ensayos físicos

De las nueve probetas prismáticas confeccionadas con cada uno de los 36 + 29 tipos de mortero, tres probetas se mantuvieron en cámara húmeda hasta 28 días y se sometieron a las siguientes operaciones:

- Pesado, para determinar el peso específico aparente de los 28 días y compararlo con el de 24 horas.
- Desecación, en estufa a 110° C hasta peso constante, determinando la humedad contenida.

- Inmersión en agua a $21 \pm 2^\circ \text{C}$ hasta saturación, caracterizada por peso constante, con un mínimo de 7 días, determinando la absorción del mortero endurecido.
- Ensayo de heladicidad, sometiendo la probeta saturada a 20 ciclos de congelado y deshielo, consistente cada ciclo en permanencia en cámara de congelado a $-20 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 6 horas, y deshielo en agua durante un mínimo de 18 horas y un máximo de 66 horas. Las probetas se observaron después de cada ciclo, anotando los eventuales desperfectos; se desecaron después del último ciclo y se pesaron, obteniendo por diferencia la pérdida de peso en el ensayo de heladicidad. El mortero se calificó de NO heladizo si no hubo grietas o roturas y la pérdida de peso no fue superior a 3 %. En caso contrario la calificación fue de SI heladizo.

Los resultados figuran en el Anejo 3 de este Estudio. Los de los 36 tipos de morteros de la Serie I se resumen en el Cuadro 8 y los de los 29 de la Serie II en el Cuadro 9.

4.2. Humedad y absorción

Es conocido que una pequeña cantidad de agua de amasado del mortero se combina con el cemento y el resto queda en los huecos del mortero sin rellenarlos absolutamente. Este agua se ha evaporado en parte durante los 28 días de conservación de las probetas en cámara húmeda.

La *humedad* que conservan las probetas de los morteros sin cal, Serie I a los 28 días de conservación en cámara húmeda, depende mucho de la dosificación de cemento, pero poco de la clase de arena. La humedad en valor medio obtenida para cada una de las dosificaciones ha sido:

- Dosificación 1 : 3 7,3 %.
- Dosificación 1 : 6 4,9 %.
- Dosificación 1 : 10 3,2 %.

En los morteros con cal de la Serie II, la humedad a los 28 días es algo mayor y depende mucho menos de la relación cemento : arena.

El contenido de huecos de los morteros sin cal, Serie I, que se deduce de los resultados de absorción señalados en el Cuadro 8, ha variado poco con la dosificación de cemento, y mucho con la clase de arena. La absorción en valor medio obtenido en los diferentes grupos de arenas se refleja en el Cuadro 10.

CUADRO 10
Absorción de los morteros ensayados

Clases de arena	Absorción media %
Arenas de río o cantera, con bajo contenido de finos (nº 1, 2, 3, 4 y 7)	11,3
Arenas de machaqueo, con alto contenido de finos no arcillosos (nº 11 y 12)	13,1
Arenas de cantera, con alto contenido de finos arcillosos (nº 5 y 6)	18,1
Arenas de playa, (nº 8,9 y 10) (con irregularidad mayor con otros grupos)	18,5

La capilaridad del mortero en las juntas de la fábrica, se sabe sin embargo que disminuye con el contenido de cemento (32). No ha sido estudiada aquí esta propiedad, que merecería una investigación especial.

En los morteros con cal, Serie II, la absorción que se refleja en el Cuadro 9, es algo mayor que en los correspondientes sin cal, y así mismo es considerablemente mayor en las arenas con finos arcillosos.

4.3. Anheladicidad

En las fábricas vistas en exteriores en casi toda la Península, especialmente en toda la meseta central de clima frío, la resistencia a las heladas es importante en el mortero para garantizar la durabilidad de las fábricas (33), especialmente cuando están en contacto con el suelo, o en la coronación de muros no protegidos por amplios aleros.

En los morteros sin cal de la Serie I la anheladicidad, en función de la dosificación de cemento, se ha obtenido en los siguientes porcentajes:

- Dosificación 1 : 3 75 %. Fallan con las arenas n.ºs 5, 8 y 10.
- Dosificación 1 : 6 42 %. Fallan además con las arenas n.ºs 4, 6, 9 y 12.
- Dosificación 1 : 10 0 %. Fallan con todas las arenas.

En los morteros de la Serie II la anheladicidad se obtiene en más casos, con dosificaciones bajas de cemento, siendo favorable la adición de cal y especialmente la inclusión de aditivo plastificante, excepto con arena de alto contenido de finos arcillosos que fallaron en todos los casos.

La anheladicidad se asocia a altos contenidos de cemento, y depende mucho de la clase de arena (34), (35), especialmente de su bajo contenido de finos arcillosos, pero como hay excepciones, cuando se exija en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto deberá verificarse mediante ensayos.

4.4. Ensayos mecánicos

Con las seis probetas restantes de cada uno de los 36 + 29 tipos de mortero, conservadas en cámara húmeda hasta su ensayo, se determinaron las resistencias a flexotracción y compresión, sobre dos probetas, en cada una de las edades de 7, 28 y 91 días.

El ensayo, y la obtención de resultados, se realizaron según la Norma UNE 7205, ya que la Norma UNE 7270, a que hace referencia la Norma MV 201-1972 no ha sido publicada.

Los resultados en kp/cm^2 , y las relaciones entre ellos, se reflejan en el Anejo 3 de este Estudio. Los de los 36 tipos de mortero de la Serie I se resumen en el Cuadro 8, y los de los 29 tipos de la Serie II en el Cuadro 9. La clasificación en grupos de los morteros por su resistencia a compresión a 28 días figura en el Cuadro 11.

4.5. Resistencia a compresión a 28 días

La resistencia a compresión de un mortero a 28 días es la propiedad más indicativa de su comportamiento en las fábricas de ladrillo ejecutadas con él. Se relaciona, aunque no linealmente, con otras propiedades del mortero endurecido: anheladicidad, impermeabilidad, adherencia al ladrillo, etc.

CUADRO 11
Resistencia a compresión a 28 días de los morteros ensayados

Resistencia a compresión a 28 días σ_c kp/cm ²	Resultados de los morteros ensayados:			
	Número			Rateo %
	Serie I	Serie II	Total	
≥ 300	2	1	3	5
299 - 200	6	0	6	9
199 - 150	1	1	2	3
149 - 100	7	0	7	11
99 - 50	5	6	11	17
49 - 25	6	6	12	18
< 25	9	15	24	37
Total	36	29	65	100

Por esta razón, en muchas Normas se establecen tipos de morteros definidos por su resistencia a compresión a 28 días, σ_c . Entre ellas lo hacen así las tres siguientes:

- La Norma MV 201-1972 (1) que clasifica los morteros en seis tipos, siguiendo una serie geométrica de razón 2, que empieza con la resistencia de 5 kp/cm², y llega a 160 kp/cm².
- Las recomendaciones CIB (10), en que los tipos son cuatro, también según una serie geométrica de razón 2, con los valores de resistencia, en MPa: 2,5; 5; 10 y 20.
- La Norma ASTM 270-80a (12), con cinco tipos, siendo los valores de resistencia en MPa: 0,5; 2,4; 5,2; 12,4; 17,2.

Los resultados de los ensayos, clasificados en el Cuadro 11, reflejan claramente la mejora de la resistencia de los cementos que se produjo al comenzar el decenio transcurrido desde la publicación de la Norma MV 201-1972, y que dió lugar al aumento de las resistencias exigidas en el Pliego de 1964, sustituyéndose por las del Pliego RC-75.

El Grupo de Trabajo, a la vista de los resultados de los ensayos decidió elevar los límites de resistencia que definen los tipos, estableciendo las resistencias en MPa, y adoptando las de las Recomendaciones CIB, que representan una elevación del 25 % respecto de las actuales. Esta elevación es menor que la producida en la resistencia del cemento entre ambos Pliegos, que referida al cemento portland ordinario P-250 en 1964, y al cemento PA-350 común a partir de 1977 (6), fue del 40 %.

La decisión incluye suprimir los tipos de resistencia inferior a 2,5 MPa, que a la vista de los ensayos sólo se obtiene con morteros de muy deficiente plasticidad o un alto contenido de cal. Con coste no superior puede alcanzarse siempre la resistencia de 2,5 MPa empleando un contenido de cemento igual o superior a 200 kg/m³, que se juzga mínimo para los morteros de fábricas resistentes, como se ve en 4.6.

No es este el criterio de ASTM 270, que mantiene un mortero con resistencias 0.5 MPa, con bajo contenido de cemento y muy alto de cal, pero sólo se permite para muros y particiones interiores.

4.6. Influencia de la dosificación

La dosificación del mortero tiene relación con la resistencia a compresión a 28 días. Esta relación puede verse tanto en la dosificación en peso, como en la dosificación en volumen, pero resulta ser mucho más directa si se refiere al contenido de cemento del mortero.

El Grupo de Trabajo después de un análisis cuidadoso decidió que en la propuesta de revisión del Capítulo de la Norma, el contenido de cemento figure como una de las especificaciones del mortero, y que por el contrario no se especifique ni dosificación en peso ni en volumen. Una u otra, la que vaya a emplearse en la obra, se calculará, antes de comenzar los trabajos en ésta, de modo experimental, realizando morteros que se ensayarán para determinar las propiedades exigidas en la especificación.

Esto, por otra parte, es lo que se viene realizando en los hormigones estructurales. La antigua exigencia de dosificación se sustituyó hace ya decenios por una especificación de resistencia y otra de contenido mínimo de cemento.

Para analizar con mayor profundidad la influencia del contenido de cemento del mortero en su resistencia a compresión a 28 días, los resultados de los Cuadros 8 y 9 se han transcrito en el Cuadro 12. En éste se pone en relación la resistencia con el contenido de cemento del mortero, en valores máximos, medio y mínimo, determinados en los tipos de cada grupo de resistencias.

CUADRO 12
Influencia del contenido de cemento

Resistencia a compresión a 28 días σ_c kp/cm ²	Rateo de los morteros en sayados %	Contenido de cemento C			Relación $\frac{\sigma_c}{C}$		
		Máximo kg/m ³	Medio kg/m ³	Mínimo kg/m ³	Máximo kp/cm ² kg/m ³	Medio kp/cm ² kg/m ³	Mínimo kp/cm ² kg/m ³
≥ 300	5	503	485	469	0,702	0,688	0,674
299 - 200	9	478	459	428	0,582	0,542	0,491
199 - 150	3	443	395	347	0,496	0,656	0,415
149 - 100	11	425	328	255	0,442	0,350	0,300
99 - 50	17	283	243	173	0,339	0,280	0,224
49 - 25	18	236	191	157	0,270	0,204	0,152
< 25	37	202	131	73	0,247	0,101	0,022

De estos resultados se deduce que la relación entre la resistencia a compresión y su contenido de cemento, no es lineal. La resistencia crece mucho más rápidamente que el contenido de cemento, es decir el cemento es poco eficaz con contenidos bajos.

No parece conveniente confeccionar morteros con un contenido de cemento inferior a 200 kg/m³, ya que la resistencia de estos morteros será en muchos casos inferior a la mínima de 2,5 MPa.

4.7. La relación agua : cemento

Los resultados de los ensayos de los morteros muestran además la conocida ley existente entre la relación agua : cemento y la resistencia a compresión. En la figura 7 se han representado los

resultados de los 36 + 29 morteros ensayados, y en ella se han marcado las rectas de separación entre los cuatro tipos M2, M5, M10 y M20, que figuran en la Propuesta.

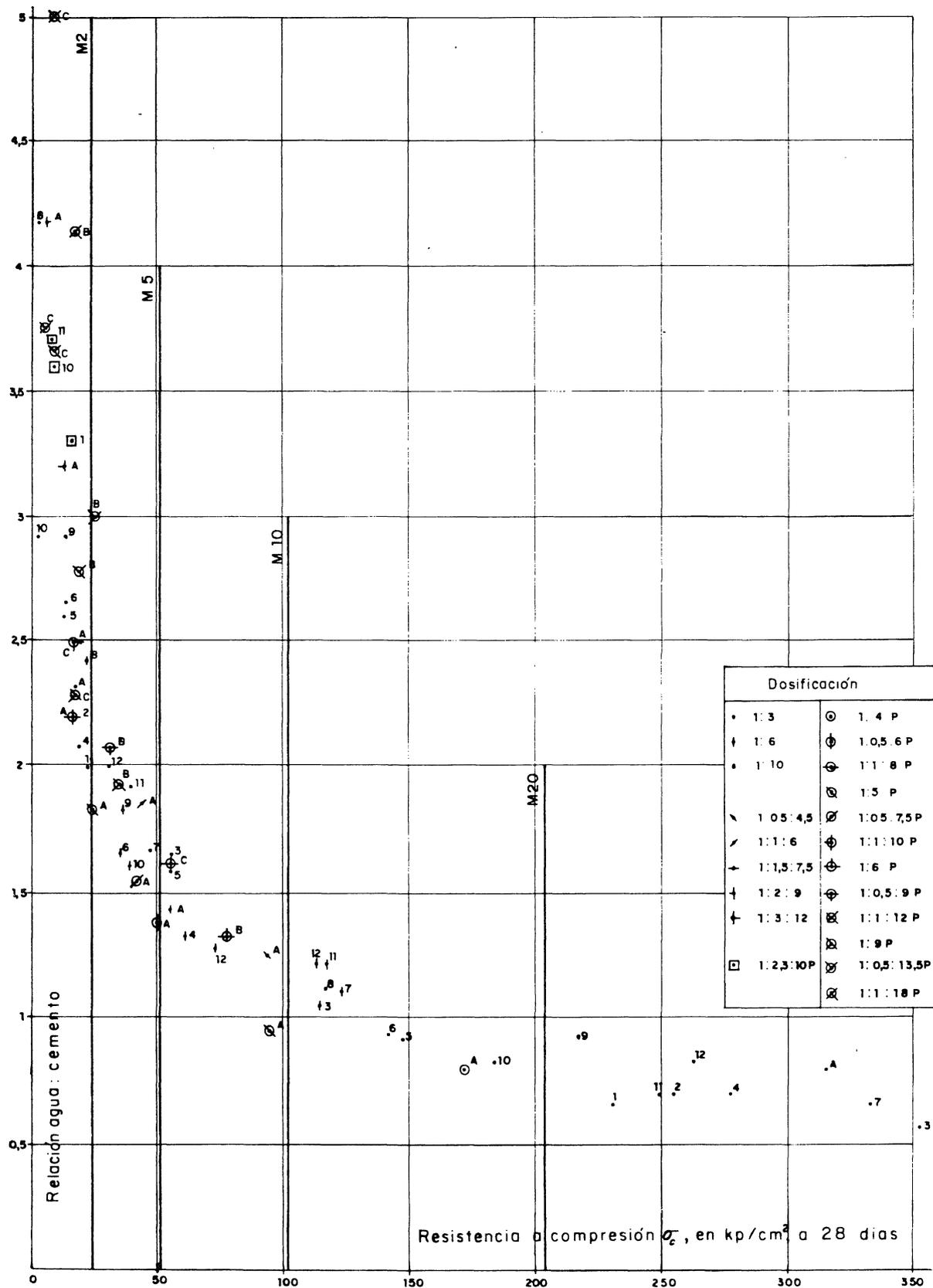


Fig. 7.—Influencia de la relación agua : cemento en la resistencia a compresión.

La relación agua : cemento de los morteros para fábricas de ladrillo es necesariamente alta para conseguir la plasticidad requerida. Depende de las características de la arena y del contenido de cemento, como puede verse en el Cuadro 13, que se deduce esquemáticamente de los resultados de los ensayos realizados, y en él se incluye una propuesta de contenido mínimo de cemento.

CUADRO 13
Relación agua : cemento según los tipos de mortero

Tipo de mortero	Rateo de los morteros ensayados.	Características de la arena	Relación agua:cemento	Contenido de cemento kg/ m ³
M20	14	Buenas	0,7 ± 0,1	400
M10	14	Deficientes Buenas	1,0 ± 0,1	400 300
M5	17	Deficientes Buenas	1,4 ± 0,2	300 250
M2	18	Deficientes Buenas	1,8 ± 0,2	250 200
$f_m < 2,5$ MPa inadecuado	37	Deficientes	> 2	200

El Grupo de Trabajo juzgó que no era necesario imponer ninguna condición a la relación agua : cemento en las especificaciones del mortero de la Propuesta de Revisión en el Capítulo 3 de la Norma, ya que van implícitas en lo que se especifica.

4.8. Resistencia a flexotracción

En el comportamiento de las fábricas de ladrillo a compresión y a cortadura, se producen tensiones de tracción, y por ello tiene influencia no solamente la resistencia a compresión del

CUADRO 14
Relación entre las resistencias a flexotracción y a compresión

Resistencia a compresión a 28 días σ_c kp/cm ²	Rateo de los morteros en sayados %	Resistencia a flexotracción σ_f , a 28 días			Relación $\sigma_f : \sigma_c$		
		Máxima kp/cm ²	Media kp/cm ²	Mínima kp/cm ²	Máxima	Media	Mínima
≥ 300	5	65	63	59	0,25	0,22	0,18
299 - 200	9	60	54	45	0,31	0,23	0,21
199 - 150	3	49	45	40	0,32	0,27	0,22
149 - 100	11	45	36	30	0,32	0,29	0,26
99 - 50	19	32	20	13	0,38	0,30	0,23
49 - 25	18	18	13	9	0,42	0,33	0,26
< 25	37	13	5	0	0,47	0,26	0

mortero, sino también su resistencia a flexotracción, que es un índice de su resistencia a tracción.

En los Cuadros 8 y 9 figuran todos los resultados de los ensayos a flexotracción realizados, y las relaciones entre la resistencia a flexotracción y a compresión en las edades de 7, 28 y 91 días. La comparación de los resultados a 28 días, por grupos de resistencia a compresión se presenta en el Cuadro 14.

El Grupo de Trabajo a la vista de estos resultados ha redactado las exigencias de resistencia a flexotracción a 28 días, para los cuatro tipos de mortero que figuran en la Tabla 3.6 de la Propuesta de Revisión del Capítulo 3 de la Norma.

CAPITULO 5. CONSIDERACIONES FINALES

5.1. Introducción

La investigación realizada en el Laboratorio de edificación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra, de acuerdo con el programa convenido con el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, sobre los morteros y sus materiales, tanto en su parte experimental, como en la valoración de los resultados de los ensayos, que ha sido el objeto de esta Memoria, no ha sido realmente exhaustiva sino concentrada en aquellas cuestiones que permitieran una propuesta para la actualización del Capítulo 3, Morteros, de la Norma MV 201-1972, Muros resistentes de fábrica de ladrillo.

La propuesta ha sido redactada, y las cuestiones más importantes que han sido objeto de modificación se indican como sigue: Materiales para la confección de morteros en 5.2, Características de los morteros en 5.3 y Condiciones sobre la ejecución en 5.4. En su descripción se hará referencia al articulado de la Propuesta.

En los morteros para fábricas hay varias cuestiones más, que han sido poco investigadas en España, y que merecerían serlo, en parte para perfeccionar la Norma, pero sobre todo para un mejor conocimiento de los morteros y su influencia en el comportamiento de las fábricas de ladrillo. Estas cuestiones se detallan en 5.5.

5.2. Los materiales

Los cementos (3.1.1), como materiales perfectamente conocidos, no han sido objeto de ensayos, salvo el PA-350 empleado en la confección de los morteros de ensayo. La propuesta amplía condiciones de suministro y almacenamiento que son importantes, y faltaban en la Norma actual.

En cales aéreas (3.1.2) han sido ensayadas siete muestras, que han inducido a una modificación de las condiciones exigibles. También se amplían las exigencias para suministro y almacenamiento.

Las cales hidráulicas (3.1.3) no se han ensayado, por no haber podido obtener muestras, ya que apenas se fabrican actualmente. La propuesta reduce por ello de tres a dos los tipos, moderniza sus condiciones, y amplía las exigencias para suministro y almacenamiento.

En arenas (3.1.4) han sido ensayadas doce muestras, que pueden considerarse como un conjunto representativo de las que en la actualidad se emplean. En algunas se han encontrado deficiencias, que perjudican de modo importante las propiedades de los morteros con ellas fabricados. Han sido estudiadas las condiciones de las arenas, modificando las de granulometría, que se juzgaron inadecuadas, y la del contenido de finos, muy importante y poco cumplida. Se han

incluido las del contenido de compuestos de azufre y reactividad potencial como los álcalis del cemento, deficiencias poco frecuentes, pero de graves consecuencias cuando existan.

Se prepararon arenas compuestas para el estudio de la influencia de varios factores en las propiedades de los morteros frescos y endurecidos.

Las aguas (3.1.5) no han sido objeto de ensayos y la Propuesta coincide con la Norma, salvo la presentación y algún detalle.

Los aditivos (3.1.6) constituyen un campo complejísimo que no forma parte del estudio. Será muy costosa cualquier investigación sobre ellos, por el enorme número de aditivos que modifican propiedades varias. La Propuesta precisa un poco más su empleo, pero sin profundizar en el tema.

5.3. Características de los morteros

Las características de los morteros han constituido la parte más importante del trabajo experimental obligando a modificaciones de entidad en la Propuesta respecto al texto de la Norma.

La especificación del mortero (3.2.1) constituye una novedad, al establecerse preceptivamente por el tipo, función de su resistencia (3.2.5); los conglomerantes y sus contenidos: los aditivos y su dosificación; y optativamente otras propiedades: plasticidad (3.2.2), hidrofilia (3.2.3), anheladidad (3.2.4), y otras. Se dan indicaciones para establecerlas en los Artículos A.1 y A.2 del Apéndice A de la Propuesta de actualización.

Se abandona por tanto como objeto de especificación la dosificación, sea en partes en peso o en partes en volumen, que pasa a constituir el conjunto inicial de operaciones de la confección de los morteros (3.3.1), y que se determinará experimentalmente basándose en el cumplimiento de la especificación.

La plasticidad (3.2.2) del mortero fresco figura como condición optativa, basada en el contenido de finos y la consistencia.

La hidrofilia (3.2.3) figura como propiedad optativa, indicando las directrices de su ensayo, que deberá ser objeto de Norma UNE, y sin fijar condiciones, ya que falta experiencia española, no habiendo parecido conveniente transcribir la de la ASTM estadounidense.

La anheladidad (3.2.4) es también una propiedad optativa de la que se dan las condiciones, pero sólo será exigible cuando en el proyecto se juzgue necesario. También convendrá se redacte una Norma UNE específica para el ensayo de heladidad de morteros.

La resistencia (3.2.5) a flexotracción, y especialmente a compresión a 28 días, han sido objeto de estudio profundo. Esta última propiedad define los cuatro tipos M20, M10, M5 y M2 de morteros que se establecen, y es la propiedad básica, relacionada con las demás del mortero endurecido: anheladidad, impermeabilidad, adherencia al ladrillo, etc.

5.4. Condiciones de ejecución

La dosificación del mortero (3.3.1), como se ha indicado en 5.3, deberá determinarse previamente a los trabajos de confección del mortero, ya que se necesita para el llenado de la amasadora. No figura entre las especificaciones y deberá ser determinada experimentalmente, realizando mezclas de prueba que se someterán a los ensayos de las propiedades especificadas. Indicaciones para ello figuran en el artículo A.3 del Apéndice A de la Propuesta de actualización.

El amasado del mortero (3.3.2), mantiene sin modificación esencial el texto de la Norma actual, pero se exige autorización del Director de Obra para el amasado a mano, que actualmente sólo debe permitirse en obras de menor importancia.

El tiempo de utilización (3.3.3) del mortero fresco se puntualiza mejor en el método de establecerlo. Se prohíbe el rebatido del mortero.

5.5. Cuestiones para investigaciones futuras

Hidrofilia de los morteros frescos para ver su influencia en la plasticidad o sea en las condiciones de su puesta en obra y en las propiedades de los morteros endurecidos y de las fábricas.

Aeroclusión de los morteros, sin y con aditivos aireantes, estudiando su influencia en propiedades varias de los morteros frescos, endurecidos, y de las fábricas.

Capilaridad de los morteros endurecidos y su influencia en las fábricas.

Adherencia entre mortero y ladrillo.

Acción de aditivos anticongelantes, retardadores de fraguado, hidrófugos, etc.

También debe mencionarse la necesidad de redacción y publicación de una serie de normas UNE, a las que se hace referencia en la Propuesta, y otras consecuencia de métodos de ensayo derivados de investigaciones futuras.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Norma MV 201-1972: Muros resistentes de fábrica de ladrillo. Decreto 1324/1972. B.O.E. 1972.05.31. Madrid.
- (2) Pliego RC-75: Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cemento. Decreto 1964/1975. B.O.E. 1975.08.28, Madrid.
- (3) Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura. Orden del Ministerio de la Vivienda de 1973.06.04, B.O.E. 1973.06.13. Madrid.
- (4) PG 3: Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes. Orden del Ministerio de Obras Públicas de 1976.02.06, B.O.E. 1976.07.07, Madrid.
- (5) PIET 70 Prescripciones: Muros de fábrica. Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento, Madrid, 1971.
- (6) Criterios para la utilización de cementos incluidos en el Pliego RC-75. Orden del Ministerio de Obras Públicas de 1977.06.13 (B.O.E. 1977.06.20).
- (7) J. CALLEJA: Código de buena práctica para la utilización de los cementos del Pliego RC-75. Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento, Madrid, 1977.
- (8) F. ARREDONDO: Dosificación de hormigones. Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento, Madrid 1965.
- (9) M. VENUAT, M. PAPADAKIS: Control y ensayo de cementos, morteros y hormigones. Urmo, Bilbao, 1966.
- (10) International recommendations for masonry structures CIB: Comisión W23, Publication 58, Paris, 1981.
- (11) ASA A 41.1: Requeriments for masonry: American Standard Association, 1953.
- (12) ASTM C 270-80a: Standard Specification for mortar for unit masonry. Annual book of ASTM standards 16. Filadelfia 1981.
- (13) CP 111-1976 Structural recommendation for load bearing walls British Standard Institution: Londres 1972.
- (14) DIN 1053 I-1974 Mauerwerk: Berechnung una Ausführung Deutsche Normenausschuss, Berlin 1974.
- (15) D.T.U. 20.11: Parois et murs en maçonnerie. Documents Techniques Unifiés, Paris, 1978.

- (16) J. LAHUERTA, L. F. RODRIGUEZ: Muros de fábrica de ladrillo. Ministerio de la Vivienda, Madrid, 1962.
- (17) J. CASSINELLO: Muros de carga de fábrica de ladrillo. Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento. Monografía 238, Madrid, 1964.
- (18) P. HALLER: Hochlausbau in Backstein. Asociación suiza de fabricantes de ladrillos, Zurich, 1959.
- (19) J. I. DAVISON: Development of ASTM Specification for mortar for unit masonry. Masonry. Past and Present. ASTM STP 588, Filadelfia, 1975.
- (20) M. VENUAT: Aditivos y tratamientos de morteros y hormigones. Editores Técnicos Asociados. Barcelona, 1972.
- (21) A. ORIVOIGOICOECHEA: El contenido de finos de las arenas para hormigones. Propuesta de nuevos límites. Hormigón y Acero 142, Madrid, 1982.
- (22) Instrucción EH-80: Proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado. Decreto 2252/1982, B.O.E. 1982.09.13, Madrid.
- (23) Instrucción EP-80: Proyecto y ejecución de las obras de hormigón pretensado. Decreto 1978/1980, B.O.E. 1980.09.08, Madrid.
- (24) J. CALLEJA: Los aditivos y su normalización. XVI Jornada Técnica Alemanas. Sindicato de Industrias Químicas, Madrid, 1970.
- (25) J. LAHUERTA: Los aditivos en la edificación. XVI Jornada Técnica Alemanas. Sindicato de Industrias Químicas, Madrid, 1970.
- (26) Recomendaciones MOP: Empleo de aditivos al hormigón. Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1968.
- (27) A. RUIZ DUERTO: El Documento de Idoneidad Técnica. Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento, Madrid, 1963.
- (28) J. LAHUERTA: Control en las obras de albañilería. Centro de Estudios de Ingeniería y Arquitectura, Bilbao 1971.
- (29) J. LAHUERTA: Control de las obras de fábrica. Marco General. Colegio Oficial de Arquitectos, Madrid, 1982.
- (30) D. D. WALKER: Accelerated curing of lime-cement mortars Masonry. Past and Present. ASTM, STP 588. Filadelfia, 1975.
- (31) A. HUIZER et al.: Field and laboratory using current and proposed porcedures for testing masonry y mortar. Masonry. Past and Present. ASTM, STP 588. Filadelfia, 1975.
- (32) H. GRANHOLM: Om vattengenomslag i murade väggar. Curmpers Fölag, Göteborg, 1958.
- (33) G.G. LITVAN: Freeze-thaw durability of porous building material. Durability of building materials. ASTM, STP 691, Filadelfia. 1980.
- (34) J. E. GILLOTT: Effect of microstructure and composition of limestone, marble, basalt and quartzite aggregate on durability. Durability of building material. ASTM, STP 691, Filadelfia, 1980.
- (35) W. F. COLE, F. D. BERESFORD: Influence of basalt taggregate on durability of building material. ASTM, STP 691. Filadelfia, 1980.

2.^a Parte: Propuesta de revisión del Capítulo 3, MORTEROS de la Norma Básica MV 201-1972

3.1. Condiciones de los materiales

Los materiales empleados en la fabricación de morteros cumplirán las condiciones que se definen a continuación: Cementos: 3.1.1. Cales aéreas: 3.1.2. Cales hidráulicas: 3.1.3. Arenas: 3.1.4. Aguas: 3.1.5. Aditivos: 3.1.6.

Además de estas condiciones se cumplirán en cada caso las que se especifiquen en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

3.1.1. Cementos

El cemento empleado en cada caso será del tipo y categoría que se especifique en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, pudiendo ser cualquiera de los que define el Pliego RC-75, Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos, a excepción del cemento aluminoso cuyo uso se prohíbe. Para la elección del tipo y categoría pueden seguirse las recomendaciones del artículo A.1 del Apéndice A.

Los cementos empleados cumplirán todas las condiciones que para su tipo y categoría se imponen en el Pliego RC-75. De cada partida que llegue a obra se tomará una muestra, en las condiciones indicadas en el epígrafe 5 del Pliego RC-75, y que se conservará en envase etiquetado como en él se indica, el tiempo que ordene el Director de Obra, con objeto de poder ser ensayada si fuese preciso.

El suministro puede efectuarse a granel, almacenándose en silos o recipientes que lo aislen de la humedad. O en sacos, que llegarán a obra con etiqueta y precinto de fábrica, y se almacenarán en sitio ventilado y defendido de la intemperie y de la humedad del suelo y de las paredes. Vendrá acompañado de documentos de origen que indiquen tipo y categoría del cemento, y garantía del fabricante. Estos documentos se archivarán por el constructor.

El control se efectuará según lo indicado en el Capítulo 7.

Si la temperatura del cemento al llegar a obra fuese superior a 70° C, se comprobará antes de emplearlo, que no tiene tendencia a experimentar falso fraguado, realizando el ensayo mediante la Norma UNE (A).

Cuando el periodo de almacenamiento de un cemento haya sido superior a 30 días, se realizará el ensayo de fraguado y el de resistencia mecánica a tres y siete días, sobre una muestra representativa del cemento, incluyendo los terrones si se hubiesen formado. Si los resultados de estos ensayos no cumplieren las condiciones del Pliego RC-75, podrán realizarse ensayos para determinar la resistencia del mortero a 28 días según el Capítulo 7, y estos resultados serán decisivos para aceptar o rechazar dicho cemento.

3.1.2. Cal aérea

La cal aérea empleada en la fabricación de morteros será cal apagada, generalmente en polvo, a veces en pasta. Amasada con agua endurece por carbonatación, al combinarse el hidróxido cálcico con el anhídrido carbónico del aire, y no endurece bajo el agua. Puede emplearse cal viva, en terrón o en polvo, convirtiéndola previamente en cal apagada en pasta.

La cal aérea puede ser de los tipos CA.1 y CA.2, definidos por las condiciones que se especifican en la Tabla 3.1.

El suministro de la cal aérea puede efectuarse a granel, almacenándose en silos o recipientes que la aislen de la humedad y de las corrientes de aire. O en sacos, que se almacenarán en sitio seco y resguardado de las corrientes de aire. Vendrá acompañado de documentos de origen, que indiquen tipo, y garantía del fabricante. Estos documentos se archivarán por el constructor.

El control se efectuará según lo indicado en el Capítulo 7.

3.1.3. Cal hidráulica

La cal hidráulica, que amasada con agua endurece bajo el agua, puede ser de los tipos CH-2 y CH-5, definidos por las condiciones que se exigen en la Tabla 3.2.

El suministro puede efectuarse a granel, almacenándose en silos o recipientes que la aislen de la humedad y de las corrientes de aire. O en sacos, que llegarán a obra con etiqueta y precinto de fábrica, y que se almacenarán en sitio seco y resguardado de corrientes de aire. Vendrá acompañado de los documentos de origen que indiquen tipo y garantía del fabricante. Estos documentos se archivarán por el constructor.

El control se efectuará según lo indicado en el Capítulo 7.

TABLA 3.1
Condiciones de las cales aéreas para morteros

Normas de ensayo	Características	Condición exigible en el tipo:	
		CA.1	CA.2
UNE 7095	Oxido cálcico y magnésico (1)	≥ 90 %	≥ 60 %
UNE 7099	Anhídrido carbónico (1)	≤ 5 %	≤ 10 %
UNE 7187(2)	Finura:		
UNE 7190(3)	Residuo en el tamiz 0,2	≤ 5 %	≤ 15 %
	Residuo en el tamiz 0,08(4)	≤ 15 %	≤ 50 %
(1) Contenido referido al peso total menos el peso del agua contenida, determinada según 7099. (2) Tamizado en húmedo para cal apagada en pasta. (3) Tamizado en seco para cal apagada en polvo. (4) Corresponde al valor acumulado con el del tamiz 0,2			

TABLA 3.2
Condiciones de las cales hidráulicas

Normas de ensayo	Características	Condiciones exigibles al tipo			
		CH-2		CH-5	
UNE 7095	Sílice soluble + óxido férrico + óxido aluminico	≥ 10 %		≥ 20 %	
UNE 7099	Anhídrido carbónico	≤ 5 %		≤ 5 %	
UNE 7190	Finura:				
	Residuo en tamiz 0,2	≤ 10 %		≤ 5 %	
	Residuo en tamiz 0,08 (1)	≤ 30 %		≤ 20 %	
UNE 7203	Fraguado:				
	Comienzo	≥ 2 h		≥ 2 h	
	Terminación	≤ 48 h		≤ 48 h	
UNE (B)	Expansión por agujas	≤ 10 mm		≤ 10 mm	
UNE (C)	Resistencia a 28 días	MPa	kp/cm ²	MPa	kp/cm ²
	A flexotracción	0,5	5	1,5	15
	A compresión	2	20	5	51
(1) Corresponde al valor acumulado con el del tamiz 0,2					

3.1.4. Arenas

Pueden emplearse arenas naturales procedentes de río, mina o playa, sometidas a lavado y, o, cribado cuando sea necesario; arenas de machaqueo de rocas sanas; o mezcla de ambas, en proporción definida.

Las arenas tendrán granos de forma poliédrica o redondeada, siendo rechazables las que los tengan predominantemente de forma de laja o acícula.

La arena empleada, o en su caso la mezcla de arenas en la proporción establecida, cumplirá las condiciones de la Tabla 3.3.

Las arenas se almacenarán en áreas, de modo que queden protegidas de contaminaciones por el ambiente y por el terreno. Cuando sea preciso se cubrirán las áreas, para evitar exceso de temperatura o de humedad.

TABLA 3.3
Condiciones de las arenas

Norma de ensayo	Características	Condiciones exigibles
UNE 7139	Tamaño de los granos: Retención en el tamiz 2,5 UNE 7050 El resto de condiciones se refiere a la fracción de arena que pasa por este tamiz.	$\leq 10 \%$
UNE 7135	Finos, determinados por levigación: F	$F \leq 10 \%$
UNE 7324	Equivalente de arena: E	$\phi F+E \geq 70$
UNE 7139	Granulometría, sobre la muestra levigada: Paso en % en peso, por tamiz UNE 7050: 2,5	100
	1,25	$\leq 100 \quad \geq 60$
	0,63	$\leq 100 \quad \geq 30$
	0,32	$\leq 60 \quad \geq 10$
	0,16	$\leq 30 \quad \geq 0$
UNE 7082	Materia orgánica	Color no más oscuro que la solución tipo
UNE 7245	Compuestos de azufre, expresados en $SO_4^{=}$	$\leq 1,2 \%$
UNE 7137	Reactividad potencial con álcalis del cemento: Concentración de SiO_2 : S Reducción de alcalinidad: R	$S \leq 35 + 0,5R \quad R$

3.1.5. Aguas

Para el amasado del mortero, y el humedecimiento de los ladrillos, se admiten todas las aguas potables, y las sancionadas como aceptables por la práctica.

Cuando no se posea antecedentes de su utilización, o en el caso de duda, el agua cumplirá las condiciones de la Tabla 3.4.

TABLA 3.4
Condiciones del agua

Norma de ensayo	Características	Condición exigible
UNE 7236	Toma de muestras	
UNE 7234	Exponente de hidrógeno pH	≥ 5 g/l
UNE 7130	Sustancias disueltas	≤ 15 g/l
UNE 7131	Compuestos de azufre, expresados en $\text{SO}_4^{=}$	≤ 1 g/l
UNE 7178	Cloruros, expresados en Cl^-	≤ 6 g/l
UNE 7235	Sustancias orgánicas solubles en éter	≤ 15 g/l
UNE 7132	Hidratos de carbono	0

Si no cumplierse alguna condición, como en el caso de aguas de mar o salinas, el Director de Obra puede autorizar su empleo si se justifica experimentalmente que no se alteran las propiedades exigidas al mortero.

3.1.6. Aditivos

Para mejorar la plasticidad del mortero fresco pueden emplearse aditivos plastificantes que posean el correspondiente Documento de Idoneidad Técnica, o sobre los que se tenga experiencia suficiente. Para modificar otras propiedades del mortero fresco o endurecido: plazos de fraguado, impermeabilidad, color, etc., pueden emplearse aditivos apropiados con las condiciones anteriores.

Se utilizarán los aditivos especificados en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, con la dosificación y condiciones de empleo que en él figuren.

El Constructor puede proponer el empleo de aditivos no especificados en dichas Prescripciones, justificando la dosificación y condiciones de empleo mediante Documento de Idoneidad Técnica o datos experimentales fehacientes. Para su empleo se requiere autorización expresa del Director de Obra.

3.2. Características de los morteros

En el proyecto de un edificio se especificarán las características exigibles a cada mortero según 3.2.1. En el mortero fresco se definirá la plasticidad según 3.2.2, y la hidrofilia según 3.2.3. En el mortero fraguado se define la resistencia según 3.2.4, y la anheladicidad según 3.2.5.

3.2.1. Especificación del mortero

En las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto para cada mortero empleado, se especificará:

El tipo: M20, M10, M5 ó M2, función de su resistencia (3.2.4).

El conglomerante o conglomerantes empleados, y sus contenidos mínimos, en kg por metro cúbico de mortero fresco.

Eventualmente además el aditivo o aditivos prescritos, y su dosificación en % del peso total de los conglomerantes.

Pueden especificarse además otras condiciones: plasticidad (3.2.2), hidrofilia (3.2.3), anhelandidad (3.2.5), adherencia al ladrillo, color, etc.

En el artículo A.2 del Apéndice A figuran recomendaciones para fijar la especificación de los morteros.

3.2.2. Plasticidad

Propiedad del mortero fresco, de la que depende su aptitud para poder extender la tortada, restregar el ladrillo y rellenar completamente las juntas: tendeles y llagas. La plasticidad depende del contenido de finos de la mezcla seca, y de la consistencia del mortero.

Contenido de finos de la mezcla seca es la suma de los pesos de las fracciones de los conglomerantes y de la arena que pasan por el tamiz 0,08 UNE 7050, dividida por el peso total de aquellos. Según la plasticidad especificada se cumplirán las condiciones de la Tabla 3.5.

La plasticidad magra es en general inadecuada.

TABLA 3.5
Contenido de finos de la mezcla seca

Plasticidad	Porcentaje mínimo de finos de la mezcla seca de un mortero.	
	Sin aditivo plastificante	Con aditivo plastificante
Grasa	> 25	> 20
Sograsa	25 a 15	20 a 10
Magra	< 15	< 10

Consistencia del mortero fresco es el escurrimiento en %, medido en el ensayo con mesa de sacudidas, según la Norma UNE (D).

3.2.3. Hidrofilia

Propiedad del mortero fresco, opuesta a la perjudicial segregabilidad de sus componentes, que se mide por la relación entre las consistencias después y antes del ensayo de succión, según la Norma UNE (E), que se realiza sobre una muestra de mortero fresco colocada en un molde cilíndrico de 20 mm de altura, con fondo perforado de 170 mm de diámetro, sometida a una succión por vacío de 0,07 kp/cm² durante 60 segundos.

3.2.4. Resistencia

Los morteros para fábricas de ladrillo pueden ser de los cuatro tipos definidos en la Tabla 3.6, según su resistencia a flexotracción y a compresión a edad de 28 días, medida sobre probetas de 4 × 4 × 16 cm³, conservadas en aire con más de 90 % de humedad relativa, a 21 ± 2° C, según la Norma UNE (F), ensayadas según la Norma UNE (G).

TABLA 3.6
Tipos de mortero

Tipo	Resistencia a 28 días a				Nivel de control exigido
	Flexotracción		Compresión		
	MPa	kp/cm ²	MPa	kp/cm ²	
M20	4,5	46	20	204	Normal
M10	3,0	31	10	102	Normal
M5	1,5	15	5	51	Según P.T.P.
M2	0,8	8	2,5	26	Reducido

En la Tabla 3.6 se indica además el nivel de control que, según el Capítulo 7, se exige para cada tipo. En el tipo M5, si las Prescripciones Técnicas Particulares de Proyecto no exigen control a nivel normal, se entiende que es a nivel reducido.

3.2.5. Anheladidad

Cuando se especifique que un mortero sea anheladizo, la comprobación se efectuará según la Norma UNE (H). Después de 20 ciclos de congelado y deshielo las probetas de mortero no tendrán grietas ni desconchados, y la pérdida de peso no será superior al 3 %.

3.3. Confección de los morteros

La dosificación de cada mortero se determinará según 3.3.1. El amasado se ejecutará según 3.3.2, y el tiempo de utilización del mortero amasado se limitará según 3.3.3.

3.3.1. Dosificación del mortero

En cada obra, antes de comenzar la ejecución de las fábricas, se determinará experimentalmente la dosificación de la mezcla, de modo que el mortero fresco, y el endurecido, cumplan todas las condiciones de la especificación.

Según el sistema de medición de que se disponga para la amasadora de mortero en la obra, la dosificación de los componentes en la mezcla se establecerá en partes en peso o en partes en volumen. En el Artículo 1.3, Apéndice A, se dan indicaciones para determinar la dosificación.

3.3.2. Amasado del mortero

El amasado del mortero se realizará según lo establecido en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto. En la amasadora u hormigonera se batirán todos los componentes del mortero el tiempo necesario para conseguir la uniformidad de la mezcla, como mínimo 1 minuto. Si se autorizase el amasado a mano, se hará sobre una plataforma impermeable y limpia, efectuándose como mínimo tres batidos.

Cuando se emplee amasadora u hormigonera, con ésta en marcha, el orden de vertido será: parte

del agua de amasado, en su caso con el aditivo incorporado, la arena, el cemento, en su caso la cal apagada en polvo o pasta, y finalmente el resto del agua de amasado.

Cuando se efectúe a mano el conglomerante o conglomerantes en polvo se mezclarán en seco con la arena, y después se añadirá el agua, en su caso con el aditivo incorporado. Si se emplea cal apagada en pasta, ésta se verterá sobre la mezcla en seco, y se añadirá después el agua.

3.3.3. Tiempo de utilización

El plazo de utilización del mortero fresco, medido desde el comienzo del amasado, será el que se especifique en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, que en general no será superior a dos horas.

Cuando en la fabricación del mortero se emplee un aditivo retardador del fraguado, el plazo de utilización podrá ser mayor de dos horas. Este plazo determinará mediante resultados experimentales, que justifiquen que el mortero mantiene las propiedades especificadas a pesar de haberse ampliado el plazo.

Durante el plazo de utilización se prohíbe agregar agua de mortero mediante rebatido. Transcurrido el plazo de utilización, el mortero sobrante se desechará sin intentar volver a hacerlo utilizable.

APENDICE A. RECOMENDACIONES PARA LOS MORTEROS

A.1. Elección del cemento

En las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto debe figurar el tipo y categoría del cemento que se empleará en la confección de los morteros, haciéndose la elección por razones económicas y funcionales, pudiendo servir de orientación las recomendaciones de la Tabla A.1.

A.2. Especificación del mortero

En las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, para cada uno de los morteros que se emplearán en la ejecución de las fábricas de ladrillo de la obra, se especificará el tipo: M20, M10, M5 ó M2 utilizable. Este se define por su resistencia a compresión a 28 días (3.2.4), que debe ser proporcionada a la resistencia a compresión del ladrillo empleado con dicho mortero en la ejecución de la fábrica. La resistencia del mortero en general es suficiente que sea igual a la mitad de la resistencia a compresión del ladrillo y, salvo excepciones, no debe ser superior a ésta, dándose indicaciones en la Tabla A.2.

Influyen también decisivamente las condiciones de la fábrica: clase de ladrillo, terminación de los paramentos, misión estructural y situación, dándose indicaciones en la Tabla A.3.

Se especificará también el contenido mínimo del conglomerante o conglomerantes que deban emplearse. Se dan indicaciones para ello en la Tabla A.4.

Las especificaciones de la dosificación de aditivos, cuando se establezca su empleo, se redactarán siguiendo los correspondientes Documentos de Idoneidad Técnica, o la experiencia adquirida sobre su empleo.

La especificación de la anheladicidad es importante en morteros para fábricas vistas que vayan en contacto con el terreno, o el agua, o a la intemperie en zonas de clima frío.

TABLA A.1
Recomendaciones para uso de cementos en morteros para fábricas de ladrillo

Cementos		Recomendaciones de uso
Tipo	Categoría	
Portland	P-350	Uso aconsejable, cuando sea viable
	P-450 P-550	Uso no aconsejable, pero posible
Portland con adiciones activas	PA-350	Uso aconsejable, actualmente el más generalizado
	PA-450 PA-550	Uso no aconsejable, pero posible
Siderúrgico	S-I-350 S-II-350 S-III-250 S-III-350	Uso posible. Aconsejable en ambientes marítimos. Existe peligro de desigualdades de coloración en los morteros.
	S-I-450	Uso no aconsejable, pero posible
Puzolánico	PUZ-I-250 PUZ-I-350	Uso aconsejable, cuando sea viable. Los morteros presentan mejor comportamiento a las aguas carbónicas.
	PUZ-I-450	Uso no aconsejable pero posible
	PUZ-II-250 PUZ-II-350 PUZ-II-450	Uso no aconsejable, pero posible. Existe peligro de manchas en las fábricas.
Compuesto	C-200	Podría usarse si se fabricase
Aluminoso	A-550	Uso prohibido
Natural	NL-30 NL-80	Uso posible. Se obtiene baja resistencia. No se mezclará con otros cementos, salvo experimentación
	NR-20	Uso sólo en casos especiales, por la rapidez de su fraguado
Portland de alta resistencia inicial	P-350-ARI P-450-ARI P-550-ARI	Uso no aconsejable
Portland resistente al yeso	P-350-Y	Uso aconsejable en fábricas en contacto con terrenos yesíferos o aguas selenitosas, o en ambientes agresivos por compuestos de azufre
	P-450-Y P-550-Y	Uso no aconsejable, pero posible
Portland de bajo calor de hidratación	P-350-BC	Uso no aconsejable, por razón de coste
Portland blanco	P-350-B	Uso aconsejable para coloraciones claras de los morteros, sólo o mezclado con P-350 ó PA-350
	P-450-B P-550-B	Uso no aconsejable, pero posible
Compuesto blanco	C-200-B	Podría usarse si se fabricase

A.3. Dosificación de los morteros

Bajo la supervisión de la Dirección de Obra, y antes de comenzar la ejecución de las fábricas, el

constructor establecerá la dosificación de la mezcla para conseguir un mortero que cumpla con las condiciones exigidas en esta Norma y en las Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto. Esto se efectuará en la obra, o se encargará a un Laboratorio Oficial u homologado.

Se empleará para la mezcla cemento, y en su caso cal, de los tipos y categorías especificados, y arena cuyas características sean conocidas mediante ensayos realizados por el suministrador, o, en su defecto, encargados para la obra, y que cumplan lo exigido en 3.1.5.

TABLA A.2
Tipo de mortero según el tipo de ladrillo

Ladrillo		Tipo de mortero			
Clase	Resistencia Mpa	M2	M5	M10	M20
Hueco	3	R	—	—	—
	5	R	P	—	—
	7	R	P	—	—
Macizo	10	P	R	P	—
	15	P	R	P	—
	20	—	P	R	P
	30	—	—	P	R

R: Recomendado. P: Posible. —: No conviene especificarlo

TABLA A.3
Tipo de mortero según las características de la fábrica

Características de la fábrica				Tipo de mortero
Clase de ladrillo	Paramentos	Estructural	Situación	
Hueco	Revestidos (1)	No ó Si	Interior o exterior	M2
Macizo	Revestidos (1)	No	Interior o exterior	M2
		Si	Interior o exterior	M5
	Vistos	No	Interior	M2
			Exterior	M10
		Si	Interior	M5
Exterior	M10			
Contacta terreno o agua	M20			

(1) Efectivamente revestidos, con enfoscado o revoco impermeable, chapado de piedra, prefabricados de hormigón, plaquetas, etc.

TABLA A.4
Contenidos mínimos de conglomerantes

Tipo de mortero	Contenidos mínimos de conglomerante, en kg/m ³		
	Cemento PA 350	Cal aérea apagada en polvo (1)	Cal Hidráulica CH-2 (2)
M20	400	—	
M10	300	60	
M5	250	100	
M2	200	150	300
(1) Contenido mínimo que conviene exigir además del del cemento PA 350 cuando el contenido de finos de la arena es bajo.			
(2) En mortero cuyo conglomerante único sea cal hidráulica.			

TABLA A.5
Orientaciones para la dosificación de las mezclas de prueba con cemento PA-350

Tipo de mortero	Dosificación, partes en peso			Dosificación, partes en volumen		
	Cemento PA-350	Cal aérea apagada en polvo	Arena	Cemento PA-350	Cal aérea apagada en polvo	Arena
M20	1	—	3-3,5	1	—	2,25-3
M10	1	—	4-5	1	—	3-4
	1	0,2	4,5-5,5	1	0,4-0,6	3,5-4,5
M5	1	—	5,5-6,5	1	—	4-5
	1	0,4	6-7	1	0,8-1,2	4,5-5,5
M2	1	—	7-8	1	—	5,5-6,5
	1	1	8-9	1	2,3	6-7

Es usual la práctica de establecer la dosificación en volumen, midiendo los componentes en recipientes adecuados. Puede disponerse de una instalación que mida los componentes en peso. La dosificación se establecerá en volumen o en peso según el sistema de medición de que se disponga.

Se realizarán mezclas de prueba con diferentes dosificaciones, agregando el agua necesaria para obtener la plasticidad deseada. Mediante un recipiente de volumen conocido y una báscula, se determinará el contenido de cemento, y en su caso el de cal, por metro cúbico.

Si la especificación exige resistencias, lo que es preceptivo siempre en los morteros M20 y M10, y a veces en el mortero M5, con cada mezcla de prueba se llenará un molde de tres probetas de 4 × 4 × 16 cm³, que se ensayarán a flexotracción y compresión, a 28 días, en obra o enviándolas al Laboratorio.

Si el Pliego de Prescripciones Particulares del Proyecto exigiese otras propiedades se hará su determinación en Laboratorio con cada mezcla de prueba.

Realizados los ensayos, el constructor elegirá como dosificación la de una mezcla cuyos resultados cumplan todas las especificaciones.

Cuando se emplee cemento PA-350, pueden servir de orientación para establecer las dosificaciones de las mezclas de prueba los datos de la Tabla A.5.

Los valores de la Tabla A.5 son indicativos de la resistencia del mortero con arenas de buena calidad. Debe tenerse en cuenta que la clase de la arena puede influir mucho en la resistencia.

También debe señalarse que los morteros de tipo M5 y M2, salvo excepciones, son heladizos y que por consiguiente, si se requiere que el mortero sea anheladizo, debe especificarse un tipo de resistencia mayor.

Si se emplea cal hidráulica debe seguirse la experiencia local para establecer la dosificación de las mezclas.

Relación de Normas UNE que deben prepararse para el Capítulo 3. Morteros, de la nueva adición de la Norma MV 201.

- UNE (A) Método de ensayo para determinar el falso fraguado del cemento (→ 3.1.1) (Puede adaptarse ASTM C451-75).
- UNE (B) Determinación de expansividad de un conglomerante por el método de las agujas (→ 3.1.3) (Según RC-75.7.5).
- UNE (C) Determinación de la resistencia a flexotracción y compresión de las cales hidráulicas (→ 3.1.3) (Adaptar UNE 7205).
- UNE (D) Determinación de una resistencia de morteros mediante la mesa de sacudidas (→ 3.2.2) (Separarla de la Norma UNE 7205).
- UNE (E) Método de ensayo para determinar la hidrofilia de un mortero (→ 3.2.3) (Puede adaptarse ASTM C91-78.23 y ASTM C270 - 80a.11.1).
- UNE (F) Fabricación y conservación de las probetas de mortero de albañilería (→ 3.2.4) (Con criterios análogos a los empleados en obra).
- UNE (G) Determinación de la resistencia a flexotracción y compresión de los morteros de albañilería (→ 3.2.5) (Adaptar UNE 7205).
- UNE (H) Ensayo de heladicidad para morteros de albañilería (Adaptar UNE 7062 y UNE 7070).