Informes de la Construcción Vol. 15, nº 148
Marzo de 1963

posibilidades estucturales de las superficies parabólico - hiperbólicas

J. D. BENNET, ingeniero

445 - 9

sinopsis

El autor se extiende en una serie de vulgarizaciones sencillas que, pasando por la ecuación de la superficie y de las generatrices rectilíneas, llega a rápidas y simples conclusiones para mostrar las fuerzas y tensiones que se hallan presentes en las láminas parabólico-hiperbólicas.

Se analizan, con bastante detalle, los distintos tipos de cubiertas.

Se presta atención al extenso campo de aplicaciones de estas construcciones, tanto dentro de la arquitectura urbana como para grandes edificios y factorías industriales, mostrando, con sencillez, la forma de lograr una buena iluminación natural. Se acompaña una serie de esquemas que facilitan la sencilla compresión de la exposición textual. La documentación gráfica constituye un complemento, plasmado en la realidad, que sustituye ventajosamente a descripciones farragosas.

Termina el autor con una serie de consejos que deberán observarse, y añade: «la obra proyectada debe ser realizada económicamente, dentro de un perfecto análisis estético y siguiendo los métodos que este tipo de construcciones requiere».

La descripción que de las estructuras parabólico-hiperbólicas se hace en este trabajo se refiere a láminas de hormigón armado construidas en el Reino Unido, ya que las normas constructivas, condiciones climáticas y coste de la mano de obra pueden tener gran influencia en las posibilidades y economía de esta forma de construir. Este trabajo no está dirigido hacia un estudio analítico de las formas parabólico-hiperbólicas.

Forma básica

La ecuación que define una superficie parabólico-hiperbólica es muy sencilla, ya que, si referimos el paraboloide hiperbólico a tres ejes rectangulares, la ecuación será:

$$z = k \times y \qquad [1]$$

con $x =$ constante, la ecuación da: $z = ay$, y si $y =$ constante, la ecuación [1] toma la forma $z = bx$, en las que ab y k son constantes. Así, pues, existen dos generatrices: $z = ay$ y $z = bx$, que generan la superficie. Cualquier sección paralela al plano, pasando por OZ e interior al ángulo θ formado por los ejes OX y OY, será una parábola de la forma:

$$z = kx^2 + cx \qquad [2]$$

y si el plano bisecta el ángulo complementario al θ, la parábola será:

$$z = -kx^2 + mx;$$

luego la superficie se compone de dos familias de parábolas similares: una de ellas curvada o cóncava respecto a OZ y la otra convexa. Esta superficie también se puede considerar como la engendrada por una parábola fija y otra móvil, apoyándose sobre la fija. Cualquier otra sección vertical, pasando por OZ, será parábola o recta, y si es normal a OZ, es decir, horizontal, será hipérbola, de donde la ambigüedad de su definición.

Cuando $\theta = \frac{\pi}{2}$, la superficie se llama rectangular o parabólico-hiperbólica recta, ya que las proyecciones de las generatrices sobre el plano XOY forman rectángulos. Si θ no es ángulo recto, la superficie se dice que está en esviaje. Si las proyecciones de las generatrices sobre el plano XOY no constituye los sistemas de líneas rectas paralelas, entonces la superficie no constituye, en rigor, un paraboloide hiperbólico, y, sin embargo, dichas superficies se pueden obtener uniendo los puntos de igual división en cada lado de un cuadrilátero irregular como se aprecia en la figura 2, y estas superficies pueden ser tratadas hasta un cierto límite en forma similar a la de un paraboloide hiperbólico.

Una superficie con un cuadrilátero irregular como proyección se puede obtener cortando una superficie parabólico-hiperbólica, pero, con bordes curvos en elevación, lo que puede constituir una ventaja o desventaja al proyectar láminas parabólico-hiperbólicas.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Una porción de una superficie parabólico-hiperbólica puede ser utilizada como forma de cubierta, obteniéndose diferentes variedades según la parte que de dicha superficie se considere en la forma básica fundamental de la figura 1.

Al variar la curvatura, el tipo y forma de la estructura laminar parabólico-hiperbólica espacial puede obtenerse con un enorme número de variaciones, algunas de las cuales son objeto de descripción en este trabajo.

Principio elemental de la acción de fuerzas en la lámina

Sin intentar extenderse en un estudio analítico del comportamiento de tensiones en las láminas parabólico-hiperbólicas, es esencial, antes de considerar los efectos que éstas producen, conocer la forma básica de transmisión de cargas a los elementos del borde. Sólo al apreciar esta acción es posible conocer las razones de las distintas combinaciones de las láminas parabólico-hiperbólicas, así como la presencia o ausencia de tirantes o montantes y, con ello, poder postular distintas disposiciones que con estas láminas se pueden obtener.

En las láminas de pequeñas flechas, con una carga vertical uniformemente repartida, las fuerzas de la membrana consisten en un esfuerzo cortante uniforme sobre toda la superficie, una tensión uniforme en las líneas paralelas a la diagonal entre los dos vértices elevados y una compresión uniforme a lo largo de las paralelas a la diagonal que une los dos puntos más bajos de la lámina supuesta cuadrangular en planta. Estas fuerzas de membrana transmiten la carga a los elementos de borde por medio de una fuerza constante, por unidad de longitud, actuando a lo largo del borde como se observa en la figura 2.

La lámina puede ser considerada como portadora de las cargas por medio de una serie de "arcos" parabólicos y "cables" suspendidos con sus reacciones respectivas en los bordes de la lámina, equilibrándose unas con otras en una dirección perpendicular al elemento de borde y combinándose para dar una fuerza uniforme, por unidad de longitud, paralela a la viga de borde. Esta fuerza se acumula a lo largo del borde para llevar a los soportes una componente vertical equivalente al peso de la lámina y componentes horizontales, en consonancia con las componentes verticales, según la inclinación.

Las componentes horizontales se han de absorber por medio de arriostramientos, tirantes o estribos que opongan una reacción igual y de sentido contrario al empuje. Puesto que las pendientes de los elementos de borde son, en general, inferiores a 1/4, el empuje es unas cuantas veces mayor que las fuerzas verticales, y la contención de este empuje constituye un serio problema en las aplicaciones de las láminas parabólico-hiperbólicas en la construcción de cubiertas.

En la figura 2 se aprecia la acción de las reacciones, T, de los apoyos en una lámina soportada por los vértices más bajos, reacciones que se pueden absorber por medio de tirantes o estribos. Si la lámina se sostiene apoyándose en los vértices superiores se presentará una reacción dirigida al exterior, lo que exigiría arriostramientos o vientos para absorberla.

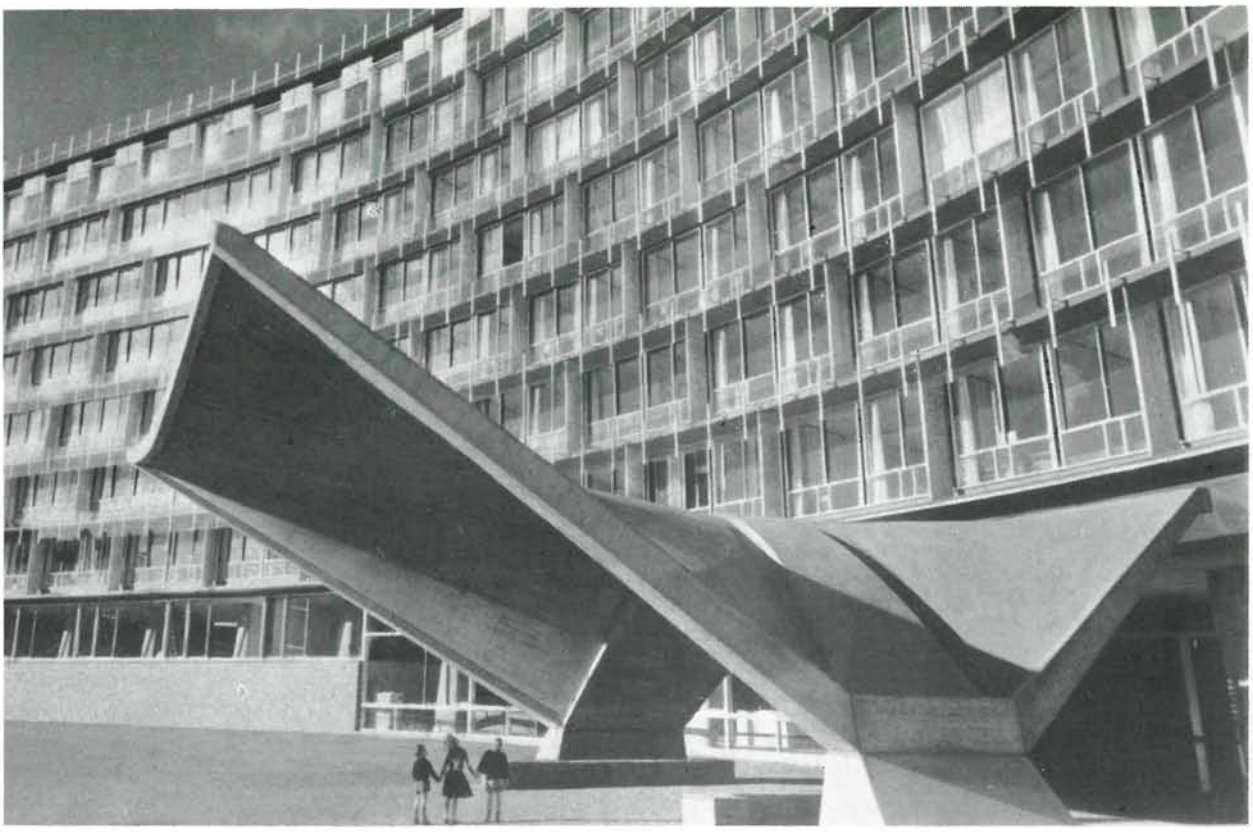
Todas estas explicaciones simplificadas son suficientes para la discusión de varias posibles disposiciones de la lámina parabólico-hiperbólica en una cubierta. Los detalles de cuanto queda apuntado se describen en publicaciones cuya lista sería extensa.

El proyectista empleará con cautela la teoría simplificada de membranas y recordará que habrá de considerar los siguientes factores:

a) *Elementos de borde.*—Si se trata de pequeñas láminas, o de grandes elementos de borde, éstos se pueden proyectar para soportar su propio peso, pero será inevitable su interacción con la lámina. En el caso de grandes láminas con elementos económicos en el borde, la lámina y borde se soportan mutuamente y se puede determinar el grado de interacción.

b) La observación de las estructuras existentes y recientes investigaciones han demostrado que el alargamiento del tirante tiene una influencia considerable en las tensiones de la lámina y, por tanto, el alargamiento deberá ser limitado o, de lo contrario, su efecto sería de prever.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



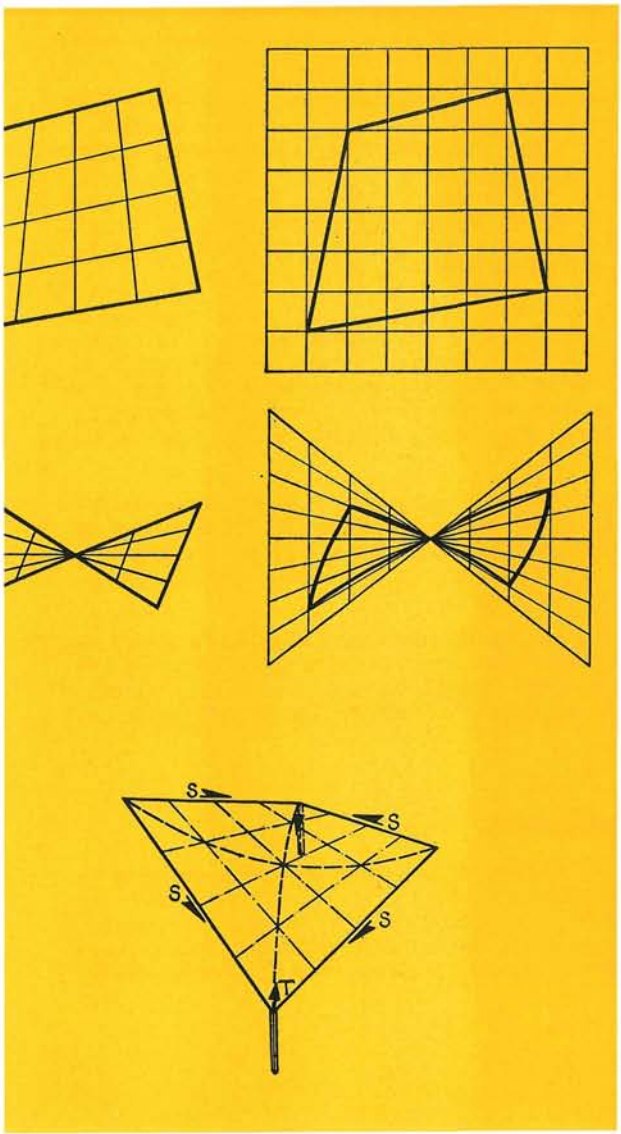


Fig. 1.—Marquesina de la Unesco en París.

Fig. 2.—Esquema de fuerzas.

c) *Deformaciones.* — El análisis de la membrana no es suficiente para el cálculo de los efectos producidos por la deformación del borde en ciertas disposiciones de las láminas parabólico-hiperbólicas y, particularmente, en el tipo volado en forma de hongo, en los que puede deformarse considerablemente en los bordes no suspendidos de la lámina. Estas deformaciones pueden producir condiciones en la lámina cuyas tensiones distan mucho de las calculadas con ayuda de la teoría de membrana, lo que ha motivado algunos fracasos en este tipo de láminas que probablemente se deben al empleo de una teoría excesivamente simplificada.

Estos tres puntos señalados salen del alcance de este trabajo; pero se sabe que, actualmente, se están realizando progresos en la investigación de estas cuestiones, tanto con modelos reducidos como analíticamente, y es de esperar que pronto se tengan detalles para un análisis exacto de todo tipo de condiciones en el borde.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Disposiciones posibles de láminas parabólico - hiperbólicas

Existen distintos modos de disponer las láminas parabólico-hiperbólicas, por lo que se puede intentar una clasificación de ellos.

Láminas con tirante individual

Este es uno de los modos corrientes de disposición de láminas de este tipo. En estos casos, los vértices más bajos se soportan con montantes entre los que se coloca el tirante. Los dos vértices más elevados pueden (o no) tener soportes verticales, lo que depende de las dimensiones de las vigas de borde.

Una de estas disposiciones consta de varias láminas formando un rectángulo con vértices bajos en la parte central de los lados del rectángulo y los vértices elevados en las proyecciones al exterior del rectángulo y en el centro del mismo. En este caso es necesario el empleo del tirante entre los puntos bajos de la lámina. La ventaja de esta disposición consiste en que cada lámina es estructuralmente independiente, lo que permite construir una cubierta sobre una amplia superficie rectangular con una simple repetición de cuatro elementos en cada rectángulo, incluyendo, en esta repetición, el entramado de andamios y encofrados.

Esta disposición proporciona una ventaja económica sobre el empleo de cúpulas o bóvedas que requieren un entramado de sustentación provisional en toda la superficie que se ha de cubrir, así como sobre las bóvedas cañón que requieren un entramado de la mitad de la superficie cubierta.

Si esta disposición se repite más de cuatro veces, entonces el reticulado de soportes tendrá por lado la mitad de la diagonal del rectángulo modular, lo que permite una repetición monótona indefinida.

Este tipo de disposición (figura 3, a) se empleó en Inglaterra en la cubierta de la factoría Wilton, de planta cuadrada, de 34,6 m de lado, en la que se utilizaron viguetas de madera en la lámina y en las vigas de borde; los soportes son de hormigón armado y el tirante está constituido por un cable de acero, de 69 mm de diámetro, suspendido, intermitentemente, de la lámina. Un tipo similar de lámina se ha construido para cubrir el garaje Lincoln, en el que el tirante es una viga prefabricada, de hormigón pretensado, que une los dos vértices más bajos. En las figuras 3, b y c, se puede apreciar el efecto de báscula respecto de las líneas exteriores entre soportes.

La disposición de la figura 4, b, cuenta con una viga horizontal entre soportes, y la altura del punto central del cuadrado será el doble del correspondiente a la disposición de la figura 3, a. Cuando la lámina bascula, como se aprecia en la figura 3, c, los vértices exteriores serán los más elevados, y entre los centros de los lados del rectángulo se colocan vigas horizontales. Esta disposición tiene la ventaja particular de suprimir los tirantes individuales, actuando esta viga horizontal como elemento de unión y tirante.

En la figura 3, d y c, se pueden apreciar las dos formas distintas de lograr lucernarios cuando se yuxtaponen varios elementos. Se pueden obtener distintos modos de habilitación de lucernarios en uno o más lados de la estructura, pero las proporciones de la lámina serán siempre las mismas, necesitándose, en todo caso, soportes verticales y un tirante que una los dos puntos más bajos.

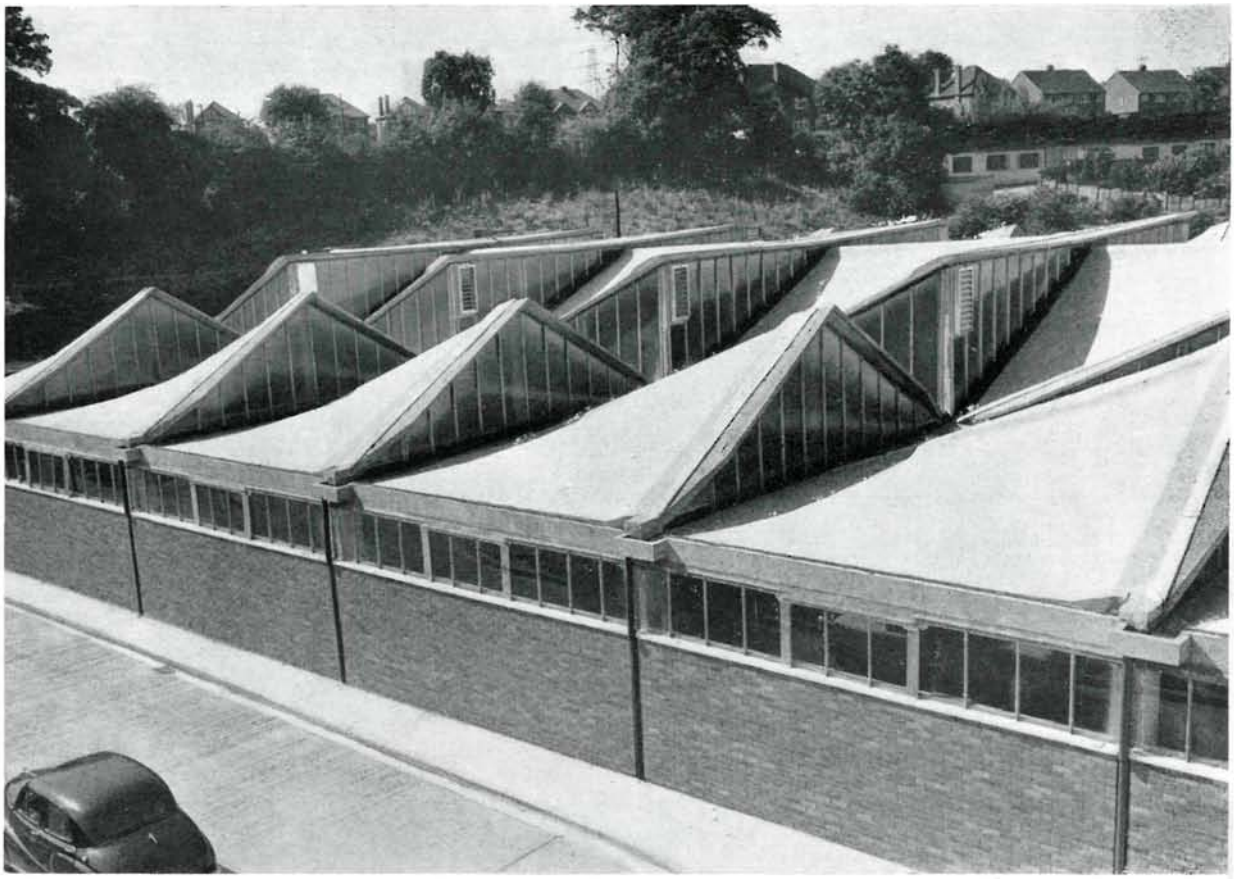
En la figura 3, c, el soporte vertical de las dos láminas más bajas en la zona del lucernario se consigue suspendiendo la lámina del borde de la superior, teniendo que calcular el borde, en este caso, como un elemento sometido a una tracción en el vértice. El soporte central sólo es necesario para asegurar la estabilidad estructural de la cubierta.

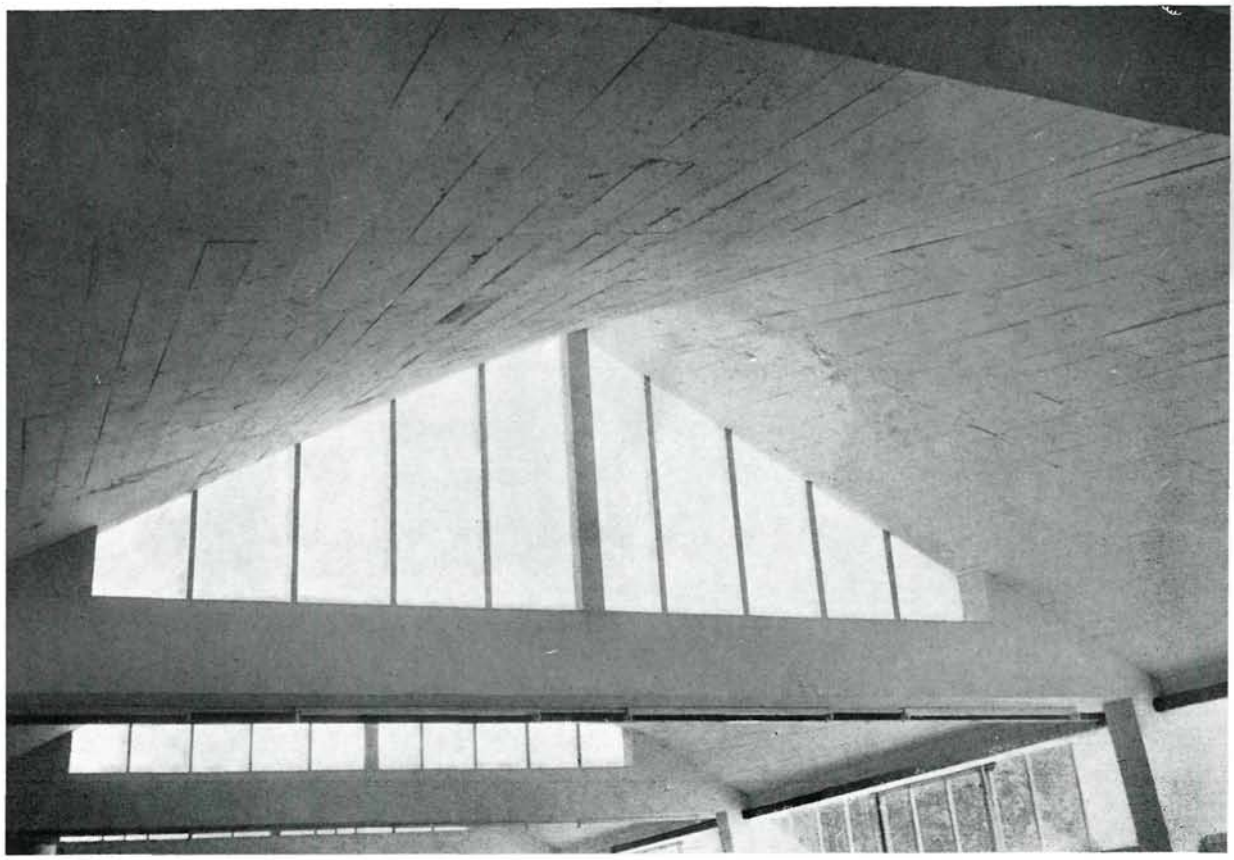
Empleo de codales individuales

Todas las disposiciones de la figura 3 se pueden utilizar suspendiendo la cubierta en los vértices elevados, a condición de acodalarlos debidamente. Estas posibilidades no tienen gran aplicación actualmente, debido a la apariencia o estética y el encarecimiento que origina el codal que, en muchos casos, ha de tener grandes secciones para resistir a los empujes. En lugar de codales se podrían emplear vientos, pero esta solución no es del todo satisfactoria.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

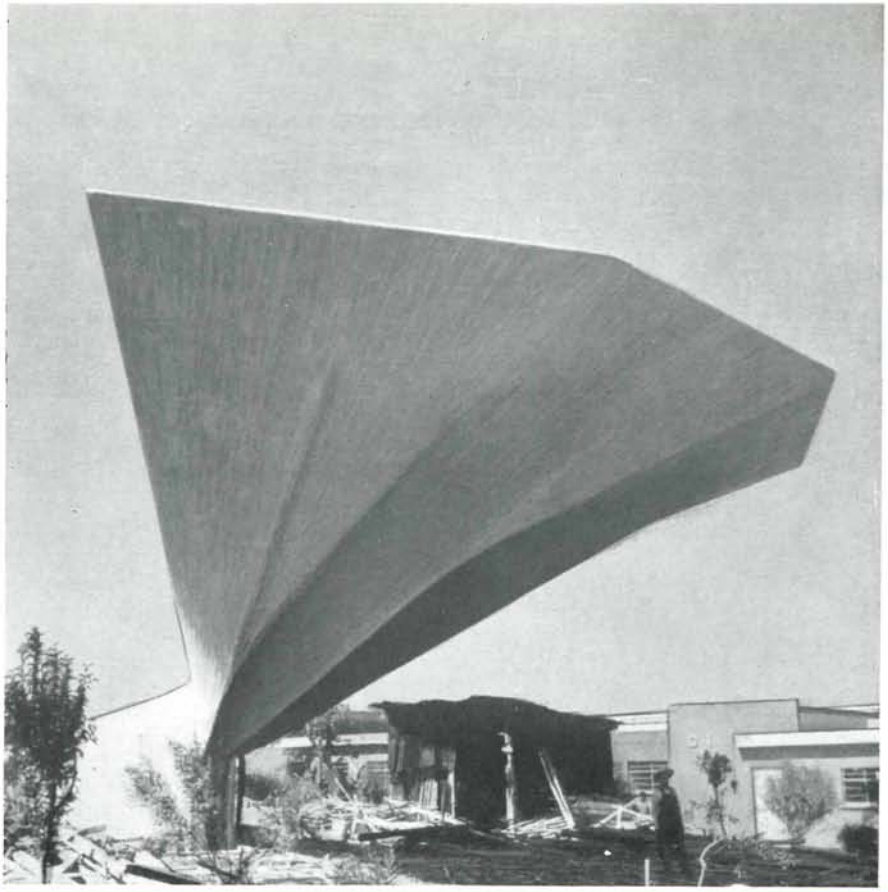
edificio industrial con lucernarios



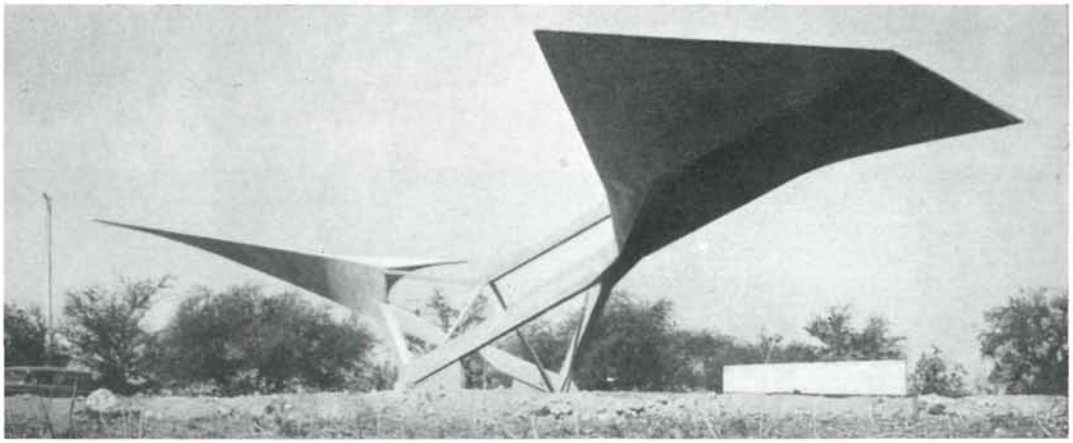


© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Lámina Candela, en México.

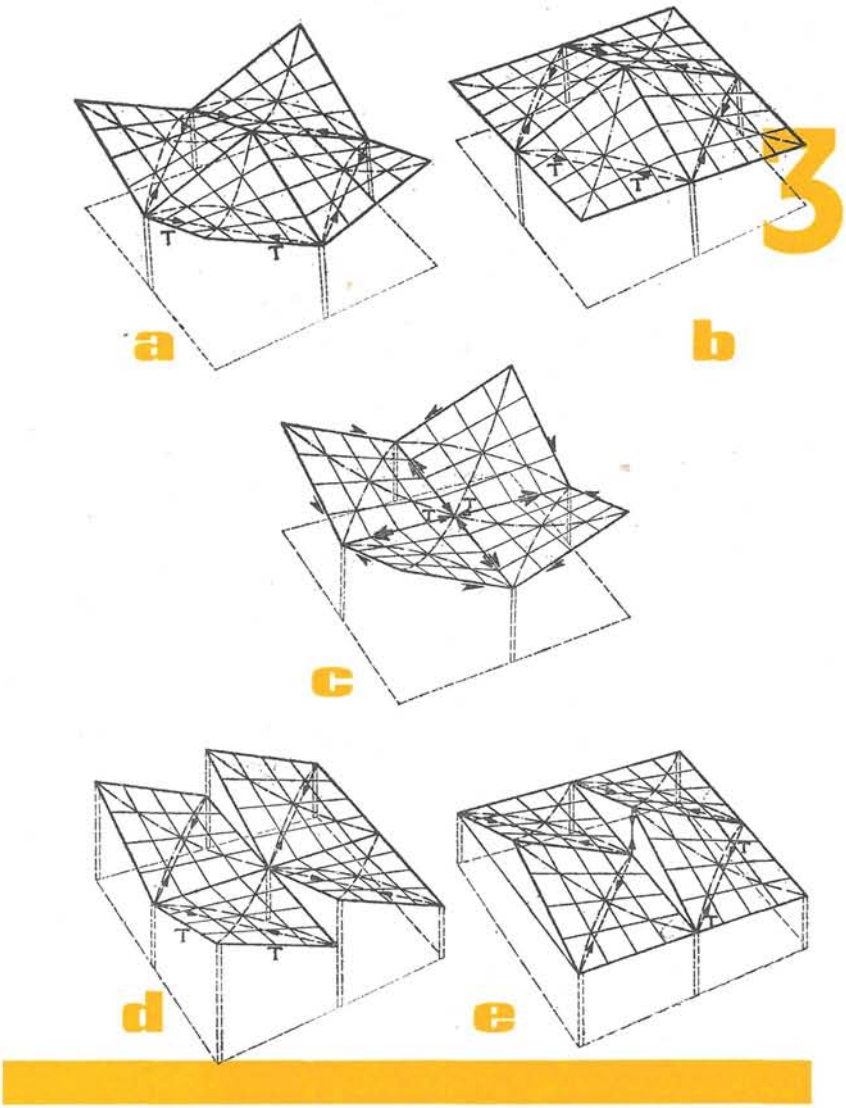


Fantasía Candela, en México.



Ensayo.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)



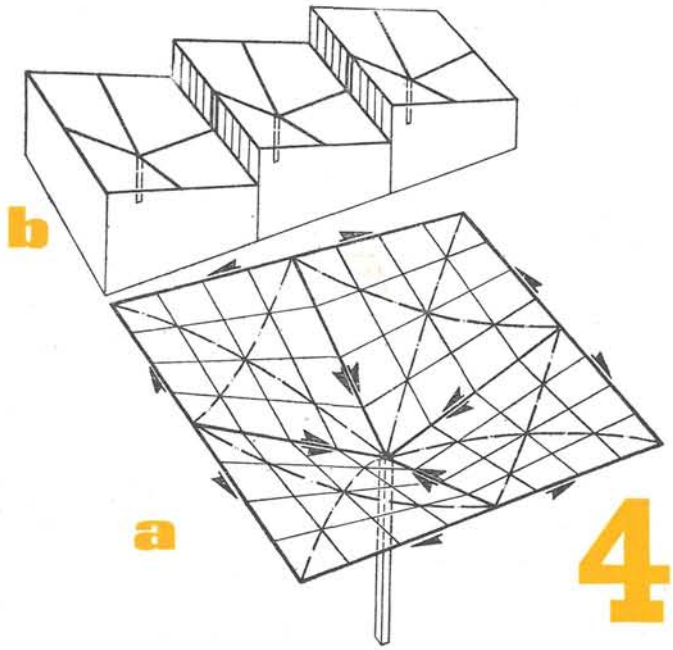


Fig. 3.—Disposición de láminas.

Fig. 4.—Conjunto tipo seta.

Láminas arriostradas entre sí

Desde diversos puntos de vista resulta ser el método más satisfactorio del empleo de las láminas parabólico-hiperbólicas, ya que el problema estético de la presencia de los elementos acodalados se elimina; pero desde este mismo punto de vista estético limita las posibilidades de construir grandes láminas espectaculares que, por el contrario, se pueden lograr empleando láminas individuales con codales o tirantes. Sin embargo, este método de construir se va popularizando, especialmente con hormigón pretensado, en las cubiertas de edificios industriales en las que se pueden obtener grandes economías por el reempleo de los encofrados y entramados provisionales para soporte.

La mejor disposición de este tipo es la de la figura 4, a. Esta disposición consiste en cuatro láminas inclinadas, en forma tal, que sus vértices superiores estén en un plano superior y los inferiores converjan hacia un punto central en el que actúa un soporte.

El perímetro de la seta así formada reúne la doble función de ser una viga de borde o tirante, pudiéndose reducir a un mínimo su sección transversal, ya que no existen grandes esfuerzos de compresión.

Este tipo de lámina es muy apropiado para marquesinas. Varios conjuntos de estos tipos han sido construidos en Inglaterra. Cuando esta disposición se emplea en la construcción de edificios industriales, las láminas se separan o perforan con objeto de constituir lucernarios para la iluminación natural. Si se requiere una iluminación del norte, las láminas se inclinan como se indica en la figura 4, b. Generalmente, se cree que es mejor solución la de separar las láminas por medio de codales para formar el lucernario, ya que así se consigue dar mayor estabilidad al conjunto y menor exposición a los esfuerzos laterales.

El tipo seta también se puede emplear en una posición invertida, en cuyo caso se encuentra la lámina suspendida y el perímetro trabajando como un elemento a compresión; sin embargo, la cuestión estética, iluminación y drenaje constituyen serios problemas.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

La figura 5 es un ejemplo en el que los tirantes no aparecen a la vista. Los elementos transversales centrales han de ser horizontales o tener una ligera inclinación hacia el punto central, ya que en este punto se reúnen los empujes procedentes de las cuatro láminas y se contrarrestan unos con otros. Con soportes dispuestos como en la figura, la lámina produce tensiones en los elementos de borde, que quedan suspendidos equilibradamente de la extremidad del soporte. En este caso también, de no emplear una disposición unitaria, el problema de una iluminación y drenaje satisfactorios presenta dificultades.

Las láminas del tipo de la figura 3, c, anteriormente descritas, se podrían clasificar dentro de este tipo de disposición, y se atirantarán con elementos transversales concurrentes en el centro.

Como se puede apreciar en la figura 6, estas láminas se pueden emplear para cubrir grandes superficies. Los elementos centrales tienen su mejor posición en la horizontal, y se han de pretensar si se trata de estructuras de grandes luces. Las láminas tendrán una ligera inclinación hacia el centro para facilitar el drenaje, pero esta pendiente será mínima si se quiere conservar el buen aspecto en el interior.

Si se emplean los elementos transversales como tirantes, normalmente es necesario la construcción de los cuatro elementos de la figura 3, c, como un todo y no desencofrar antes de la consolidación del conjunto; pero si se emplean tirantes provisionales como se ve en la figura 6, en este caso cada lámina elemental se puede construir independientemente, y los entramados y encofrados se pueden llevar a otras láminas en construcción siempre que se dejen algunos puntales. Después de construidas las cuatro láminas se pueden quitar los tirantes provisionales, y los elementos transversales se encargan de absorber el empuje.

Tirantes exteriores a la lámina

En las figuras 4, a y e, las láminas se podrían agrupar, por conjuntos de cuatro unidades, uniendo los soportes centrales de cada unidad por medio de vigas que se cruzarían en el centro del grupo; sin embargo, esta disposición no presenta grandes ventajas. La forma más apropiada de este tipo es la disposición que se aprecia en la figura 7, a, donde el empuje entre una y otra de las láminas converge hacia el centro de la estructura, mientras que el esfuerzo al exterior en cada soporte se localiza en los vértices de la lámina, por lo que en éstas los esfuerzos de tracción en los bordes se verifican en el perímetro. Esta disposición presenta la ventaja de poder utilizar estas vigas exteriores para otros cometidos estructurales, tales como soporte de otras estructuras adyacentes o interiores y como soporte de una grúa móvil, si se tratase de una gran nave cubierta.

Con láminas de este tipo se consigue la iluminación natural separando las unidades, con lo que el espacio de separación se puede utilizar también como elemento de trabazón o como dren.

Un reticulado de soportes y láminas es siempre necesario en este tipo de disposición, y se puede llegar a formas pentagonales como la de la figura 7, c, utilizando los mismos principios que en la figura 7, a. Repitiendo estos elementos se logran estructuras de forma atractiva. Otra disposición factible con este tipo de conjuntos es la de la figura 7, d, que permite esconder el tirante en un forjado intermedio.

Contrafuertes

Aunque lo normal es utilizar tirantes, también se pueden emplear los contrafuertes; pero con aleros de altura normal en los vértices bajos, los contrafuertes no constituyen una solución cómoda tratándose de láminas de hormigón armado.

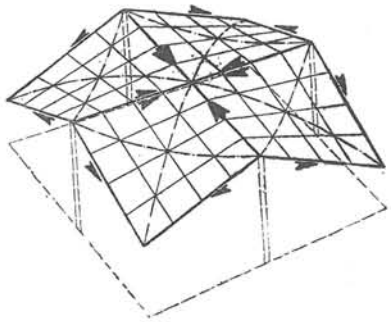


Fig. 5.—Combinación con cuatro soportes.

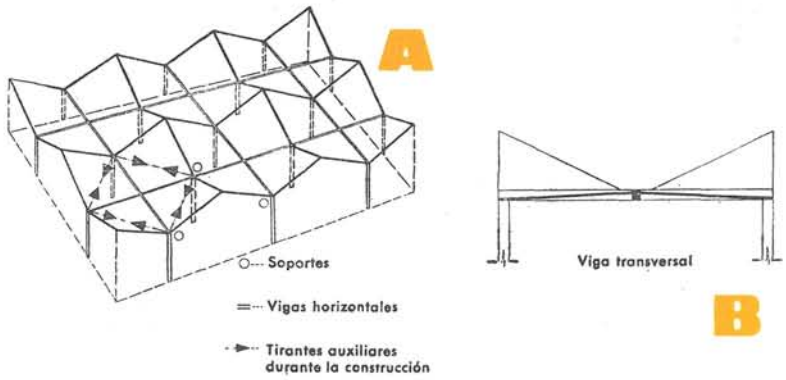
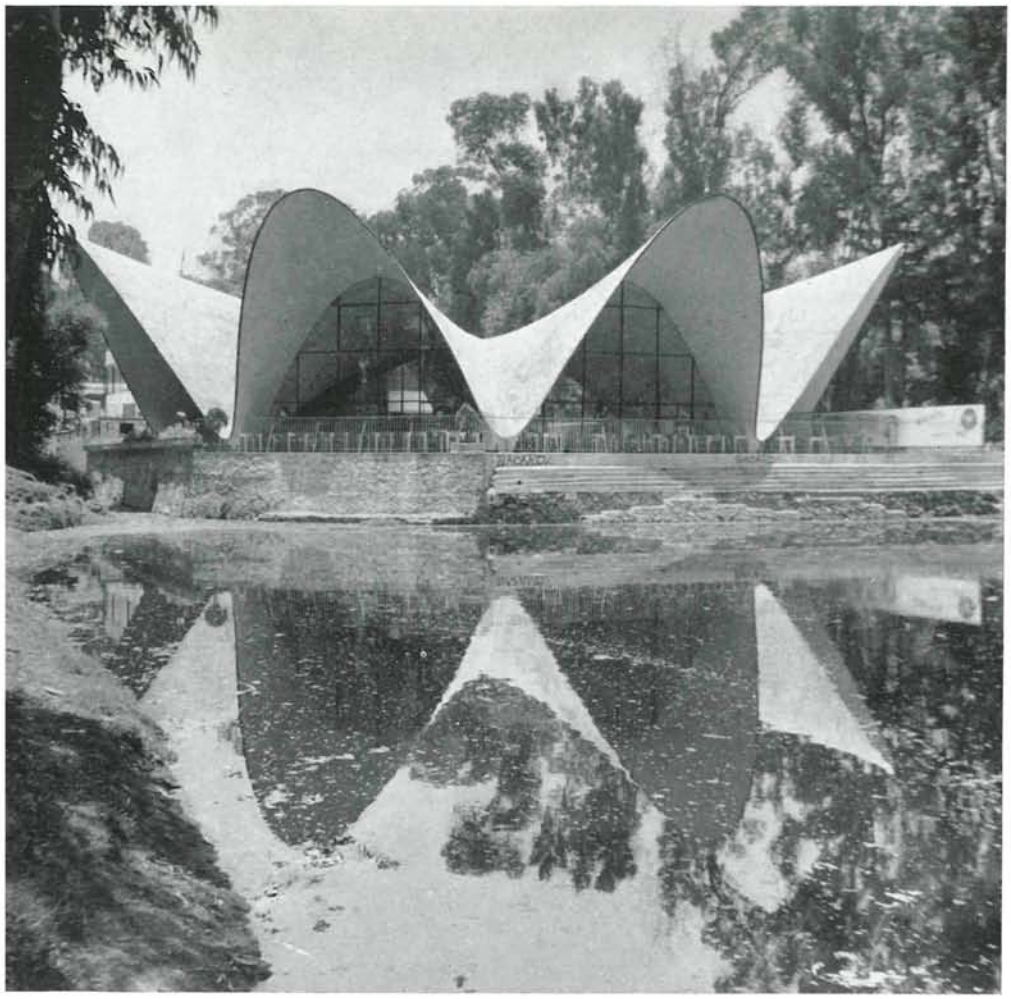


Fig. 6.—Combinación para cubrir grandes superficies

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

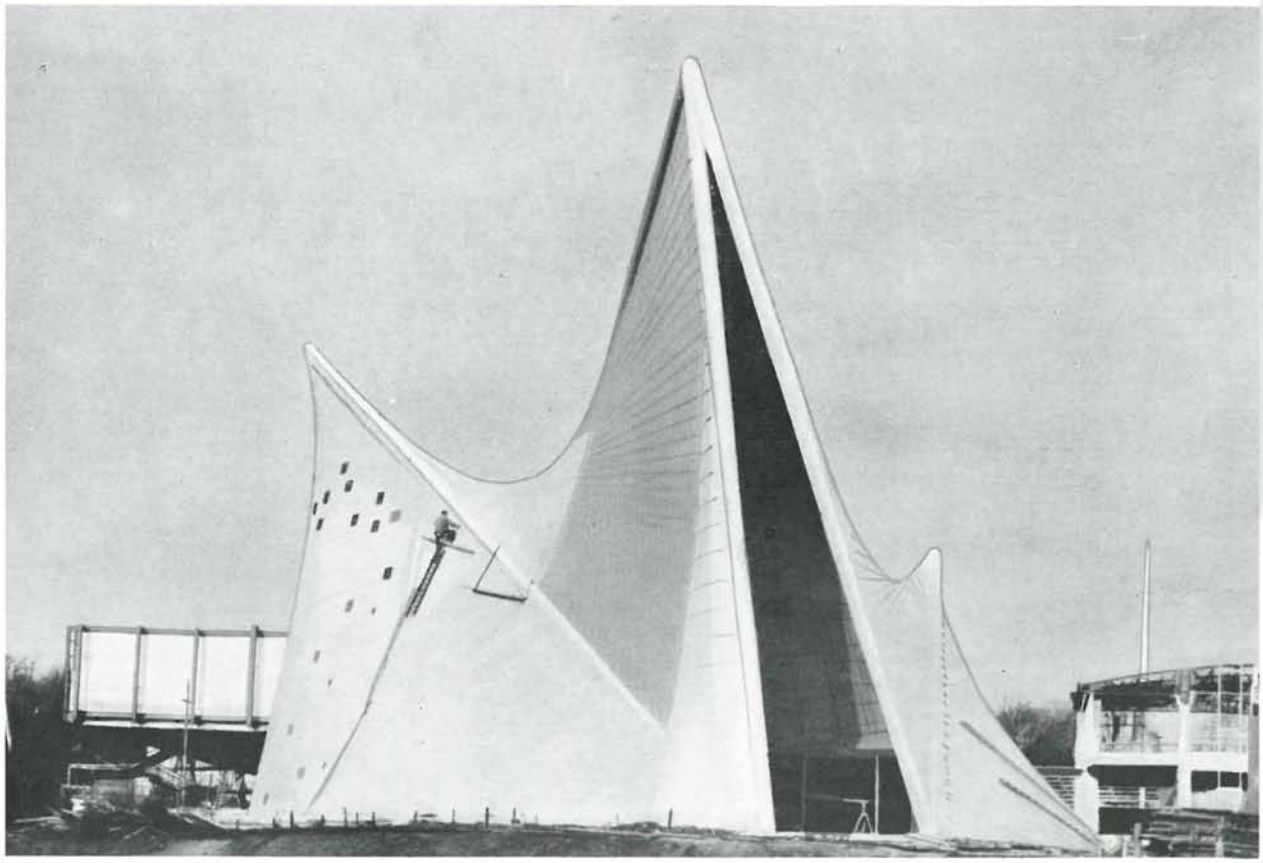
Capilla San Vicente, Méjico.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Restaurante «Los Manantiales», Méjico.

Pabellón de la Exposición de Bruselas.



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

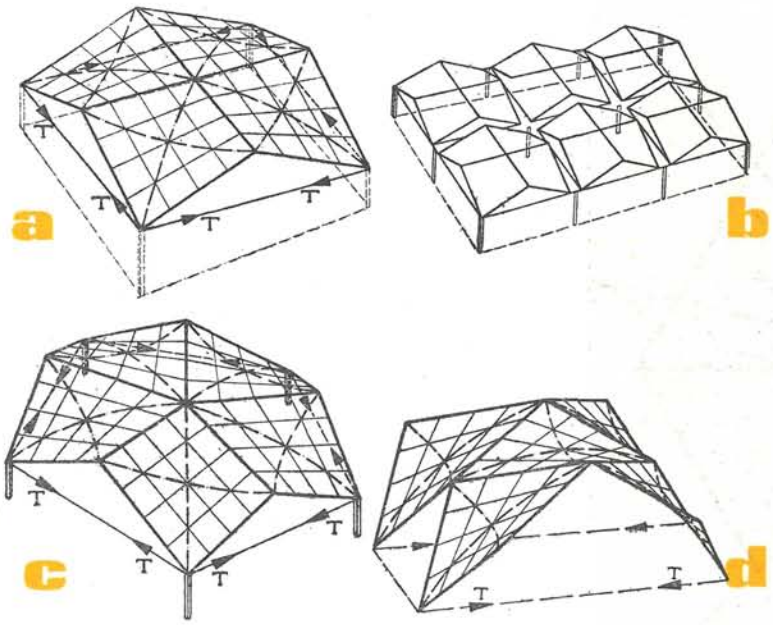


Fig. 7.—Conjunto de grandes pendientes.

Puesto que la reacción horizontal en la extremidad superior del contrafuerte es, normalmente, tres o cuatro veces mayor que la vertical, el contrafuerte ha de ser de construcción masiva para resistir a los efectos del vuelco, llegando así a soluciones más caras que la propia cubierta.

Los contrafuertes hallan una apropiada eficacia cuando la altura de aleros es baja. Los contrafuertes o estribos también se atirantan, pero, en este caso, el tirante va enterrado y no encarece demasiado.

Cuando las láminas son de madera, los empujes son mucho menores que en el caso del hormigón; por ello, pueden emplearse contrafuertes de hormigón si la altura de aleros bajos no es superior a 3 metros.

Láminas con bordes no rectos

Todas las disposiciones hasta aquí estudiadas llevan elementos rectos en los bordes, lo que se ha conseguido haciendo que los bordes sean paralelos a las generatrices, es decir, a los ejes OX y OY. Si se toman otras direcciones, los bordes resultan parabólicos y el comportamiento de la lámina deja de ser el del clásico paraboloide hiperbólico limitado por elementos rectos en el borde. La disposición en este caso se presenta como una forma acanalada de 2,50 m de anchura y hasta 20 m de luz. La dirección de las generatrices rectilíneas puede ser utilizada para el trazado de los cables del pretensado.

Otras superficies, tales como el hiperboloide de revolución y el hiperboloide de dos hojas, tienen formas muy similares cuando las secciones de ellos se obtienen según las direcciones de las generatrices de la lámina, y desde el punto de vista práctico se pueden considerar como idénticas, puesto que las diferencias dimensionales entre unas y otras son menores de 12 mm. Las formas con estos elementos obtenidas se pueden realizar con madera, hormigón armado y, también con hormigón pretensado, como se aprecia en la figura 8, cuya forma es la de una viga o lámina cilíndrica que puede apoyarse en dos soportes.

Una de las formas más atractivas es la llamada bóveda parabólica de la figura 9, obtenida tomando trozos diagonales de un paraboloide hiperbólico recto u oblicuo. Esta superficie se puede presentar de distintas maneras, que siempre resultan ser del género paraboloide hiperbólico de generatrices rectilíneas. De estas superficies, Candela ha sacado gran provecho al cubrir con ellas el restaurante mejicano "Los Manantiales".

El coste de una cubierta de hormigón armado de este tipo resultaría ser más elevado que el de una lámina, debido a los gastos que ocasiona la colocación del hormigón sobre pendientes pronunciadas.

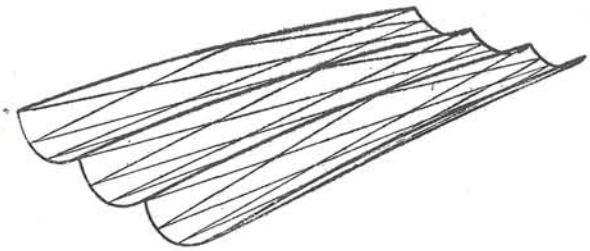


Fig. 8.—Láminas cilíndricas.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

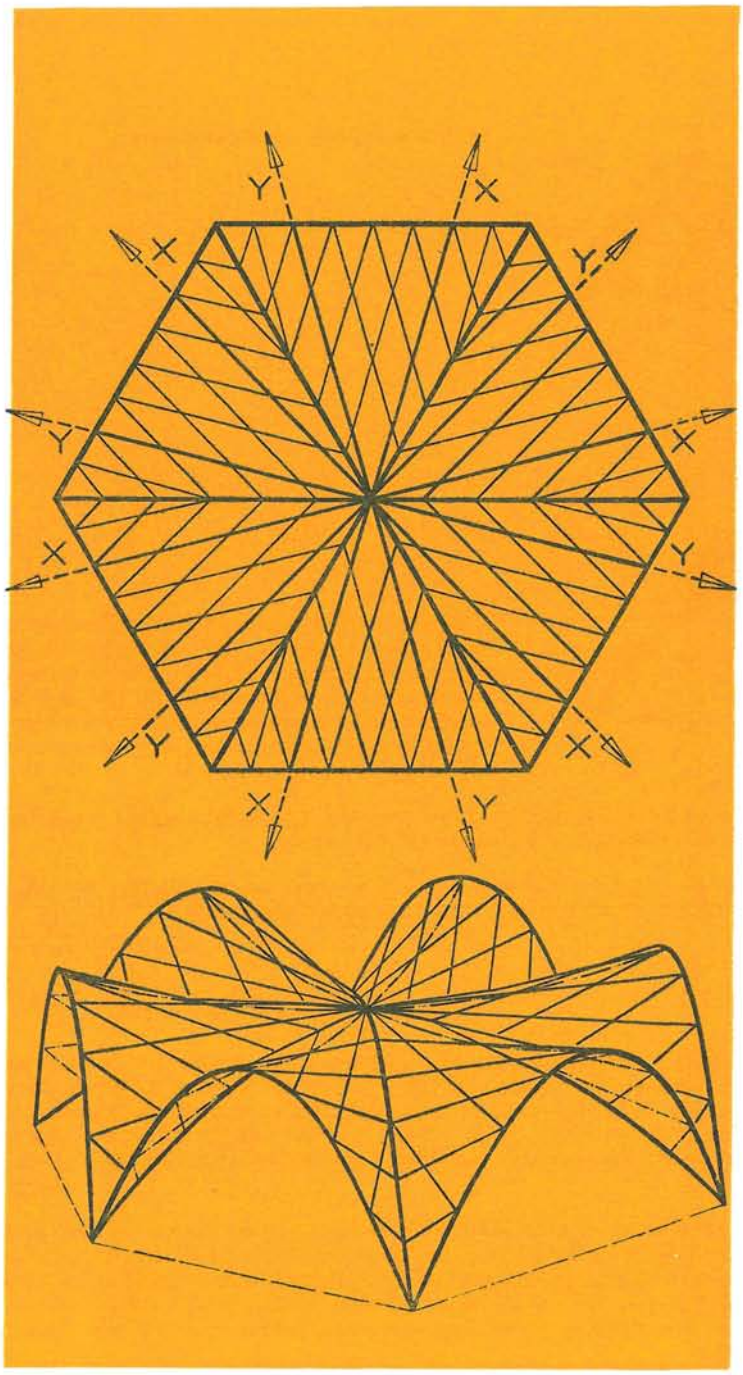


Fig. 9.—Conjunto hexagonal en planta.

Aplicaciones

Son muchas las obras construidas en el Reino Unido utilizando las láminas parabólico-hiperbólicas. En todas estas obras, en las que las soluciones han encontrado formas distintas, basadas en los dos principios dirigentes de belleza y funcionalismo práctico, conocida la distribución de tensiones sólo cabe añadir que los espesores varían de 5 a 15 cm, tendiendo, de preferencia, al límite inferior.

Las ilustraciones adjuntas dan una idea precisa de muchas de las realizaciones logradas en Inglaterra, donde, como en otras partes, este tipo de construcciones ha sido bien acogido.

Otros aspectos de las láminas parabólico-hiperbólicas

Las pendientes tienen marcada influencia en la estabilidad general de la lámina. Las pendientes que, teóricamente, podrían ser cualquiera, la práctica aconseja no rebasar los 45°, porque, a partir de ésta, ascendentemente, las cosas varían mucho y las soluciones se complican.

El grado de curvatura tiene gran importancia, y, en el sentido de la diagonal del cuadrilátero, en planta, las flechas serán, por lo menos, el 1/15 de la luz en esta dirección. Naturalmente, esto es sólo un dato práctico, pues se comprende que según los casos podrá ser menor.

Los encofrados y entramados auxiliares para apoyo de los mismos son fáciles de realizar, puesto que basta seguir las direcciones rectilíneas de las generatrices. Esta es una propiedad importante de este tipo de construcciones y una de sus características peculiares.

Las tensiones en estas láminas son, generalmente, pequeñas; no obstante se aconseja un espesor mínimo de 5 cm, con objeto de permitir una doble capa de armaduras adecuadas.

El hormigón para estas cubiertas no requiere una resistencia particular, pero sus áridos han de ser de tamaño pequeño para permitir su colocación sin vibrado. Si las pendientes son de más de 45° es necesaria la retención del hormigón, aplicarlo por capas sucesivas o en forma de gunita.

La gran ventaja económica de este tipo de construcciones reside en el escaso volumen de materiales que requiere si se compara con otras construcciones de las llamadas tradicionales. La uniformidad de tensiones en la lámina permite espesores uniformes de escasa potencia. Otra de las múltiples facetas que han revalorizado el amplio campo de las aplicaciones de este tipo de cubiertas, es la posibilidad de lograr grandes economías de ejecución si el número de repeticiones de elementos es de consideración, propiedad que estas láminas poseen ventajosamente respecto a estructuras convencionales.

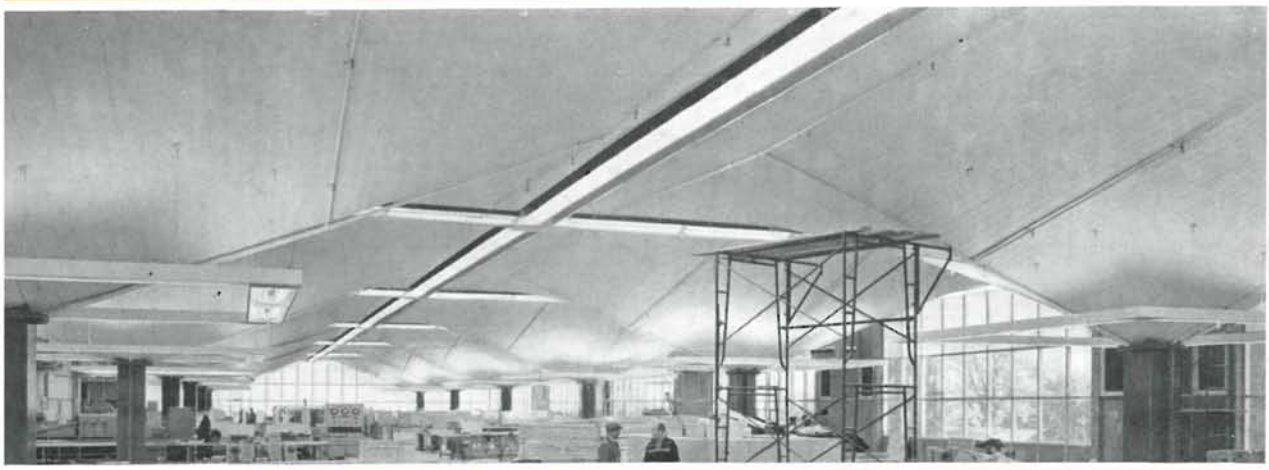
Este importante estudio de láminas parabólico-hiperbólicas ha sido presentado, por el autor, a la Asamblea de la Asociación de Hormigón Armado del Reino Unido, en Londres, y publicado en la revista de la Asociación, volumen V, número 12.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Grupo escolar en Ipswich.

Interior de un garaje.

Interior de un edificio industrial.



Forma rectangular cubierta con láminas parabólico-hiperbólicas.

Fotos: BRENDA KERNEY, A'COURT BURGH GALWEY, M. W. KEEN y LIBRARY

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Possibilités structurales des surfaces parabolico - hyperboliques

J. D. Bennet, ingénieur.

L'auteur à l'aide d'une série de vulgarisations simples et passant par l'équation de la surface et des génératrices rectilignes, arrive à de rapides et simples conclusions pour démontrer les forces et les contraintes présentes dans les voiles parabolico-hyperboliques.

Il analyse, avec assez de détails, les différents types de couvertures.

Il prête attention à l'ample domaine d'applications de ces constructions, autant pour l'architecture urbaine que pour les grands édifices et les usines, exposant avec simplicité la façon d'obtenir un bon éclairage naturel.

Une série de schémas qui accompagne le texte, en facilite la compréhension. La documentation graphique constitue un complément pris dans la réalité et substitue avantageusement les descriptions plus ou moins confuses.

L'auteur termine sur une série de conseils qui devront être observés et ajoute: «l'ouvrage projeté doit être réalisé économiquement, dans une parfaite analyse esthétique et suivant les méthodes exigées par ce type de constructions».

Structural possibilities of parabolic-hyperbolic surfaces

J. D. Bennet, engineer.

The author presents a number of general facts on the subject. He gives the surface equation and that of the generator line. He offers simple and quick methods of establishing the forces and stresses in parabolic hyperbolic shells. The various types of roofs conforming to this mathematical shape are analysed.

Attention is given to the wide field of application of this general kind of structure, both in urban architecture and in connection with large and industrial buildings. A simple way is offered to obtain good natural illumination with this type of roof structure.

A number of illustrations are shown to facilitate the understanding of the text. The graphical information substitutes with advantage many otherwise lengthy descriptions.

Finally the author offers advice on matters to be observed, and adds: «the design must be such that it can be built as cheaply as possible, provided it satisfies a high aesthetic standard and the technical requirements implied in this type of construction».

Struktur möglichkeiten der parabolisch-hyperbolischen Flächen

J. B. Bennet, Ingenieur.

Der Verfasser berichtet über eine Reihe von einfachen Ausdrücken, die über die Flächengleichung und die erzeugenden geraden Linien zu schnellen und einfachen Schlüssen gelangen, um die Kräfte und Spannungen aufzuzeigen, die sich an den parabolisch-hyperbolischen Platten befinden.

Die verschiedenen Arten der Bedeckungen werden mit genügenden Einzelheiten analysiert.

Dem weiten Anwendungsfelde dieser Konstruktionen wird Aufmerksamkeit geschenkt, sowohl innerhalb des Städtebaues, als auch für die grossen Gebäude und industriellen Handelsniederlassungen, indem man mit Einfachheit die Form aufzeigt, um eine gute natürliche Beleuchtung zu erzielen.

Eine Reihe begleitender Schemen erleichtern das leichte Verständnis der Texterklärung. Die bildliche Darstellung gereicht zu einer in der Wirklichkeit gestalteten Vervollständigung, die wirre Beschreibungen vorteilhaft ersetzt.

Der Verfasser schliesst mit einer Reihe von Vorschlägen, die beachtet werden sollen, und fügt hinzu: «Das geplante Werk soll billig ausgeführt werden, innerhalb einer vollkommenen ästhetischen Analyse, und den Methoden folgen, die diese Art von Konstruktionen erfordern».

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es