

TALLER 2 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN. TIPOS ESTRUCTURALES: ESTRUCTURAS UNIDIRECCIONALES.

TEMA 1: ESTRUCTURAS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN. CRITERIOS DE DISEÑO.

Eduardo Martínez Moya. Arquitecto.
Edartec Consultores S.L.

03 de Junio de 2.008

ÍNDICE

TEMA 1: ESTRUCTURAS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN. CRITERIOS DE DISEÑO.	
I.1. ¿QUÉ ES UN FORJADO?	3
I.2. TIPOS DE FORJADOS.	4
I.3. FUNCIONES QUE TIENE QUE CUMPLIR UN FORJADO.	7
I.4. APUNTES SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS FORJADOS DE HORMIGÓN EN LA EDIFICACIÓN : MODELOS.	12

TEMA 1: ESTRUCTURAS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN. CRITERIOS DE DISEÑO.

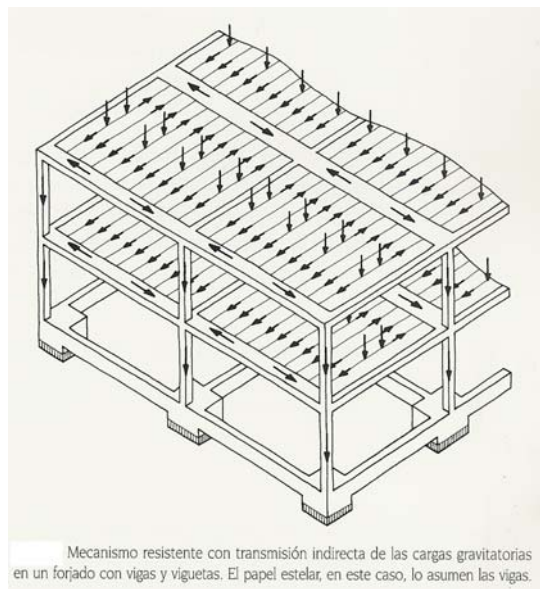
1.1. ¿QUÉ ES UN FORJADO?

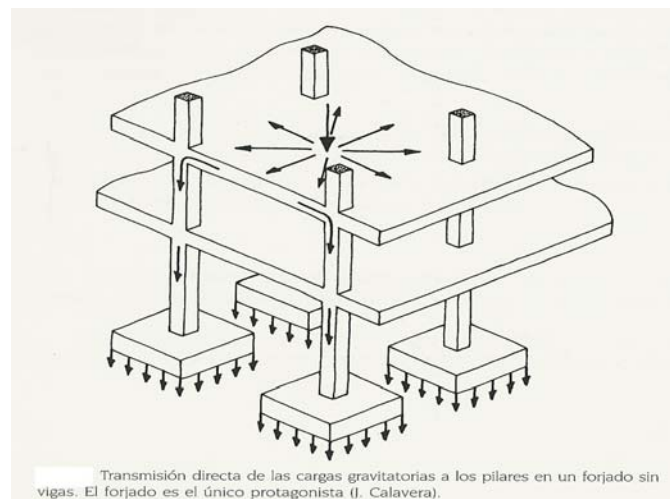
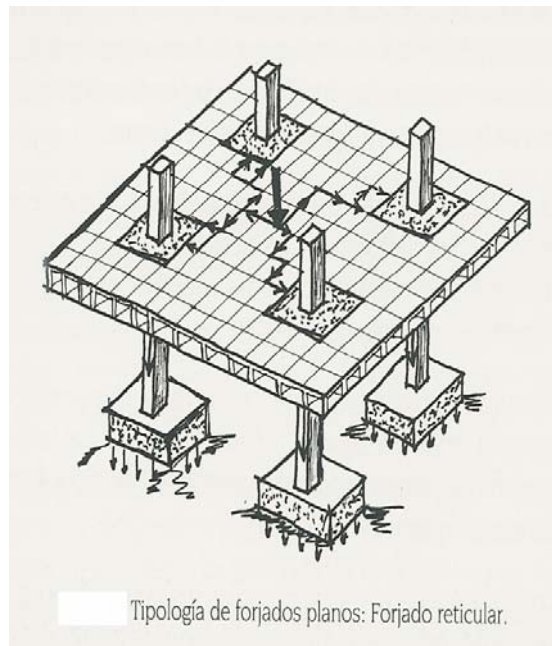
- Según el profesor J. Calavera: *“Forjado es un elemento estructural, generalmente horizontal, aunque puede estar inclinado como sucede en ciertas cubiertas, que recibe directamente las cargas y las trasmite a los restantes elementos de la estructura. Adicionalmente, el forjado materializa la separación entre plantas consecutivas y desempeña otras funciones como aislamiento entre plantas y soporte de acabados e instalaciones”.*
- En definitiva, se trata del elemento estructural que soporta y hace posible la funcionalidad de cualquier edificio. Un edificio puede no tener paredes y, sin embargo, seguir prestando un servicio; pero sin forjados un edificio puede no concebirse.
- Formalmente se habla y hablará del elemento estructural más abundante y necesario en la historia de la edificación, y que por su volumen y por lo que representa económicamente en el mundo de la construcción, le corresponde: entre un 10% y un 15% del coste de edificio.

I.2. TIPOS DE FORJADOS.

- Se puede realizar una primera clasificación de los forjados planos bajo un primer aspecto puramente mecánico:

Tipología resistente de los forjados planos	Unidireccional	F. Unidireccional
	Bidireccional	F. Reticular
	Multidireccional	Losas Macizas





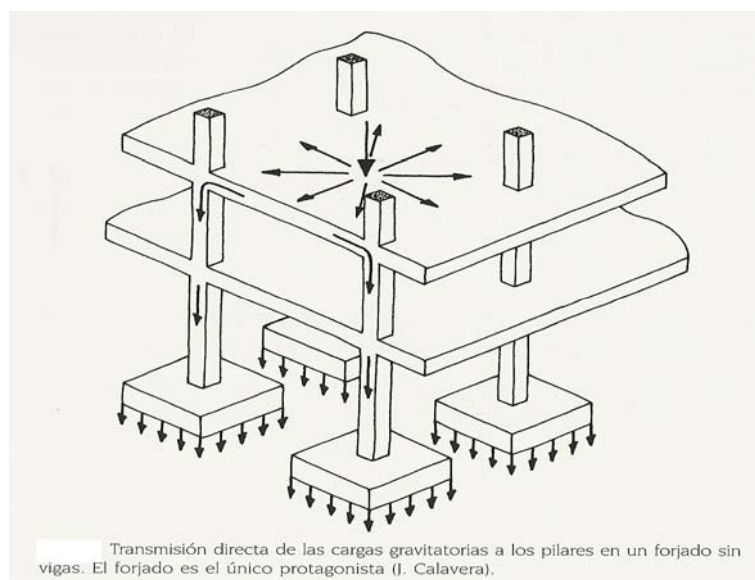
- En los forjados reticulares las cargas verticales viajan a los pilares siguiendo trayectorias rectilíneas ortogonales quebradas a través de los nervios. Bajo este punto de vista, existen reflexiones de algunos autores que consideran a los forjados reticulares como variantes de los forjados unidireccionales de vigas planas, en las que éstas se han dividido en nervios y recíprocamente.
- Dichas reflexiones constituyen un razonamiento demasiado simplista, puesto que el comportamiento de los forjados reticulares debido a la capa de compresión que conecta a todos los nervios muy cruzados entre sí, se encuentra más cerca del comportamiento mecánico de las losas macizas que al comportamiento que tienen las viguetas y vigas. Si no fuera por sus deficiencias mecánicas frente a la torsión por sus discontinuidades evidentes, su comportamiento sería idéntico.



I.3. FUNCIONES QUE TIENE QUE CUMPLIR UN FORJADO.

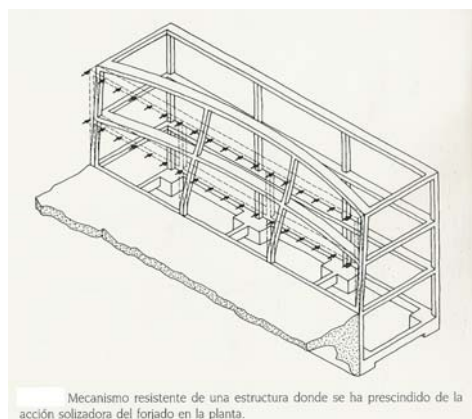
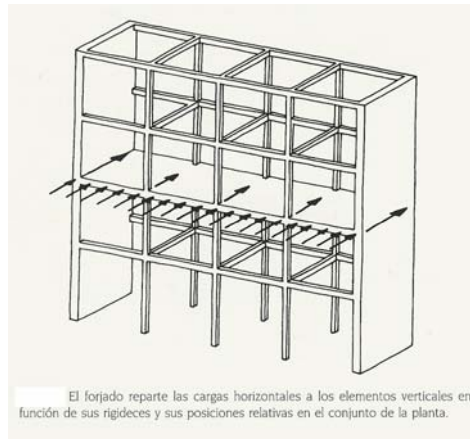
- A. El forjado tiene, en primer lugar, que ser capaz de soportar su propio peso y para ello dedica alrededor de un 50% de su capacidad resistente. En segundo lugar, el forjado tiene que soportar la concarga, es decir, el pavimento, las tabiquerías y los elementos decorativos que se adhieran o se suspendan del mismo, consumiendo para estas funciones en torno a un 25% de su capacidad. Finalmente, tiene que destinar el 25% de su capacidad resistente a cumplir funciones para las que realmente fue construido: soportar el mobiliario y a las personas que viven, trabajan y almacenan sus cosas sobre él.

En definitiva, y aunque los porcentajes citados pueden experimentar variaciones más o menos importantes cuando los forjados no son de viviendas y se destinan a grandes almacenes o aparcamientos en vías públicas, éstos deben ser capaces de soportar las acciones gravitatorias de peso propio, las concargas y las sobrecargas y transmitirlas directa o indirectamente a los pilares que los soportan.



Distribución aproximada del consumo de la capacidad resistente de un forjado según su uso			
Destino \ Carga	Peso Propio	Concarga	Sobrecarga
Viviendas	50 %	25 %	25 %
L. comerciales y aparcamientos	40-45 %	10-20 %	40-45 %
Almacenes	35-40 %	5-10 %	50-60 %
Calzadas	30 %	10 %	60 %

- Cuando el edificio tiene que soportar acciones horizontales (empujes de tierras, viento o sismo), todos sus elementos, y los forjados también, deben tener una capacidad resistente que supere la estrictamente exigida por las cargas gravitatorias.



- B. Una función vital que debe cumplir el forjado es la de permitir el propio proceso constructivo de la obra y, por consiguiente, soportar las cargas que se deriven del mismo.

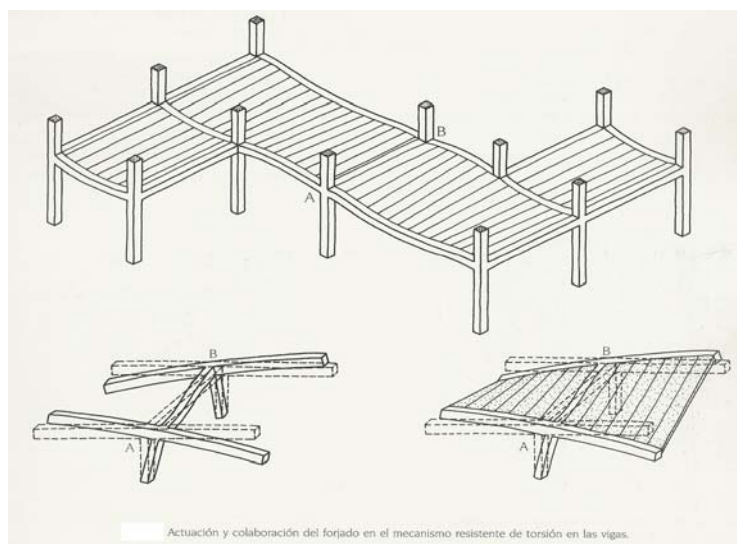
En la edificación se suele construir a un ritmo de un forjado por semana, manteniendo parcial o totalmente encofradas y apuntaladas tres plantas, lo que supone una transmisión de cargas de cierta entidad al forjado donde se inicia y se apoya el primer apuntalamiento.

No cabe duda de que, en el peor de los casos, el límite de carga máximo que tiene que soportar el primer forjado equivale a tres veces su propio peso; pero debido a las deformaciones que experimenta el forjado y los puntales y la rigidez creciente del forjado intermedio y alguna que otra fisuración el reparto de cargas, se distribuye mucho más.

Una estimación razonable de la carga que tiene que soportar un forjado para superar un proceso constructivo consecutivo de plantas puede ser evaluada en torno a dos veces de propio peso.

- C. Una vez hormigonada toda la planta, el conjunto pasa a ser una unidad monolítica donde resulta difícil precisar las funciones de cada uno de los elementos que la componen, independientemente de que para su cálculo lo hayamos hecho así, simplificando el problema por el lado de la seguridad normalmente. Pero lo cierto es que los forjados proporcionan rigidez transversal a las vigas y, cuando se hormigonan en conjunto tal y como se hace casi siempre, incrementan notablemente la capacidad resistente a flexión y torsión de las mismas.

Si se calcula una viga de canto o una viga plana con la sección estrictamente fijada en los planos y se recalculase de nuevo, se tendrá en cuenta que cuando se construye de verdad se ensancha y debido a la capa de compresión se convierte en una especie de viga en T, se encontrará la sorpresa de que su capacidad resistente puede haberse incrementado entre un 10% y un 15%.



- Las torsiones que existen en todos los forjados: vanos descompensados, voladizos, esquinas, etc., y que sistemáticamente se ignora sin que aparentemente pase nada o todo lo más que aparezca una fisura difícil de explicar con los mecanismos simplificados habituales que se manejan, se debe a que el forjado actuando de forma solidaria con las vigas y pilares, coarta y atenúa los efectos de susodichas torsiones.
- D. Los forjados en su plano actúan como una inmensa viga de canto de rigidez prácticamente infinita con solidariza todos los elementos verticales, repartiendo entre ellos las cargas horizontales que se produzcan sobre el edificio de forma directamente proporcional a sus rigideces.
El esqueleto resistente de un edificio constituye una estructura netamente espacial, que actualmente puede analizarse con buena precisión mediante un programa matricial de barras, lógicamente también espacial.

Sin embargo, los seis grados de libertad que tienen los nudos de una estructura libremente espacial, 3 desplazamientos y 3 giros, no reflejan claramente el comportamiento físico de la estructura, debido a la citada rigidez de los forjados en sus plano, lo cual obliga a introducir la condición de que toda la planta tenga horizontalmente un comportamiento de sólido rígido.

La presencia de los forjados hace posible que podamos plantear núcleos y pantallas de rigidez vertical estratégicamente dispuestas en los edificios para soportar los empujes horizontales, con la confianza plena de que el forjado se encargará de transportarlos y transmitirlos a las mismas si cuidamos mínimamente las conexiones de los elementos entre sí.



- E. No existe estructura ni elemento estructural alguno que, sometido a los esfuerzos y tensiones que inducen las cargas que los solicitan, no experimente deformaciones de mayor o menor entidad, y los forjados no son una excepción a esta regla precisamente.

La difícil cuestión estriba en conocer a priori cuál será la deformación máxima que puede aceptarse en un forjado que se encuentra en un determinado contexto, así como el coste social y económico que se está dispuesto a pagar para conseguirlo.

La rotura de un tabique por deformidad del forjado que lo soporta no posee seriamente mayor trascendencia, pero supone un coste social considerable para técnicos, constructores y promotores, al margen del coste económico que supone su reparación.

Los forjados se ven seriamente comprometidos en esta problemática y exigen un estudio adecuado bajo todos los puntos de vista.

- F. Cuando se construye un edificio se pretende proporcionar calidad de vida a sus ocupantes, se debe tener presente que los forjados tienen también una gran responsabilidad en el aislamiento térmico y acústico de las plantas entre sí.

Téngase en cuenta que en los casos normales la protección contra la transmisión de los ruidos de impacto entre plantas depende, también, de los revestimientos de acabado (suelo y techo) de los forjados.

La normativa vigente exige para elementos horizontales de separación de propiedades o usuarios distintos y para cubiertas determinados aislamientos mínimos a ruidos aéreos y de impacto.

En relación al ruido aéreo el peso del forjado juega un papel fundamental y la tabla que se adjunta puede servir de ayuda en la configuración del aislamiento acústico entre plantas.

Peso Propio del forjado (kN/m)	Índice medio (dBA) de aislamiento acústico normalizado (entre 100 y 3.200 Hz)
De 1,5 a 2	39/43
De 2 a 2,5	41/45
De 2,5 a 3	43/47
De 3 a 3,5	45/49
De 3,5 a 4	46/50

- Pasando al aislamiento térmico, en general, los forjados actuales lo cumplen razonablemente bien, pero no debemos olvidar que el conjunto de la planta acabada conviene que tenga unos índices de transmisión calorífica K ($\text{Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$) menores que los indicados por la normativa vigente.

Un forjado desnudo, sin acabados, de los que se ejecutan habitualmente, arroja un valor de k en torno a la unidad y si se construye con bovedillas de poliestireno, este valor bajaría probablemente a un valor en torno a 0,6. Colocando una placa de poliestireno de 3 cm sobre el forjado pésimo de los actuales, construido con bovedillas de hormigón, podemos obtener un valor de k alrededor de 0,5.

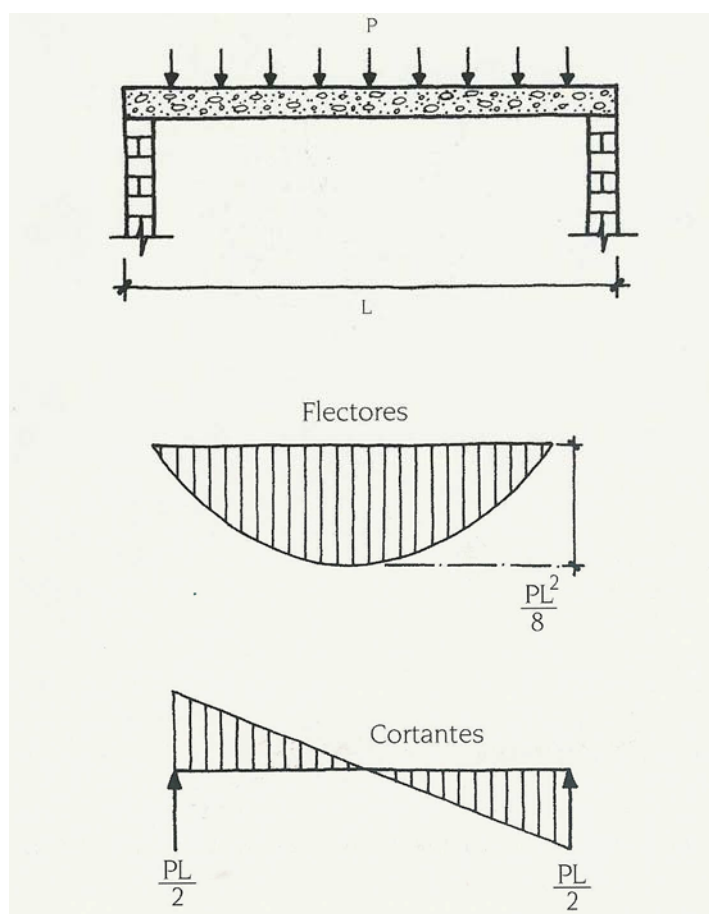
- G. Parece lógico pedir a los forjados, entre las funciones que han de cumplir, que cuando se vean involucrados en un incendio sean capaces de resistir el tiempo suficiente sin colapsar, para que permita a las personas librarse del mismo sin sufrir daños.

Si los forjados de hormigón, incluso son capaces de mantenerse en pie prácticamente en todas las situaciones dando tiempo no sólo a evacuar el edificio sino a apagar el incendio.

Las normativas han venido penalizando cada vez más las estructuras para que resistan más tiempo, incrementando los costes de obra. (No parece que la medida tenga demasiado sentido real: el problema podría ser la evacuación, no la resistencia del forjado).

1.4. APUNTES SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS FORJADOS DE HORMIGÓN EN LA EDIFICACIÓN : MODELOS.

- Hasta llegar a la situación presente de los forjados, que la industria de la construcción nos ofrece para resolver las estructuras de nuestros edificios, el hombre ha caminado a lo largo de la historia experimentando con formas y materiales que fueran capaces de salvar y cubrir los espacios que necesitaban para vivir.
- Sorprende que, mientras los elementos y formas que se han empleado para materializar los forjados han sido muchas, podría decirse incluso que demasiadas, la esencia de los mecanismos resistentes puestos en juego se repite monótonamente hasta el aburrimiento. Hasta que se descubre el hormigón armado y el hormigón pretensado y comienzan a utilizarse en forma de losas planas, los mecanismos resistentes básicos comúnmente empleados eran los de la viga simplemente apoyada por un lado y el de bóvedas acodadas entre muros de carga, por otro; (este último caso no es objeto de estudio en este curso).



- Como método de análisis, hasta hace relativamente poco siempre se empleaba el mismo: la experimentación; la prueba y el error llevados hasta sus límites extremos.

- En el momento de la aparición del hormigón armado, fueron dos los caminos fundamentales que siguieron los forjados en su aplicación masiva a la edificación: el sistema unidireccional y el sistema bidireccional o multidireccional. Mientras, simultáneamente se investigaba y se elaboraban un cuerpo teórico semi-empírico que, aunque estaba y todavía está lejos de reflejar la verdadera naturaleza mecánica del hormigón, permitía y permite fundamentar unos criterios de proyecto y construcción suficientemente válidos y seguros.

II. SISTEMA HENNEBIQUE

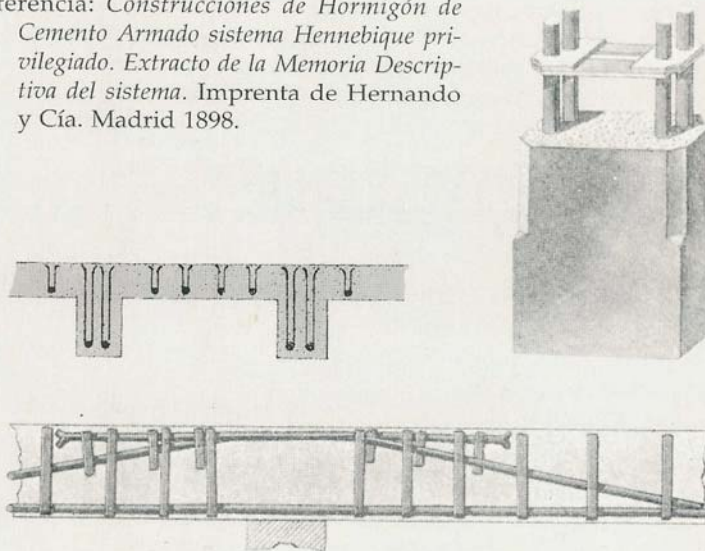
Las jácenas, vigas o cabios, estaban formadas por un alma de hormigón que abrazaba el tirante, redondo, traccionado. La mayor singularidad del sistema provenía de los estribos de llanta de hierro acabados en forma de cola de carpa que abrazaban los tensores horizontales. Estos estribos absorbían el esfuerzo cortante y solidificaban totalmente el conjunto, para lo cual se encontraban repartidos a lo largo de la viga, pero más espesos conforme se acercaban a los apoyos donde el esfuerzo cortante era mayor.

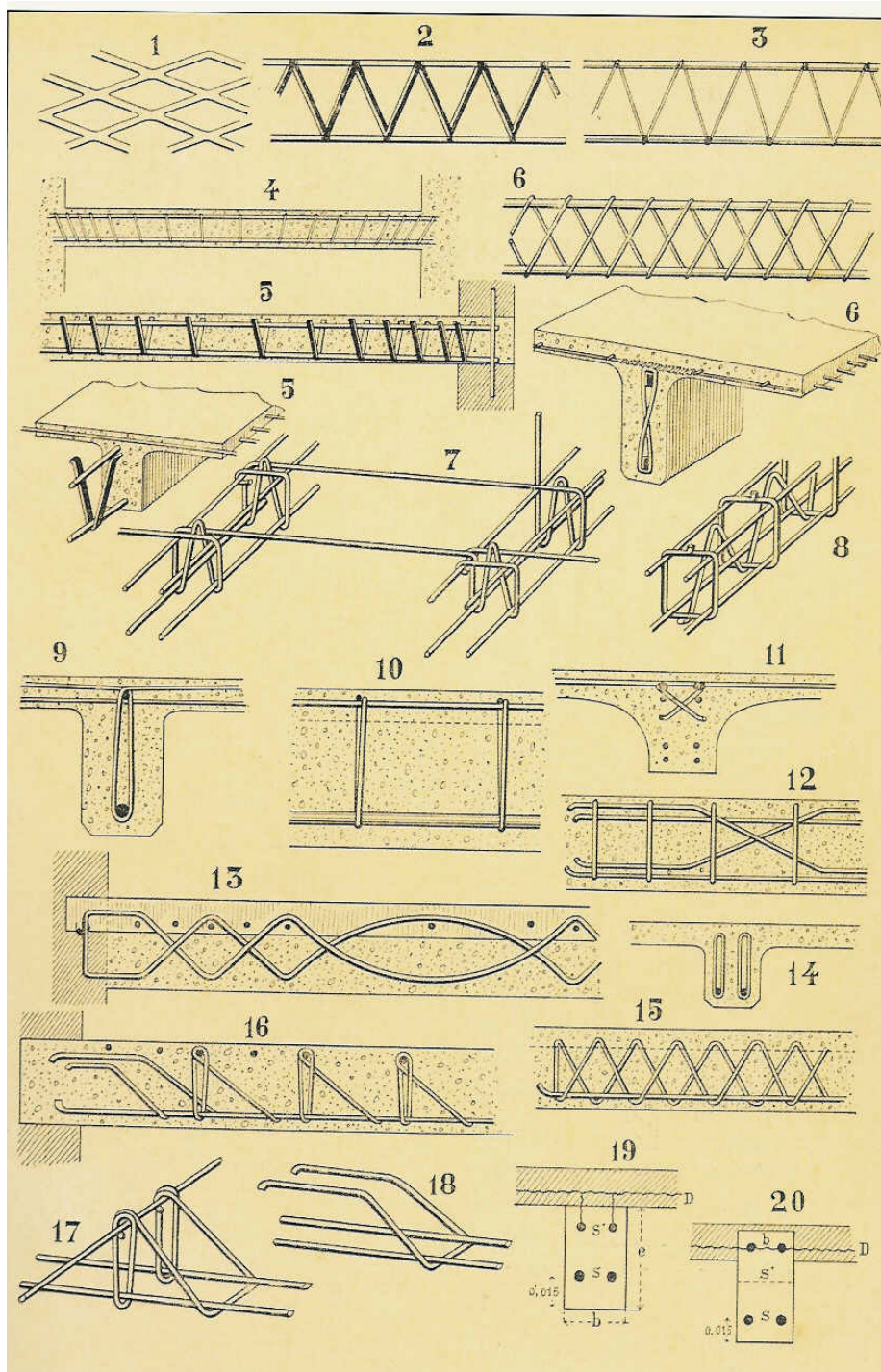
El forjado podía ser solidario o independiente de las vigas.

En caso de tratarse de vigas de fuerte carga o de grandes luces, con el fin de aumentar la resistencia a la flexión y al esfuerzo cortante y poder disminuir la altura de la sección, se introducían unos hierros doblados para cada uno de los tensores para formar, con ellos y los estribos, un triángulo indeformable cuya resistencia al esfuerzo cortante crecía hacia los apoyos.

Los pies derechos estaban armados con hierros redondos verticales, mantenidos a distancia por riostras de palastro que formaban un cuadro con agujeros en los que entraban los hierros.

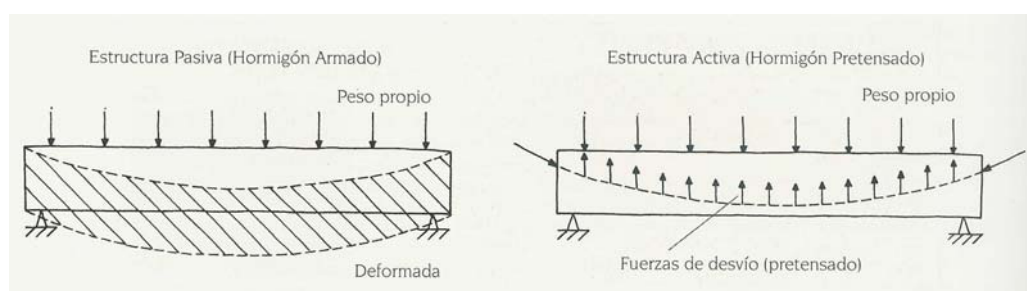
Referencia: *Construcciones de Hormigón de Cemento Armado sistema Hennebique privilegiado. Extracto de la Memoria Descriptiva del sistema.* Imprenta de Hernando y Cía. Madrid 1898.



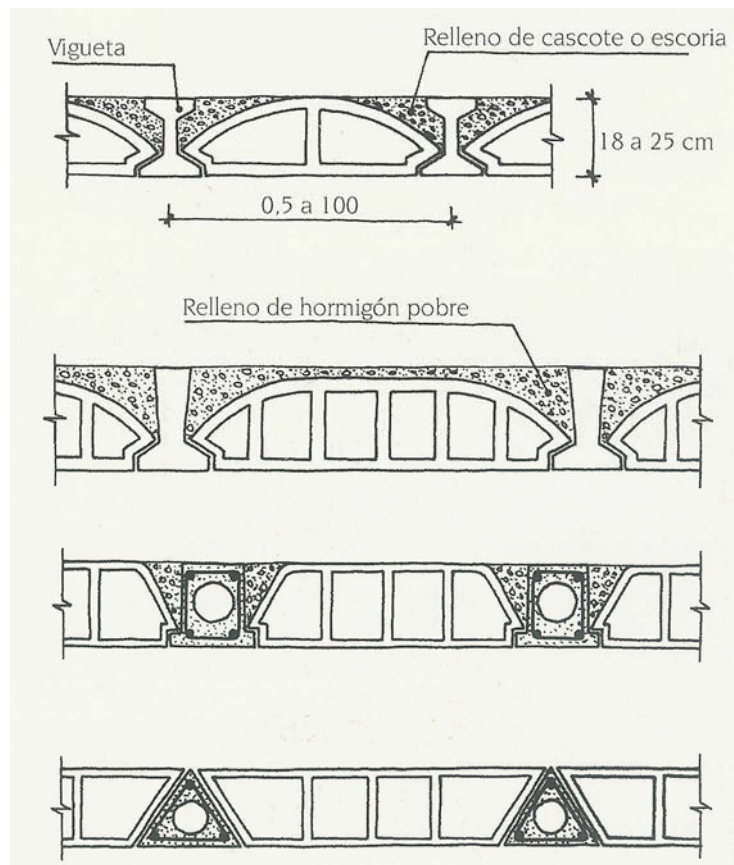


- Al ponerse a punto por Freyssinet, en los años 30, el hormigón pretensado y un sistema industrial cómodo para su aplicación práctica, se abrió una nueva etapa esplendorosa para el hormigón a partir de los 40 y 50 que, lógicamente, también tuvo sus repercusión en el mundo de los forjados de dos maneras diferentes.
- La primera de ellas fue la de hacer posible la construcción de viguetas pretensadas a gran escala, aumentando las posibilidades constructivas e incidiendo considerablemente en el desarrollo de los forjados del sistema unidireccional.

- La segunda repercusión se retrasó más en el tiempo, pero el pretensado en su variante de postensado comenzó también tímidamente en los EE.UU. durante los años 50 en el campo de las losas macizas hasta convertirse en la actualidad en uno de los principales elementos en la construcción de forjados, encontrando la mayoría de sus aplicaciones en estructuras de aparcamientos, oficinas, hoteles y, en general, en aquellos edificios en los que se precisan luces y cargas importantes.
- Es cierto que para las luces y las cargas habituales resultan más económicos los forjados tradicionales, pero también es igualmente cierto que los forjados postensados, como resulta sencillo de imaginar, permite resolver situaciones impensables para los forjados de hormigón armado.

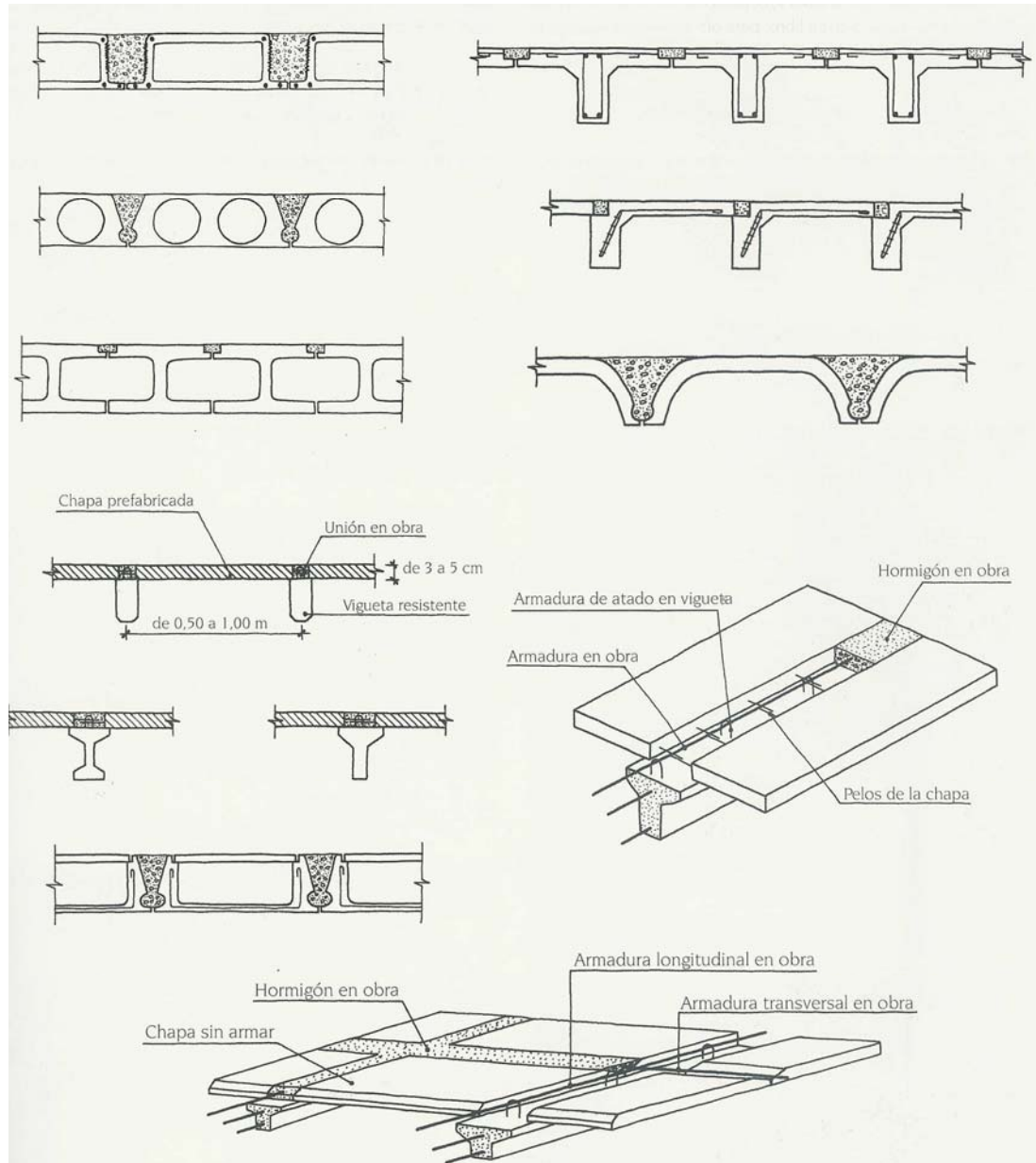


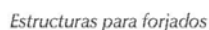
- La sencillez conceptual del sistema unidireccional es la responsable de su popularización: se dispone de una viga (vigüeta) cuyo cálculo se conoce con aparente total precisión y que se apoya, a su vez, en otra viga (jácena) que acaba transmitiendo las cargas a los pilares. La sencillez, sin embargo, es más aparente que real. Cuando se unen las vigüetas con las vigas, sean del tipo que sean, o sencillamente se introducen en los muros de carga y se hormigona el conjunto formándose un todo, conocer lo que realmente sucede allí es más ilusorio que real. No obstante, hasta que el ordenador con sus programas espaciales pudo analizar con mayor precisión el conjunto, el análisis simplista que consiste en estudiar unidireccionalmente los forjados de vigüetas por un lado y los pórticos también unidireccionalmente por otro resultó, y resulta, un sistema suficientemente válido, siempre que las fuerzas horizontales se distribuyan con sentido común en función de las rigideces relativas de los pórticos entre sí.
- El primer bloque de forjados lo constituyen aquellos formados por vigüetas resistentes de formas diversas y bovedillas de aligeramiento, generalmente de tipo cerámico. Los huecos se rellenaban con cascotes, carbonilla u hormigón pobre y se enrasaban con hormigón, careciendo de capa de compresión. Estos forjados trabajaban biapoyados sobre muros y vigas, sin que realmente proporcionaran monolitismo y rigidez dignos de mención al conjunto construido, al no estar las vigüetas enlazadas con nada y trabajando de forma independiente entre sí.



- En sus comienzos, estos forjados se hacían con viguetas armadas, hasta que fueron reemplazadas por las viguetas pretensadas. Con la entrada masiva de las viguetas pretensadas en los años 50, el canto de los forjados alcanzó unos límites angustiosos.
- En la actualidad, estos forjados han evolucionado considerablemente y se encuentran resueltos con viguetas pretensadas de gran calidad, con una sección estándar muy parecida a la doble T, sobre las cuales se dispone una capa de compresión de 4 o de 5 cm y un mallazo de reparto e, incluso, para ayudarlas a resistir las cargas de servicio también se suelen disponer armaduras negativas de continuidad.
- El límite máximo de evolución de estos forjados lo constituyen los tableros de puentes de vigas prefabricadas en doble T. El ala superior de estas vigas es de mayor anchura que la inferior, para servir de apoyo a unas placas transversales de encofrado perdido que soporten la capa de compresión. En estos casos la capa de compresión alcanza un espesor en torno a los 20 cm con un doble mallazo, superior e inferior, ya que en estos casos tiene un papel muy importante en el reparto transversal de esfuerzos.
- Sin irnos a los extremos, el modelo de forjado autoportante o autorresistente constituye la punta de lanza de la industria de los prefabricados.

- Los forjados en π , y los forjados de placas alveolares pretensadas, capaces de soportar prácticamente cualquier rango de cargas con luces muy diversas, son en la actualidad los puntos finales más representativos, dentro de la escala evolutiva de los forjados autorresistentes.





APOYO A MEDIA MADERA

DIMENSIONES

Modelo		TT 40E	TT 50E	TT 50A	TT 60A	TT 70A	TT 80A
A	cm	10.56	11.36	15.36	16.16	16.96	17.76
B	cm	8	8	12	12	12	12
C	cm	125.56	126.36	130.36	131.16	131.96	132.76
H	cm	40	50	50	60	70	80
S	cm	20	25	25	35	45	55
R	cm	20	25	25	25	25	25
Peso	kN/m ² (Kp/m ²)	1,75 (175)	1,95 (195)	2,35 (235)	2,65 (265)	3 (300)	3,35 (335)

			LONGITUDES MÁXIMAS EN METROS SEGÚN TIPO Y CARGA ÚTIL															
CAPA DE COMPRESIÓN (HA 25)			Sin	4 cm						6 cm				8 cm		10 cm		
			CARGA ÚTIL kN/m² (kp/m²) (Excluido peso propio y capa de compresión)															
Peso kN/m² (kp/m²)			--	1 (100)						1,5 (150)				2 (200)		2,5 (250)		
Modelo	Tipo armado	EF min	2 (200)	3 (300)	4 (400)	5 (500)	6 (600)	7 (700)	8 (800)	9 (900)	10 (1000)	12,5 (1250)	15 (1500)	17,5 (1750)	20 (2000)	25 (2500)	30 (3000)	
TT 40E	T02	30	9,60	8,00	7,40	6,95	6,55	6,20	5,90	5,65	5,45	5,00	4,65	4,40	4,20	--	--	
TT 40E	T04	30	11,95	9,95	9,20	8,55	8,05	7,60	7,25	7,00	6,70	6,15	5,70	5,45	5,15	4,75	4,40	
TT 40E	T06	30	13,35	11,10	10,20	9,50	8,95	8,45	8,05	7,75	7,45	6,85	6,35	6,10	5,75	5,35	4,95	
TT 50E	T06	30	15,35	12,70	11,70	10,95	10,30	9,75	9,30	8,85	8,50	7,80	7,30	6,90	6,55	6,05	5,60	
TT 50E	T08	30	16,25	13,45	12,50	11,65	11,00	10,40	9,90	9,45	9,10	8,35	7,80	7,40	7,00	6,50	6,00	
TT 50A	T10	60	16,65	14,60	13,60	12,70	12,00	11,40	10,90	10,40	10,05	9,25	8,60	8,15	7,75	7,15	6,60	
TT 60A	T08	60	16,85	15,10	14,10	13,25	12,55	11,95	11,40	10,95	10,50	9,70	9,05	8,55	8,10	7,45	6,90	
TT 60A	T10	60	18,10	16,15	15,05	14,15	13,40	12,75	12,20	11,70	11,30	10,40	9,70	9,15	8,65	8,00	7,40	
TT 60A	T12	60	18,40	16,85	15,70	14,80	14,00	13,30	12,75	12,20	11,75	10,85	10,10	9,55	9,05	8,35	7,75	
TT 70A	T10	60	18,40	17,10	16,00	15,05	14,30	13,60	13,05	12,50	12,05	11,15	10,40	9,85	9,35	8,60	7,95	
TT 70A	T12	60	19,05	18,20	17,05	16,05	15,20	14,50	13,90	13,30	12,85	11,85	11,10	10,50	9,95	9,15	8,50	
TT 70A	T14	60	19,30	19,00	17,80	16,75	15,90	15,15	14,50	13,90	13,45	12,40	11,60	10,95	10,40	9,60	8,90	
TT 80A	T12	60	19,30	19,10	17,95	16,95	16,10	15,35	14,75	14,10	13,65	12,60	11,80	11,15	10,60	9,75	9,05	
TT 80A	T14	60	20,10	20,15	18,90	17,90	17,00	16,20	15,55	14,90	14,40	13,30	12,45	11,75	11,15	10,30	9,55	
TT 80A	T16	60	20,90	20,95	19,65	18,60	17,65	16,85	16,15	15,50	14,95	13,85	12,95	12,25	11,60	10,70	9,90	

 Luces limitadas por flecha.

 Contraflecha al hormigonar la capa de compresión superior a 4 cm.

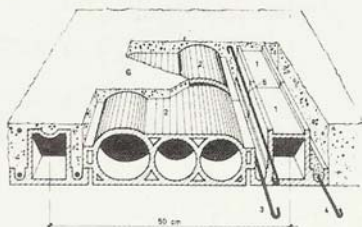
 No puede hacerse apoyo a media madera.

- El otro gran bloque de los forjados unidireccionales de hormigón que más se separa conceptualmente de los forjados primitivos de madera y acero, al unirse solidariamente con los elementos en los que apoyan, y el que alcanza el mayor volumen de metros cuadrados construidos en el parque de viviendas en España es el bloque de los forjados semirresistentes.

- Este tipo de forjado se configura a base de semiviguetas prefabricadas, separadas entre sí una distancia variable en torno a los 70 cm, entre las cuales se colocan unas bovedillas de aligeramiento y se acaba, una vez colocadas las armaduras de flexión negativa, hormigonando una capa de compresión simultáneamente con los senos de las semiviguetas y las vigas donde se apoyan y empotran las mismas, necesitando un encofrado parcial hasta que el hormigonado fragua y adquiere resistencia.
- Después de emplearse todo tipo de semiviguetas, cerámicas armadas y pretensadas, de hormigón armado y pretensado y bovedillas de aligeramiento de mil formas y materiales diversos, el propio mercado y las exigencias de calidad creciente redujeron toda la parafernalia montada con esta tipología de forjados a dos modelos básicos a partir de los años 80.
- Estos modelos son los de semiviguetas de “zapatilla” o “zapata” de hormigón con celosía de conexión vertical y los de semivigüeta pretensada en forma de una especie de media T.
- Como aligeramiento, para ambos tipos y según las zonas, se empleaban y se emplean bovedillas cerámicas o de hormigón y, en mucha menor medida y circunstancialmente, las bovedillas de poliestireno expandido.
- La viga plana se convirtió en la reina indiscutible e indiscutida de las estructuras de edificación en España y, lógicamente, evolucionó siguiendo los espesores de los forjados comerciales “suicidas” de los años 60 y 70 hasta los cantos más razonables que se manejan en la actualidad ($h \geq 25$ cm).

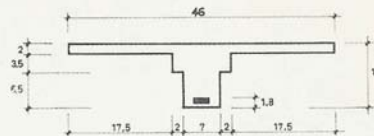
ARGOS

FORJADO ARGOS TIPO A-12



CARACTERÍSTICAS:

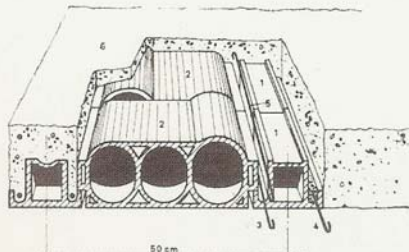
Espesor forjado	12 cm.	Litros mortero por m. ²	32 lts.
Altura cerámica	11 cm.	Peso del m. ² cerámica	57 Kg.
Entrevigado	50 cm.	Peso propio del forjado	122 Kg.
Forman por m. ²	8 ud. de piezas para vigueta 8 ud. de piezas para relleno		



Sección ideal resistente, según la disposición y memoria aprobada por la Dirección General de Técnica de la Construcción:

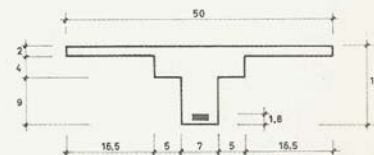
1. Pieza cerámica que constituye la vigueta.
2. Pieza cerámica de relleno.
3. Armadura que absorbe momentos positivos, alojada en la canal de vigueta sin rellenar.
4. Armadura en la canal inferior de la vigueta, rellena de mortero de cemento.
5. Armadura que absorbe momentos negativos.
6. Capa de compresión de hormigón.

FORJADO ARGOS TIPO A-15



CARACTERÍSTICAS:

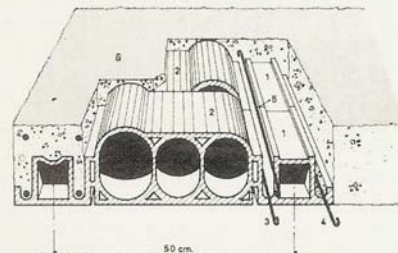
Espesor forjado	15 cm.	Litros mortero por m. ²	36 lts.
Altura cerámica	14 cm.	Peso del m. ² cerámica	58 Kg.
Entrevigado doble nervio	50 cm.	Peso propio del forjado	137 Kg.
Forman por m. ²	8 ud. de piezas para vigueta 8 ud. de piezas para relleno		



Sección ideal resistente, según la disposición y memoria aprobada por la Dirección General de Técnica de la Construcción:

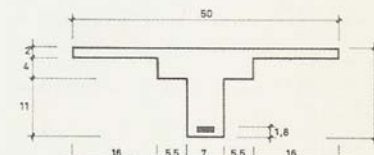
1. Pieza cerámica que constituye la vigueta.
2. Pieza cerámica de relleno.
3. Armadura que absorbe momentos positivos, alojada en la canal de vigueta sin rellenar.
4. Armadura en la canal inferior de la vigueta, rellena de mortero de cemento.
5. Armadura que absorbe momentos negativos.
6. Capa de compresión de hormigón.

FORJADO ARGOS TIPO A-17



CARACTERÍSTICAS:

Espesor forjado	17 cm.	Litros mortero por m. ²	38 lts.
Altura cerámica	16 cm.	Peso del m. ² cerámica	60 Kg.
Entrevigado	50 cm.	Peso propio del forjado	144 Kg.
Forman por m. ²	8 ud. de piezas para vigueta 8 ud. de piezas para relleno		



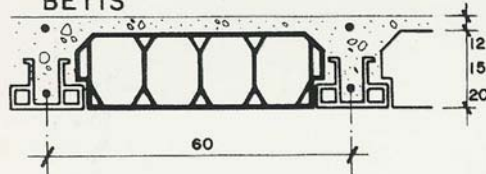
Sección ideal resistente, según la disposición y memoria aprobada por la Dirección General de Técnica de la Construcción:

1. Pieza cerámica que constituye la vigueta.
2. Pieza cerámica de relleno.
3. Armadura que absorbe momentos positivos, alojada en la canal de vigueta sin rellenar.
4. Armadura en la canal inferior de la vigueta, rellena de mortero de cemento.
5. Armadura que absorbe momentos negativos.
6. Capa de compresión de hormigón.

DOMO

FORJADOS NORMALES

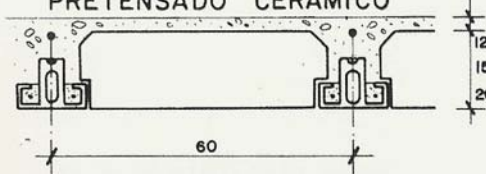
BETIS



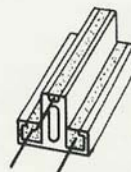
POR m² : 1,66 m.l. VIGUETA
6,66 u/ BOVEDILLA

TIPO	PESO PROPIO	Lts DE HORMIGÓN VIGUETAS	RELLENO	LUCES HASTA
BETIS-12+3	160	6	34	4,50
BETIS-15+3	180	6	44	5,50
BETIS-20+3	200	6	50	7,00

PRETENSADO CERAMICO

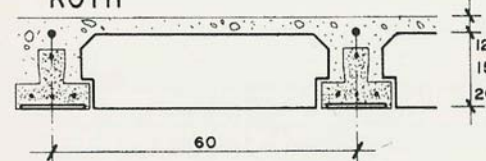


POR m² : 1,66 m.l. VIGUETA
6,66 u/ BOVEDILLA

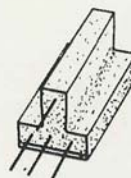


TIPO	Lts. DE HORMIGÓN	LUCES HASTA
PRC-12+3	40	4,50
PRC-15+3	46	5,00
PRC-20+3	50	6,00

ROTH

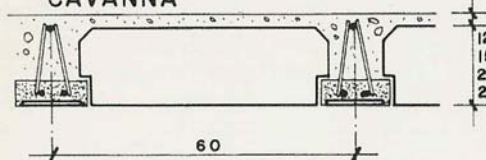


POR m² : 1,66 m.l. VIGUETA
6,66 u/ BOVEDILLA

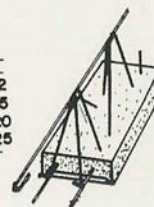


ROTH-12+3	37	4,50
ROTH-15+3	43	5,50
ROTH-20+3	48	6,50

CAVANNA

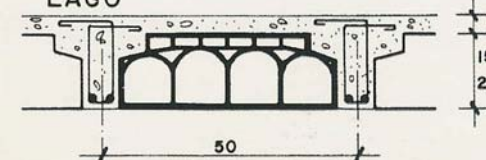


POR m² : 1,66 m.l. VIGUETA
6,66 u/ BOVEDILLA



C-12+3	46	5,00
C-15+3	50	6,00
C-20+3	56	8,00
C-20+5	76	8,50
C-25+5	85	10,00

LAGO

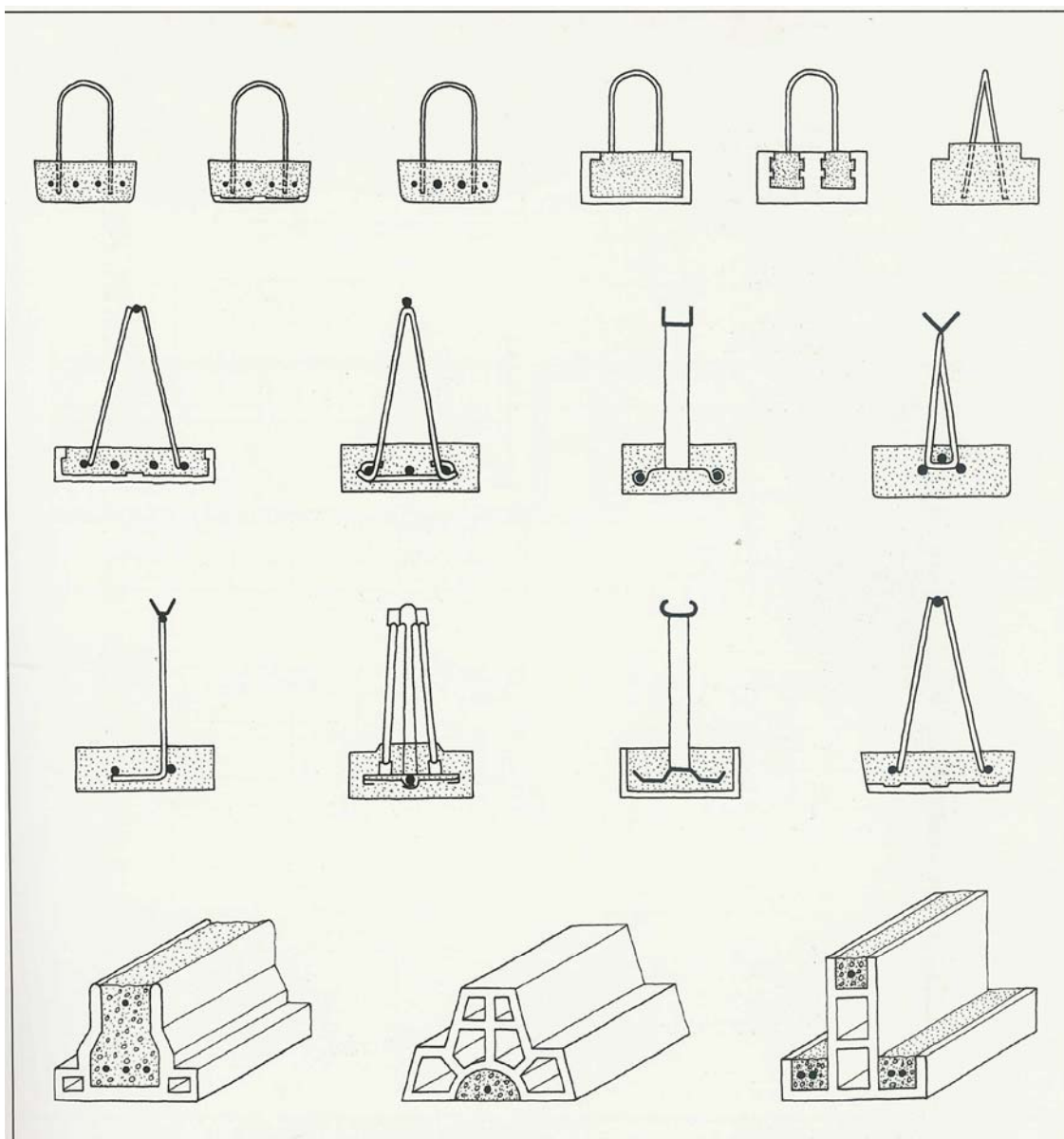


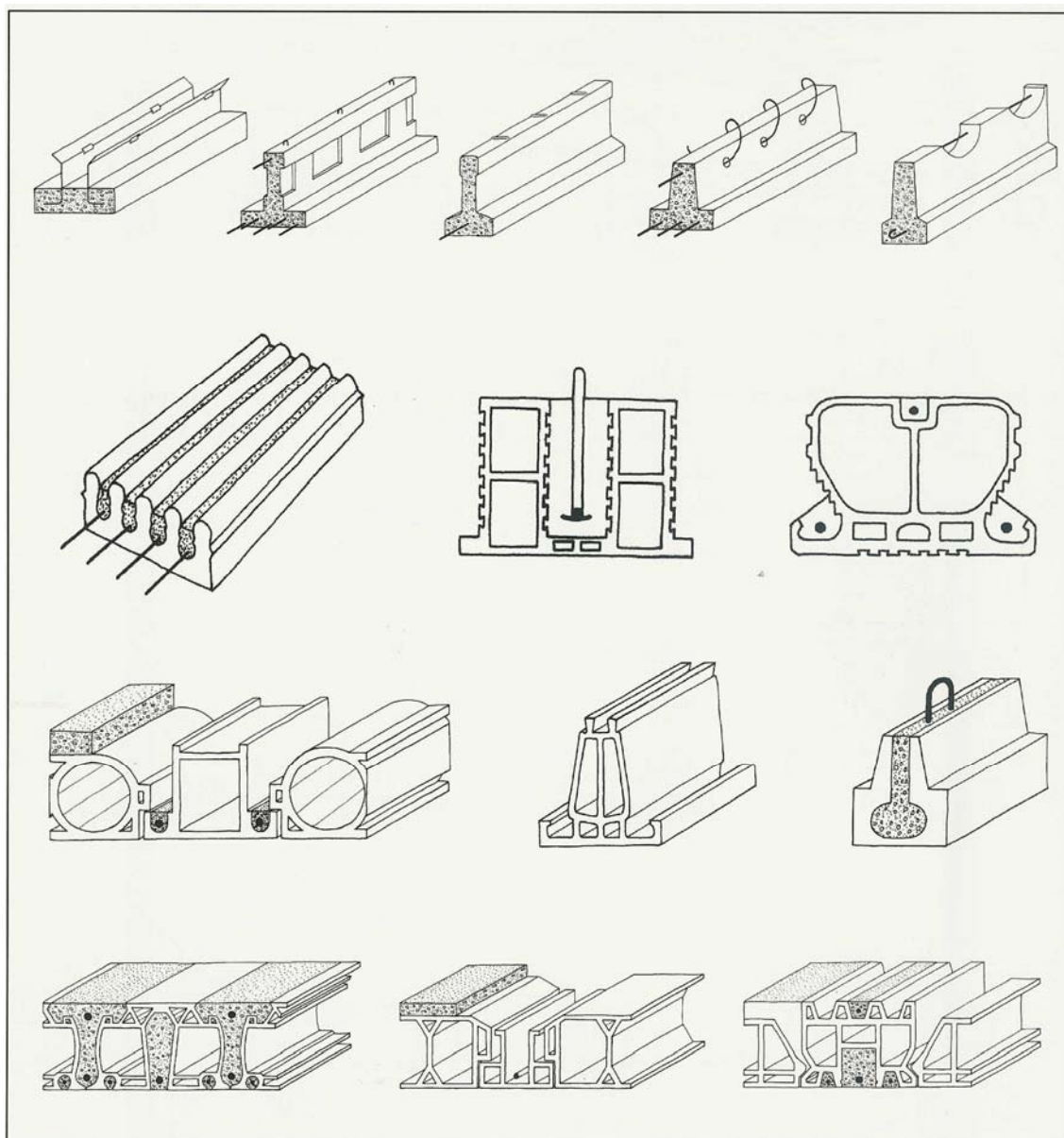
POR m² : 8,00 u/ BOVEDILLA

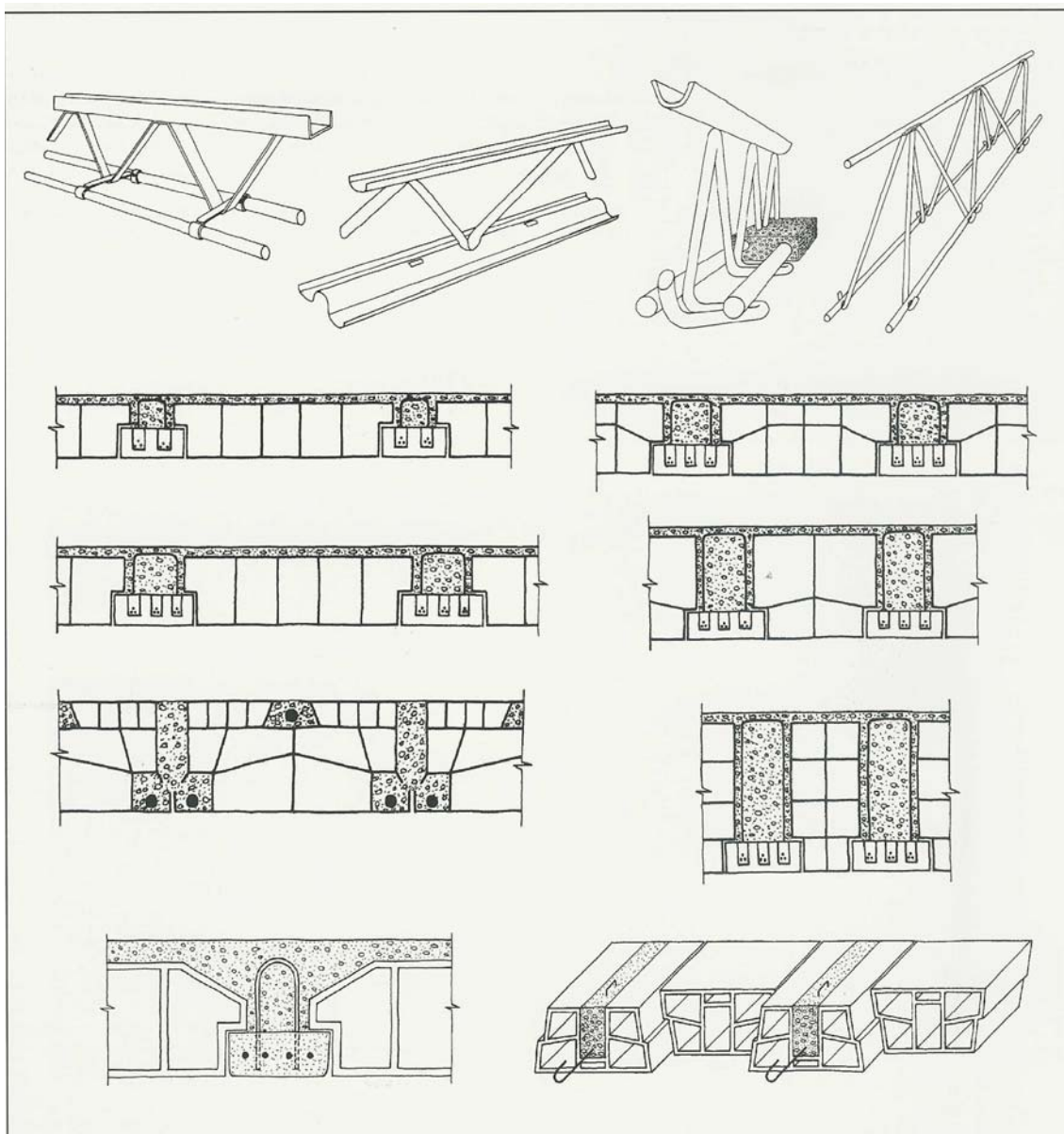
LAGO-15+3	60	6,00
LAGO-20+3	80	8,00
LAGO-20+5	100	9,00

- La introducción en el mercado de los encofrados recuperables, el encarecimiento de la mano de obra, el simplificar el número de piezas a manipular, la puesta en obra por bombeo de los hormigones, los diseños cada vez más irregulares de las estructuras en nuestros edificios y la seguridad constructiva que supone el encofrado continuo constituyen en cúmulo de circunstancias que están propiciando la vuelta de los nervios "in situ".

- Entre los forjados unidireccionales realizados "in situ" de los primeros tiempos del hormigón y los actuales existen algunas formas de semiviguetas diseñadas y empleadas en la construcción con la única intencionalidad de sustituir el encofrado continuo por dos sopandas transversales.
- En la actualidad y afortunadamente, la práctica totalidad de los fabricantes de viguetas se limitan a fabricar tres modelos básicos, sin diferencias entre sí o con unas diferencias irrelevantes.
- Las diferencias entre los productos ya no se miden por sus hipotéticas y falsas ventajas formales; se miden por la bondad en sus procesos de fabricación y por la capacidad que posea cada fabricante de ofertar calidad a un precio competitivo y con un suministro acorde con el ritmo de la obra.







25