

FORJADO PARA PISOS

Por JOSE LUIS MUZQUIZ DE MIGUEL, Ingeniero de Caminos.

Termina en el presente artículo el estudio comparativo de los tipos de forjados para pisos, que se inició en el número anterior, en el que hicimos constar el interés del tema, que se trata con gran amplitud y objetividad.

II

4. Forjados con aligeramientos en la zona de tracción.

Entre la losa maciza de hormigón armado y los forjados en los que se encomienda la resistencia a piezas especiales cerámicas, de hormigón, etc., existe un término medio que creemos conserva las ventajas de uno y otro sistema. Nos referimos a los forjados de hormigón armado con aligeramientos en la zona de tracción, que ofrecen las mismas garantías de solidez, seguridad y trabazón con el resto de la estruc-

tura que la losa maciza, con las ventajas de una gran reducción en el peso propio y una notable disminución en la superficie de encofrado.

La solución, desde el punto de vista constructivo, es perfectamente lógica, ya que se suprime el hormigón y se sustituye por elementos más ligeros en aquellos puntos en que, trabajando el forjado a tracción, no tiene el hormigón ninguna función de resistencia.

El peso propio de estos forjados es algo superior al de los forjados aligerados sin placa de compresión, como ya vimos en la figura 4.^a del artículo anterior. Comparado con el de las losas macizas, es, desde luego, mucho menor para igualdad de altura (fig. 13),

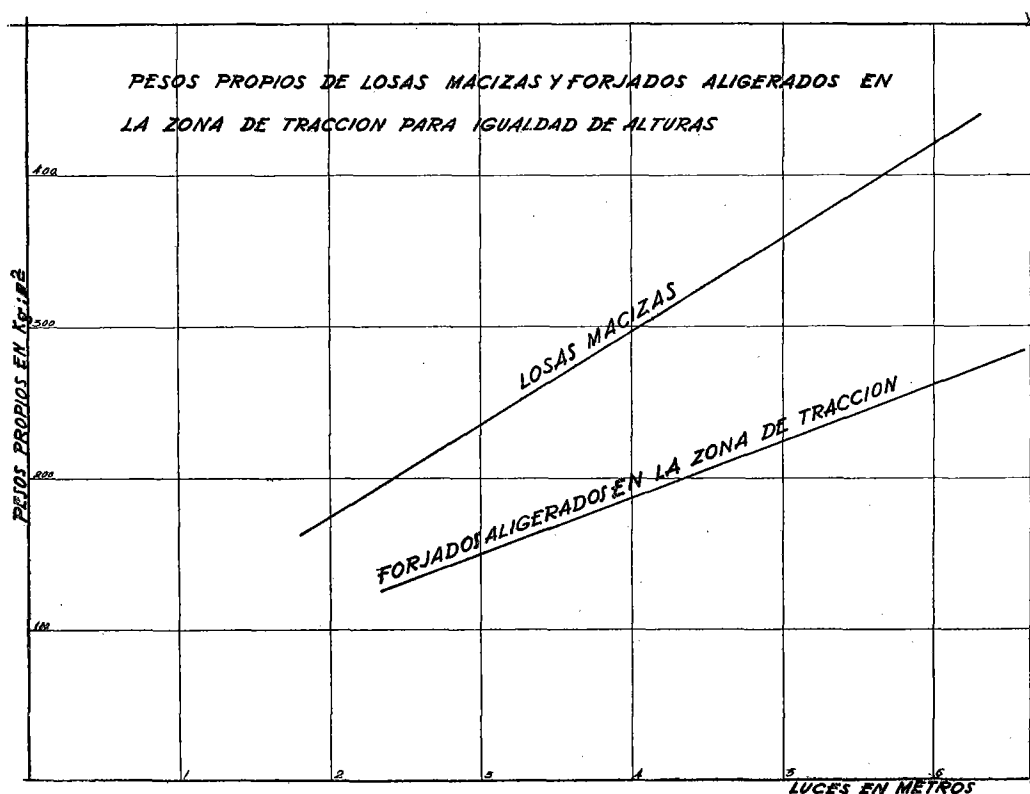


Figura 13.

cosa lógica, ya que se sustituye el hormigón por piezas huecas.

Si en el gráfico citado núm. 4, del artículo anterior, no aparece tan clara esta diferencia, es debido a que en los forjados aligerados en la zona de tracción, la altura de las piezas de aligeramiento permanece casi siempre fija, y en cambio en las losas macizas, para pequeñas luces, se suelen emplear espesores mucho más reducidos. (Ver en el gráfico núm. 2, del artículo anterior, los espesores de losas macizas y de diversos tipos de forjados aligerados.)

ocurría anteriormente con los pesos propios y volúmenes de hormigón; el mayor peso propio de los forjados con placa de hormigón no influye decisivamente en la cantidad de acero, ya que, al ser mayor la trabazón con el resto de la estructura, aumenta el grado de empotramiento y pueden disminuirse los momentos flectores. En la figura 14 indicamos los pesos de acero correspondientes a diversos tipos de forjados aligerados, unos con placa de hormigón y otros sin ella; aunque algunos tipos de forjados sin capa de hormigón requieren un poco menos de acero, no pueden

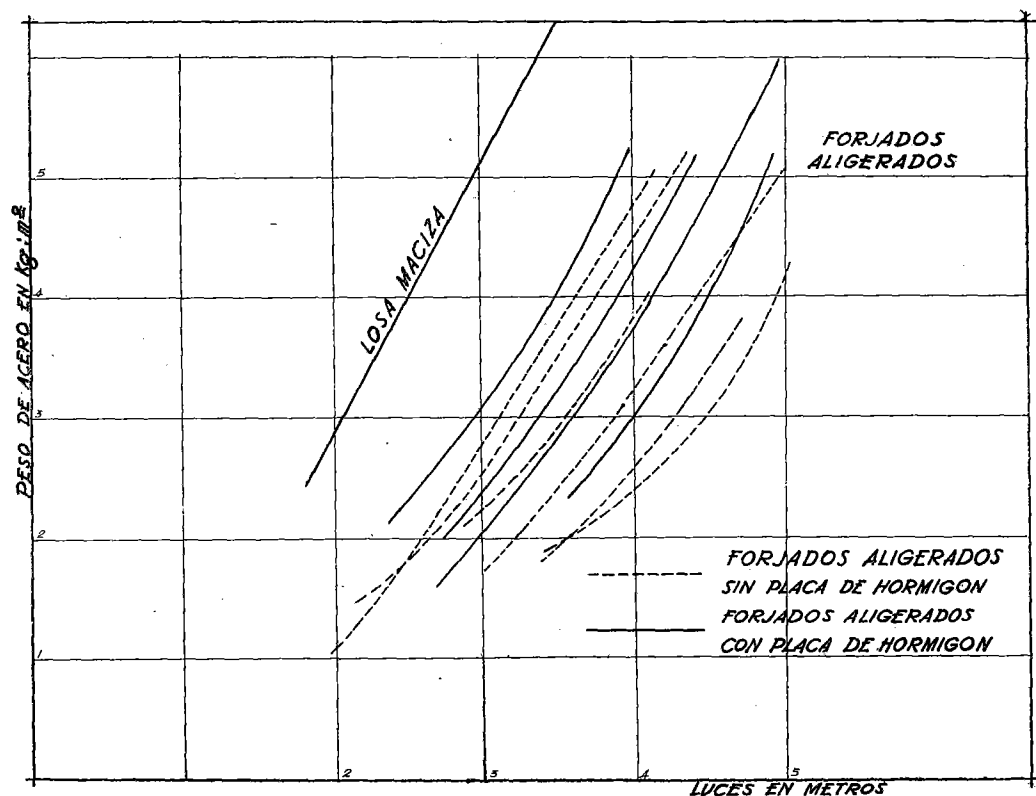


Figura 14.

De modo análogo, el volumen de hormigón por metro cuadrado de piso es también para las losas nervadas mayor que para los forjados sin placa de hormigón y menor que para las losas macizas, como ya vimos en el gráfico núm. 3 del artículo anterior.

En cuanto a las cantidades de acero, las ventajas de los forjados aligerados en la zona de tracción, son aún más apreciables. En la figura 5.^a del artículo anterior, ya indicamos los pesos de acero por metro cuadrado de piso, correspondientes a una sobrecarga de 300 Kg./m.², y vimos que las losas macizas requerían mayor cantidad que los sistemas aligerados. Dentro de éstos no puede establecerse una separación clara entre los forjados, con y sin placa de hormigón, como

darse reglas generales ni trazar un límite que separe una y otra clase de forjados.

5. Diversos tipos de forjados aligerados, con capa de hormigón.

Podemos considerar tres sistemas fundamentalmente distintos: A) Losas nervadas propiamente dichas, en las que no hay elementos especiales colocados entre los nervios, y B) Forjados con piezas cerámicas, de hormigón, etc., con o sin encofrado en toda la superficie del piso.

A) La losa nervada propiamente dicha está com-

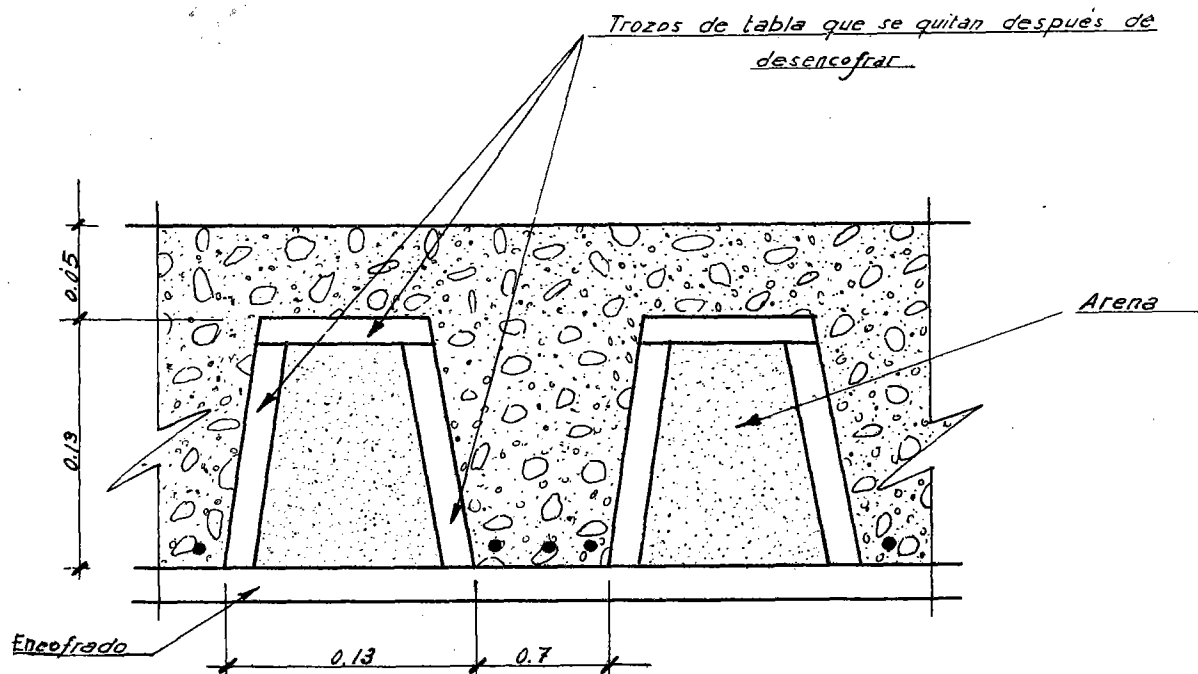


Fig. 15. — Placa de hormigón armado con aligeramientos para un forjado de escalera.

puesta por una placa de hormigón y nervios. En cuanto a su modo de trabajar, podemos considerar, a su vez, dos tipos:

a) Nervios de gran altura, separados a bastante distancia, que pueden suponerse para el cálculo como viguetas rectangulares o en T. En este caso conviene, en general, armar la losa con redondos colocados transversalmente.

b) Placa en la que se suprime parte del hormigón en la zona de tracción, y que, por tanto, trabaja del mismo modo que la losa maciza, con la disminución de peso propio correspondiente al volumen de hormigón suprimido. La línea neutra del forjado conviene que no esté situada por debajo de la superficie inferior de la placa.

Si los nervios son de gran altura, suelen quedar

a la vista, ya que, de otro modo, se perdería mucho espacio. Si son pequeños, pueden permanecer vistos o colocarse por debajo un cielo raso o un falso techo de rasilla, a fin de disminuir la superficie de enlucido.

El forjado puede construirse empleando encofrado en toda la superficie o colocando moldes especiales huecos, metálicos o de madera en el sitio de los aligeramientos. Estos moldes, una vez fraguado y endurecido el hormigón, se separan de la placa y pueden ser empleados en otras obras o en otra zona del mismo edificio.

Aunque con este sistema se ahorran las piezas especiales colocadas entre los nervios, creemos que no es ventajoso su empleo si no se dispone en abundancia de los citados moldes. La economía lograda con la supresión de las piezas queda compensada con el au-

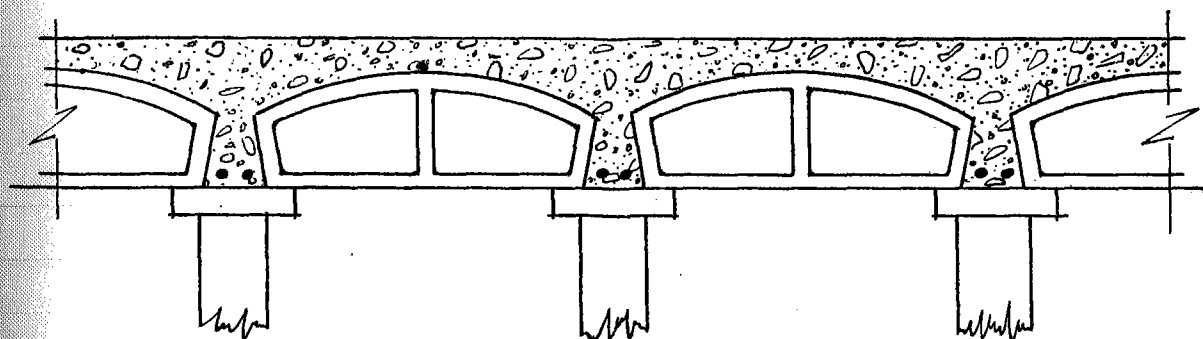
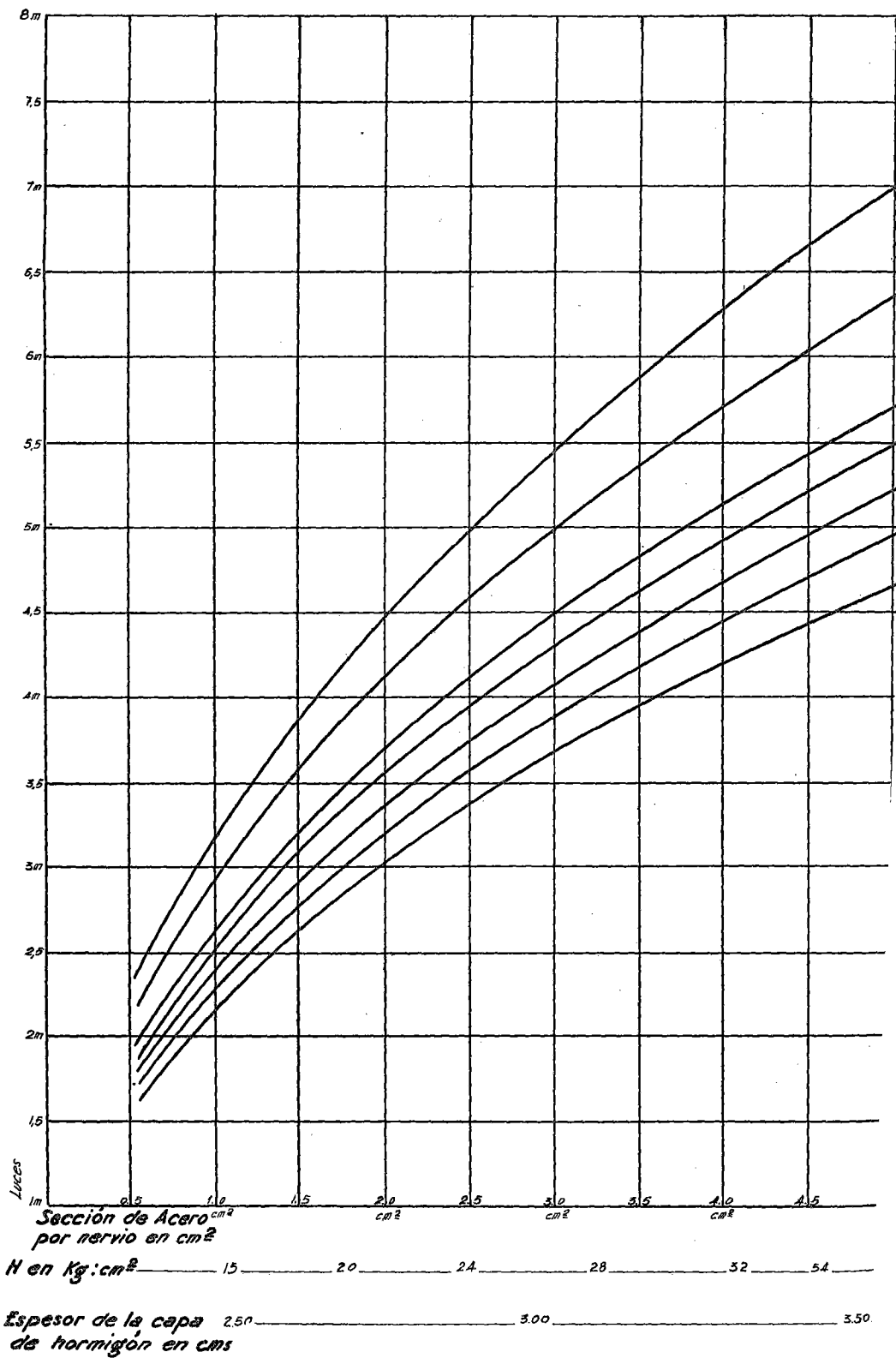


Fig. 16. — Forjado aligerado con bloques (con tabloncillos para el encofrado bajo los nervios).

CALCULO DE FORJADOS DE HORMIGON ARMADO ALIGERADOS C
SEPARACION DE NERVIOS : 60 centímetros
ALTURA DE BLOQUES : 16,5 centímetros



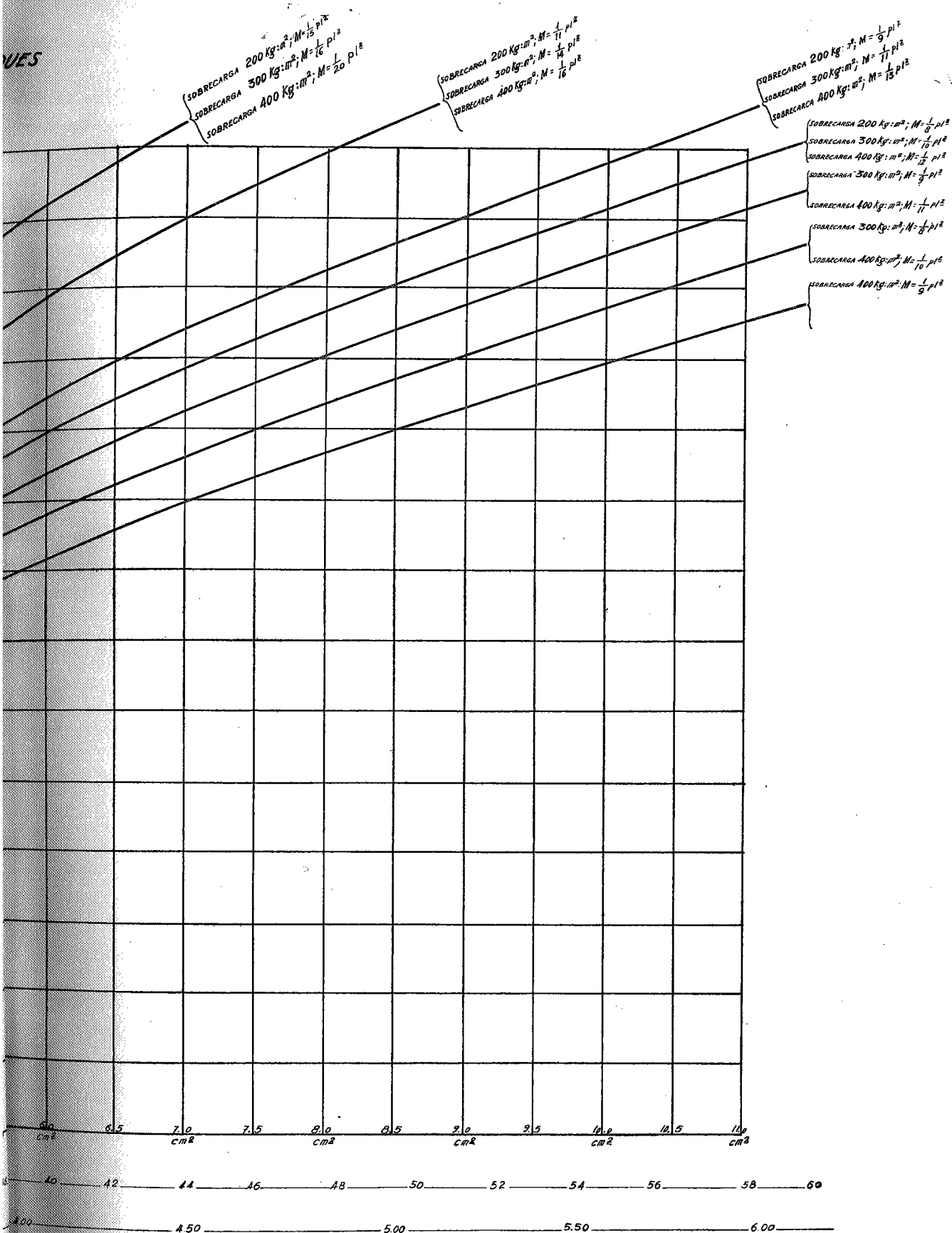


Figura 17.

mento de encofrado y de enlucido, y conviene, además, no perder de vista que las piezas de relleno suprimidas siempre ayudan a la resistencia y trabazón del piso y a la seguridad de todo el edificio.

B) *Losa aligerada, con encofrado en toda la superficie.* — Las piezas de aligeramiento se colocan sobre el encofrado, y entre ellas se disponen las armaduras. Este sistema ofrece gran flexibilidad en la

empleo de este tipo; es difícil encontrar piezas especiales huecas, de gran anchura y pequeña altura, que ahorren parte de la madera, y en cambio pueden colocarse fácilmente sobre todo el encofrado ladrillos huecos que, sin disminuir para nada la resistencia del conjunto, economizan hormigón y disminuyen el peso propio de la placa.

Una disposición ingeniosa que puede emplearse en algunos casos de gran apuro, en los que convenga

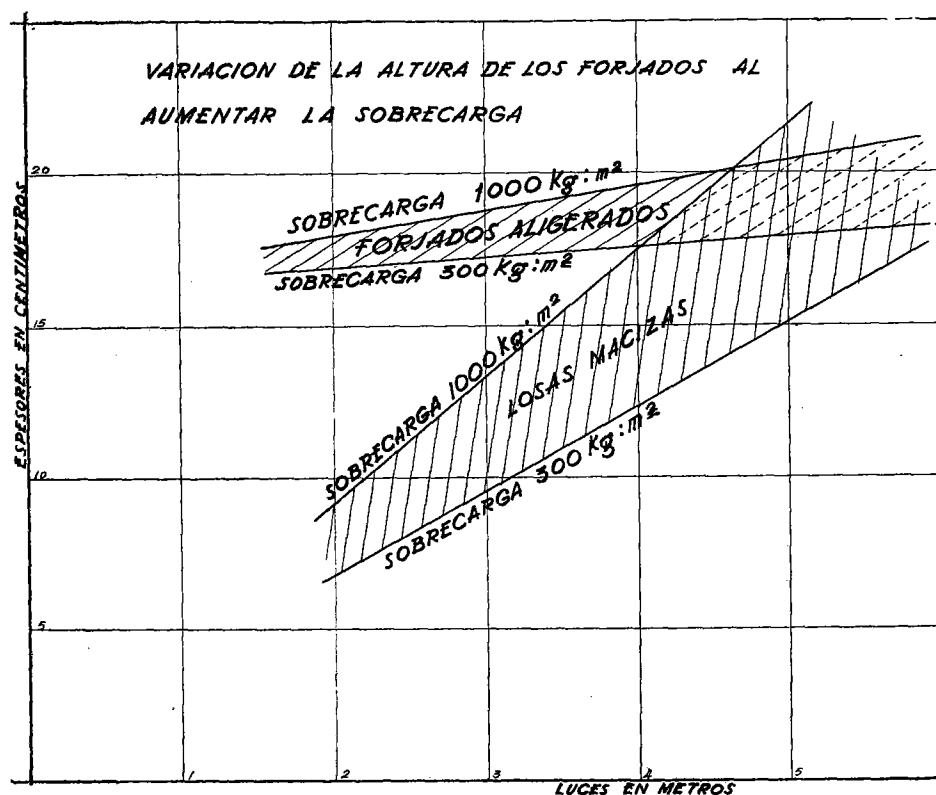


Figura 18.

colocación y distribución de las barras y mayor adaptación a distintos espesores que los otros forjados aligerados. Además, en el caso de que se tengan tableros contruídos que puedan aprovecharse para varias obras, presenta la ventaja de una gran facilidad y rapidez de construcción.

Su mayor inconveniente es el de requerir mucha superficie de encofrado, con lo que no se aprovechan gran parte de las ventajas de los pisos aligerados. Sin embargo, para forjados de pequeñas luces, y en casos especiales en los que es preciso disminuir todo lo posible la altura de la losa (como en algunos tipos de escaleras, cubiertas, etc.), convendrá muchas veces el

disminuir aún más el peso propio, consiste en colocar, durante el hormigonado, unas cuñas de madera que luego se suprimen al quitar el encofrado. Estas cuñas están, sencillamente, constituídas por tres trozos de tabla, entre las que se coloca arena para facilitar el desencofrado (fig. 15).

C) *Forjados aligerados, con bloques.* — El encofrado queda reducido en este caso al 25-40 por 100 de la superficie total, ya que basta colocar unos tableros debajo de los nervios sobre los que se asientan los bordes de los bloques (fig. 16). Éstos pueden ser de distintos materiales. Los más ligeros son los de

corcho o virutas que, en cambio, presentan el inconveniente de ser un nido de bichos. A continuación están los de yeso, también muy ligeros, pero tienen que pintarse para evitar la descomposición del cemento y lograr adherencia al verter el hormigón, y apenas si ayudan a la resistencia del forjado, por lo que los más generalmente empleados son los de hormigón o materiales cerámicos.

excavaciones de la obra. En cuanto a la resistencia, no hay ventajas apreciables de uno a otro tipo. Tanto en un caso como en otro, puede contarse con el espesor de la pared superior del bloque, por lo que bastará que la línea neutra no esté situada por debajo del borde inferior de dicha capa.

En cuanto a la forma, convendrá que el bloque sea redondeado en la parte superior, tal como se in-

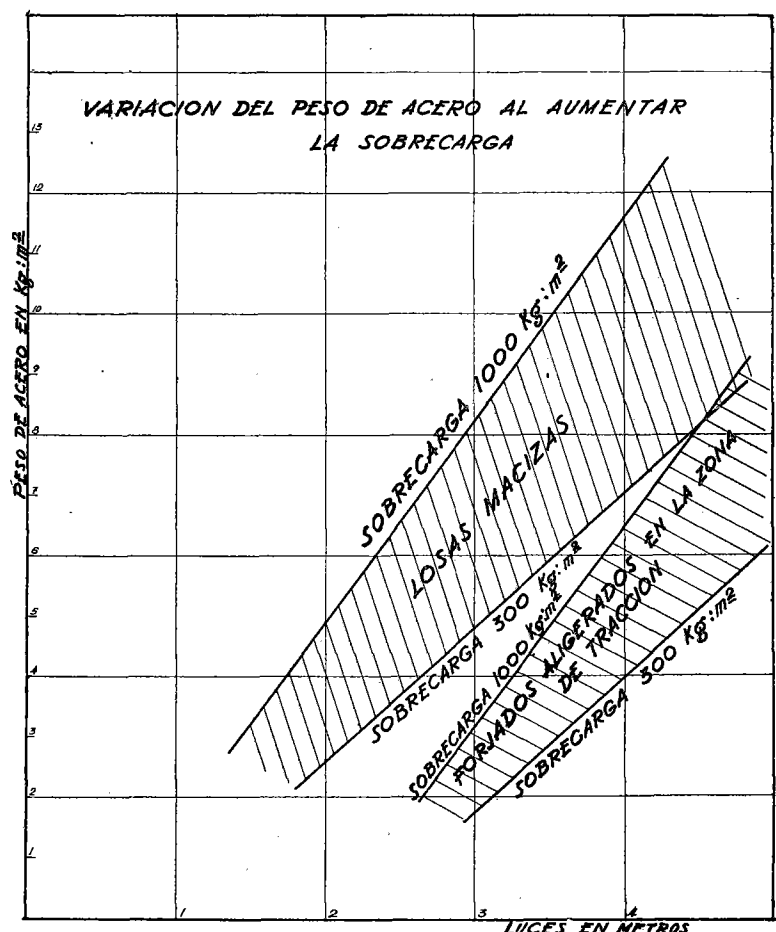


Figura 19.

El peso de los bloques cerámicos es algo inferior al de los de hormigón, por poder ser sus paredes de menor espesor (1); pero en cambio, los de hormigón presentan la ventaja de poder construirse aprovechando en gran parte la misma arena que se extrae de las

dica en la figura 4.^a citada, a fin de que la capa de hormigón entre nervio y nervio tenga forma abovedada. De este modo se facilita el trabajo del hormigón y puede suprimirse la armadura transversal de la placa superior.

La altura de los bloques viene más o menos fijada por el espesor del forjado (1) y su anchura por la se-

(1) El espesor de las paredes de los bloques de hormigón no deberá ser inferior a 1,5 a 2 cm., y convendrá colocar, por lo menos, un tabique en el interior para ayudar a la resistencia; los espesores de los bloques de ladrillo pueden ser, sin inconveniente, de medio centímetro.

(1) Como el espesor del forjado suele ser de 15 a 25 cm., y la capa de hormigón no debe ser inferior a 3 cm., ni mucho mayor de 5 cm., llegamos a alturas de bloques de 12 a 20 cm.

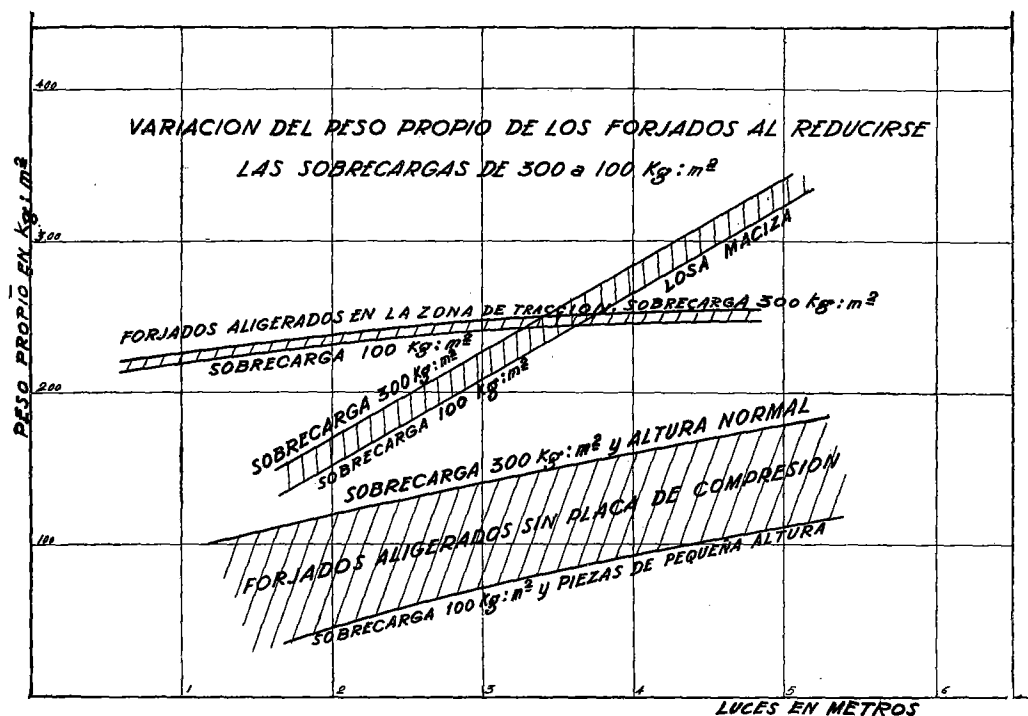


Figura 20.

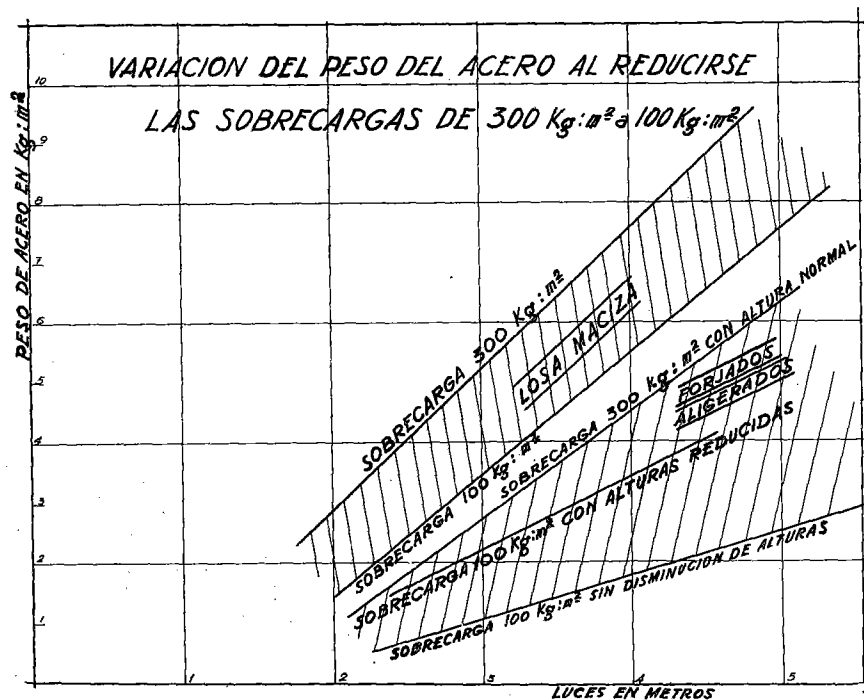


Figura 21.

paración entre nervios (1), por lo que únicamente puede variarse su longitud. Sin embargo, conviene que ésta no exceda de 30 cm. para no aumentar excesivamente el peso de los bloques que han de ser transportados y elevados hasta colocarlos sobre los tabloncillos del encofrado, ni sea inferior a 15 cm., a fin de no multiplicar innecesariamente el número de piezas.

Una dimensión tipo de bloque puede ser $25 \times 50 \times 15$, con un peso aproximado de 12 a 15 Kg.

Los bloques de hormigón, o mejor dicho, de mortero, ya que no se emplea grava o ha de utilizarse una gravilla de grano muy fino, están compuestos de cemento, arena de miga y arena de río o gravilla. Algunas veces se ha empleado carbonilla o escoria para conseguir un mayor aligeramiento; pero si no se puede asegurar la buena calidad de estos materiales, no creemos aconsejable su empleo, ya que se hinchan con facilidad al mojarlos, produciéndose, con frecuencia, roturas en los bloques. La cantidad de cemento no llega a $1/10$ del peso total del bloque, y en caso de urgencia, puede aumentarse el cemento y sustituir parte de la arena de miga por arena de río, a fin de lograr mayor rapidez en el fraguado. De este modo se han obtenido resultados plenamente satisfactorios empleando bloques en obra a los dos días de contruídos en taller.

En la figura 17 se representa un gráfico en el que se indican las secciones de acero, las tensiones de trabajo del hormigón y los espesores de placa necesarios para que la línea neutra coincida con el borde inferior de la cara superior del bloque. El gráfico se haya dispuesto para distintos grados de empotramiento del forjado y diversas luces y sobrecargas. Los nervios se suponen a 60 cm. de distancia entre ejes, expresándose directamente en el gráfico la sección de acero por nervio.

6. Forjados para grandes sobrecargas.

Estudiados en los apartados anteriores los diversos tipos de forjado para sobrecargas de 300 Kg./m.^2 , vamos a ver ahora rápidamente las ventajas e inconvenientes de los mismos, primeramente para grandes sobrecargas y después para sobrecargas muy ligeras.

Tratándose de sobrecargas de más de 500 o 600 Kg./m.^2 , los forjados aligerados, sin placa de hormigón, creemos no ofrecen suficiente resistencia. Por eso nos limitaremos al estudio de las losas macizas, de los suelos nervados y de los forjados con viguetas de hormigón armado.

(1) La separación entre nervios debe ser tal que se pueda circular con facilidad sobre los tabloncillos del encofrado; es decir, de 60 a 70 cm. Teniendo en cuenta que los nervios han de tener un espesor de 10 a 15 cm., para que se puedan colocar las armaduras y apoyar bien el pie sobre los tabloncillos después de colocados los bloques, resultan anchuras de éstos de alrededor de 50 cm.

La influencia de la sobrecarga en los espesores es mucho mayor en las losas que en los forjados aligerados, ya que en éstos la altura viene ya, generalmente, determinada por la de los bloques. En la figura 18 indicamos las variaciones de altura en uno y otro caso, y vemos que, mientras que en las losas macizas el aumento de espesores al pasar la sobrecarga de 300 a 1000 Kg./m.^2 es casi del 40 por 100, en los forjados aligerados es sólo del 10 al 15 por 100.

El peso propio y el volumen del hormigón varían de modo análogo a los espesores; pero, en cambio, las cantidades de acero aumentan en la misma proporción en uno y otro tipo de forjado (fig. 19).

En pisos de salas de máquinas sujetas a grandes trepidaciones, el forjado aligerado en la zona de tracción, que tiene las mismas condiciones de resistencia que la losa maciza, presenta la ventaja de absorber mejor las vibraciones y ruidos. Claro está que para que se consiga este efecto no podrá prescindirse de la colocación de las piezas o bloques de relleno entre los nervios.

Para el caso de grandes luces también creemos que el sistema de forjado aligerado presenta grandes ventajas, ya que con las losas macizas llegaríamos a pesos propios inadmisibles. Entonces convendrá, muchas veces, emplear bloques especiales de mayor altura que los corrientes, a fin de disminuir las secciones de acero, ya que con los bloques corrientes, al aumentar el espesor de la capa superior de compresión, aumentaría también excesivamente el peso propio y el volumen de hormigón.

Finalmente, los forjados contruídos con viguetas de hormigón armado pueden emplearse perfectamente en el caso de grandes sobrecargas, reforzando la sección de acero o aumentando las dimensiones de las viguetas. En cambio para grandes luces presentan el inconveniente de su gran peso, que dificulta enormemente su transporte y colocación en obra.



Fig. 22.—Rotura de un forjado ligero, para cubiertas, sometido a una sobrecarga de 500 Kg./m.^2 .

7. Forjados para sobrecargas muy pequeñas.

En cubiertas y en otros casos de sobrecargas muy pequeñas, el sistema de losa nervada con bloques no ofrece las ventajas que en los otros casos, ya que como sus dimensiones vienen fijadas por la altura de los bloques, la disminución de materiales y de peso propio, debida a la reducción de sobrecargas, es muy pequeña, como podemos apreciar en la figura 20.

en la figura 21, al disminuir la altura del forjado aumenta la cantidad de acero, si bien siempre se mantiene inferior a la necesaria para forjados sometidos a sobrecargas de 300 Kg. y altura normal.

En la figura 22 indicamos las pruebas efectuadas sobre una placa para cubierta ligera, de 2 m. de luz, constituida por rasillas de 20×50 y 4 cm. de espesor (fig. 23). Entre pieza y pieza se colocó un redondo de 5 mm., unido a los ladrillos por mortero

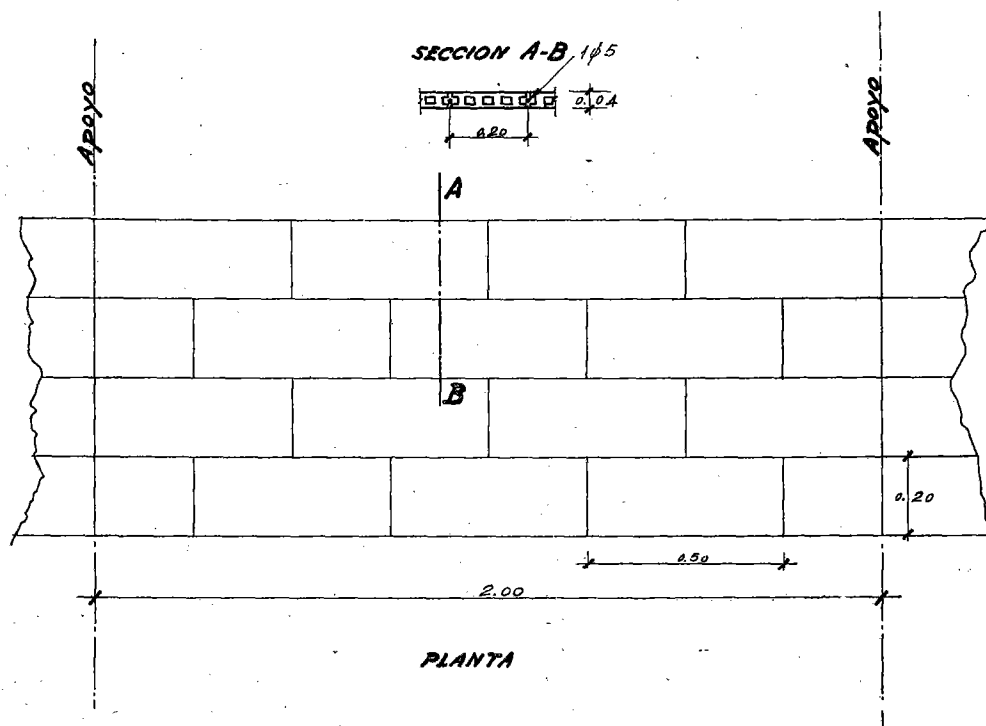


Fig. 23.—Forjado muy ligero, para cubierta, constituido por piezas cerámicas de $50 \times 20 \times 4$ armadas con redondos de 5 mm.

Más ventajoso resulta, en este caso, el empleo de forjados aligerados sin placa de hormigón, pues dada la escasez de las sobrecargas que ha de aguantar el piso, pueden utilizarse piezas especiales de menor altura ó incluso rasillas, si se trata de luces muy pequeñas.

En la citada figura 20 se indica también la disminución de peso propio al pasar la sobrecarga de 300 a 100 Kg./m.² en forjados sin placa de hormigón, de altura normal en el primer caso y de altura reducida en el segundo. Claro está que, como vemos

rico. Con una sobrecarga de 400 Kg./m.² empezó a crujiar, rompiéndose a los 500 Kg./m.² y quedando el hierro aguantando la sobrecarga, como se aprecia en la figura 22.

Con los forjados sometidos a pequeñas sobrecargas, terminamos este rápido estudio comparativo de los tipos de forjado. En él hemos procurado una máxima objetividad, y nos agradecería que sirviera de base para que otros compañeros nos expongan sus puntos de vista y nos aporten los datos de su experiencia.