

## 29 Forjats unidireccionals

### 29.1 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Positiu. Forjat TAM

### 29.2 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Negatiu. Forjat TAM

#### 29.1 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Positiu. Forjat TAM

A les aplicacions incloses en el punt 11.9 'Forjat unidireccional' es calculen els forjats unidireccionals amb els següents trets significatius:

.Les seccions de les bigues, alleugerats i sinus es formen a base de petits rectangles que, mitjançant la seva translació, omplen l'element corresponent de la secció.

.El càlcul es realitza en règim elàstic. Es donen els coeficients d'equivalència entre acer i formigó  $n = E_s/E_c$ , entre alleugerit i formigó  $n = E_b/E_c$  i entre material de sinus i formigó  $s = E_i/E_c$ . Sent els valors d'E els mòduls de deformació dels diferents materials.

.L'anàlisi estàtica es realitza per mitjà del polígon funicular. D'aquesta manera es troba la profunditat de la fibra neutra  $x$  i el moment d'inèrcia  $I$ . ('Polígon funicular. Una aproximació a Karl Culmann'. Josep M. Genescà R. IEE. Institut d'Estudis Estructurals, ACE. Associació de Consultors d'Estructures. Barcelona 2018).

.Amb els valors de  $x$  i d' $I$  es calculen les tensions de forma lineal segons Navier.

.El moment flector  $M$  que es dona és el de servei. Les tensions generades són en funció d' $M$ . Per tant, no es consideren factors o coeficients de seguretat.

A la present aplicació, encara que essencialment se segueix el mateix plantejament que a l'aplicació 11.9, s'introdueixen les següents variacions:

.Els petits rectangles translacionals són els mateixos, però estan acumulats en un rebost, de tal manera que no és fins que se'ls treu del rebost que no s'activen. Així s'evita la fatigosa i inexacta feina de anul·lar-los que es realitza a l'aplicació 11.9.

.Les llesques horitzontals han passat de 12 a 18. Els elements de formigó, de 48 a 36 i els d'alleugerit de 72 a 54. Els elements metàl·lics, de 8 a 4 en els moments positius (29.1) i de 8 a 2 en els moments negatius (29.2). Aquestes variacions es donen per ajustar les seccions de la forma més lògica i eficient possible.

.Quant als coeficients d'equivalència, es parteix, en primer lloc, del mòdul de deformació de l'acer  $E_s$  que, encara que es tracta d'un valor fix ( $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$ ), es dona com punt lliscant. El fet que el valor del coeficient  $n = E_s/E_c = 15$  era habitual en l'època en què va ser construït el forjat, implica que el valor del mòdul de deformació del formigó  $E_c$  és calculable. Per tant, un punt lliscant permet donar un cert valor de  $E_c$ , de forma que el valor d' $n$  sigui 15 o el desitjat. En el nostre cas ha estat  $E_c = 13063 \text{ N/mm}^2$ . Com a qüestió informativa es permet entrar el valor de la resistència característica del formigó a compressió  $f_{ck}$  per calcular  $E_c$ , tal com indica la instrucció EHE-08. Per un formigó d' $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$  resulta, segons la instrucció EHE-08,  $E_c = 23072 \text{ N/mm}^2$ , valor sensiblement més alt que l'utilitzat en el càlcul. Per a l'alleugerit, si és ceràmica i sempre que es vulgui que aquest col·labori en la funció resistent, s'ha adoptat el valor d' $E_b = 3000 \text{ N/mm}^2$ , atès que en estudis realitzats a l'UIC Universitat Internacional de Catalunya, es donen els valors  $1000 \leq E_b \leq 5000 \text{ N/mm}^2$ , cosa que implica un valor del coeficient d'equivalència  $m = E_b/E_c = 0.23$ . Si no es vol fer participar l'alleugerit de la funció resistent, ha de ser  $E_b = 0$ .

.No es considera el material de sinus. D'aquesta manera, únicament apareixen tres materials: el formigó (de color blau), l'alleugerit (de color taronja) i l'acer (de color negre).

.Es permet el càlcul de les tensions tangencials.

En aquesta aplicació s'estudia particularment el forjat format per la peça ceràmica TAM '*Techo autorresistente monolítico*' (fig. 29.1) i el forjat o sostre format amb aquesta peça (fig. 29.2). Les

figures estan extretes del llibre 'Recomanacions per al reconeixement, la diagnosi i la teràpia de sostres ceràmics' firmat per Victor Seguí i Santana amb la direcció de Rafael Bellmunt i Ribas de l'ITEC Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. Barcelona 1995.

Fent les consideracions que calgui a l'entrada de dades, l'aplicació serveix, no solament per a qualsevol tipus de forjat ceràmic, sinó també per a forjats amb bigueta de formigó. Atès que aquesta aplicació no disposa de plantilla, les variacions del forjats s'han de realitzar a partir de l'actual forjat TAM.

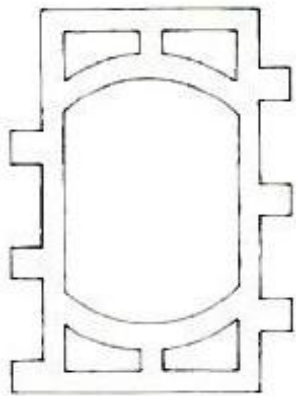


Fig. 29.1

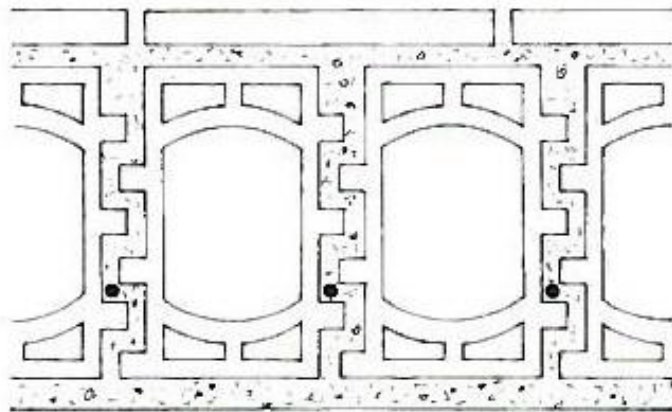


Fig. 29.2

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO DE CERAMICA ARMADA TAM. TECHO AUTORESISTENTE MONOLITICO		MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y REGION GENERAL DE ARCHITECTURA ESPANOLA Y TECNICA DE LA CONSTRUCCION																											
FABRICANTE ADOLFO MONTAGUT		AUTORIZACION DE USO																											
DIRECCION S.J. CADIZO S.N. (final)		N.º 12457																											
LOCALIDAD BARCELONA		EL DIRECTOR GENERAL																											
Hoja nº 1 consta de 2 hojas		MADRID 24 ENE 1967																											
1. REPRESENTACION GRAFICA																													
2. DIMENSIONES																													
Tipo de pieza: UNICA																													
Dimensiones en m m																													
<table border="1"> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> <th>f</th> <th>g</th> <th>h</th> <th>i</th> <th>j</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>Peso kg</th> </tr> <tr> <td>170</td> <td>100</td> <td>120</td> <td>300</td> <td>95</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25</td> </tr> </table>				a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Peso kg	170	100	120	300	95								25
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Peso kg																	
170	100	120	300	95								25																	
Tipo de forjado: TAM 170																													
Tipo de piezas utilizadas: PIEZA I																													
<table border="1"> <tr> <th>r</th> <th>b</th> <th>t</th> <th>s</th> <th>Peso m²</th> </tr> <tr> <td>110</td> <td>170</td> <td></td> <td></td> <td>150-</td> </tr> <tr> <td>110</td> <td>170</td> <td>25</td> <td>35</td> <td>200-</td> </tr> </table>				r	b	t	s	Peso m²	110	170			150-	110	170	25	35	200-											
r	b	t	s	Peso m²																									
110	170			150-																									
110	170	25	35	200-																									
3. HORMIGON																													
Resistencia a compresion especificada medida en probelade estalco 2																													
<table border="1"> <tr> <th>Tipo de forjado</th> <th>TAM 170</th> <th>TAM 195</th> </tr> <tr> <td>Resistencia a compresion kg/cm²</td> <td>250.-</td> <td>250.-</td> </tr> </table>				Tipo de forjado	TAM 170	TAM 195	Resistencia a compresion kg/cm²	250.-	250.-																				
Tipo de forjado	TAM 170	TAM 195																											
Resistencia a compresion kg/cm²	250.-	250.-																											

Fig. 29.3

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO DE CERAMICA ARMADA TAM. TECHO AUTORESISTENTE MONOLITICO		MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y REGION GENERAL DE ARCHITECTURA ESPANOLA Y TECNICA DE LA CONSTRUCCION																					
FABRICANTE ADOLFO MONTAGUT		AUTORIZACION DE USO																					
DIRECCION S.J. CADIZO S.N. (final)		N.º 12457																					
LOCALIDAD BARCELONA		EL DIRECTOR GENERAL																					
Hoja nº 2 consta de 2 hojas		MADRID 24 ENE 1967																					
4. CARACTERISTICAS MECANICAS																							
Tipo de forjado TAM 170																							
Clase de Armadura: inferior 2 util																							
Acero: 7 φ cm																							
Peso com m²: 150 kg																							
Momento ESTUPEZ de compresion: util																							
Modulo de flecha: cm²																							
<table border="1"> <tr> <th>Acero ordinario</th> <th>1-45 0.17 55.6</th> <th>1-45 0.17 46.1</th> <th>90'5</th> </tr> <tr> <th>REA-40</th> <th>1-65 0.33 104.5</th> <th>1-65 0.33 52.1</th> <th>159</th> </tr> </table>				Acero ordinario	1-45 0.17 55.6	1-45 0.17 46.1	90'5	REA-40	1-65 0.33 104.5	1-65 0.33 52.1	159												
Acero ordinario	1-45 0.17 55.6	1-45 0.17 46.1	90'5																				
REA-40	1-65 0.33 104.5	1-65 0.33 52.1	159																				
Tipo de forjado TAM 195																							
Clase de Armadura: inferior 2 util																							
Acero: 7 φ cm																							
Peso com m²: 200 kg																							
Momento ESTUPEZ de compresion: util																							
Modulo de flecha: cm²																							
<table border="1"> <tr> <th>Acero ordinario</th> <th>1-45 0.17 64.7</th> <th>1-45 0.17 6.11</th> <th>125'5</th> </tr> <tr> <th>REA-40</th> <th>1-65 0.33 123.8</th> <th>1-65 0.33 7.71</th> <th>235</th> </tr> <tr> <th>Acero</th> <th>1-85 0.57 255.-</th> <th>1-85 0.57 10.11</th> <th>339</th> </tr> <tr> <th>REA-46</th> <th>1-7 0.38 175.-</th> <th>1-7 0.38 8.21</th> <th>278</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1-85 0.57 210.-</th> <th>1-85 0.57 10.11</th> <th>339</th> </tr> </table>				Acero ordinario	1-45 0.17 64.7	1-45 0.17 6.11	125'5	REA-40	1-65 0.33 123.8	1-65 0.33 7.71	235	Acero	1-85 0.57 255.-	1-85 0.57 10.11	339	REA-46	1-7 0.38 175.-	1-7 0.38 8.21	278		1-85 0.57 210.-	1-85 0.57 10.11	339
Acero ordinario	1-45 0.17 64.7	1-45 0.17 6.11	125'5																				
REA-40	1-65 0.33 123.8	1-65 0.33 7.71	235																				
Acero	1-85 0.57 255.-	1-85 0.57 10.11	339																				
REA-46	1-7 0.38 175.-	1-7 0.38 8.21	278																				
	1-85 0.57 210.-	1-85 0.57 10.11	339																				
5. OBSERVACIONES																							

Fig. 29.4

Del forjat TAM disposem de les fitxes de característiques tècniques, que son les que es veuen a les figures 29.3 i 29.4.

Aquestes fitxes de característiques tècniques permeten certes variacions o tipologies diferents. Amb la nomenclatura de les fitxes, s'indica a continuació el tipus triat per l'aplicació.

- Amplada de la peça.  $b = 100 \text{ mm}$ .
- Gruix de la paret de ceràmica.  $e = 9.5 \text{ mm}$
- Intereix.  $r = 110 \text{ mm}$
- Capa de compressió formigó.  $t = 25 \text{ mm}$
- Altura de la peça.  $k = 170 \text{ mm}$
- Cantell total del forjat.  $k+t = 195 \text{ mm}$
- Armat  $1 \phi 6.5$ . REA-40

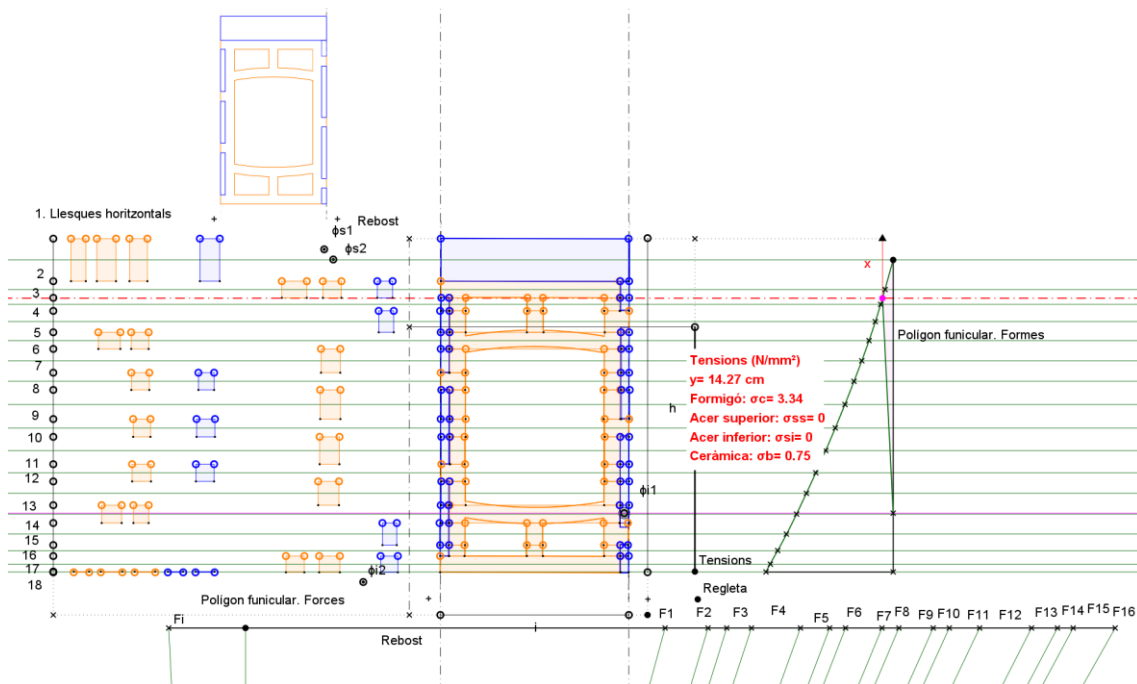


Fig. 29.5

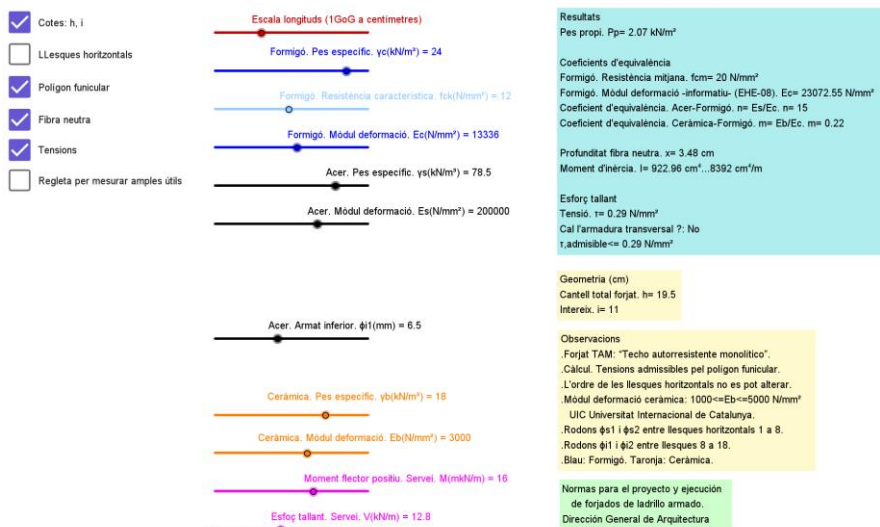


Fig. 29.6

De la secció del forjat de la figura 29.5 observem el següent:

.Una llesca horitzontal, la del número 18, no s'ha utilitzat.

.Alguns rectangles destinats al formigó i a la ceràmica no s'han utilitzat. De les quatre varetes d'acer, únicament se n'ha utilitzat una, la  $\phi 1$ , inferior de positiu. La resta han quedat inactives en el rebost.

.S'observa el polígon funicular de formes i part del polígon funicular de forces.

.La profunditat de la fibra neutra ha estat de  $x= 3.46$  cm i el moment d'inèrcia de  $I= 730.84$  cm<sup>4</sup>.

.A una ordenada  $y= 14.22$  cm de l'extrem inferior del forjat, les tensions en el formigó i ceràmica han estat de 3.64 i 0.84 N/mm<sup>2</sup> respectivament. En la resta de materials, en aquest cas l'acer superior i l'inferior, les tensions han de ser nul·les atès que per aquesta ordenada no existeixen.

A la figura 29.6 apareixen els punts lliscants utilitzats i els resultats. D'aquests últims cal indicar:

.Els coeficients d'equivalència han estat per a l'acer  $n= E_s/E_c= 15$  i per a la ceràmica  $m= E_b/E_c= 0.23$ . Això implica uns mòduls d'elasticitat  $E_c= 13063$  N/mm<sup>2</sup> per al formigó i  $E_b= 3000$  N/mm<sup>2</sup> introduïts amb punts lliscants del formigó i ceràmica respectivament.

.Per a un moment flector de servei de  $M= 13$  mKn/m, que correspon aproximadament a una llum de biga de 4.5 m sense negatius, i per una càrrega total de 5 kN/m, que és una càrrega una mica més gran de les que es donaven a l'època en que es va construir el forjat, la tensió a l'armadura a per una ordenada  $d'y= 3.51$  cm és de  $\sigma_s= 367.82$  N/mm<sup>2</sup> (tracció) i la del formigó per  $y= 19.43$  cm és de  $\sigma_c= -6.49$  N/mm<sup>2</sup> (compressió). Recordi's que són valors en els quals no s'inclouen els coeficients de seguretat.

.Quant a l'esforç tallant, per a un valor màxim  $V= 11.8$  kN, no és necessària una armadura transversal.

## **29.2 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Negatiu. Forjat TAM**

Una vegada estructurat el comportament mecànic dels moments positius en el forjat TAM, els moments negatius no aporten una diferència essencial. En aquest cas, les característiques més significatives són (fig. 29.7 i 29.8):

.No es consideren armadures en la part inferior de la secció.

.La profunditat de la fibra neutra és  $d'x= 11.56$  cm i el moment d'inèrcia  $I= 1014.27$  cm<sup>4</sup>.

.Sol·licitacions de servei que per als moments negatius.  $M= 16$  mKn i  $V= 12.8$  kN.

.Per a una ordenada  $d'y= 17.7$  cm, la tensió de tracció a l'armadura és de  $\sigma_s= 255.16$  N/mm<sup>2</sup> i per a un valor  $d'y= 0$ , la tensió del formigó és de  $\sigma_c= -13.35$  N/mm<sup>2</sup> i la de la ceràmica, de  $\sigma_b= -3.07$  N/mm<sup>2</sup>, en els dos casos de compressió.

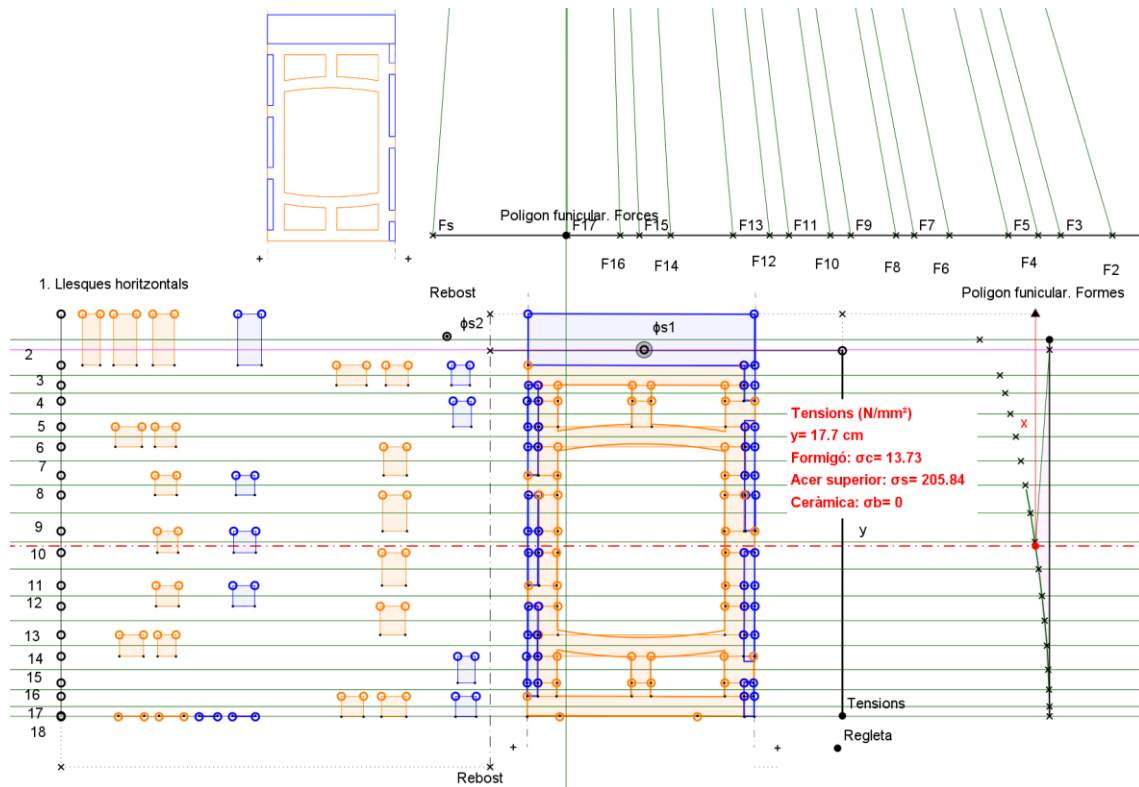


Fig. 29.7

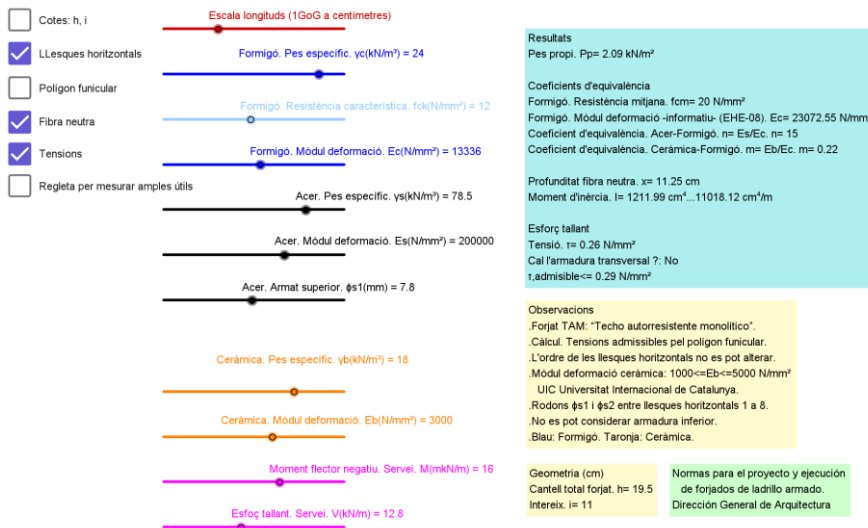


Fig. 29.8

Part de la informació utilitzada s'extreu del document 'Normas para el proyecto y ejecución de forjados de ladrillo armado' de la Dirección General de Arquitectura.