

# Paneles de fachada prefabricados de G.R.C.

ALFONSO DEL AGUILA, DR. ARQUITECTO

Profesor Titular de "Construcción Arquitectónica" de la Escuela T.S. de Arquitectura de Madrid.

## 1. EL MATERIAL

**E**l GRC (Glass Fibre Reinforced Cement) es un "material compuesto", siendo su matriz un mortero de cemento, que va armado con un fibra de vidrio especial (denominada "AR") resistente a los álcalis liberados en la hidratación del cemento Portland.

En las propiedades de GRC, al ser un material compuesto, influyen: las características de la matriz (el mortero), la distribución, el tamaño y el porcentaje de la fibra de vidrio y el procedimiento de fabricación.

La fibra utilizada es la procedente de los vidrios que contienen circonio, resistentes a los álcalis. Fue descubierta por el Building Research Establishment inglés en 1967, otorgándose su desarrollo a la Pilkington Brothers Ltd., quién denominó "CemFIL" a la nueva fibra.

El producto obtenido, el GRC, parece tener la mayor parte de las ventajas y ninguno de los inconvenientes de los GRP (poliéster reforzado con fibra de vidrio) y del amianto-cemento.

Una de las aplicaciones más interesantes del GRC es la de la fabricación de paneles de fachada, que pueden considerarse ligeros según la clasificación de la NBE-CT, ya que su peso es inferior a los 200 Kg/m<sup>2</sup>, habitualmente. El espesor total de GRC en los paneles suele ser igual o menor a 10 cm. Son normales paneles simples de 10 mm. de espesor y se llega a gruesos de 3 m/m.

## 2. COMPOSICION DE GRC

La matriz es un mortero de cemento y arena silíceas, normalmente, de 1 mm. de tamaño máximo. El cemento es un Portland PA-450 o un PA-450 ARI, o un cemento blanco P-450 B. La relación de arena cemento es de 1:1; la relación agua-cemento oscila entre 0,30 y 0,35. Se añade generalmente un plastificante en una proporción del 1% del peso del cemento.

La fibra de vidrio se incorpora en un 5-6% del peso total, de 30 a 50 mm. de longitud y que influye, como veremos, según su orientación.

## 3. VENTAJAS DEL GRC

Entre sus muchas ventajas, podemos destacar:

- Elevadas resistencias a compresión, a flexión y a tracción, gracias a la colaboración de la fibra.
- Gran resistencia al impacto, debida a la absorción de la energía por medio de la fibra.
- Incombustible, por la naturaleza de sus componentes, clasificado como MO (protección contra el fuego superior a cuatro horas).
- Resistencia al ataque de insectos y al desarrollo de micro-organismos.
- Impermeabilidad al agua, incluso en espesores mínimos de 3-8 mm., por su gran compacidad.
- Buena resistencia a los agentes atmosféricos.
- Ligereza (entre 20 y 50 Kg/m<sup>2</sup>, según la tipología del panel) por los pequeños espesores utilizados, lo que repercute en economías de los medios de transporte y elevación.
- Importante resistencia a la abrasión.

## 4. CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES

Se puede indicar:

- Su densidad entre 1,7 y 2,1 T/m.<sup>3</sup>
- Su coeficiente de conductividad térmica es de 0,6 Kcal/h.m<sup>2</sup>°C, que se puede mejorar con la incorporación de un aislante; por ejemplo, un panel sandwich compuesto de dos capas de GRC de 6 mm. y una intermedia de 80 mm. de poliestireno expandido alcanza 0,370 Kcal/h.m<sup>2</sup>°C.
- El aislamiento acústico de una planta de GRC de 10 mm. de espesor es de unos 30 dB de reducción; por cada 10 mm. de aumento de espesor de GRC, y para una frecuencia fija, el aislamiento aumenta en decibelios a = 20 log n (siendo n el número de aumentos iguales al espesor inicial. Para n = 2 a = 6 dB. n = 3 a = 9,5 dB).

## 5. LA FABRICACION DE GRC

Los métodos de fabricación pueden ser varios, pero el más empleado es el de la "proyección", manual o mecánica, sobre un molde, que permite un reparto proporcional de los componentes y el control en la distribución y orientación de las fibras.

En el proceso de proyección se utiliza una cabeza de doble salida; una para el

mortero y otra para la fibra de vidrio cortada.

Es el método más adecuado para la fabricación de paneles de cerramiento.

Existe, también, el procedimiento de "premezcla", derivado de la tecnología del hormigón, que consiste en mezclar simultáneamente el cemento, la arena, el agua, el plastificante y la fibra de vidrio, dando lugar a una pasta; el principal inconveniente que puede presentar es la falta de un reparto homogéneo de las fibras.

El método de fabricación determina habitualmente la orientación de la fibra. Así, la premezcla da lugar a una distribución tridimensional, en tanto que con la proyección se obtiene una disposición bidimensional.

## 6. ASPECTOS DE LA FABRICACION DE LOS PANELES

Los moldes, cuidando su rigidización, pueden ser de contrachapado de madera, de poliéster reforzado con fibra de vidrio, metálicos o, incluso, de GRC.

Sus criterios de diseño deben ser similares a los de los paneles de hormigón: caras verticales abiertas para facilitar la extracción, esquinas redondeadas, costeros perimetrales verticales desmontables, etc.

Se pueden utilizar aceites desmoldantes para facilitar el desmoldeo, cuidando que no den manchas superficiales y que sean compatibles con las pinturas o barnices que se vayan a aplicar en su caso.

## 7. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

También guardan cierta analogía con las tecnologías empleadas en los paneles de hormigón.

Está muy generalizado el acabado en tonos blancos, por el empleo de cemento de este color.

Se puede optar por la textura dejada por el molde, para lo cual la capa que esté en contacto con él será un mortero normal, sin la carga de fibra, yendo a un acabado liso, pero ligeramente mate.

También dicha superficie de mortero se puede tratar con chorro de arena o con ácido, acentuándose el aspecto mate.

Asimismo, se pueden conseguir unas superficies de "árido visto", siguiendo unas técnicas similares a las del hormigón, esto es, mediante retardadores superficiales del mortero, con chorro de arena, con chorro de agua, cepillando o con ácido. Otra técnica es espolvorear la superficie fresca con áridos muy finos.

No se deben aplicar los aplacados cerámicos o de gres, por no estar comprobado suficientemente su comportamiento.

El coloreado del mortero presenta los mismos inconvenientes que en el hormigón, no garantizándose la uniformidad de color en superficies grandes y de unos paneles a otros. Se recomienda utilizarlo sólo en áreas pequeñas.

Se pueden aplicar pinturas o barnices, siempre que garanticen la suficiente permeabilidad para que no se produzcan condensaciones intersticiales, como son los productos basados en resinas epoxi, poliuretanos y resinas acrílicas.

## 8. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Utilizando sólo una capa de GRC, como panel homogéneo, se precisará un trasdosado interior en obra, para mejorar el aislamiento térmico.

Más frecuentemente se emplean paneles sandwiches, que incorporan dos capas exteriores de GRC e incluyen como núcleo una o dos capas de poliestireno expandido o/y una capa de hormigón de perlita o de poliestireno de 0,4 T/m<sup>3</sup> de densidad.

También se han ensayado, con poco éxito, capas intermedias de resinas fenólicas y lanas de vidrio. La composición de los distintos tipos de composición de fachada se indican en la Fig. 1.

La falta de rigidez de las planchas de GRC, debida a los pequeños espesores utilizados, se puede obviar con el empleo de nervaduras perimetrales e interiores de GRC, normalmente de 20 mm. de espesor.

## 9. CUMPLIMIENTO DE EXIGENCIAS FUNDACIONALES

Los paneles tendrán que cumplir las especificadas para fachadas, para cuya comprobación habrá que establecer el plan de ensayos oportuno para cada tipo de panel que se proyecte.

Un aspecto específico a tratar es el de la aparición de condensaciones.

Habrà que considerar la posibilidad y la eliminación de puentes térmicos en las zonas de rigidización, en donde puede haber una fácil comunicación exterior-interior.

También se pueden presentar riesgos de condensación intersticial, por lo que se aconseja:

- optar, preferentemente, por terminaciones superficiales exteriores permeables;
- no aplicar revestimientos impermeables en la superficie externa del panel, y
- si el acabado exterior es impermeable, habrá que prever una barrera de vapor interior.

## 10. UNIONES A LOS ELEMENTOS RESISTENTES

Se pueden utilizar la mayor parte de las fijaciones empleadas en el amianto-cemento, el GRC y el hormigón.

Como reglas generales habrá que tender a que la fijación quede embutida en un volumen grande de material en el panel, y a utilizar placas y arandelas para ampliar la superficie de aplicación de la carga.

Las figuras 2 y 3 muestran dos tipos de fijación.(2)

Los principales materiales utilizados en las fijaciones son el bronce, el acero inoxidable y los aceros cadmiado y cromado.

Como directriz a seguir, y según lo dicho para los paneles de hormigón, se diseñarán los paneles de tal forma que su centro de gravedad caiga sobre la zona interior de apoyo en el forjado (Fig. 4).

Los paneles irán fijados de la parte superior e inferior, y nunca colgados de la parte superior, en evitación de posibles desgarramientos.

En los puntos de unión habrá que considerar la absorción de las tolerancias, que se conseguirá mediante la preparación de ranuras en los casquillos de fijación suficientemente grandes para realizar las operaciones de ajuste.

Los elementos de fijación se dejarán sobresalir de la superficie de GRC, para que la unión sea más directa.

Una unión adecuada es la de la figura 5.(2)

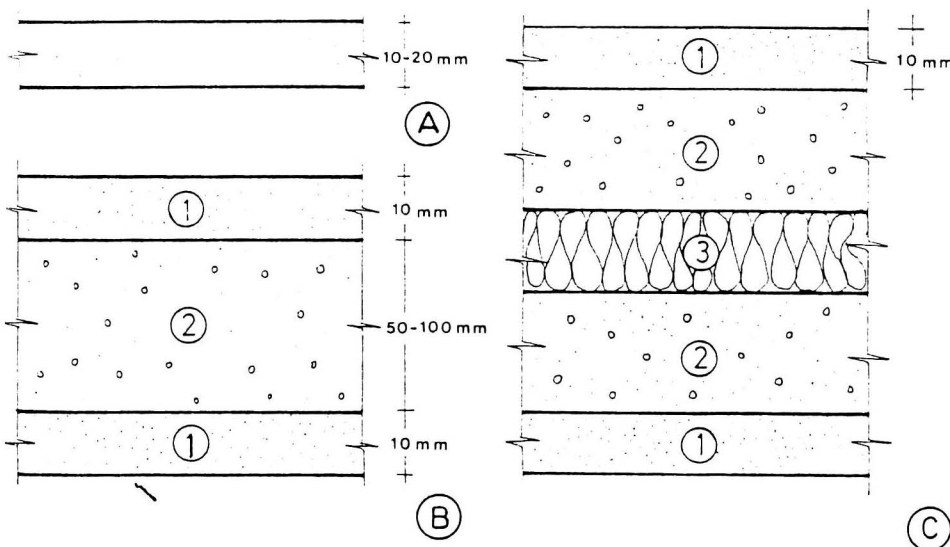


FIGURA 1. FORMAS DE PRESENTACION PARA PANELES DE FACHADA DE GRC

- A. Una sola capa de GRC para paneles homogéneos.  
 B. Paneles bicapa  
 1. Capa de GRC  
 2. Hormigón de perlita expandida  
 C. Paneles multicapa  
 1. Capa de GRC  
 2. Hormigón perlita expandido  
 3. Capa de poliestireno expandido.

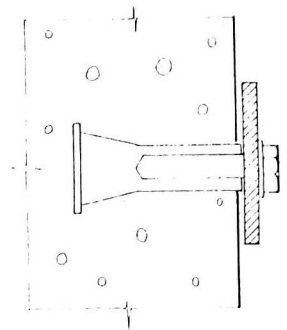


FIGURA 2. MANGUITO EMBEBIDO EN PIEZA DE GRC

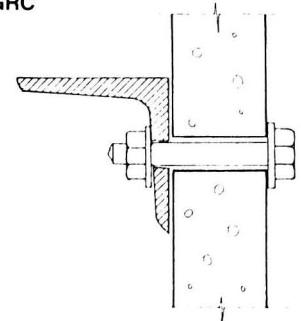
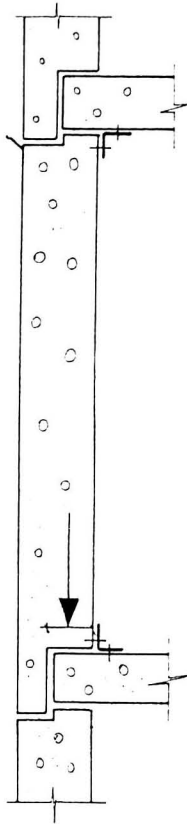


FIGURA 3. FIJACION CON TUERCA, PERNO Y ARANDELA PARA PANEL DE UNA CAPA DE GRC



**FIGURA 4. APOYO DE PANEL**

El centro de gravedad dentro de la superficie de apoyo.

## 11. UNIONES CON OTROS PANELES

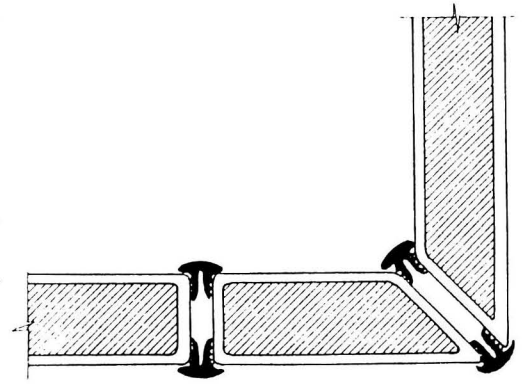
Las juntas de sellado entre paneles de GRC son similares a las utilizadas en los paneles prefabricados de hormigón.

Así tendremos las juntas "cerradas" u obturadoras y las juntas "abiertas" o drenadas.

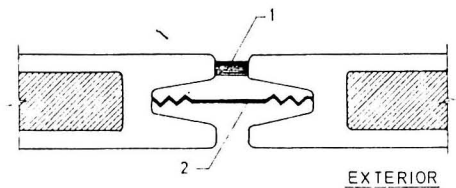
Un ejemplo de las primeras está en la figura 6(2), en la que se necesita que la presión de compresión lateral se mantenga para que funcione el sellado, permitiendo también las variaciones dimensionales normales.

Las masillas de sellado sólo se podrán emplear cuando las paredes de la junta no estén totalmente pulimentadas.

En la figura 7(2) se muestra un ejemplo de juntas "abierta", que funciona como las descritas en los paneles de hormigón, con una cámara de descompresión, una chapa elástica en su interior y un sellado interno para garantizar la estanqueidad. A nivel de cada piso, en el cruce de las juntas verticales y horizontales, se dispondrá el drenaje de la junta con evacuación del agua exterior.



**FIGURA 6. JUNTA CERRADA A COMPRESION**

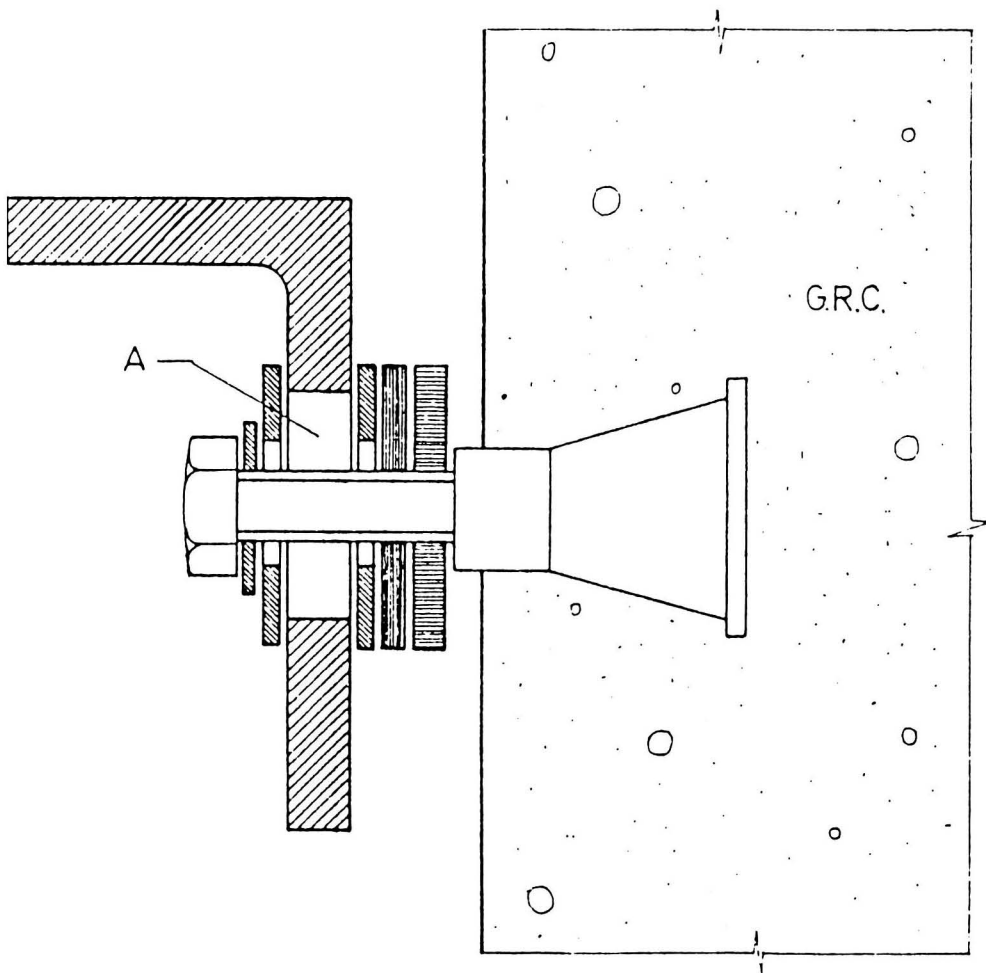


**FIGURA 7. JUNTA ABIERTA**

1. Chapa elástica.
2. Sellado interior.

## Bibliografía

- Bookes, A. "Cladding of Buildings". Ed. Longman Inc. New York, 1983.
- Cated. "Façades Légères". Ed. du Moniteur. Paris, 1980.
- Cated. "Joints". Ed. du Moniteur. Paris, 1982.
- Cementos y Fibras. "Manual General de GRC". Madrid, 1983.
- Fordyce y Wodehouse. "GRC and Buildings". Ed. Butterworths Co. G. Britain, 1983.
- GRCA. "Code of Practice por GRC Cladding". G. Britain, 1981.
- GRCA. "GRCA Method of test for strength retention of glassfibre". G. Britain, 1984.
- GRCA. "GRCA Methods of testing GRC Material". G. Britain, 1981.
- GRCA. "Recommended Code of Praticce of GRC Products". G. Britain.
- GRCA. "Specification for Grades of Glassfibre Reinforced Cement". G. Britain, 1980.
- Martín, B. "Las juntas en los edificios". Ed. G. Gil, 1981.
- PCI. "Recommended Practice of GRC". Chicago, 1981.
- Pinilla, F. "Diseño de cerramientos en edificación". Ed. COAM, 1983.
- Rodríguez, J. "Morteros de cemento reforzados con fibra de vidrio". Revista "BIA" n.º 108, julio 1987.
- Rodríguez y Jordán. "Aplicaciones del GRC en España y Argelia". Revista "Informes de la Construcción" n.º 383. Ed. IETcc, octubre 1986.
- Serra y Viti. "Aplicación práctica de la norma NBE-CT-79". Ed. COAM, 1980.
- Touza, J et alt. "Paneles prefabricados de fachada". Ed. del Castillo, 1976.



**FIGURA 5. JUNTA DE FIJACION EN CASQUILLO EMBEBIDO**

El casquillo tiene una ranura A, suficientemente grande como para absorber los movimientos de ajuste.

- (1). El presente trabajo es una adaptación del capítulo 12 del libro del autor "Las tecnologías de la industrialización de los edificios de vivienda", editada por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid en 1987.
- (2). Obtenidas del "Manual General de GRC". Ed. Cementos y Fibras. Madrid.

# Tablas para el cálculo de losas de hormigón armado sometidas a flexión simple

LORENZO GARCIA DURAN, DR. ARQUITECTO

El objeto de este trabajo es presentar la tabulación de una serie de secciones de losas de hormigón armado, sometidas a flexión simple, teniendo en cuenta el diámetro más adecuado para las armaduras y su posición en la sección. Se han adoptado los siguientes principios: En el hormigón el diagrama rectangular tensión-deformación, y en el acero el trilineal. Como profundidad máxima de la línea neutra, la mitad del canto de la sección.

## 1. INTRODUCCION

**E**n el cálculo de secciones de hormigón armado, sometidas a flexión simple, especialmente en las de poco canto, tiene gran importancia la cuantía y posición de las armaduras, tanto de tracción como de compresión.

El objeto de éste trabajo es presentar unas tabulaciones que permiten obtener, en una serie de secciones y hormigones tipo, la armadura necesaria, su diámetro más adecuado y su posición en la sección.

## 2. PRINCIPIOS DE CALCULO

Para el desarrollo de las presentes tablas se han establecido los siguientes principios, admitidos por la INSTRUCCION EH-82; "Proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado":

### 2.1. Hormigón

Se ha adaptado el diagrama rectangular tensión-deformación (Figura 1). Se admite que se alcance siempre la dilatación  $\epsilon_c = -0,0035$  y la tensión  $T_c = -0,85 f_{cd}$ .

### 2.2. Acero

Se ha adoptado el diagrama trilineal tensión-deformación de los aceros de dureza natural (Figura 2), con los valores; en tracción, la resistencia de cálculo  $f_{yd}$ , y en compresión  $-f_{yd}$ .

### 2.3. Posición de la línea neutra

La profundidad de la línea neutra depende de la posición de las armaduras, del tipo de acero empleado y del coeficiente de seguridad aplicado a la resistencia del acero.

Para que en el agotamiento de la sección se alcance, para cualquier combinación de las variantes mencionadas, el límite elástico de cálculo  $f_{yd}$  en la armadura traccionada, se han adoptado co-

Las tablas, confeccionadas para hormigones H-160, H-200 y H-250, dan, para el acero AEH-400, valores exactos de los esfuerzos útiles necesarios en las armaduras, en función de los momentos útiles, así como el diámetro más económico de armaduras y su posición en la sección. Con acero AEH-500 los resultados son suficientemente aproximados y siempre a favor de la seguridad.

mo límite de profundidad de la línea neutra el valor correspondiente a la mitad del canto de la sección.

## 3. DISPOSICION DE LAS TABLAS

Los tipos de hormigones elegidos para la confección de las tablas, H-160, H-200 y H-250, están extraídos de la serie de hormigones recomendados por el COMITE EURO-INTERNACIONAL DEL HORMIGON.

Las tabulaciones se han obtenido para el acero AEH-400 N, por lo que en los casos de utilización de este tipo de acero, los resultados que dan las tablas son exactos. Con acero AEH-500 N las tablas dan valores con suficiente aproximación, siempre a favor de la seguridad, por lo que su utilización es correcta.

Las tablas se han confeccionado para catorce cantos diferentes de losas. Los cantos menores de 10 cm. se han incluido para su utilización en algunos casos especiales (marquesinas, etc.).

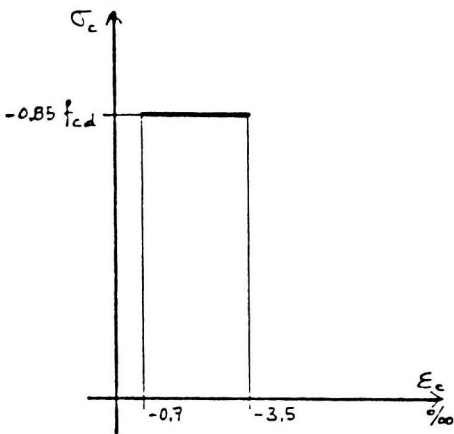


Figura 1

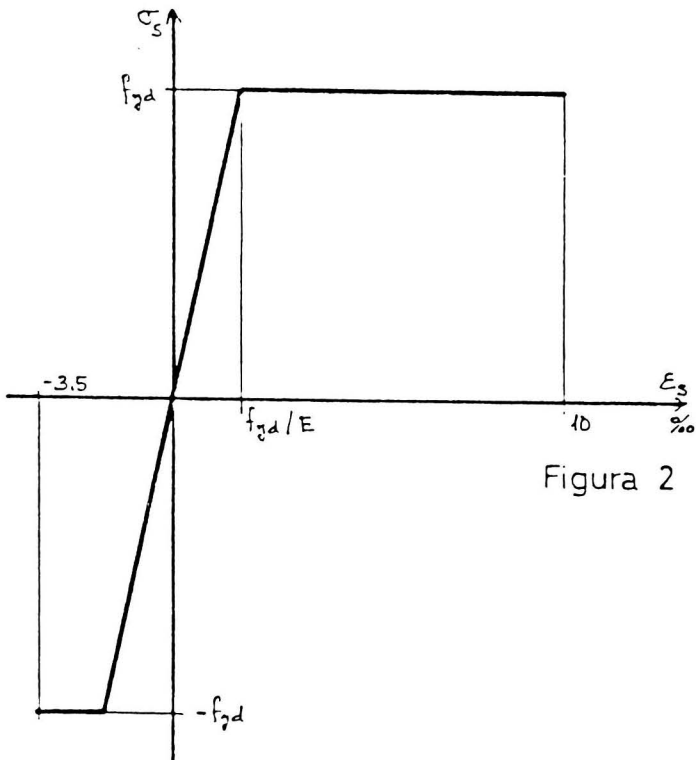


Figura 2

El cálculo se ha realizado obteniendo para cada momento útil  $\bar{M}=M_u/\gamma_F$ , los esfuerzos útiles  $\bar{U}=U/\gamma_F$  y  $\bar{U}'=U'/\gamma_F$  necesarios en las armaduras. Se emplean también para el hormigón y el acero las resistencias útiles  $\bar{f}=0,85f_{cd}/\gamma_f$  y  $\bar{f}_t=f_{yd}/\gamma_f$ , con  $\gamma_c=1,5$ ,  $\gamma_s=1,1$  y  $\gamma_F=1,6$ .

Para que en la armadura de compresión, la tensión resultante no sea menor que  $-f_{yd}$ , se ha limitado, en los cantos 7, 8 y 10 cm., el momento al máximo posible sin armadura de compresión. Para los cantos superiores a 15 cm. se ha limitado la armadura de compresión a la mitad de la correspondiente en tracción. Para la armadura de tracción se ha limitado el diámetro a 25 mm.

Los esfuerzos útiles de n barras y de barras a distintas separaciones, en los aceros AEH-400 y AEH-500, se indican en el cuadro.

El primer valor de la columna U corresponde al esfuerzo útil mínimo que exige la Instrucción EH-82 para la armadura longitudinal.

Las quebradas indican, para cada caso, los límites del diámetro más económico, columnas primera y última, marcándose, también en éstas, los valores utilizados para la desviación de las armaduras: d en la armadura de tracción, cuando no la hay de compresión, y d en ambas cuando la hay.

En el caso de ser necesaria armadura

de compresión, de acuerdo con lo que establece la Instrucción EH-82, se han incluido estribos de dos ramas de Ø 6 mm. Se recomienda no elegir cantos que, con solicitación de momentos positivos en los centros de vanos, precisen armadura de compresión.

BIBLIOGRAFIA

Instrucción EH-82: "Proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado". MOPU. 1982.

Code-modelle CEB-FIB pour les structures en beton Comité Euro-Internacional de beton. Paris. 1978.

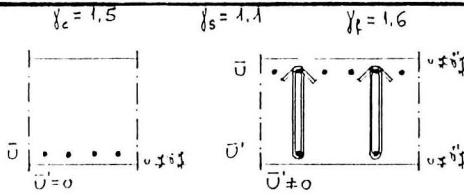
Estructuras de edificación. Javier Lahuerta. ETSA, Universidad de Navarra. 1985.

| ESFUERZOS UTILES DE n BARRAS                                     |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AEH 400 N                                                        | Diámetro | Esfuerzo útil $\bar{U}$ ó $\bar{U}'$ , en Mp, de                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                  | d, mm    | 1Ø                                                                          | 2Ø   | 3Ø   | 4Ø   | 5Ø   | 6Ø   | 7Ø   | 8Ø   | 9Ø   | 10Ø  | 11Ø  | 12Ø  | 13Ø  | 14Ø  | 15Ø  | 16Ø  | 17Ø  | 18Ø  | 19Ø  | 20Ø  |
|                                                                  | 6        | 0,66                                                                        | 1,32 | 1,98 | 2,64 | 3,29 | 3,95 | 4,61 | 5,27 | 5,93 | 6,59 | 7,25 | 7,91 | 8,56 | 9,22 | 9,88 | 10,5 | 11,2 | 11,9 | 12,5 | 13,2 |
| 8                                                                | 1,17     | 2,34                                                                        | 3,51 | 4,68 | 5,86 | 7,03 | 8,20 | 9,37 | 10,5 | 11,7 | 12,9 | 14,1 | 15,2 | 16,4 | 17,6 | 18,7 | 19,9 | 21,1 | 22,3 | 23,4 |      |
| 10                                                               | 1,83     | 3,66                                                                        | 5,49 | 7,32 | 9,15 | 11,0 | 12,8 | 14,6 | 16,5 | 18,3 | 20,1 | 22,0 | 23,8 | 25,6 | 27,4 | 29,3 | 31,1 | 32,9 | 34,8 | 36,6 |      |
| 12                                                               | 2,64     | 5,27                                                                        | 7,91 | 10,5 | 13,2 | 15,8 | 18,4 | 21,1 | 23,7 | 26,4 | 29,0 | 31,6 | 34,3 | 36,9 | 39,5 | 42,2 | 44,8 | 47,4 | 50,1 | 52,7 |      |
| $r_p = 4100 \text{kp/cm}^2$<br>$\bar{U}_s = 2330 \text{kp/cm}^2$ | 14       | 3,59                                                                        | 7,17 | 10,8 | 14,4 | 17,9 | 21,5 | 25,1 | 28,7 | 32,3 | 35,9 | 39,5 | 43,0 | 46,6 | 50,2 | 53,8 | 57,4 | 61,0 | 64,6 | 68,2 |      |
|                                                                  | 16       | 4,68                                                                        | 9,37 | 14,1 | 18,7 | 23,4 | 28,1 | 32,8 | 37,5 | 42,2 | 46,8 | 51,5 | 56,2 | 60,9 | 65,6 | 70,3 | 75,0 | 79,6 | 84,3 | 89,0 |      |
|                                                                  | 20       | 7,32                                                                        | 14,6 | 22,0 | 29,3 | 36,6 | 43,9 | 51,2 | 58,6 | 65,9 | 73,2 | 80,5 | 87,8 | 95,2 | 102  | 110  | 117  | 124  | 132  | 139  |      |
|                                                                  | 25       | 11,4                                                                        | 22,9 | 34,3 | 45,7 | 57,2 | 68,6 | 80,1 | 91,5 | 103  | 114  | 126  | 137  | 149  | 160  | 172  | 183  | 194  | 206  | 217  |      |
|                                                                  |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                  |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| AEH 500 N                                                        | Diámetro | Esfuerzo útil $\bar{U}$ ó $\bar{U}'$ , en Mp, de                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                  | d, mm    | 1Ø                                                                          | 2Ø   | 3Ø   | 4Ø   | 5Ø   | 6Ø   | 7Ø   | 8Ø   | 9Ø   | 10Ø  | 11Ø  | 12Ø  | 13Ø  | 14Ø  | 15Ø  | 16Ø  | 17Ø  | 18Ø  | 19Ø  | 20Ø  |
|                                                                  | 6        | 0,82                                                                        | 1,64 | 2,46 | 3,28 | 4,10 | 4,92 | 5,74 | 6,56 | 7,38 | 8,20 | 9,02 | 9,84 | 10,7 | 11,5 | 12,3 | 13,1 | 13,9 | 14,8 | 15,6 | 16,4 |
| 8                                                                | 1,46     | 2,92                                                                        | 4,37 | 5,83 | 7,29 | 8,75 | 10,2 | 11,7 | 13,1 | 14,6 | 16,0 | 17,5 | 19,0 | 20,4 | 21,9 | 23,3 | 24,8 | 26,2 | 27,7 | 29,2 |      |
| 10                                                               | 2,28     | 4,56                                                                        | 6,83 | 9,11 | 11,4 | 13,7 | 15,9 | 18,2 | 20,5 | 22,8 | 25,1 | 27,3 | 29,6 | 31,9 | 34,2 | 36,4 | 38,7 | 41,0 | 43,3 | 45,6 |      |
| 12                                                               | 3,28     | 6,56                                                                        | 9,84 | 13,1 | 16,4 | 19,7 | 23,0 | 26,2 | 29,5 | 32,8 | 36,1 | 39,4 | 42,6 | 45,9 | 49,2 | 52,5 | 55,8 | 59,0 | 62,3 | 65,6 |      |
| $r_p = 5100 \text{kp/cm}^2$<br>$\bar{U}_s = 2900 \text{kp/cm}^2$ | 14       | 4,46                                                                        | 8,93 | 13,4 | 17,9 | 22,3 | 26,8 | 31,3 | 35,7 | 40,2 | 44,6 | 49,1 | 53,6 | 58,0 | 62,5 | 67,0 | 71,4 | 75,9 | 80,4 | 84,8 |      |
|                                                                  | 16       | 5,83                                                                        | 11,7 | 17,5 | 23,3 | 29,2 | 35,0 | 40,8 | 46,6 | 52,5 | 58,3 | 64,1 | 70,0 | 75,8 | 81,6 | 87,5 | 93,3 | 99,1 | 105  | 111  |      |
|                                                                  | 20       | 9,11                                                                        | 18,2 | 27,3 | 36,4 | 45,6 | 54,7 | 63,8 | 72,9 | 82,0 | 91,1 | 100  | 109  | 118  | 128  | 137  | 146  | 155  | 164  | 173  |      |
|                                                                  | 25       | 14,2                                                                        | 28,5 | 42,7 | 56,9 | 71,2 | 85,4 | 99,6 | 114  | 128  | 142  | 157  | 171  | 185  | 199  | 214  | 228  | 242  | 256  | 270  |      |
|                                                                  |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                  |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ESFUERZOS UTILES DE BARRAS A SEPARACIONES s                      |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| AEH 400 N                                                        | Diámetro | Esfuerzo útil $\bar{U}/s$ ó $\bar{U}'/s$ , en Mp/m, para separación s en cm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                  | d, mm    | 5                                                                           | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 18   | 20   | 22   | 25   | 30   | 35   | 40   | 50   |
|                                                                  | 6        | 13,2                                                                        | 11,0 | 9,41 | 8,23 | 7,32 | 6,59 | 5,99 | 5,49 | 5,07 | 4,71 | 4,39 | 4,12 | 3,66 | 3,29 | 2,99 | 2,64 | 2,20 | 1,88 | 1,65 | 1,32 |
| 8                                                                | 23,4     | 19,5                                                                        | 16,7 | 14,6 | 13,0 | 11,7 | 10,6 | 9,76 | 9,01 | 8,37 | 7,81 | 7,32 | 6,51 | 5,86 | 5,32 | 4,68 | 3,90 | 3,35 | 2,93 | 2,34 |      |
| 10                                                               | 36,6     | 30,5                                                                        | 26,1 | 22,9 | 20,3 | 18,3 | 16,6 | 15,2 | 14,1 | 13,1 | 12,2 | 11,4 | 10,2 | 9,15 | 8,32 | 7,32 | 6,10 | 5,23 | 4,57 | 3,66 |      |
| 12                                                               | 52,7     | 43,9                                                                        | 37,6 | 32,9 | 29,3 | 26,4 | 24,0 | 22,0 | 20,3 | 18,8 | 17,8 | 16,5 | 14,6 | 13,2 | 12,0 | 10,5 | 8,78 | 7,53 | 6,59 | 5,28 |      |
| $r_p = 4100 \text{kp/cm}^2$<br>$\bar{U}_s = 2330 \text{kp/cm}^2$ | 14       | 71,8                                                                        | 59,8 | 51,3 | 44,9 | 39,9 | 35,9 | 32,6 | 29,9 | 27,6 | 25,6 | 23,9 | 22,4 | 19,9 | 18,0 | 16,3 | 14,4 | 12,0 | 10,3 | 8,98 |      |
|                                                                  | 16       | 93,7                                                                        | 78,1 | 66,9 | 58,6 | 52,1 | 46,8 | 42,6 | 39,0 | 36,0 | 33,0 | 31,2 | 29,3 | 26,0 | 23,4 | 21,3 | 18,7 | 15,6 | 13,4 | 11,7 |      |
|                                                                  | 20       | 146                                                                         | 122  | 105  | 91,5 | 81,3 | 73,2 | 66,5 | 61,0 | 56,3 | 52,3 | 48,8 | 45,7 | 40,7 | 36,6 | 33,3 | 29,3 | 24,4 | 20,9 | 18,3 |      |
|                                                                  | 25       | 229                                                                         | 191  | 163  | 143  | 127  | 114  | 104  | 95,3 | 88,0 | 81,7 | 76,2 | 71,1 | 63,5 | 57,2 | 52,0 | 45,7 | 38,1 | 32,7 | 28,6 |      |
|                                                                  |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                  |          |                                                                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| AEH 500 N                                                        | Diámetro | Esfuerzo útil $\bar{U}/s$ ó $\bar{U}'/s$ , en Mp/m, para separación s en cm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                  | d, mm    | 5                                                                           | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 18   | 20   | 22   | 25   | 30   | 35   | 40   | 50   |
|                                                                  | 6        | 16,4                                                                        | 13,7 | 11,7 | 10,2 | 9,11 | 8,20 | 7,45 | 6,83 | 6,31 | 5,86 | 5,47 | 5,12 | 4,56 | 4,10 | 3,73 | 3,28 | 2,73 | 2,34 | 2,03 | 1,64 |
| 8                                                                | 29,2     | 24,3                                                                        | 20,8 | 18,2 | 16,2 | 14,8 | 13,3 | 12,1 | 11,2 | 10,4 | 9,72 | 9,11 | 8,10 | 7,29 | 6,63 | 5,83 | 4,86 | 4,16 | 3,64 | 2,92 |      |
| 10                                                               | 45,6     | 38,0                                                                        | 32,5 | 28,5 | 25,3 | 22,8 | 20,7 | 19,0 | 17,5 | 16,3 | 15,2 | 14,2 | 12,7 | 11,4 | 10,4 | 9,11 | 7,59 | 6,51 | 5,69 | 4,56 |      |
| 12                                                               | 65,6     | 54,7                                                                        | 46,9 | 41,0 | 36,4 | 32,8 | 29,8 | 27,3 | 25,2 | 23,4 | 21,9 | 20,5 | 18,2 | 16,4 | 14,9 | 13,1 | 10,9 | 9,37 | 8,20 | 6,56 |      |
| $r_p = 5100 \text{kp/cm}^2$<br>$\bar{U}_s = 2900 \text{kp/cm}^2$ | 14       | 89,2                                                                        | 74,3 | 63,7 | 55,8 | 49,6 | 44,6 | 40,5 | 37,2 | 34,3 | 31,9 | 29,7 | 27,9 | 24,8 | 22,3 | 20,3 | 17,8 | 14,9 | 12,7 | 11,2 |      |
|                                                                  | 16       | 117                                                                         | 97,2 | 83,3 | 72,9 | 64,8 | 58,3 | 53,0 | 48,6 | 44,9 | 41,6 | 38,6 | 36,4 | 32,4 | 29,2 | 26,5 | 23,3 | 19,4 | 16,7 | 14,6 |      |
|                                                                  | 20       | 182                                                                         | 152  | 130  | 114  | 101  | 91,1 | 82,8 | 75,9 | 70,1 | 65,1 | 60,7 | 56,9 | 50,6 | 45,6 | 41,4 | 36,4 | 30,4 | 26,0 | 22,8 |      |
|                                                                  | 25       | 285                                                                         | 237  | 203  | 178  | 158  | 142  | 129  | 119  | 110  | 102  | 94,9 | 89,0 | 79,1 | 71,2 | 64,7 | 56,9 | 47,5 | 40,7 | 35,6 |      |

## EDIFICACION

## FLEXION SIMPLE EN LOSAS

## HORMIGON H 160



Recubrimiento  $c \geq \phi + 15 \text{ mm}$

|                            |                                         |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| Resistencia útil: Hormigón | $\bar{\sigma}_i = 56 \text{ kp/cm}^2$   |
| Acero AEH 400 N            | $\bar{\sigma}_i = 2330 \text{ kp/cm}^2$ |
| Acero AEH 500 N            | $\bar{\sigma}_i = 2900 \text{ kp/cm}^2$ |

Esfuerzos útiles : De tracción  $\bar{U} = A_s \bar{\sigma}_s$

La tabla de valores exactos para el acero AEU 400 N.  
Con acero AEU 500 N, la tabla de valores suficientemente  
aproximados, siempre a favor de la seguridad.

### LIMITACIONES RECOMENDABLES PARA LA ELECCION DEL CANTO

$h \geq 10$  cm, salvo casos excepcionales (marquesinas, etc)

En centros de vanos, con momentos positivos,  $\bar{U}' = 0$

|                          |               |                        |
|--------------------------|---------------|------------------------|
| Viviendas, hoteles, etc  | $h \geq 1/27$ | Tramo aislado          |
| $q = 200 \text{ kp/m}^2$ | $h \geq 1/32$ | Tramo continuo externo |
|                          | $h \geq 1/38$ | Tramo continuo interno |

|                                                      |          |                        |
|------------------------------------------------------|----------|------------------------|
| Comercial, garages, etc<br>q = 500 kp/m <sup>2</sup> | h ≥ 1/22 | Tramo aislado          |
|                                                      | h ≥ 1/27 | Tramo continuo externo |
|                                                      | h ≥ 1/32 | Tramo continuo interno |

### ARMADURA TRANSVERSAL

### Cargas uniformes

$$\bar{U}_t \geq 0,2 \bar{U} \leq \bar{U}_m$$

$\bar{U}_m$  primer momento de la columna  $\bar{U}$

Cargas concentradas Ver EH-82, art. 53.3

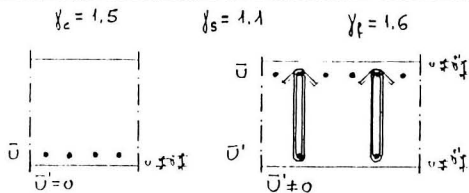
| Ф    | SECTION 7x100 |     |      | SECTION 8x100 |     |      | SECTION 10x100 |     |      | SECTION 12x100 |     |      | SECTION 14x100 |      |      | SECTION 15x100 |      |      | SECTION 16x100 |      |      | φ   | d <sub>1</sub> , cm | d <sub>2</sub> , cm |
|------|---------------|-----|------|---------------|-----|------|----------------|-----|------|----------------|-----|------|----------------|------|------|----------------|------|------|----------------|------|------|-----|---------------------|---------------------|
|      | Н             | В   | В'   | Н             | В   | В'   | Н              | В   | В'   | Н              | В   | В'   | Н              | В    | В'   | Н              | В    | В'   | Н              | В    | В'   |     |                     |                     |
|      | Н/м           | В/м | В'/м | Н/м           | В/м | В'/м | Н/м            | В/м | В'/м | Н/м            | В/м | В'/м | Н/м            | В/м  | В'/м | Н/м            | В/м  | В'/м | Н/м            | В/м  | В'/м |     |                     |                     |
| 6,8  | ≤0.145        | 2.9 | 0    | ≤0.20         | 3.4 | 0    | ≤0.33          | 4.2 | 0    | ≤0.49          | 5.0 | 0    | ≤0.70          | 6.0  | 0    | ≤0.80          | 6.3  | 0    | ≤0.90          | 6.7  | 0    | 6,8 | 16.0                | 16.0                |
|      | 0.150         | 3.0 | 0    | 0.21          | 3.6 | 0    | 0.34           | 4.3 | 0    | 0.50           | 5.1 | 0    | 0.72           | 6.2  | 0    | 0.85           | 6.7  | 0    | 0.95           | 7.0  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.155         | 3.1 | 0    | 0.22          | 3.7 | 0    | 0.35           | 4.5 | 0    | 0.51           | 5.2 | 0    | 0.74           | 6.4  | 0    | 0.90           | 7.2  | 0    | 1.00           | 7.4  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.160         | 3.3 | 0    | 0.23          | 3.9 | 0    | 0.36           | 4.6 | 0    | 0.52           | 5.3 | 0    | 0.76           | 6.5  | 0    | 0.95           | 7.6  | 0    | 1.05           | 7.8  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.165         | 3.4 | 0    | 0.24          | 4.1 | 0    | 0.37           | 4.8 | 0    | 0.53           | 5.5 | 0    | 0.78           | 6.7  | 0    | 1.00           | 8.0  | 0    | 1.10           | 8.2  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.170         | 3.5 | 0    | 0.25          | 4.3 | 0    | 0.38           | 4.9 | 0    | 0.54           | 5.6 | 0    | 0.80           | 6.9  | 0    | 1.05           | 8.4  | 0    | 1.15           | 8.6  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.175         | 3.6 | 0    | 0.26          | 4.5 | 0    | 0.39           | 5.0 | 0    | 0.55           | 5.7 | 0    | 0.82           | 7.1  | 0    | 1.10           | 8.9  | 0    | 1.20           | 8.9  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.180         | 3.7 | 0    | 0.27          | 4.7 | 0    | 0.40           | 5.2 | 0    | 0.56           | 5.8 | 0    | 0.84           | 7.3  | 0    | 1.15           | 9.3  | 0    | 1.25           | 9.3  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.185         | 3.8 | 0    | 0.28          | 4.9 | 0    | 0.41           | 5.3 | 0    | 0.57           | 5.9 | 0    | 0.86           | 7.5  | 0    | 1.20           | 9.7  | 0    | 1.3            | 9.7  | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.190         | 3.9 | 0    | 0.29          | 5.0 | 0    | 0.42           | 5.4 | 0    | 0.58           | 6.0 | 0    | 0.88           | 7.6  | 0    | 1.25           | 10.2 | 0    | 1.4            | 10.6 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.195         | 4.0 | 0    | 0.30          | 5.2 | 0    | 0.43           | 5.6 | 0    | 0.60           | 6.2 | 0    | 0.90           | 7.8  | 0    | 1.30           | 10.6 | 0    | 1.45           | 11.4 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.200         | 4.1 | 0    | 0.31          | 5.4 | 0    | 0.44           | 5.7 | 0    | 0.62           | 6.4 | 0    | 0.92           | 8.0  | 0    | 1.35           | 11.0 | 0    | 1.5            | 12.2 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.205         | 4.2 | 0    | 0.32          | 5.6 | 0    | 0.45           | 5.9 | 0    | 0.64           | 6.7 | 0    | 0.94           | 8.2  | 0    | 1.40           | 11.5 | 0    | 1.7            | 13.0 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.21          | 4.4 | 0    | 0.34          | 5.8 | 0    | 0.46           | 6.0 | 0    | 0.66           | 6.9 | 0    | 0.96           | 8.4  | 0    | 1.45           | 11.9 | 0    | 1.8            | 14.0 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.22          | 4.6 | 0    | 0.36          | 6.0 | 0    | 0.47           | 6.1 | 0    | 0.68           | 7.1 | 0    | 0.98           | 8.6  | 0    | 1.50           | 12.4 | 0    | 1.9            | 14.9 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.23          | 4.8 | 0    | 0.38          | 6.2 | 0    | 0.48           | 6.3 | 0    | 0.70           | 7.3 | 0    | 1.00           | 8.8  | 0    | 1.55           | 12.8 | 0    | 2.0            | 15.7 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.24          | 5.0 | 0    | 0.39          | 6.4 | 0    | 0.49           | 6.4 | 0    | 0.72           | 7.5 | 0    | 1.05           | 9.2  | 0    | 1.60           | 13.4 | 0    | 2.1            | 16.6 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.25          | 5.3 | 0    | 0.41          | 6.6 | 0    | 0.50           | 6.6 | 0    | 0.74           | 7.8 | 0    | 1.10           | 9.7  | 0    | 1.65           | 13.9 | 0    | 2.2            | 17.5 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.26          | 5.5 | 0    | 0.43          | 6.8 | 0    | 0.51           | 6.8 | 0    | 0.76           | 8.0 | 0    | 1.15           | 10.2 | 0    | 1.70           | 14.4 | 0    | 2.3            | 18.4 | 0    |     |                     |                     |
|      | 0.28          | 6.0 | 0    | 0.47          | 7.2 | 0    | 0.55           | 7.0 | 0    | 0.78           | 8.2 | 0    | 1.25           | 11.1 | 0    | 1.80           | 15.3 | 0    | 2.4            | 19.4 | 0    |     |                     |                     |
| 0.29 | 6.2           | 0   | 0.48 | 7.4           | 0   | 0.56 | 7.1            | 0   | 0.80 | 8.4            | 0   | 1.30 | 11.6           | 0    | 1.85 | 15.8           | 0    | 2.5  | 20.3           | 0    |      |     |                     |                     |
| 0.30 |               |     |      |               |     |      |                |     |      |                |     |      |                |      |      |                |      |      |                |      |      |     |                     |                     |



## EDIFICACION

## FLEXION SIMPLE EN LOSAS

HORMIGON H 250



Recubrimiento  $e \geq \phi + 15 \text{ mm}$

|                     |                 |                                         |
|---------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| Resistencia Stiles: | Hormigón        | $\bar{\sigma}_c = 30 \text{ kp/cm}^2$   |
|                     | Acero AEH 400 N | $\bar{\sigma}_s = 2730 \text{ kp/cm}^2$ |
|                     | Acero AEH 500 N | $\bar{\sigma}_s = 2900 \text{ kp/cm}^2$ |

|                |               |                           |
|----------------|---------------|---------------------------|
| Fuerzas útiles | De tracción   | $\bar{U} = A_1 \bar{U}_1$ |
|                | De compresión | $U' = A_1 U'_1$           |

La tabla de valores exactos para el acero AEN 400 N,  
con acero AEN 500 N, la tabla de valores suficientemente  
aproximados, siempre a favor de la seguridad.

## LIMITACIONES RECOMENDABLES PARA LA ELECCION DEL CANTO

$h \geq 10$  cm, salvo casos excepcionales (marquesinas, etc)

En centros de vanos, con momentos positivos,  $\bar{U}' = 0$

|                          |               |                        |
|--------------------------|---------------|------------------------|
| Viviendas, hoteles, etc  | $h \geq 1/27$ | Tramo aislado          |
| $q = 200 \text{ kp/m}^2$ | $h \geq 1/32$ | Tramo continuo externo |
|                          | $h \geq 1/38$ | Tramo continuo interno |

|                          |               |                        |
|--------------------------|---------------|------------------------|
| Comercial, garages, etc  | $h \geq 1/22$ | Tramo aislado          |
| $q = 500 \text{ kp/m}^2$ | $h \geq 1/27$ | Tramo continuo externo |
|                          | $h \geq 1/32$ | Tramo continuo interno |

### ARMADURA TRANSVERSAL

Cargas uniformes  $\bar{U}_t \geq 0, 2 \bar{U} \leq \bar{U}_m$   
 $\bar{U}_m$  primer momento de la columna  $\bar{U}$

Cargas concentradas Ver EII-82, art. 53.3

| $\phi$ | SECTION 7x100     |                   |                    | SECTION 8x100     |                   |                    | SECTION 10x100    |                   |                    | SECTION 12x100    |                   |                    | SECTION 14x100    |                   |                    | SECTION 15x100    |                   |                    | SECTION 16x100    |                   |                    | $\phi$ |
|--------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------|
|        | $\bar{H}$<br>MP/m | $\bar{U}$<br>MP/m | $\bar{U}'$<br>MP/m | $\bar{H}$<br>MP/m | $\bar{U}$<br>MP/m | $\bar{U}'$<br>MP/m | $\bar{H}$<br>MP/m | $\bar{U}$<br>MP/m | $\bar{U}'$<br>MP/m | $\bar{H}$<br>MP/m | $\bar{U}$<br>MP/m | $\bar{U}'$<br>MP/m | $\bar{H}$<br>MP/m | $\bar{U}$<br>MP/m | $\bar{U}'$<br>MP/m | $\bar{H}$<br>MP/m | $\bar{U}$<br>MP/m | $\bar{U}'$<br>MP/m | $\bar{H}$<br>MP/m | $\bar{U}$<br>MP/m | $\bar{U}'$<br>MP/m |        |
| 4.8    | 0.14              | 2.9               | 0                  | 0.20              | 3.4               | 0                  | 0.33              | 4.2               | 0                  | 0.50              | 5.0               | 0                  | 0.70              | 5.9               | 0                  | 0.8               | 6.3               | 0                  | 0.9               | 6.7               | 0                  |        |
|        | 0.15              | 3.0               | 0                  | 0.21              | 3.5               | 0                  | 0.34              | 4.3               | 0                  | 0.55              | 5.6               | 0                  | 0.75              | 6.3               | 0                  | 0.9               | 7.0               | 0                  | 1.0               | 7.3               | 0                  |        |
|        | 0.16              | 3.2               | 0                  | 0.22              | 3.7               | 0                  | 0.35              | 4.4               | 0                  | 0.60              | 6.1               | 0                  | 0.80              | 6.8               | 0                  | 1.0               | 7.8               | 0                  | 1.1               | 8.0               | 0                  |        |
|        | 0.17              | 3.4               | 0                  | 0.23              | 3.8               | 0                  | 0.36              | 4.5               | 0                  | 0.65              | 6.6               | 0                  | 0.85              | 7.2               | 0                  | 1.1               | 8.7               | 0                  | 1.2               | 8.8               | 0                  |        |
|        | 0.18              | 3.6               | 0                  | 0.24              | 4.0               | 0                  | 0.37              | 4.7               | 0                  | 0.70              | 7.1               | 0                  | 0.90              | 7.6               | 0                  | 1.2               | 9.5               | 0                  | 1.3               | 9.5               | 0                  |        |
|        | 0.19              | 3.8               | 0                  | 0.25              | 4.2               | 0                  | 0.38              | 4.8               | 0                  | 0.75              | 7.7               | 0                  | 0.95              | 8.1               | 0                  | 1.3               | 10.3              | 0                  | 1.4               | 10.3              | 0                  |        |
|        | 0.20              | 4.0               | 0                  | 0.26              | 4.4               | 0                  | 0.39              | 4.9               | 0                  | 0.80              | 8.2               | 0                  | 1.00              | 8.5               | 0                  | 1.4               | 11.1              | 0                  | 1.5               | 11.0              | 0                  |        |
|        | 0.21              | 4.2               | 0                  | 0.27              | 4.5               | 0                  | 0.40              | 5.1               | 0                  | 0.85              | 8.8               | 0                  | 1.05              | 9.0               | 0                  | 1.5               | 12.0              | 0                  | 1.6               | 11.8              | 0                  |        |
|        | 0.22              | 4.4               | 0                  | 0.28              | 4.7               | 0                  | 0.41              | 5.2               | 0                  | 0.90              | 9.3               | 0                  | 1.10              | 9.4               | 0                  | 1.6               | 12.8              | 0                  | 1.7               | 12.6              | 0                  |        |
|        | 0.23              | 4.7               | 0                  | 0.29              | 4.9               | 0                  | 0.42              | 5.3               | 0                  | 0.95              | 9.9               | 0                  | 1.15              | 9.9               | 0                  | 1.7               | 13.8              | 0                  | 1.8               | 13.5              | 0                  |        |
|        | 0.24              | 4.9               | 0                  | 0.30              | 5.1               | 0                  | 0.43              | 5.4               | 0                  | 1.00              | 10.4              | 0                  | 1.20              | 10.3              | 0                  | 1.8               | 14.7              | 0                  | 1.9               | 14.3              | 0                  |        |
|        | 0.25              | 5.1               | 0                  | 0.31              | 5.3               | 0                  | 0.44              | 5.6               | 0                  | 1.05              | 11.0              | 0                  | 1.25              | 10.8              | 0                  | 1.9               | 15.5              | 0                  | 2.0               | 15.1              | 0                  |        |
|        | 0.26              | 5.3               | 0                  | 0.32              | 5.4               | 0                  | 0.45              | 5.7               | 0                  | 1.10              | 11.5              | 0                  | 1.3               | 11.2              | 0                  | 2.0               | 16.4              | 0                  | 2.1               | 15.9              | 0                  |        |
|        | 0.27              | 5.5               | 0                  | 0.33              | 5.6               | 0                  | 0.46              | 5.8               | 0                  | 1.15              | 12.1              | 0                  | 1.4               | 12.2              | 0                  | 2.1               | 17.3              | 0                  | 2.2               | 16.7              | 0                  |        |
|        | 0.28              | 5.8               | 0                  | 0.34              | 5.8               | 0                  | 0.48              | 6.1               | 0                  | 1.20              | 12.7              | 0                  | 1.5               | 13.1              | 0                  | 2.2               | 18.2              | 0                  | 2.3               | 17.5              | 0                  |        |
|        | 0.29              | 6.0               | 0                  | 0.35              | 6.0               | 0                  | 0.50              | 6.4               | 0                  | 1.25              | 13.4              | 0                  | 1.6               | 14.2              | 0                  | 2.3               | 19.1              | 0                  | 2.4               | 18.4              | 0                  |        |
|        | 0.30              | 6.2               | 0                  | 0.36              | 6.2               | 0                  | 0.55              | 7.0               | 0                  | 1.30              | 14.0              | 0                  | 1.7               | 15.1              | 0                  | 2.4               | 20.1              | 0                  | 2.5               | 19.2              | 0                  |        |
|        | 0.31              | 6.4               | 0                  | 0.37              | 6.3               | 0                  | 0.60              | 7.7               | 0                  | 1.35              | 14.5              | 0                  | 1.8               | 16.1              | 0                  | 2.5               | 21.0              | 0                  | 2.6               | 20.0              | 0                  |        |
|        | 0.32              | 6.6               | 0                  | 0.38              | 6.5               | 0                  | 0.65              | 8.4               | 0                  | 1.40              | 15.1              | 0                  | 1.9               | 17.1              | 0                  | 2.6               | 21.9              | 0                  | 2.7               | 20.8              | 0                  |        |
|        | 0.33              | 6.8               | 0                  | 0.39              | 6.7               | 0                  | 0.70              | 9.1               | 0                  | 1.45              | 15.7              | 0                  | 2.0               | 18.0              | 0                  | 2.7               | 22.9              | 0                  | 2.8               | 21.8              | 0                  |        |
|        | 0.34              | 7.1               | 0                  | 0.40              | 6.9               | 0                  | 0.75              | 9.8               | 0                  | 1.50              | 16.3              | 0                  | 2.1               | 19.0              | 0                  | 2.8               | 24.1              | 0                  | 2.9               | 22.9              |                    |        |