

Construir en ladrillo dentro de una norma válida (II)

Los materiales

FRANCISCO ORTEGA ANDRADE, DR. ARQUITECTO

RESUMEN. *En la primera parte del presente trabajo estudiamos el Capítulo V de la FL-90 dedicado al Cálculo de Muros. En esta segunda parte no ocuparemos de los materiales; por ello, dedicaremos nuestra atención en los capítulos I, II, III de dicha Norma y a los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de los Ladrillos y de los Cementos, RL-88 y RC-88 respectivamente. En la tercera, y última, parte nos ocuparemos del Proyecto y de la Ejecución de Obra.*

SUMMARY. *In the first part of the article we study the chapter 5 of the FL-90 about wall calculus. In this second part we will talk about materials; that's why we'll pay attention to the chapters 1, 2, 3 of that norm and to the Section of the Technical General Prescriptions for the Reception of bricks and cements RL-88 and RC-88, respectively. In the next, third and last part we will try about the Project and the Execution of the work.*

INDICE GENERAL

1. El cálculo de la fábrica de ladrillo
2. El método de cálculo de la NBE-FL 90
3. El método y su aplicación práctica
4. Tablas de la FL-90 (RE 16)
5. FL-90. Anejo 1
6. Control en la recepción de los ladrillos en obra
7. Capítulo III de la FL-90 y RC-88 (RE 17)

En la primera parte del presente trabajo estudiamos el Capítulo V de la FL-90 dedicado al Cálculo de Muros. En esta segunda parte no ocuparemos de los materiales; por ello, dedicaremos nuestra atención a los capítulos I, II, III de dicha Norma y a los Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de los Ladrillos y de los Cementos, RL-88 y RC-88 respectivamente. En la próxima, tercera y última parte no ocuparemos del Proyecto y de la Ejecución de Obra.

Los redactores de la FL-90 han entendido que el capítulo II, se ha quedado sin contenido, pues todo cuanto comprendía el mismo capítulo en la vieja MV-201 ha quedado incluido en el RL-88 Pliego General de condiciones para la recep-

ción de ladrillos cerámicos, y así, al llegar al citado capítulo nos encontramos una página en blanco, que no tiene más intención que la de mantener el orden del articulado que mantenía la antigua norma por los sucesivos capítulos. No obstante y sin querer rizar el rizo por la crítica, ya que nuestra intención es animar a que esta Norma sea usada realmente, hay puntos que, como el dedicado a terminología, definición y designación de los ladrillos y deberían permanecer en este capítulo de la FL-90, fundamentalmente porque en próximas ediciones es posible que la FL-90 y el RL-88 aparezcan como publicaciones independientes. Por dicha razón nosotros lo introduciremos aquí.

Tradicionalmente se ha definido al ladrillo como la pieza prismática fabricada con arcilla o tierras arcillosas cocidas en horno o secado al sol¹, que pueden tomarse y colocarse con una sola mano. También, para aquellas que eran cocidas, se decía que debían tener sonido campanil², para garantizar un grado de cochura adecuado.

5. FL-90. ANEJO 1. PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES PARA LA RECEPCION DE LOS LADRILLOS CERAMICOS EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION (RL-88)

Objeto: establecer las condiciones particulares que han de cumplir los ladrillos, los métodos y tipos de ensayos que han de seguirse en la recepción de los mismos.

A los efectos de la norma (Anejo 1; RL-88), el **ladrillo queda definido como la pieza cerámica, empleada en albañilería, generalmente de forma ortoédrica, fabricada por moldeo, secado y cocción de una pasta arcillosa.** Se dice, en la norma, que no se consideran a dichos efectos, las piezas cerámicas cuya dimensión mayor sea superior a 30 centímetros. No obstante y estos son fallos que merman la validez de cualquier norma, nos encontramos más tarde que en las tablas relativas a tolerancias y características se incluyen las condiciones para las aristas mayores a 30 centímetros.

En la antigua MV-201 las clases de ladrillos venían definidas por el tipo, la calidad, el formato y la resistencia. En la nueva FL-90 la **clase** viene a ser un parámetro no de variable dependiente sino un factor independiente que, en función del uso o tipo de fábrica a que se destine, se convierte, equivocadamente, como argumentaremos más tarde, en el objeto principal de exigencia del control y calidad. Las clases son dos, el ladrillo destinado a la obra de fábrica vista **V** y el que se vaya emplear en la elaboración de la fábrica para revestir **NV3**.

Igualmente, en la antigua MV-201 se establecieron tres grados para la **calidad de los ladrillos:** 1ª, 2ª y 3ª que venían definida por las tolerancias dimensionales y de flechas o alabeos y por la ausencia o presencia de grietas, manchas y desconchados. En la FL-90 ha desaparecido esta definición de la calidad y algunos de los parámetros señalados son objeto de los ensayos de recepción de los ladrillos que se especifican en la RL-88, los cuales han hecho que **las categorías** o la diferencia entre ellas se reduzca a **las clases (V y NV)**. Es decir, viene a proponer que se sea exigente con los ladrillos para las fábricas vistas y nada reivindicativo con los ladrillos que han de revestirse. Esto, no es nada aceptable pues la bondad de una fábrica no radica solamente en la estética que deba pedírsele a la fábrica vista. Un problema de eflorescencia

en los ladrillos perjudica más a una fábrica revestida que a una vista y el alabeo o la fisuración de unos ladrillos imponen una ejecución descuidada, cargada de excesivo mortero y de baja calidad y durabilidad.

5.1 Los tipos de ladrillo

Se definen los tipos de ladrillos en función de sus huecos, de la forma y disposición de los mismos en **Macizos** que serán designados por la letra **M**, **Perforados** que serán designados por la letra **P**, y **Huecos** que serán designados por la letra **H** (figura 1).

5.1.1 Ladrillo macizo

Son todas aquellas piezas ortoédricas que no presentan taladros ni rebajos o que presentándolos, dejan completo un canto y dos testas. En el caso de presentar taladros o rebajos, este rebajado de algunas de las tablas no es superior a 5 mm las perforaciones que han de ser perpendicular a su tabla, cumplirán que el área de ninguno de los ta-

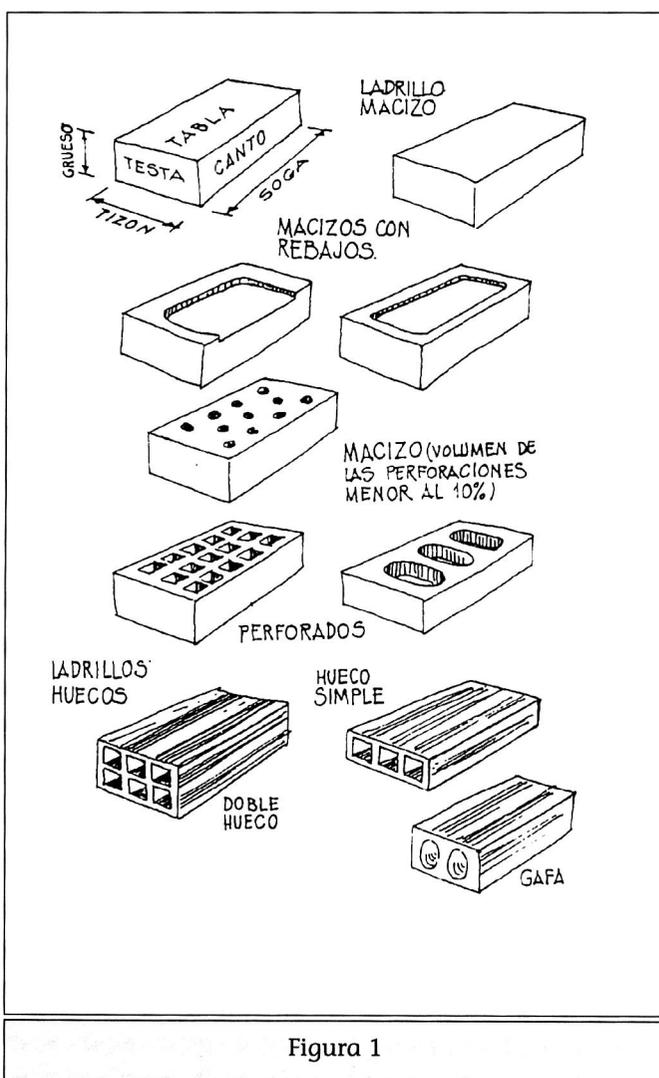


Figura 1

ladros es superior a 2,5 cm², ni la suma del volumen de todos ellos no supera al 10% del volumen del ladrillo. Como ya se ha dicho, todos estos ladrillos se designarán, a los efectos de la norma, por la letra M.

5.1.2 Ladrillo perforado

Son todos aquellos que presentando al menos tres taladros perpendiculares a su tabla no cumplen con las exigencias especificadas en el punto anterior. Estos, se designarán a los efectos de la norma, por la letra P.

5.1.3 Ladrillo hueco

Son todos aquellos cuyos taladros son paralelos a su soga o a su tizón. Ninguno de estos huecos ocupara una superficie mayor a 16 cm². Se designarán a los efectos de la norma, por la letra H.

5.2 Dimensiones o formato de los ladrillos

Este es el apartado más conflictivo que introduce el nuevo pliego RL-88, pues en primer lugar desaparece la serie tipificada que figuraba en la antigua MV-201, y que si era difícil hacer que los ladrilleros la siguieran, estando bien claro la obligación de ajustarse a la Norma, más difícil será de exigir ahora que se da la libertad al fabricante de establecer sus dimensiones e indicarla en el contenedor del producto. Por tanto, en mayor indefensión se encontrará el técnico, pues sólo, en el comentario al apartado 4.1.1 de RL-88, se **recomienda** que las dimensiones pertenezcan a los temáticos o normalizados en la UNE 67019-86/2R. Con todo y admitiendo, por su evidencia, el error de transcripción de la dimensión de la soga correspondiente al tizón de 11,5 cm. que figura en la segunda fila del citado apartado para los ladrillos perforados, todas estas dimensiones estaban bastante mejor expuestas en la MV-201.

Tabla RL-88.1 Dimensiones de los ladrillos		
Dimensiones de los gruesos de los ladril.	Dimensión de la tabla del ladril. cm ²	
	29 x 14	24 x 11,5
Macizos y perforados	5,2 - 6 - 7,5	3,5 - 5,2 - 7
Hueco doble	9	8 - 9 - 10
Hueco sencillo	4 - 5	4 - 5 - 6
Rasilla	3	2,5

Observando la tabla RL-88.2 es fácil comprender que tanto en la elaboración de muros de carga o de cerramiento que sean levantados con ladrillos **hueco doble o gafa**, no se ha tenido presente la coordinación de los cantos de estos con los de los macizos o perforados, lo cual es fundamental en relación con las mochetas, doblados y llaves cerámicas, pues en estas vueltas de los ladrillos que presentan sus testas al paramento interior no deben presentar huecos al mismo (figura 2). Una vez más el propio mercado es más sensible a la demanda que el técnico experto de la revisión de la Norma.

5.3 Resistencia mínima a la compresión de los ladrillos

La serie tipificada de la MV-201 desaparece dejando libertad al fabricante para producir cualquier resistencia, siempre que esta no sea inferior a 100 Kp/cm² para los ladrillos perforados (aparte.4.2; RL-88), ni menor que 50 Kp/cm² para los ladrillos huecos (aparte.2.2 FL-90). No obstante, tanto los proyectistas al especificar sus resistencias en proyectos como los fabricantes al exponerla en sus ofertas y designación de remesas, quedan sujetos a la serie: 100, 125, 150, 175, 200, 225 (apart. 4.2 RL-88)

6. CONTROL EN LA RECEPCION DE LOS LADRILLOS EN OBRA

Muchos son los ensayos que pueden hacerse sobre los ladrillos. Los que señala la FL-90 a través de su RL-88 son los que se incluyen en la tabla de la figura 3.

En la primera etapa se comprobará que los ladrillos llega empaquetados, sin que su material envolvente sea totalmente hermético) tico, y que tanto en él como en el albarán, figuran los datos del fabricante, el tipo y clase de ladrillo, la resistencia a la compresión, las dimensiones nominales, y el sello INCE si el fabricante dispusiera del mismo.

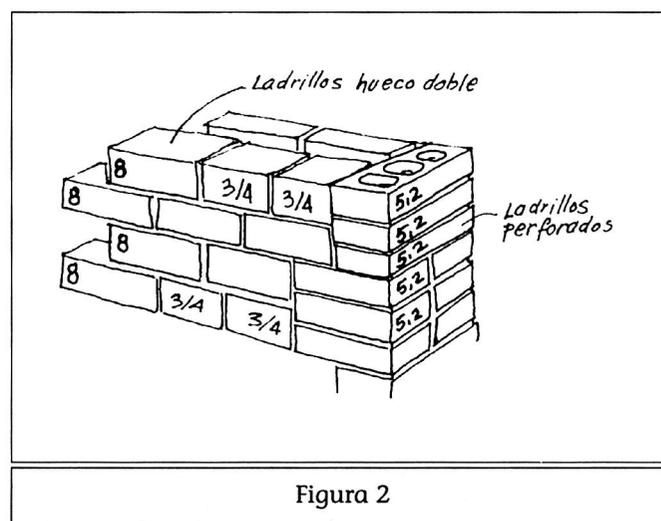


Figura 2

También en esta etapa, y mientras se toman al azar las piezas que han de componer las muestras que representen al lote o partida, se observarán si los defectos, grietas, exfoliaciones y presencia superficial de nódulos de cal, hacen aceptable o rechazable la partida.

6.1 Partida

Conjunto de ladrillos de igual designación y procedencia, recibidos en obra en una misma unidad de transporte o en un número de unidades de transporte que sean recibidas en obra el mismo día. Recomendamos, en contra de lo que especifica el RL-88, que a menos que la unidad de transporte sea excesivamente pequeña, cada unidad de transporte constituya una única partida, aunque se reciban en obra el mismo día.

6.2 Muestra

Conjunto de ladrillos, extraídos al azar, de una partida para realizar sobre ella los correspondientes ensayos de control de la recepción. De cada partida se tomarán 24 unidades para componer dos muestras de seis unidades y una de doce. La partida será entendida como el lote y las muestras como sus unidades representativas. Estas muestras elegidas por el Director de la obra o persona en quien delegue y en presencia del fabricante o representante de él, quedarán guardadas y etiquetadas con los datos del fabricante, características y designación

del ladrillo, nombre de la obra, número de la partida a la cual representa y fecha en la que fue tomada la muestra. Las muestras se conservarán en local cerrado y garantizarán su inalterabilidad hasta el momento en que se realicen los ensayos precisos.

COMENTARIOS AL CONCEPTO DE DEFECTOS EN RL-88

Se entienden como tales al conjunto de Fisuras, exfoliaciones, o descomposición hojosa, desconchado por caliches del cual se substraen los desportillados por golpe, y coloración no uniforme por amasado o cochura desigual. Dentro de las manchas, hemos de hacer constar que las producidas por la efloricidad o presencia de sales recristalizadas en la superficie de los ladrillos, no sólo afectan a la estética de las fábricas vistas, sino que en las revestidas producen grandes deterioros en los enfoscados y pinturas, donde terminan aflorando; y que en todos los casos, los morteros disminuyen fuertemente su adherencias sobre las fábricas cuyos ladrillos presentan eflorescencias antes de ser revestidas. Estos ensayos organolépticos se realizan por observación de las muestras. Para las fisuras y desconchados se admite que sobre una M-6, que sólo uno de cada seis ladrillos muestre fisuras y sólo uno de cada seis muestre desconchados. Esto es excesivamente tolerante ya que equivale a decir que el 19,5% puede mostrar fisuras y desconchados. Respecto a la coloración no uniforme se deja el criterio de aceptación o rechazo a juicio del Director de la obra y, por último, cualquier signo de exfoliación debe ser rechazado, ya que ello es un síntoma de ruina, generalmente, debido a baja cochura.

ENSAYOS Y COMPROBACIONES EN LA RECEPCION DE LOS LADRILLOS EN LAS OBRAS		
1ª Etapa: Recepción del material (M-24)	<ul style="list-style-type: none"> Revisión del empaquetado. Comprobación del albarán. Determinación de muestra. Inspección visual: grietas, exfoliaciones y nódulos de cal 	
2ª Etapa: Características dimensionales y de forma (M-6)	<ul style="list-style-type: none"> Comprobación de perforaciones. Determinación de dimensiones. Tolerancia dimensional. Tolerancia de planeidad. Espesor de las paredes 	UNE 67.030-85
3ª Etapa: Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión (M-6) Heladicidad (M-12) Eflorescencia (M-6) Absorción (Succión) (M-6) Comprobación de masa (M-12) 	UNE 67.026.84 UNE 67.028.84 UNE 67.029-85 UNE 67.031-85 -
(M-6) = Ensayo a realizar sobre una muestra de 6 ladrillos (M-12) = Ensayo a realizar sobre una muestra de 12 ladrillos (M-24) = Ensayo a realizar sobre una muestra de 24 ladrillos		
Figura 3		

En la segunda etapa y usando para ello las muestras anteriormente descritas, se comprobarán las formas y proporciones de las perforaciones según se han especificado en el punto 4.1.1. Así mismo se medirán las piezas a fin de comprobar las dimensiones nominales (según la tabla RL-88.1). Igualmente, por medio de las piezas de la muestra M-12, se establecerá la dimensión media de la po-

blación que constituye la dimensión promedio de la remesa. Los márgenes de tolerancia dimensional pueden referirse a las dimensiones nominales fijadas en el proyecto o (si lo acepta el proyectista) a la dimensión promedio de la remesa. Tabla RL-88.3

Se define como planeidad, a efectos de la presente norma, la cualidad que deben reunir las caras del ladrillo, de mantener todos sus puntos en un mismo plano.

TABLA RL-88 2		
Espesores mínimos de las paredes en los ladrillos		
Posición de la pared	Clase V	Clase NV
Entre perforación y la cara vista	15 mm	–
Entre perforación y la cara no vista	10 mm	6 mm
Entre dos perforaciones	5 mm	5mm

TABLA RL- 88.4		
Tolerancia de alabeo		
Planeidad	Flecha máxima	
	Clase V	Clase NV
Dimensiones nominales de aristas y diagonales		
D < 30 cm	4 mm	6 mm
24 cm < D < 30 cm	3 mm	5 mm
12,5 cm < D < 10 cm	2 mm	3 mm

TABLA RL-88.3		
Tolerancias dimensionales de aristas y diagonales de los ladrillos.		
Dimensión	Clase V	Clase NV
Sobre el valor nominal		
(1) 10 cm < D < 30 cm	±3	±6
D < 10 cm	± 2	± 4
Valor de la dispersión		
10 cm < D < 30 cm	5	6
D < 10 cm	3	4

(1) También puede referirse la tolerancia a la dimensión promedio de la remesa, si así lo acepta el proyectista

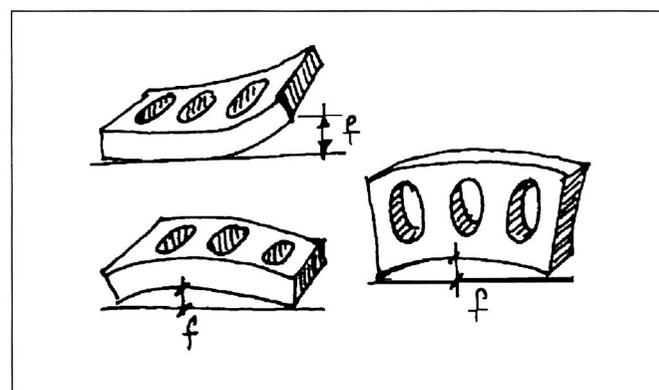


Figura 3

Valores de rotura de cada uno de los seis ladrillos en Kp/cm ²	Diferencias respecto a la media	Cuadro de las diferencias	Desviación estándar
R_{ci}	$(R_{ci} - R_c)$	$(R_{ci} - R_c)^2$	$\sqrt{\frac{\sum (R_{ci} - R_c)^2}{n - 1}}$ n - 1 = 5
127	129,33-127=2,33	5,42	$\delta = 1,74$
128	1,33	1,76	
129	0,33	0,11	
130	0,66	0,43	
130	0,66	0,43	
132	2,66	7,07	
Suma =776 $R_c = 776/6 = 129,33$		$\sum (R_{ci} - R_c)^2 = 15,22$	

$R_{est} = R_c - 1,64\delta = 129,33 - 1,64 \times 1,74 = 126,48$; es mayor que $R_{ck} = 125 \rightarrow$ aceptación

Figura 4

En la tercera etapa se realizarán los ensayos de laboratorio que se especifica en el cuadro que anteriormente se ha expuesto, según las normas UNE que allí se especifican y sobre las muestras que se han reseñado. No entraremos en comentar dichas normas por entenderlas de inmediata interpretación y porque harían excesivamente largo este trabajo. Por ello, sólo haremos a continuación un ejemplo numérico de la comprobación de la resistencia a la compresión de la partida y finalizaremos esta parte dedicada al Capítulo II de la FL-90 y al RL-88 con la exposición y comentario de la tabla relativa a la masa de los ladrillos perforado según sean para fábricas vistas o para revestir.

Ejemplo 1: Sobre la determinación de la resistencia estimada a la compresión, de un partida de ladrillo cuya resistencia nominal es 125 Kp/cm y de la que se ha ensayado, hasta rotura, la muestra representativa (M-6), donde:

$$R_{est} = R_c - 1,64 \delta$$

R_{est} es la resistencia estimada, buscada.

R_c es la media aritmética de la muestra.

δ es la desviación estándar = $\sqrt{[\sum (R_{ci} - R_c)^2 / (n-1)]}$

R_{ci} es el valor de rotura de cada uno de los ladrillos.

Los datos de este ejemplo están recogidos en el cuadro de la figura 4.

Ejemplo 2: Si los valores de rotura de los ladrillos hubiesen sido 125, 126, 129, 131, 136 y 139; que daría una media $R_c=131$ y las diferencias -6, -5, -2, 0, 5 y 8; sus cuadrados 36, 25, 4, 0, 25 y 64; que originaría una desviación de $\delta = \sqrt{(154/5)} = 5,5$ y tendríamos una resistencia estimada $R_{est} = R_c - 1,64 \delta = 131 - 1,64 \times 5,5 = 122$, que nos obligaría a rechazar la partida.

Con independencia del espesor de los ladrillos, que se interpolará entre los valores dados, esta tabla (RL-88.5) es bastante imprecisa al quedar la soga o tabla poco definida. Hubiese sido más fácil decir que la densidad aparente de los ladrillos perforados para fábrica vista no será inferior a 1,04 g/cm³; ni menor que 0,96 g/cm³ para los ladrillos que se empleen en las fábricas de carga que vayan a ser revestidas.

7. CAPITULO III DE LA FL-90 "MORTEROS" Y RC-88 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS GENERALES PARA LA RECEPCION DE LOS CEMENTOS

7.1 Cales y cementos

El tema de las cales no parece interesarle nada a la FL-90. Se remite como de paso a la UNE 41067

Tabla RL-88.5 Masa mínima de los ladrillos perforados, desecados (hasta peso constante)			
Arista mayor cm	Grueso cm	Masa	
		Clase V	Clase NV
≤ 26	3,5	1.000	-
	5,2	1.500	1.450
	7,0	2.000	1.850
> 26	5,2	2.200	2.000
	6,0	2.550	2.300
	7,5	3.200	2.900
Densidad aparente = (g/cm ³)		1,04	0,96

Tabla RC-88.1 Cales aéreas		
TIPO I	Oxido de cal y magnésico	≥ 90 %
	Anhidrido carbónico	≤ 5 %
	Residuos después de apagada	≤ 5 %
TIPO II	Oxido de cal y magnésico	≥ 65 %
	Anhidrido carbónico	≤ 5 %
	Residuos después de apagada y otros	≤ 30 %

Tabla RC- 88.2 Cales hidráulicas				
TIPO	Contenido de SiO ₂ +Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	Finura Retención en tamiz 0,2	Finura Retención en tamiz 0,08	Resistencia a Compresión Prob. 4 x 4 x 16
I	20%	5%	20%	50 Kp/cm ²
II	15%	10%	20%	30Kp/cm ²
III	10%	10%	20%	15Kp/cm ²
En las cales hidráulicas no se admitirá un contenido de anhídrido carbónico superior al 5% y el tiempo de fraguado no será superior a 24 horas				

para las cales aéreas y a la UNE 41068 para las hidráulicas. Aún teniendo presente que esta norma, FL-90, se ocupa de **Muros resistentes**, nos parece que es insuficiente esta simple referencia, sabiendo lo lejos que quedan las normas UNE, entre otras cosas por razón económica de los proyectistas y profesionales de la construcción. Por otro lado, es obvio que muchos problemas de los que tiene hoy nuestra construcción ocurren porque los constructores y albañiles creen que profundizando en el cemento se acaban los problemas en los morteros. Con los cementos tan fuertes a que hoy nos obliga a trabajar el mercado y con el amplio campo que ocupa hoy las obras de rehabilitación los morteros de cementos han de ser dulcificados, siendo la cal la mejor de las adiciones. Por ello y teniendo en cuenta que existen estudiosos serios en el tema de las cales, como el equipo de la asignatura de materiales de la Escuela de Arquitectura de Madrid y otros investigadores que son ya conocidos en el ámbito en el que nos movemos, nos reiteramos en que la nueva norma debería haber hecho un pequeño esfuerzo por dar un poco de luz al tema. Igualmente debería haber sido más renovador y haber acometido o iniciado el tema de los **morteros preparados**.

7.1.1 Cales

Las cales pueden ser hidráulicas y aéreas. Las primeras fraguan y endurecen incluso debajo del agua, en tanto que las segundas, amasadas con agua, se endurecen únicamente en el aire. Pueden llegar a obra **vivas** (en piedra) o **apagadas** envasa-

das en sacos o barriles. En ambos casos se almacenará en sitio seco, preservándolas de la humedad y de las corrientes de aire.

7.1.2 Los Cementos

Este es el punto por el cual la Norma MV-201 perdió su vigencia, ya que toda ella estaba redactada según los cementos de categoría 250 y en la que se recomendaba que el P-350 sólo se usara cuando se quisieran morteros de resistencia 160 Kp/cm² (M-160; 1:4) en cuyo caso los ladrillos de esas fábricas habrían de ser de resistencia igual o superior a 200 Kp/cm² y se advertía que estos morteros, de cementos de tal categoría, eran objeto de grandes fisuraciones. Como ya decíamos en la Parte Primera, la desaparición del mercado de los P-250 llevó a la Norma, durante largo tiempo, a un dique seco del que se nos ha devuelto sin demasiados cambios. La larga Tabla 3.1 de la FL-90, podía haberse omitido, como se ha hecho con las cales, con sólo remitirnos al RC-88 o al menos haber resumido diciendo que son de aplicación todos los cementos Portland, Portland compuestos, Horno Alto y Puzolánicos de categoría no superior a 35 (350). Los Mixtos y Aluminosos son de aplicación a obras no consideradas en esta Norma.

En la tabla que estamos comentando de la FL-90 echamos de menos, y deberían incluirse en ella, los cementos portland compuestos **SR resistentes a los sulfatos** y los portland compuestos **MR resistentes a las aguas marinas** recomendando el uso del primero par obras en terrenos con aguas selenitosas

Tabla RC-88.3
Cementos utilizables en morteros para muros de fábricas de ladrillo

DENOMINACION	TIPO	CLASE	Característica principal que lo define y cualidades.
Portland	I-0	I-0/35	100% clinker y sin componentes adicionales
	I	I/35	Puede contener hasta 5% de componentes adicionales. Es decir (95% clinker).
Portland compuesto	II	II/35	Puede contener hasta el 35% entre escoria, puzolana, cenizas volantes o filler calizo.
Portland con escoria	II-S	II/35	Puede contener hasta el 35% de Escoria. Es decir 65% de clinker
Portland con puzolana	II-Z	II-Z/35	Puede contener entre el 6% y el 28% de Puzolana natural (72% clinker).
Portland con filler calizo	II-F	II-F/35	Puede contener hasta el 15% de Filler calizo. (95% clinker).
Horno Alto	III-1	III-1/25 y 35	Puede contener entre 36% y el 60% de escoria siderúrgica. Es fácil que aparezcan grandes decoloraciones irregulares.
Puzolánico	IV	IV/25 y 35	Puede contener casi un 40% de puzolana o ceniza volante (algo más del 60% de clinker). Se trata de un cemento que origina un mortero de gran plasticidad.

(yesíferas) y el segundo, para obras sumergidas en aguas salinas. Igualmente debería incluirse los cementos tipo III-2 (Horno Alto) con su categoría 45 (450) que siempre son resistentes a los sulfatos y como tal, de exclusiva aplicación a obras que han de soportar estos ataques.

El cuadro que a continuación exponemos es el resultado de simplificar dicha tabla e incluir, en ella, mayor información respecto a los puntos que entendemos son de interés

7.2 Arenas

Son válidas las arenas de río, mina, machaqueos y playa previo amplio lavado de estas últimas. Deben ser rechazadas aquellas que muestren formas de lajas o acículas. También son rechazables las que presenten un porcentaje de finos superior a 15. Se entiende como finos en una arena a aquellas partículas o granos que pasan por el tamiz de abertura de malla de 0,08 mm. Las partículas que queden retenidas por el tamiz 5 mm deben ser retiradas y consideradas como una grava o gravilla, ya que se define como arena al conjunto de granos que pasan, todos, por el citado tamiz. En todos los casos a los efectos de esta Norma y para los morteros de agarre de la fábrica, el tamaño máximo de la arena debe ser igual o menor al tercio del grueso del tendel de la misma.

En relación con la curva granulométrica que propone la FL-90, la cual es exactamente la misma que planteaba la vieja MV-201, digamos que es la adecuada si pretendemos morteros cerrados o com-

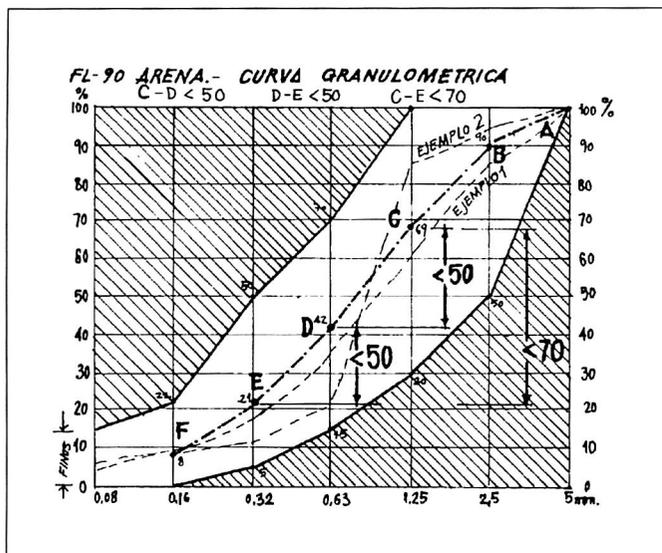


Figura 4

La curva ideal propuesta por la FL-90 (UNE-7050) sería aquella en la que los porcentajes de la materia que pasa es la siguiente:							
Abertura de tamiz (mm)	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	
Porcentaje que pasa (%)	100	92	68	43	21	8	
Ambito de la granulometría recomendada por la FL-90							
Abertura de tamiz (mm)	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08
Valor concreto	A	B	C	D	E	F	G
Exigencias FL-90	A=100	60 < B B < 100	30 < C C < 100	15 < D D < 70	5 < E E < 50	0 < F F < 30	G < 15
	C - D < 50; C - E < 70; D - E < 50						
Ejemplo 1: curva válida	A=100	B=75	C=60	D=35	E=18	F=9	G=4
	C - D = 25 < 50; C - E = 32 < 70; D - E = 17 < 50						
Ejemplo 2: curva no válida*	A=100	B=93	C=86	D=20	E=12	F=9	G=6
	C - D = 66 < 50; C - E = 74 < 70						
* No obstante, para un muro no excesivamente solicitado, esta curva puede ser una granulometría apropiada. Sobre todo, en rehabilitación y para un mortero de cemento y cal, que ha de revestir un muro viejo que necesita una amplia respiración para evaporar la humedad de capilaridad.							
Figura 5							

pactos, pues los huecos que deja cada tamaño son llenados por el diámetro inferior siguiente (figuras 4 y 5). No obstante, hoy que se construye con mayores velocidades de ejecución a la de otros tiempos, y con el fin de que determinadas unidades de obra lleguen antes a sus tiempos de secado, para poder ser revestidas o pintadas, es posible que nos interesen granulometrías menos cerradas o (continuas) y en las que existan ausencias de granos medios (uniformes) que permitan respirar mejor a los muros, pero a esto volveremos más tarde.

7.3 Los Morteros

Los parámetros principales por los que se define un mortero son **la consistencia, la resistencia y la**

plasticidad. La consistencia está claramente marcada por la cantidad de agua de amasado; la resistencia está definida por la arena; y la plasticidad o docilidad, es función de la cantidad de fino aportado por la arena y por la cal. La consistencia se mide mediante **cono de Abrams**:

CONSISTENCIA: Asiento en cono= 17 ± 2 cm

Para los morteros bastardo existe una regla de oro en relación de la cantidad de arena, que dice: *“La cantidad de arena debe ser igual al triple de la suma de las partes de los conglomerante y se pueden establecer correctores restándole una parte para hacerlo más fuerte o sumándole una parte si se quieren hacer menos fuertes”.*

Sea un mortero en el que hemos decidido poner dos partes de cemento y una parte de cal para hacerlo más plástico, estamos hablando entonces de tres partes de conglomerante, y aplicando la regla referida, tendríamos que poner nueve partes de arena y aún lo haríamos más fuerte si sólo pusieramos ocho partes de arena y algo más flojo si aportáramos diez partes de ella. Con independencia de la bondad de la regla empírica que acabamos de enunciar, es importante recordar que la arena es el componente que confiere la resistencia al mortero pero para ello, ha de tener la granulometría idónea y contar con la consistencia y plasticidad adecuada.

Como acabamos de decir, la plasticidad de un mortero, aceptada una consistencia, varía en fun-

Plasticidad de los morteros		
Tipo de plasticidad	Porcentaje de fino de la mezcla	
	sin aditivo	con aditivo
Grasa	> 25	> 20
Sograsa	de 25 a 15	de 20 a 10
Magra	< 15	< 10

Figura 6

Morteros de cemento			
Designación	Tipo	Componentes partes en volumen Cemento: arena	Resistencia mín. en probeta 4 x 4 x 16 (kp/cm ²)
M - 20	a	1:8	20
M - 40	a	1:6	40
M - 80	a	1:4	80
M - 160	a	1:3	160
Morteros de cemento y cal			
Designación	Tipo	Componentes partes en volumen Cemento: cal: arena	Resistencia mín. en probeta 4 x 4 x 16 (kp/cm ²)
M - 20	b	1:2:10	20
M - 40	b	1:1:7	40
M - 80	b	2:1:8	80
M - 160	b	4:1:12	160
Mortero de cal			
Designación	Tipo	Componentes partes en volumen Cemento: cal: arena	Resistencia mín. en probeta 4 x 4 x 16 (kp/cm ²)
M - 20	c	1:3	20

Figura 1

ción de la cantidad de finos de la arena y juega un importante papel la adición o no de cal (figura 6). Para determinar los finos se mezcla, en una muestra, la arena y la cal en seco y finalmente se determinan los finos de la mezcla por el procedimiento adecuado (tamizado en levigación). Sea el mortero bastardo del ejemplo anterior 2:1:9; (cemento, cal, arena, M-80) en el que la arena admitimos que aportaba un diez por ciento de finos (0,9); trasladando este valor a la mezcla de arena y cal ($9+1=10$); donde la cal representa $1/10$. Tendremos $(1+0,9)/10 = 19\%$ que determina una plasticidad **Sogrosa** en la tabla propuesta por la FL-90. De no haber intervenido la cal la plasticidad hubiese sido magra; que como sabemos, es una mezcla más agria.

Morteros tipificados por la FL-90. En función del conglomerante o de los conglomerantes que compongan el mortero, éstos se clasifican en **mortero de cemento, mortero bastardo o mixto de cemento y cal y mortero de cal**. A los efectos de esta Norma, los primeros se les define como del tipo **a** a los segundos como del tipo **b** y a los mencionados en último lugar se les designan como tipo **c**. De esta forma la FL-90, nos ofrece el cuadro de la figura 7.

Como hemos señalado, en la tercera parte de este trabajo nos ocuparemos del Proyecto y de la Ejecución de los Muros de fábrica de ladrillo.

NOTAS

1. Se consideran revestimientos a los aplacados, chapados, revocos, enfoscados, guarnecidos y pastas que alcancen cierto espesor. (puede entender así un grosor de capa superior a 7 mm.). No se consideran revestimientos a efectos de la norma, las pinturas y barnices, a-C n no siendo transparentes.I
2. Esta característica es aún considerada por la FL-90 aunque ahora se incluye a nivel del comentario al apartado 4.2..."para conocer su grado de cocción, el sonido metálico y campanil, claro y agudo, que se obtiene cuando se golpea con un cuerpo duro o con otro ladrillo puede ser también) n una buena indicación.
3. Se consideran revestimientos a los aplacados, chapados, revocos, enfoscados, guarnecidos y pastas que alcancen un cierto espesor (puede entender así un grosor de capa superior a 7 mm). No se consideran revestimientos a efectos de la norma, las pinturas y barnices, aún siendo transparentes.