

Introducción

El comienzo de la utilización del binomio placa nervada - hormigón, para la ejecución de Losas Mixtas, data de alrededor del año 1938 donde aparece en Estados Unidos la primera patente de este tipo de forjados.

El Eurocódigo 4 (EC-4) define como Losa Mixta aquella en la que se usan placas nervadas de acero como encofrado fijo capaz de soportar el hormigón vertido, la armadura y las cargas de ejecución. Posteriormente las placas de acero se combinan estructuralmente con el hormigón endurecido y actúan como una parte o la totalidad de la armadura a tracción en el forjado acabado.

La búsqueda de soluciones más ligeras que garanticen el buen funcionamiento a flexión de la sección mixta, utilizando elementos conectadores con formas más o menos complejas, fue durante muchos años la constante a considerar por los calculistas y fabricantes de este tipo de forjados.

HIASA fabrica la placa nervada HA-60/220-E que con formas sencillas de resaltes o indentaciones (entallas), permite no tener que adicionar a la placa de acero elementos metálicos que desarrollen el papel de conectadores u otros elementos complementarios para un determinado valor de sobrecarga.

La denominación que HIASA (H) ha dado a su Losa Mixta (LM) corresponde a la definición de la geometría de la misma, donde 60 mm es la altura de la placa nervada y 220 mm la distancia entre valles de la placa.

Este producto tiene la particularidad que necesita, obligatoriamente, de una serie de ensayos a escala real para determinar los coeficientes m-k, valores indispensables para el cálculo de la sobrecarga útil del producto; en nuestro caso los ensayos fueron realizados en el Laboratorio del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC-MADRID).

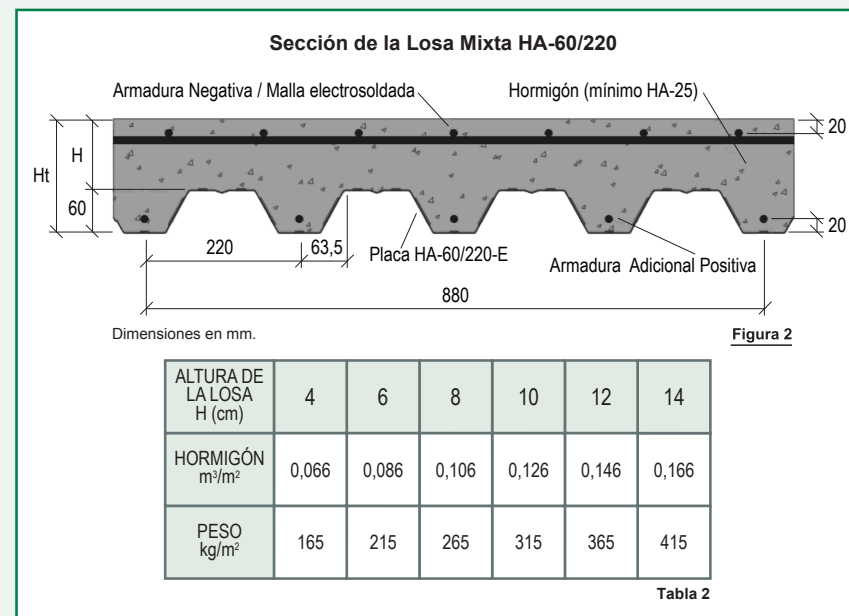
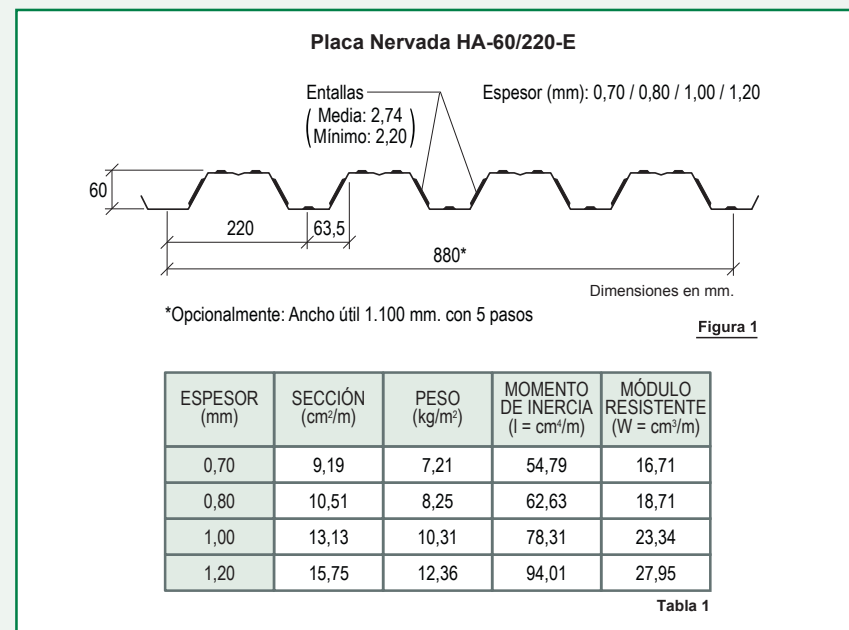
Los ensayos realizados, de acuerdo al procedimiento marcado por el EC-4 (apartado 10.3), abarcaron la determinación de los coeficientes (m-k) correspondientes a los siguientes tipos de Losas Mixtas:

- Placa nervada (HA-60/220-E) + Hormigón + Armadura de reparto.
- Placa nervada (HA-60/220-E) + Hormigón + Armadura de reparto + Conectores.

Características de los Componentes de la Losa Mixta

Los elementos que pueden componer la Losa Mixta HLM-60/220 son los siguientes:

- Placa Nervada HA-60/220-E.
- Hormigón.
- Armadura Adicional Positiva.
- Armadura Negativa/Malla Electrosoldada.



Características del Hormigón

La resistencia característica del hormigón a utilizar en la Losa Mixta HLM-60/220, según la normativa EHE, no podrá ser menor que 25 N/mm².

Características Mecánicas del Acero de la Placa Nervada

El tipo de acero utilizado para la placa nervada HA-60/220-E será galvanizado estructural. Sus características se reflejan en la siguiente tabla.

EURONORMA			DIN		Límite elástico (Re) N/mm ² Valores mínimos	Resistencia a la tracción (Rm) N/mm ² Valores mínimos	Alargamiento mínimo (A) %	
S250GD	10147-95	FeE250G	10147-92	STE250-2Z	17162	250	330	19
S320GD		FeE320G		STE320-3Z		320	390	17
S350GD		FeE350G		STE350-3Z		350	420	16

Tabla 3

Armadura Adicional

La armadura adicional la componen barras de acero corrugadas y deberá tener la siguiente designación y características mecánicas, según la normativa EHE.

Designación	Clase de acero	Límite elástico f_y en N/mm ² no menor que	Carga unitaria de rotura f_s en N/mm ² no menor que	Alargamiento de rotura en % sobre base de 5 diámetros no menor que	Relación f_s/f_y en ensayo no menor que
B 500 S	Soldable	500	550	12	1,05

Tabla 4

Malla Electrosoldada

La malla electrosoldada será fabricada con alambre corrugado, debiendo cumplir la normativa correspondiente a este tipo de producto (UNE-36092:96).

Sus características mecánicas mínimas garantizadas, según la normativa EHE, deberán cumplir con lo especificado en la siguiente tabla.

ENSAYO DE TRACCIÓN					Ensayo de doblado ($\alpha = 90^\circ$) Ensayo desdoblado ($\beta = 20^\circ$)
Designación de los alambres	Límite elástico f_y en N/mm ² no menor que	Carga unitaria de rotura f_s en N/mm ² no menor que	Alargamiento de rotura (%) sobre base de 5 diámetros	Relación f_s/f_y	8 Ø
B 500 T	500	550	8	1,03	

Tabla 5

Ventajas de la Losa Mixta HLM-60/220

- Simplicidad y rapidez en la ejecución debido a la ligereza de la placa nervada que permite facilitar el transporte, almacenamiento y montaje.
- Menor número de puntales y encofrados provisionales.
- Flexibilidad en la edificación e instalaciones gracias a su adaptabilidad y posible modificación durante la vida del edificio.
- Alcance de tolerancias más estrictas y posibilidad de establecer procedimientos de calidad.
- Plataforma segura de trabajo al reducir de forma considerable la posibilidad de caída de los operarios que trabajan sobre ella con la consiguiente seguridad para los que se encuentran debajo de la misma.



Foto 1



Foto 2

Transporte y Descarga

Los materiales deberán viajar siempre a cubierto con el toldo del camión colocado. Para la descarga se deberán utilizar eslingas de lona.

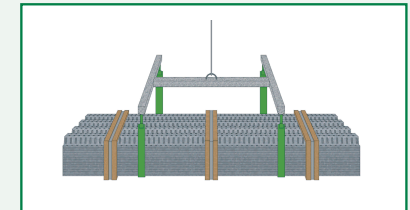


Figura 3

Estocaje

La placa nervada de acero galvanizado es sensible a la humedad, la condensación y la lluvia. El agua infiltrada entre las chapas puede llevar a la formación de un hidrocarbonato de zinc comúnmente llamado "óxido blanco". Este óxido no es perjudicial para la chapa aunque puede tener un efecto estético no deseable.

Se recomienda que el estocaje de los paquetes se realice siempre a cubierto y con ventilación o en zonas con atmósfera lo más seca posible.

En caso de tener que realizar el estocaje a la intemperie, los paquetes se deberán aislar del suelo mediante tacos de altura diferente, con el fin de obtener una pendiente que favorezca la evacuación del agua.

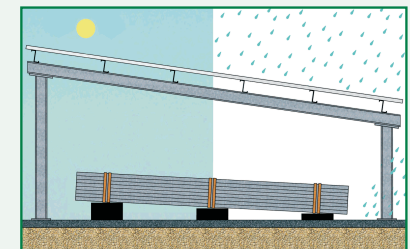


Figura 4

Montaje en Obra

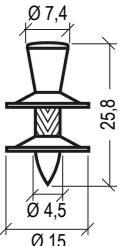
-Fase de Encofrado.

La placa nervada HA-60/220-E actúa como encofrado y como tal debe soportar las cargas inherentes a este estado como son el peso propio de la placa nervada y del hormigón, carga de acopios, efecto embalsamamiento, así como las cargas de ejecución:

- peso de los operarios y equipos de hormigonado.
- cualquier impacto o vibración que puede ocurrir durante la construcción.
- carga de ejecución de valor 1,50 kN/m² distribuida en una distancia de 3 m.
- carga de ejecución de valor 0,75 kN/m² en el resto del forjado.

-Fijaciones.

La misión de estos elementos es la de fijar las placas nervadas en su posición definitiva, impidiendo su levantamiento por la acción del viento o el desplazamiento lateral de las mismas durante la fase de montaje u hormigonado.

Espesor placa nervada t (mm)		Tracción N _{rec} (kN)	Cortadura V _{rec} (kN)	1) N _{rec} y V _{rec} válidas para placa de acero con una resistencia mínima a la tracción ≥ 370 N/mm ² . 2) Para espesores intermedios de placas nervadas, utilice la carga admisible para el espesor siguiente más pequeño. 3) Estas cargas recomendadas son adecuadas para el diseño que tiene en cuenta cargas debidas al viento según la norma DIN 1055 parte 4. 4) Las cargas admisibles incluyen un factor de seguridad de al menos 2,00 para carga estática y 1,30 para carga cíclica (5000 ciclos).
Nominal	Mínima			
0,75	0,65	1,80	2,00	
0,88	0,77	2,10	2,50	
1,00	0,89	2,70	3,00	
1,13	1,02	3,10	3,50	
1,25	1,13	3,50	4,00	

Clavo ENP2-21-L15 (HILTI).

Tabla 6

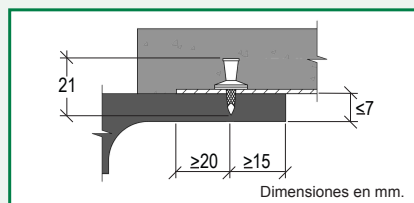


Figura 5. Fijación por disparo.

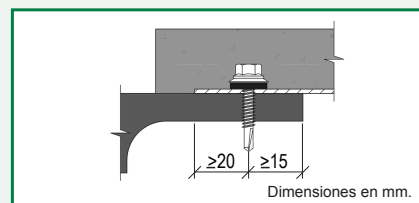


Figura 6. Fijación por tornillo (la rosca deberá ser visible).

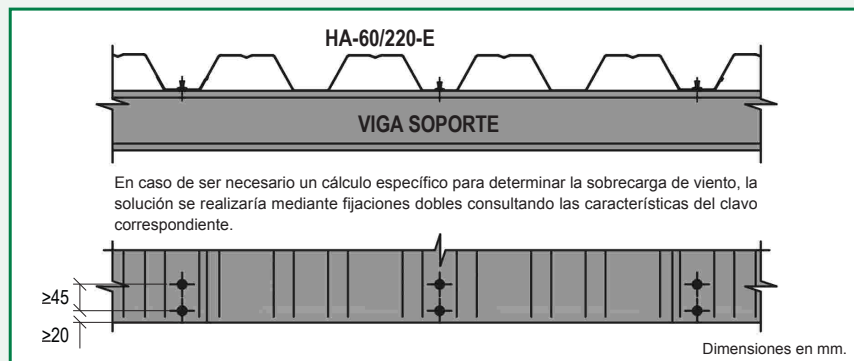


Figura 7. Distancias mínimas de las fijaciones.

- Armadura Negativa/ Malla Electrosoldada

La malla de armadura antisufración/retracción en el caso de un vano, y de negativos en el caso de dos vanos, se colocará 20 mm por debajo de superficie de hormigón de la Losa Mixta (Figura 2).

- Armadura Adicional Positiva

Como producto la Losa Mixta de forma general no ha sido diseñada para la colocación de este tipo de armadura ya que se trata de minimizar los elementos adicionales, siendo esta una de sus grandes ventajas. En algunos casos puede llegarse a este tipo de solución en función del valor de la sobrecarga necesaria a resistir por la Losa Mixta.

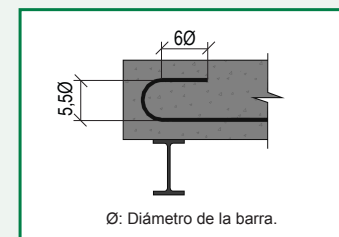
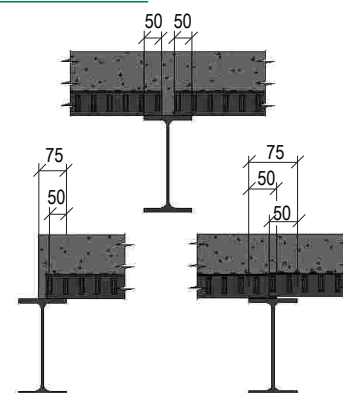


Figura 8. Anclaje de la armadura.

Detalles de Ejecución

- Dimensiones mínimas de apoyo de la Losa Mixta.

Sobre viga de acero/hormigón:



Sobre cualquier otro material:

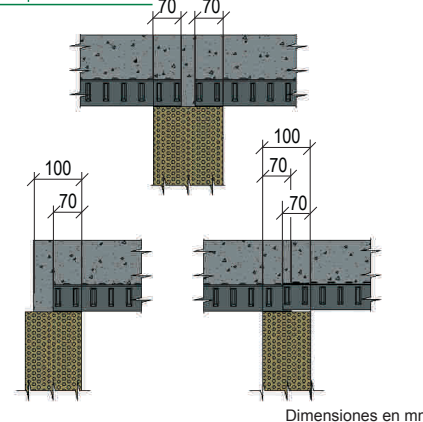


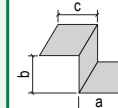
Figura 9

- Remates Perimetrales.

Remate de cambio de dirección

DIMENSIONES (mm)				
a	b	c	Desarrollo	Longitud
70	60	70	200	4.000

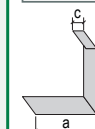
Tabla 7



Remate de borde

DIMENSIONES (mm)	Altura de la losa (cm)					
	H=4	H=6	H=8	H=10	H=12	H=14
a	130	110	90	153	133	113
b	100	120	140	160	180	200
c	20	20	20	20	20	20
Desarrollo	250	250	250	333	333	333
Longitud	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

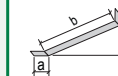
Tabla 8



Tirante

DIMENSIONES (mm)	Altura de la losa (cm)		
	H=4 H=6	H=8 H=10	H=12 H=14
a	30	30	30
b	150	200	200
c	20	20	20
h	35	75	115
Longitud	200	250	250
Ancho	50	50	50

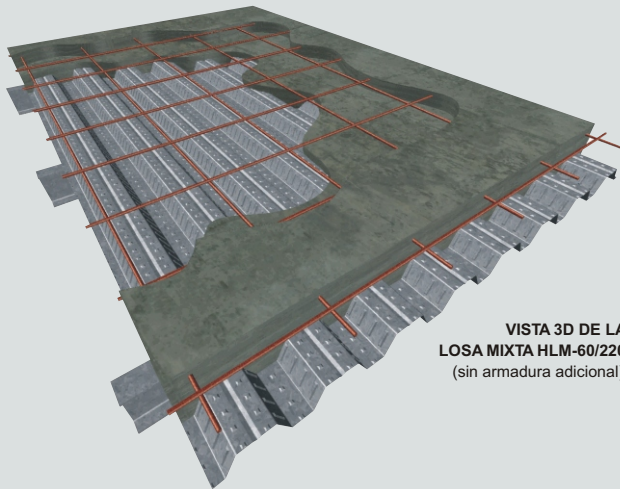
Tabla 9



Las sobrecargas, según el criterio de resistencia, han sido calculadas en base al procedimiento indicado en el apartado 7.6.1.3 del EC-4, el cual requiere de los valores de los coeficientes m-k, a partir de estos se obtiene para cada caso el máximo esfuerzo vertical de cálculo y finalmente la sobrecarga útil resistente. El valor de esta sobrecarga, posteriormente, se compara con la sobrecarga obtenida mediante el criterio de deformación, utilizándose el valor menor como sobrecarga útil.

Las características de los materiales y criterios de diseño utilizados son:

- Resistencia característica del hormigón 25 N/mm².
- Densidad del hormigón 2.500 kg/m³.
- Límite elástico del acero de la placa nervada:
 - 250 N/mm² (S250GD).
 - 320 N/mm² (S320GD).
 - 350 N/mm² (S350GD).
- Límite elástico de las armaduras 500 N/mm².
- Densidad del acero 7.850 Kg/m³.
- Limitación de flecha en la fase de vertido L/180 ó 20 mm.
- Limitación de flecha de la Losa Mixta L/350.



VISTA 3D DE LA LOSA MIXTA HLM-60/220 (sin armadura adicional).

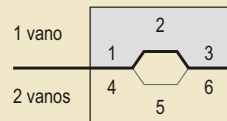
		H=4 cm			
		e (mm)			
L (m)		0,70	0,80	1,00	1,20
1,20	5	1990	2231	2755	
	8	2517	2517	3151	
1,40	5	1456	1633	2018	2401
	8	1810	1810	2276	2401
1,60	5	1106	1241	1536	1829
	8	1810	1810	1810	2276
1,80	5	863	970	1202	1434
	8	1036	1036	1318	1434
2,00	5	687	773	962	1150
	8	811	811	1039	1150
2,20	5	556	627	783	938
	8	645	645	833	938
2,40	5	455	514	645	776
	8	518	518	676	776
2,60	8	375	426	537	648
	8	554	419	554	648
2,80	8	355	451	547	547
	8	458	341	547	547
3,00	8	381	465	278	278
	8	278	278	278	278
3,20	8	397	397	226	226
	8	226	226	226	226

ALZADO DE LA LOSA MIXTA HLM-60/220 (sin armadura adicional).



		H=6 cm			
		e (mm)			
L (m)		0,70	0,80	1,00	1,20
1,20	6	2581	2902		
	8	3281	3281		
1,40	6	1888	2124	2625	3125
	8	2359	2359	3024	3426
1,60	6	1434	1614	1998	2380
	8	1761	1761	2270	2578
1,80	6	1119	1261	1564	1866
	8	1351	1351	1753	1996
2,00	6	891	1006	1251	1496
	8	1057	1057	1383	1580
2,20	6	720	815	1018	1220
	8	840	840	1109	1272
2,40	10	589	669	839	1009
	8	675	901	901	1038
2,60	10	486	554	696	844
	10	856	856	739	856
2,80	10	403	462	587	712
	10	711	711	712	712
3,00	10	336	387	496	604
	10	595	595	595	362
3,20	10	325	420	499	516
	10	499	499	499	516
3,40	10	358	442	442	442
	10	420	420	420	420
3,60	10	380	380	380	380
	10	380	380	380	380

LEYENDA DE LAS TABLAS



- 1 - Diámetro de las barras de la malla antifisuración/retracción de calidad B-500-T (mm).
- 2 - Sobrecarga útil máxima de la losa (no incluye el peso propio de la losa)(daN/m²).
- 3 - Separación entre barras de la malla antifisuración/retracción (mm).
- 4 - Diámetro de las barras de la malla de la armadura negativa de calidad B-500-T (mm).
- 5 - Sobrecarga útil en función de la armadura negativa (daN/m²).
- 6 - Separación entre barras de la malla de la armadura negativa (mm).

Apuntalamiento intermedio en el vano para calidad de acero de la placa nervada:

- S250GD, S320GD ó S350GD.
- S250GD.
- S320GD o calidad inferior.
- S350GD o calidad inferior.

H=8 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,20	8 3172 200			
	8 4046 200			
1,40	8 2321 200	8 2615 200		
	8 2909 200	8 2909 200		
1,60	8 1762 200	8 1987 200	8 2459 200	8 2931 200
	8 2171 200	8 2171 200	8 2459 200	8 2931 200
1,80	8 1375 200	8 1552 200	8 1925 200	8 2298 200
	8 1666 200	8 1666 200	8 1925 200	8 2298 200
2,00	8 1094 200	8 1238 200	8 1540 200	8 1842 200
	8 1304 200	8 1304 200	8 1540 200	8 1842 200
2,20	8 885 200	8 1003 200	8 1253 200	8 1503 200
	8 1036 200	8 1036 200	8 1253 200	8 1503 200
2,40	10 724 150	8 823 150	8 1033 200	8 1243 200
	10 1670 150	8 833 200	8 1033 200	8 1243 200
2,60	10 597 150	8 681 150	10 860 150	8 1039 200
	10 1388 150	10 1388 150	8 860 200	8 1039 200
2,80	10 495 150	8 568 150	10 722 150	10 876 150
	10 1164 150	10 1164 150	10 1164 150	8 876 200
3,00	10 412 150	8 476 150	10 610 150	10 744 150
	10 983 150	10 983 150	10 983 150	10 983 150
3,20	10 344 150	8 399 150	10 517 150	10 635 150
	10 835 150	10 835 150	10 835 150	10 835 150
3,40		10 336 150	10 440 150	10 545 150
		10 712 150	10 712 150	10 712 150
3,60			10 375 150	10 468 150
			10 610 150	10 610 150
3,80			10 319 150	10 403 150
			10 523 150	10 523 150
4,00				10 347 150
				10 449 150

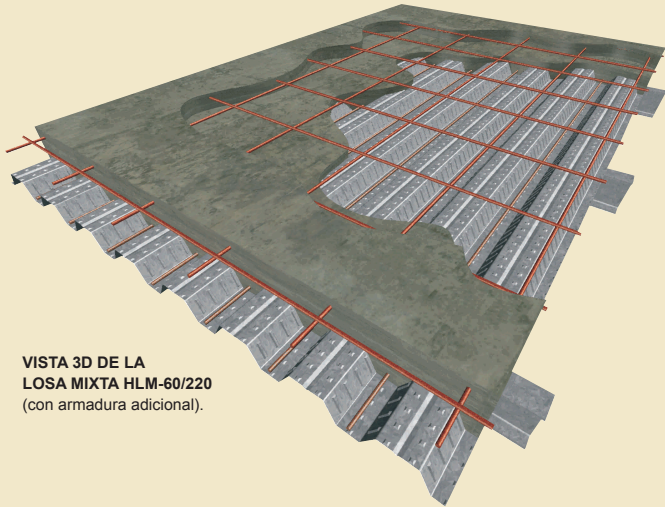
H=10 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,40	8 2753 200	8 3105 200		
	8 3459 200	8 3459 200		
1,60	8 2090 200	8 2359 200	8 2921 200	
	8 2582 200	8 2582 200	8 2921 200	
1,80	8 1630 200	8 1843 200	8 2287 200	8 2730 200
	8 1980 200	8 1980 200	8 2287 200	8 2730 200
2,00	8 1298 200	8 1470 200	8 1829 200	8 2188 200
	8 1550 200	8 1550 200	8 1829 200	8 2188 200
2,20	10 1049 150	8 1191 200	8 1488 200	8 1785 200
	10 2489 150	8 1232 200	8 1488 200	8 1785 200
2,40	10 858 150	8 977 150	8 1227 200	8 1476 200
	10 2047 150	10 2047 150	8 1227 200	8 1476 200
2,60	10 708 150	10 809 150	10 1022 150	8 1234 200
	10 1702 150	10 1702 150	10 1702 150	8 1234 200
2,80	10 587 150	8 674 150	10 858 150	10 1041 150
	10 1428 150	10 1428 150	10 1428 150	10 1428 150
3,00	10 489 150	8 565 150	10 724 150	10 884 150
	10 1208 150	10 1208 150	10 1208 150	10 1208 150
3,20	10 407 150	8 474 150	10 610 150	10 755 150
	10 1027 150	10 1027 150	10 1027 150	10 1027 150
3,40	10 339 150	8 398 150	10 523 150	10 647 150
	10 877 150	10 877 150	10 877 150	10 877 150
3,60		10 334 150	10 445 150	10 556 150
		10 752 150	10 752 150	10 752 150
3,80			10 379 150	10 478 150
			10 646 150	10 646 150
4,00			10 322 150	10 412 150
			10 555 150	10 555 150
4,20				10 354 150
				10 477 150
4,40				10 304 150
				10 410 150

H=12 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,40	8 3186 150			
	8 5267 150			
1,60	8 2418 150	8 2732 150		
	8 3956 150	8 3956 150		
1,80	8 1886 150	8 2134 150	8 2648 150	8 3162 150
	8 3057 150	8 3057 150	8 3057 150	8 3162 150
2,00	8 1502 150	8 1702 150	8 2119 150	8 2535 150
	8 2413 150	8 2413 150	8 2413 150	8 2535 150
2,20	12 1214 150	12 1379 150	8 1724 150	8 2067 150
	12 3802 150	12 3802 150	8 1938 150	8 2067 150
2,40	12 992 150	12 1131 150	12 1421 150	8 1710 150
	12 3142 150	12 3142 150	8 1576 150	8 1710 150
2,60	12 818 150	12 937 150	12 1183 150	12 1429 150
	12 2629 150	12 2629 150	12 2629 150	8 1294 150
2,80	12 679 150	12 781 150	12 993 150	12 1205 150
	12 2221 150	12 2221 150	12 2221 150	12 2221 150
3,00	12 565 150	12 654 150	12 839 150	12 1024 150
	12 1893 150	12 1893 150	12 1893 150	12 1893 150
3,20	12 471 150	12 549 150	12 711 150	12 874 150
	12 1624 150	12 1624 150	12 1624 150	12 1624 150
3,40	12 392 150	12 461 150	12 605 150	12 749 150
	12 1401 150	12 1401 150	12 1401 150	12 1401 150
3,60	12 325 150	12 387 150	12 515 150	12 644 150
	12 1214 150	12 1214 150	12 1214 150	12 1214 150
3,80		12 323 150	12 439 150	12 554 150
		12 1056 150	12 1056 150	12 1056 150
4,00			12 373 150	12 477 150
			12 921 150	12 921 150
4,20			12 316 150	12 410 150
			12 805 150	12 805 150
4,40				12 352 150
				12 704 150
4,60				12 301 150
				12 616 150

En ciertos casos es necesario un valor de sobrecarga útil que no es posible obtener con las soluciones anteriores y puede ser una opción tener en cuenta el adicionar barras de acero como armadura adicional en todos los valles de la placa nervada HA-60/220-E.

Con esta solución se alcanzan valores de sobrecarga mayores y tiene gran utilidad cuando se le exige al producto un determinado valor de resistencia al fuego normalizado.

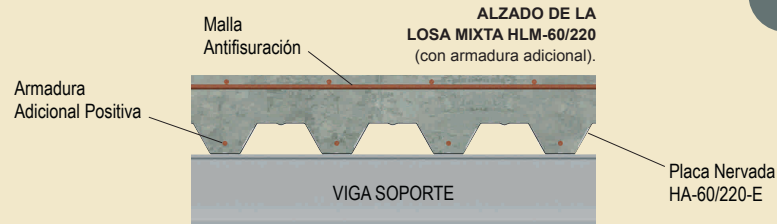
En estas tablas se muestran valores de sobrecarga para los mismos rangos de variación de las características más importantes de este producto, que son la altura de la losa y el espesor de la placa.



VISTA 3D DE LA LOSA MIXTA HLM-60/220 (con armadura adicional).

H=4 cm				
e (mm)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,80	Ø8 2200 Ø10 2450 Ø12 2800	Ø8 2400 Ø10 2720 Ø12 3000		
2,00	Ø8 1550 Ø10 1750 Ø12 2025	Ø8 1700 Ø10 1880 Ø12 2150	Ø8 1950 Ø10 2150 Ø12 2375	
2,20	Ø8 1100 Ø10 1250 Ø12 1450	Ø8 1230 Ø10 1380 Ø12 1560	Ø8 1430 Ø10 1580 Ø12 1750	Ø8 1620 Ø10 1745 Ø12 1910
2,40	Ø8 815 Ø10 935 Ø12 1050	Ø8 900 Ø10 1010 Ø12 1150	Ø8 1050 Ø10 1155 Ø12 1285	Ø8 1200 Ø10 1300 Ø12 1430
2,60	Ø8 610 Ø10 700 Ø12 820	Ø8 680 Ø10 775 Ø12 875	Ø8 785 Ø10 865 Ø12 950	Ø8 900 Ø10 955 Ø12 1050
2,80		Ø8 500 Ø10 575 Ø12 650	Ø8 610 Ø10 675 Ø12 750	Ø8 675 Ø10 725 Ø12 785
3,00			Ø8 450 Ø10 500 Ø12 565	Ø8 530 Ø10 575 Ø12 625
3,20				Ø8 400 Ø10 435 Ø12 485

H=6 cm				
e (mm)	0,70	0,80	1,00	1,20
2,00	Ø8 2500 Ø10 2850 Ø12 3250	Ø8 2700 Ø10 3025 Ø12 3450	Ø8 3130 Ø10 3450 Ø12 3850	
2,20	Ø8 1810 Ø10 2100 Ø12 2435	Ø8 1975 Ø10 2250 Ø12 2550	Ø8 2300 Ø10 2550 Ø12 2850	
2,40	Ø8 1350 Ø10 1575 Ø12 1800	Ø8 1435 Ø10 1650 Ø12 1900	Ø8 1700 Ø10 1900 Ø12 2150	Ø8 1950 Ø10 2100 Ø12 2350
2,60	Ø8 1025 Ø10 1190 Ø12 1400	Ø8 1100 Ø10 1280 Ø12 1485	Ø8 1300 Ø10 1450 Ø12 1625	Ø8 1450 Ø10 1600 Ø12 1785
2,80	Ø8 775 Ø10 900 Ø12 1050	Ø8 840 Ø10 975 Ø12 1120	Ø8 985 Ø10 1125 Ø12 1280	Ø8 1100 Ø10 1250 Ø12 1350
3,00	Ø8 580 Ø10 685 Ø12 790	Ø8 640 Ø10 745 Ø12 850	Ø8 750 Ø10 870 Ø12 950	Ø8 870 Ø10 965 Ø12 1100
3,20		Ø8 475 Ø10 550 Ø12 650	Ø8 575 Ø10 650 Ø12 750	Ø8 685 Ø10 750 Ø12 850
3,40			Ø8 435 Ø10 510 Ø12 565	Ø8 525 Ø10 575 Ø12 650
3,60				Ø8 400 Ø10 450 Ø12 500



- 1 - Diámetro de las barras de armadura positiva de calidad B-500-S (mm).
- 2 - Sobrecarga útil en función de la armadura positiva y de la malla antifisuración/retracción de la Losa Mixta (daN/m²).
- 3 - Malla antifisuración/retracción de calidad B-500-T (mm).

Apuntalamiento intermedio en el vano para calidad de acero de la placa nervada:

■ S250GD, S320GD ó S350GD.

H=8 cm						
L (m)	e (mm)	0,70	0,80	1,00	1,20	
		2,00	Ø8 3705 Ø10 4250 Ø12 4925	Ø8 3970 Ø10 4550 Ø12 5220	Ø8 4575 Ø10 5125 Ø12 5765	
2,20	Ø8 2680 Ø10 3100 Ø12 3575	Ø8 2925 Ø10 3300 Ø12 3820	Ø8 3400 Ø10 3805 Ø12 4300	Ø8 3820 Ø10 4200 Ø12 4585		200 x 200 x 8
2,40	Ø8 2025 Ø10 2395 Ø12 2775	Ø8 2220 Ø10 2550 Ø12 2950	Ø8 2500 Ø10 2850 Ø12 3150	Ø8 2875 Ø10 3125 Ø12 3455		200 x 200 x 8
2,60	Ø8 1550 Ø10 1785 Ø12 2120	Ø8 1700 Ø10 1940 Ø12 2250	Ø8 1980 Ø10 2250 Ø12 2485	Ø8 2150 Ø10 2420 Ø12 2680		200 x 200 x 8
2,80	Ø8 1175 Ø10 1385 Ø12 1625	Ø8 1295 Ø10 1515 Ø12 1735	Ø8 1520 Ø10 1715 Ø12 1935	Ø8 1735 Ø10 1925 Ø12 2150		150 x 150 x 10
3,00	Ø8 895 Ø10 1075 Ø12 1250	Ø8 1000 Ø10 1150 Ø12 1345	Ø8 1165 Ø10 1335 Ø12 1520	Ø8 1350 Ø10 1500 Ø12 1675		150 x 150 x 10
3,20	Ø8 695 Ø10 825 Ø12 985	Ø8 765 Ø10 905 Ø12 1050	Ø8 920 Ø10 1035 Ø12 1185	Ø8 1050 Ø10 1185 Ø12 1325		150 x 150 x 10
3,40		Ø8 585 Ø10 700 Ø12 825	Ø8 710 Ø10 825 Ø12 945	Ø8 820 Ø10 925 Ø12 1045		150 x 150 x 10
3,60			Ø8 550 Ø10 635 Ø12 725	Ø8 645 Ø10 735 Ø12 830		150 x 150 x 10
3,80			Ø8 420 Ø10 485 Ø12 575	Ø8 500 Ø10 575 Ø12 650		150 x 150 x 10
4,00				Ø8 375 Ø10 440 Ø12 510		150 x 150 x 10

H=10 cm						
L (m)	e (mm)	0,70	0,80	1,00	1,20	
		2,40	Ø8 2850 Ø10 3350 Ø12 3850	Ø8 3100 Ø10 3550 Ø12 4150		
2,60	Ø8 2150 Ø10 2550 Ø12 2930	Ø8 2350 Ø10 2735 Ø12 3115	Ø8 2750 Ø10 3125 Ø12 3520	Ø8 3050 Ø10 3425 Ø12 3850		200 x 200 x 8
2,80	Ø8 1650 Ø10 1989 Ø12 2285	Ø8 1825 Ø10 2125 Ø12 2450	Ø8 2150 Ø10 2400 Ø12 2750	Ø8 2375 Ø10 2695 Ø12 2975		150 x 150 x 10
3,00	Ø8 1300 Ø10 1520 Ø12 1785	Ø8 1425 Ø10 1650 Ø12 1920	Ø8 1650 Ø10 1880 Ø12 2150	Ø8 1880 Ø10 2120 Ø12 2400		150 x 150 x 10
3,20	Ø8 1000 Ø10 1200 Ø12 1425	Ø8 1095 Ø10 1275 Ø12 1520	Ø8 1295 Ø10 1485 Ø12 1720	Ø8 1510 Ø10 1675 Ø12 1885		150 x 150 x 10
3,40	Ø8 780 Ø10 925 Ø12 1120	Ø8 875 Ø10 1015 Ø12 1200	Ø8 1025 Ø10 1185 Ø12 1335	Ø8 1175 Ø10 1325 Ø12 1480		150 x 150 x 10
3,60		Ø8 675 Ø10 800 Ø12 925	Ø8 800 Ø10 925 Ø12 1075	Ø8 935 Ø10 1075 Ø12 1210		150 x 150 x 10
3,80			Ø8 625 Ø10 750 Ø12 845	Ø8 740 Ø10 850 Ø12 975		150 x 150 x 10
4,00			Ø8 485 Ø10 575 Ø12 690	Ø8 575 Ø10 680 Ø12 765		150 x 150 x 10
4,20				Ø8 450 Ø10 510 Ø12 610		150 x 150 x 10
4,40				Ø8 340 Ø10 400 Ø12 470		150 x 150 x 10

H=12 cm						
L (m)	e (mm)	0,70	0,80	1,00	1,20	
		2,40	Ø8 3318 Ø10 4067 Ø12 4971	Ø8 3623 Ø10 4369 Ø12 5271	Ø8 4263 Ø10 5005 Ø12 5902	
2,60	Ø8 2779 Ø10 3417 Ø12 4187	Ø8 3038 Ø10 3674 Ø12 4320	Ø8 3584 Ø10 4216 Ø12 4825	Ø8 4105 Ø10 4733 Ø12 5200		150 x 150 x 12
2,80	Ø8 2300 Ø10 2710 Ø12 3200	Ø8 2450 Ø10 2875 Ø12 3350	Ø8 2850 Ø10 3280 Ø12 3750	Ø8 3250 Ø10 3650 Ø12 4100		150 x 150 x 12
3,00	Ø8 1800 Ø10 2100 Ø12 2500	Ø8 1950 Ø10 2300 Ø12 2625	Ø8 2300 Ø10 2565 Ø12 2950	Ø8 2545 Ø10 2850 Ø12 3250		150 x 150 x 12
3,20	Ø8 1400 Ø10 1665 Ø12 1975	Ø8 1520 Ø10 1800 Ø12 2100	Ø8 1795 Ø10 2050 Ø12 2400	Ø8 2075 Ø10 2285 Ø12 2610		150 x 150 x 12
3,40	Ø8 1100 Ø10 1350 Ø12 1620	Ø8 1210 Ø10 1420 Ø12 1675	Ø8 1440 Ø10 1675 Ø12 1890	Ø8 1675 Ø10 1855 Ø12 2100		150 x 150 x 12
3,60	Ø8 875 Ø10 1075 Ø12 1275	Ø8 975 Ø10 1160 Ø12 1345	Ø8 1145 Ø10 1320 Ø12 1525	Ø8 1325 Ø10 1500 Ø12 1725		150 x 150 x 12
3,80		Ø8 775 Ø10 925 Ø12 1100	Ø8 910 Ø10 1085 Ø12 1250	Ø8 1075 Ø10 1220 Ø12 1400		150 x 150 x 12
4,00			Ø8 735 Ø10 850 Ø12 985	Ø8 845 Ø10 985 Ø12 1140		150 x 150 x 12
4,20			Ø8 575 Ø10 695 Ø12 795	Ø8 685 Ø10 795 Ø12 925		150 x 150 x 12
4,40				Ø8 550 Ø10 630 Ø12 745		150 x 150 x 12
4,60				Ø8 425 Ø10 500 Ø12 575		150 x 150 x 12

Introducción

Al analizar el comportamiento al fuego de la Losa Mixta, según lo indicado por el Eurocódigo 4 (parte 1-2), se plantean dos posibles casos:

1. Losa Mixta sin protección.
2. Losa Mixta con protección.

En ambos casos debe verificarse que la Losa Mixta cumple los requisitos exigidos con el fin de satisfacer su funcionalidad, es decir, tendrá que tener capacidad resistente y a la vez cumplir la función de compartimentación, para lo cual deberá verificarse que se cumplan los siguientes criterios de rotura:

Aislamiento Térmico “I”.

Criterio por el que se verifica la capacidad de un elemento de compartimentación para evitar la transmisión excesiva de calor.

Para que el forjado cumpla este criterio la temperatura de la cara no expuesta al fuego no debe superar los 180° C en ningún punto ni los 140° C de temperatura media.

Estanqueidad “E”.

Criterio por el que se asegura la capacidad de un elemento de compartimentación para prevenir el paso de llamas y gases calientes.

Se considerará que si la Losa Mixta cumple el criterio de aislamiento, también cumple el criterio de estanqueidad.

Resistencia “R”.

Criterio por el que se asegura la capacidad de una estructura o de un elemento estructural para soportar cargas durante la acción del fuego indicado y evitar el colapso o las deformaciones excesivas.

La resistencia al fuego de una Losa Mixta sin armadura adicional, según el apartado 4.3.1.1. del Eurocódigo 4 (Parte 1-2) será de al menos 30 minutos, comprobándose en todo caso el criterio de aislamiento “I” ya que para algunos casos, donde el canto de la losa no es mayor de 6 cm, no se logra el mínimo aislamiento necesario.

Criterio de Aislamiento Térmico en la Losa Mixta sin Protección

RESISTENCIA AL FUEGO NORMALIZADO	GROSOR EFICAZ MÍNIMO (mm)
R30	$h_{eff} = 60 - h_3$
R60	$h_{eff} = 80 - h_3$
R90	$h_{eff} = 100 - h_3$
R120	$h_{eff} = 120 - h_3$
R180	$h_{eff} = 150 - h_3$
R240	$h_{eff} = 175 - h_3$

Tabla 10

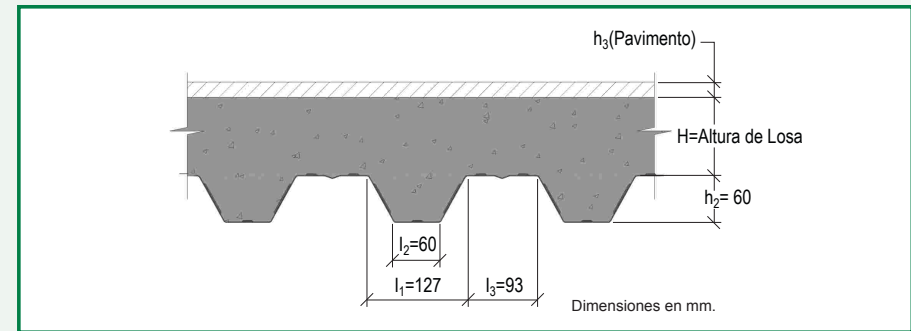


Figura 10

$$h_{eff} = H + 0,5 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1 + l_3} \right) \text{ si } \frac{h_2}{H} \leq 1,5 \text{ y } H > 40 \text{ mm}$$

$$h_{eff} = H \cdot \left[1 + 0,75 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1 + l_3} \right) \right] \text{ si } \frac{h_2}{H} > 1,5 \text{ y } H > 40 \text{ mm}$$

Ejemplo de aplicación Criterio Aislamiento Térmico.

Datos de partida:

Altura del pavimento: $h_3 = 0$.

Altura de la losa de hormigón: $H = 80$ mm.

Resistencia al fuego R90.

Resolución:

De la tabla 10 se obtiene que, para R90 el grosor eficaz debe ser:

$$h_{eff} \geq 100 - h_3; \mathbf{h_{eff\ min} = 100 \text{ mm}}$$

a continuación se calcula el grosor eficaz y se compara con el valor obtenido.

Como:

$$\frac{h_2}{H} = \frac{60}{80} = 0,75 \leq 1,5 \text{ y } H > 40 \text{ mm}$$

el grosor eficaz se calculará según la expresión:

$$\mathbf{h_{eff} = 80 + 0,5 \cdot 60 \cdot \left(\frac{127 + 60}{127 + 93} \right) = 105,5 \text{ mm}}$$

como el grosor eficaz de este caso (105,5 mm) es mayor que el grosor eficaz mínimo (100 mm) podemos afirmar que la Losa Mixta cumple el criterio de aislamiento térmico.

Criterio de Resistencia en la Losa Mixta sin Protección

El criterio de resistencia se puede analizar mediante la teoría plástica, a partir del cálculo del estado límite de pérdida para cada uno de los sistemas estáticos que se pueden considerar en el diseño de las losas.

Los diferentes sistemas estáticos posibles se muestran en la siguiente tabla en la que se puede ver la carga máxima que puede soportar la Losa Mixta para verificar el criterio de resistencia.

Definición del sistema	Esquema del sistema	Armaduras	Verificación del criterio de resistencia
Losa de un tramo apoyada en los extremos.		Sin armadura de negativos.	$q \leq \frac{8 \cdot M_{\theta, Rd}^+}{L^2}$
Tramo extremo de una losa continua de n tramos.		Con armadura de positivos y de negativos.	$q \leq \frac{8 \cdot (M_{\theta, Rd}^+ + 0.5 \cdot M_{\theta, Rd}^-)}{L^2}$
Tramo intermedio de una losa continua de n tramos.		Con armadura de positivos y de negativos.	$q \leq \frac{8 \cdot (M_{\theta, Rd}^+ + M_{\theta, Rd}^-)}{L^2}$
		Sin armadura de positivos.	$q \leq \frac{8 \cdot M_{\theta, Rd}^-}{L^2}$

Tabla 11

Siendo:

$M_{\theta, Rd}^+$, $M_{\theta, Rd}^-$: Valores de cálculo en valor absoluto del momento resistente positivo y negativo respectivamente, después de la exposición al incendio normalizado.

q: Carga repartida uniformemente que actúa sobre la Losa Mixta durante el incendio y que incluye el peso propio de la Losa Mixta (G) y la sobrecarga de uso (Q) a temperatura ambiente.

L: Luz en la dirección de la armadura del forjado.

La Losa Mixta, a temperatura ambiente, resiste los momentos positivos gracias a la acción de la placa nervada. En el caso en que no existan falsos techos ni recubrimientos, es la placa nervada la que queda expuesta a la acción del fuego reduciéndose sus propiedades mecánicas tales como el límite elástico y el módulo de elasticidad.

La colocación de armadura adicional, con un recubrimiento de 40 mm, proporciona un aumento de la resistencia de la Losa Mixta al fuego normalizado. Dicha armadura colabora en el cumplimiento del criterio de resistencia al fuego, pero no es válida para verificar el criterio de aislamiento térmico que deberá ser comprobado de forma independiente.

Gráficas de Cálculo para el Criterio de Resistencias

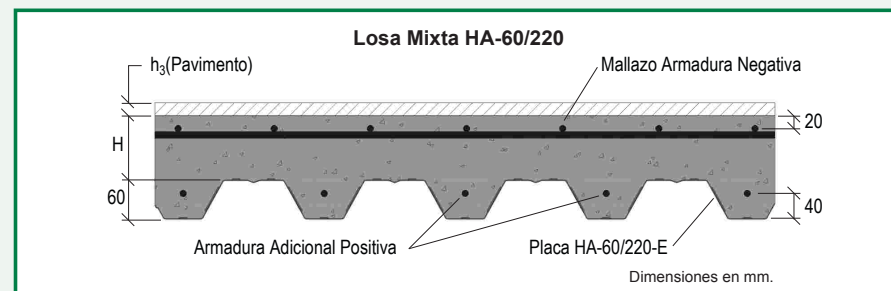
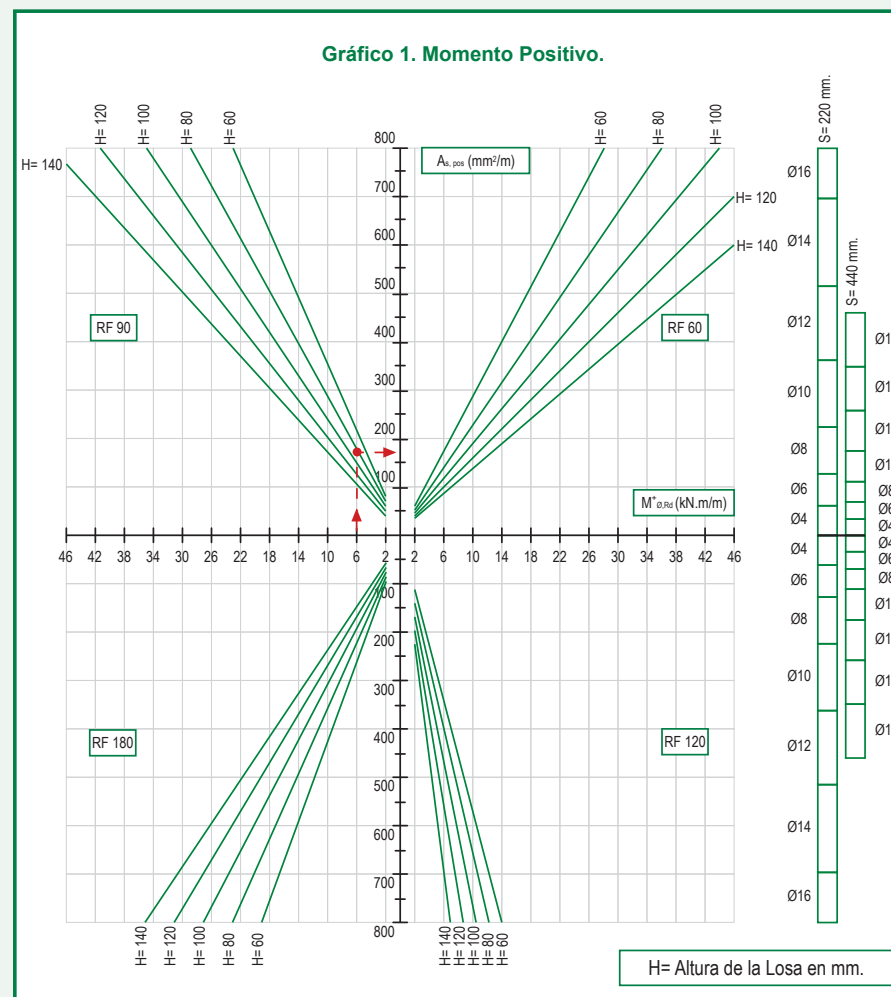
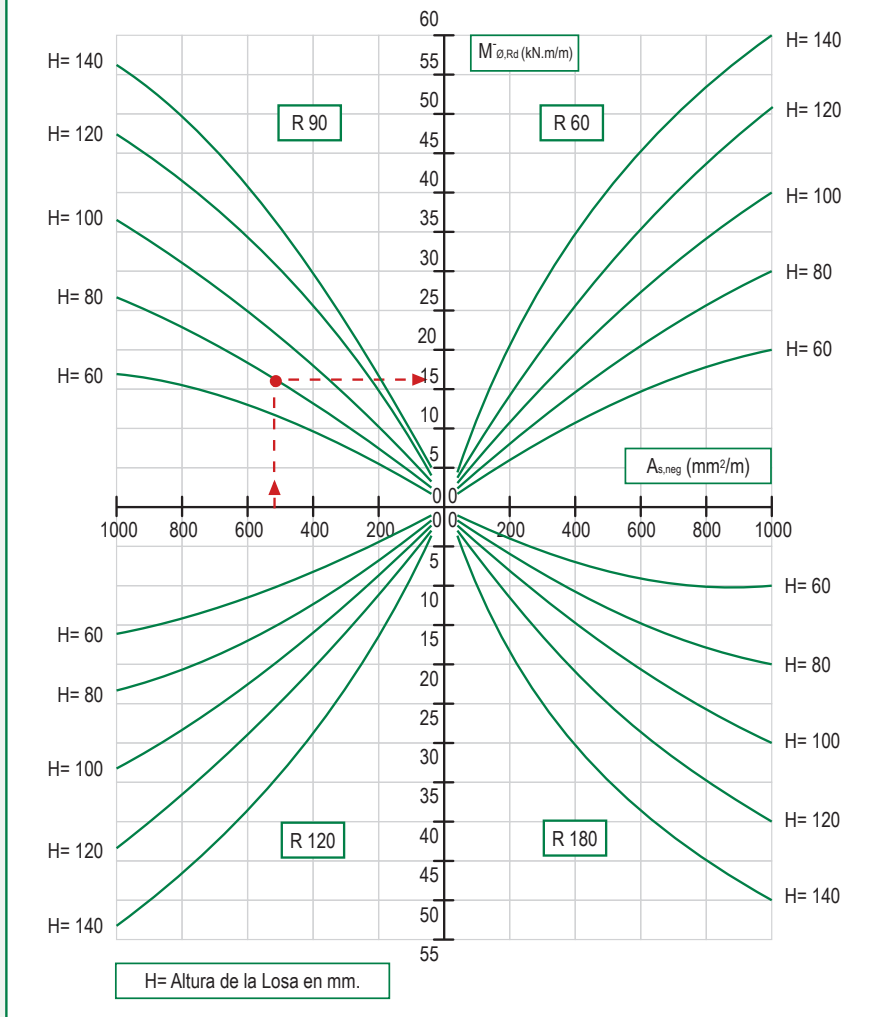


Figura 11

Gráfico 2. Momento Negativo.

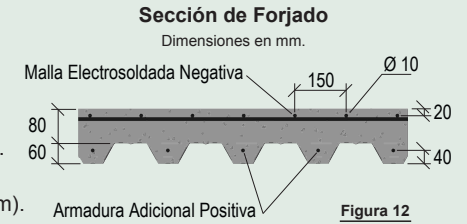


Hormigón C25/30: $f_{c,20^{\circ}\text{C}} = 25 \text{ N/mm}^2$.
 Acero B500S: $f_{sy20^{\circ}\text{C}} = 500 \text{ N/mm}^2$.

Ejemplo de aplicación Criterio de Resistencia

Datos de partida:

- Resistencia al Fuego R90.
- Losa de 2 vanos.
- Sobrecarga de uso: $Q = 6,00 \text{ kN/m}^2$.
- Peso propio de la Losa Mixta: $G = 2,65 \text{ kN/m}^2$.
- Luz: $L = 4 \text{ m}$.
- Malla de Armadura Negativa: $150 \times 150 \times 10 \text{ (mm)}$.



Antes de la verificación del criterio de resistencia hay que realizar la comprobación de aislamiento y calcular el valor h_{eff} .

La condición a verificar para el tramo extremo de una losa continua es:

$$M_{\theta,Rd}^+ + 0,5 \cdot M_{\theta,Rd}^- \geq \frac{q \cdot L^2}{8}$$

donde:

$$\frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{K \cdot (Q + G) \cdot L^2}{8} = \frac{0,85 \cdot (6,00 + 2,65) \cdot 4^2}{8} = 14,7 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

siendo K el valor de factor de carga. Este valor tomará distintos valores en función de la relación entre la sobrecarga de uso y la carga permanente y del sistema estático. Para Losas Mixtas se toma el valor 0,85 obtenido a partir de cálculos comparativos.

Se calcula la armadura negativa por metro de losa;

$$A_{s,neg} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4 \cdot s} = 523,6 \text{ mm}^2/\text{m}$$

donde s es la separación entre barras de la malla.

El momento resistente negativo se obtendrá en el gráfico 2 con los valores de H y $A_{s,neg}$:

$$M_{\theta,Rd}^- = 16,59 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

Para verificar el criterio de resistencia:

$$M_{\theta,Rd}^+ + 0,5 \cdot M_{\theta,Rd}^- \geq \frac{q \cdot L^2}{8}$$

de esta expresión se despeja el valor de $M_{\theta,Rd}^+$.

$$M_{\theta,Rd}^+ = 14,7 - 0,5 \cdot 16,59 = 6,4 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

Con el valor de $M_{\theta,Rd}^+$ y H, en la gráfica 1, obtenemos el valor de $A_{s,pos}$.

$$A_{s,pos} = 166,73 \text{ mm}^2/\text{m}$$

y el diámetro correspondiente:

$$\phi = \sqrt{\frac{A_{s,pos} \cdot 4 \cdot 0,22}{\pi}} = 6,83 \text{ mm}$$

Solución:

Así pues, añadiendo una barra de Ø8 mm en cada valle con un recubrimiento de 40 mm se obtiene una resistencia al fuego normalizado de 90 minutos.

El Ruido como Contaminante

El ruido es el contaminante más común, y puede definirse como cualquier sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable.

Así, lo que es música para una persona, puede ser calificado como ruido para otra. En un sentido más amplio, ruido es todo sonido percibido no deseado por el receptor, y se define al sonido como todo agente físico que estimula el sentido del oído.

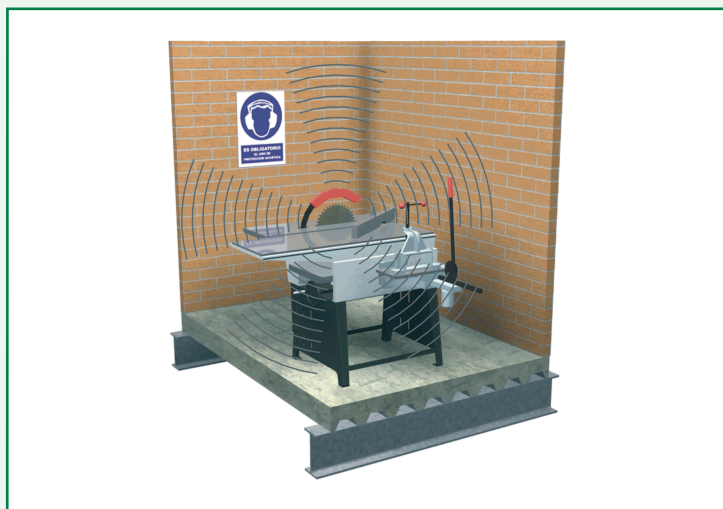


Figura 13

Características del Ruido

El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes:

- es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.
- es complejo de medir y cuantificar. No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero sí puede tenerlo en el hombre.
- tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, vale decir, es localizado.
- no se traslada a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado movido por el viento, por ejemplo.
- se percibe sólo por un sentido, el oído, lo cual hace subestimar su efecto. Esto no sucede con el agua, por ejemplo, donde la contaminación se puede percibir por su aspecto, olor y sabor.

Al utilizar la Losa Mixta HLM-60/220 como solución estructural para una entreplanta o cubierta, aparte de aprovechar sus grandes ventajas en cuanto a resistencia y deformación se refiere, también se obtienen notables avances en cuanto al aislamiento acústico respecto a otros tipos de fojados debido a su masividad.

Características Acústicas

Las características acústicas que debe cumplir la Losa Mixta HLM-60/220, cuando se utilice como elemento constructivo horizontal o como cubierta, según el Documento Básico del Código Técnico DB-HR: Protección contra el Ruido aprobado el 19 de Octubre de 2007 son:

1. Aislamiento mínimo a ruido aéreo entre recintos $D_{nT} = 50$ dBA.
2. Máximo Nivel de Ruido de Impacto Normalizado $L_n = 65$ dBA.

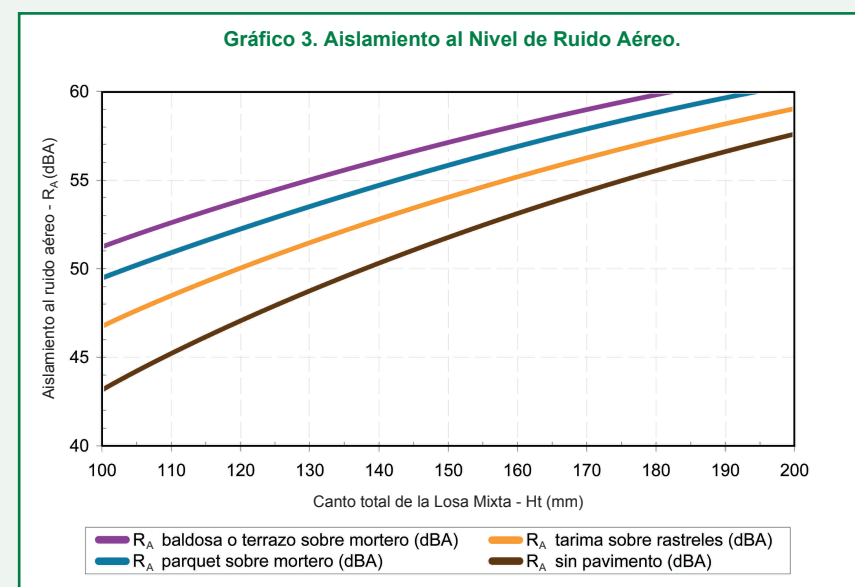
Aislamiento al Nivel de Ruido Aéreo (R_A)

El Código Técnico de la Edificación en el DB-HR admite que en ausencia de ensayos se puede calcular el aislamiento mínimo a ruido aéreo de un elemento constructivo (R_A) mediante las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} m \leq 150 \text{ kg/m}^2 & \quad R_A = 16,6 \cdot \log(m) + 2 \\ m > 150 \text{ kg/m}^2 & \quad R_A = 36,5 \cdot \log(m) - 38,5 \end{aligned}$$

donde m , expresada en kg/m^2 , representa la masa por unidad de superficie de la Losa Mixta y R_A se obtiene en dBA.

En el Gráfico 3 se muestra el resultado del aislamiento proporcionado por diferentes soluciones constructivas. Este valor ha sido calculado partiendo de las ecuaciones anteriores y de los pesos específicos más usuales de estos materiales.



	Espesor (cm)	Masa unitaria (Kg/m ²)	Aislamiento al Ruido Aéreo R _A (dBA)			
			Baldosa o terrazo sobre mortero (120 Kg/m ²)	Moqueta o láminas sobre mortero (80 Kg/m ²)	Parquet sobre mortero (90 Kg/m ²)	Tarima sobre rastreles (50 Kg/m ²)
FORJADO UNIDIRECCIONAL DE HORMIGÓN ARMADO CON BOVEDILLA DE CERÁMICA	150	170	51	49	50	47
	180	190	52	50	51	48
	200	210	53	51	52	50
	230	240	55	53	53	51
	250	250	55	53	54	52
	280	270	56	54	55	53
	300	290	57	55	56	54
	330	310	57	56	56	55
	350	330	58	57	57	56
FORJADO UNIDIRECCIONAL DE HORMIGÓN ARMADO CON BOVEDILLA DE HORMIGÓN	150	190	52	50	51	48
	180	220	54	52	52	50
	200	240	55	53	53	51
	230	280	56	55	55	53
	250	300	57	55	56	54
	280	330	58	57	57	56
	300	350	59	57	58	56
	330	380	60	58	59	58
	350	400	61	59	60	58
FORJADO UNIDIRECCIONAL DE HORMIGÓN ARMADO SIN BOVEDILLAS	150	150	50	48	48	45
	180	170	51	49	50	47
	200	190	52	50	51	48
	230	210	53	51	52	50
	250	220	54	52	52	50
	280	240	55	53	53	51
	300	250	55	53	54	52
	330	270	56	54	55	53
	350	290	57	55	56	54
FORJADO RETICULAR DE HORMIGÓN ARMADO	200	220	54	52	52	50
	250	270	56	54	55	53
	300	320	58	56	57	55
	350	360	59	58	58	57
	200	250	55	53	54	52
	250	310	57	56	56	55
	300	370	60	58	59	57
350	420	61	60	60	59	

Tabla 12

Máximo Nivel de Ruido de Impacto Normalizado (L_n)

Según el DB-HR los elementos constructivos de separación horizontal deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla una determinada protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso, zonas comunes, recintos de instalaciones o recintos de actividad.

Para el cálculo del aislamiento acústico a ruido de impactos de la Losa Mixta las transmisiones más importantes son las que proceden del recinto superpuesto.

El cálculo se realizará, al igual que cualquier otro tipo de forjado, mediante las expresiones que figuran en el "Documento Básico del Código Técnico DB-HR: Protección frente al ruido".

Soluciones para mejorar el Aislamiento a Ruido de Impacto

Existen diferentes soluciones que se utilizan para mejorar, en caso que sea necesario, el nivel de aislamiento a ruido de impacto, en la Tabla 13 se cuantifica el aporte de varias soluciones constructivas.

ELEMENTO	SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA	MEJORA DE AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO NORMALIZADO (dBA)
PAVIMENTOS	Plástico (PVC, amianto vinilo)	2
	Flotante de hormigón sobre fieltro	6
	Plástico sobre corcho	7
	Plástico sobre fieltro	8
	Parquet de corcho	10
	Plástico sobre espuma	11
	Flotante de hormigón sobre fibra mineral	15
	Flotante de hormigón sobre planchas elasticadas de poliestireno expandido	18
	Moqueta	16
	Flotante sobre parquet	18
	Moqueta sobre fieltro	20
	Moqueta sobre espuma	22
	TECHOS	Falso techo flotante

Tabla 13