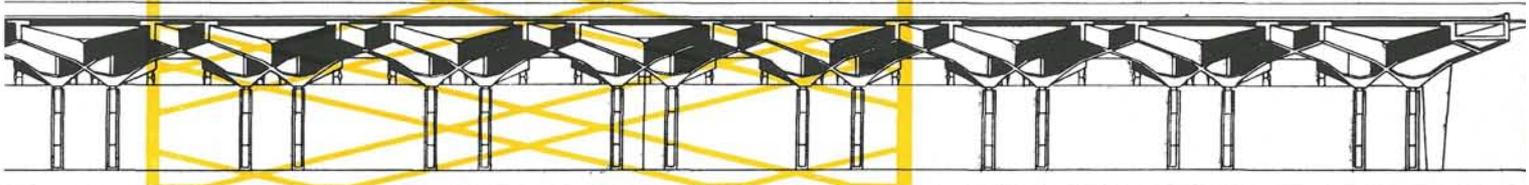


# salón del automóvil

RICCARDO MORANDI, ingeniero



La estructura que cubre el Salón del automóvil en Turín (Italia), está constituida por una malla romboidal múltiple, de hormigón pretensado que se apoya sobre soportes oblicuos dispuestos en forma de biela y de equilibrio hiperestático debido a la introducción de dos tirantes en las extremidades de la ménsula que vuela. Estos tirantes o bielas pequeñas se han dispuesto para comportarse, en todo momento, como un tirante de hormigón que, aunque de acero, se logra este efecto debido a una precompresión particular introducida según un trazado en S en el pretensado.

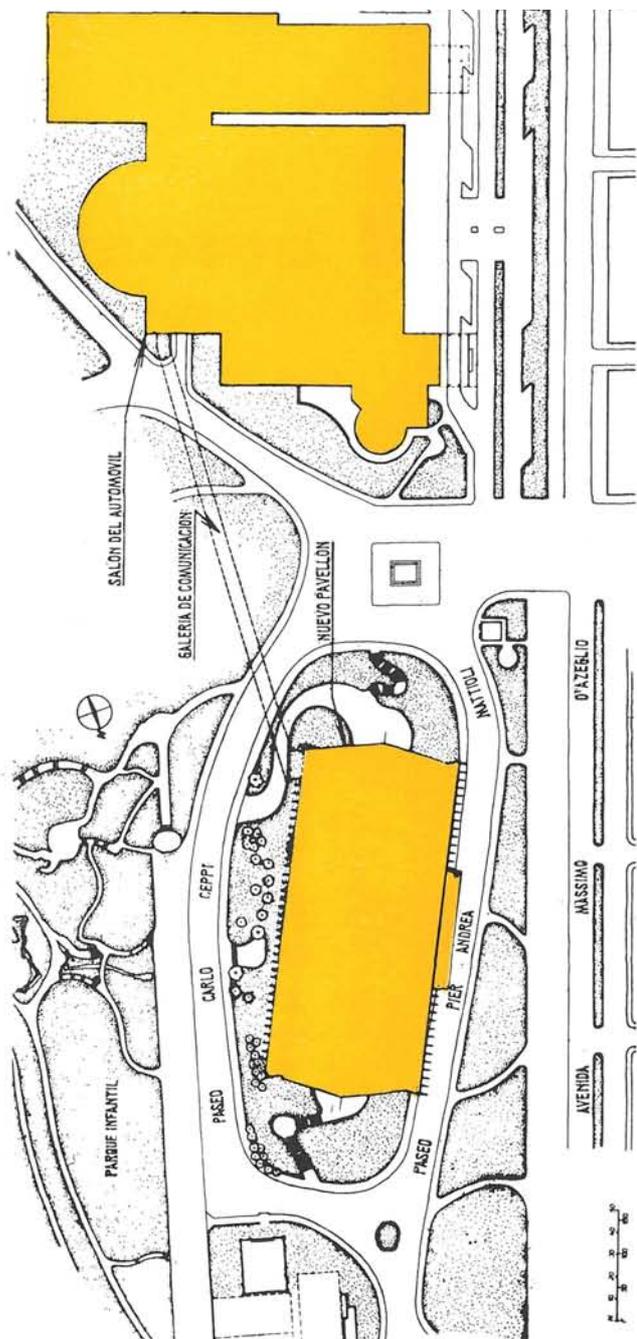
Atendiendo únicamente al peso propio, el conjunto estructural está estáticamente determinado, y sólo para hallar los efectos de las cargas accidentales ha sido necesario considerarlo como hiperestático. Se ha podido comprobar la notable disminución de momentos como consecuencia del efecto de arco del tramo central.

La unión entre los elementos principales de la estructura se ha realizado mediante un forjado de altura variable, no solamente como una necesidad de orden estético, sino para garantizar la flexibilidad de los tramos de mayor luz. En el cálculo han sido motivo de análisis:

1. Establecidas las características geométricas, se ha determinado las deformaciones elásticas para sobrecargas unitarias iguales repartidas simétrica y asimétricamente.

## Turín

## situación

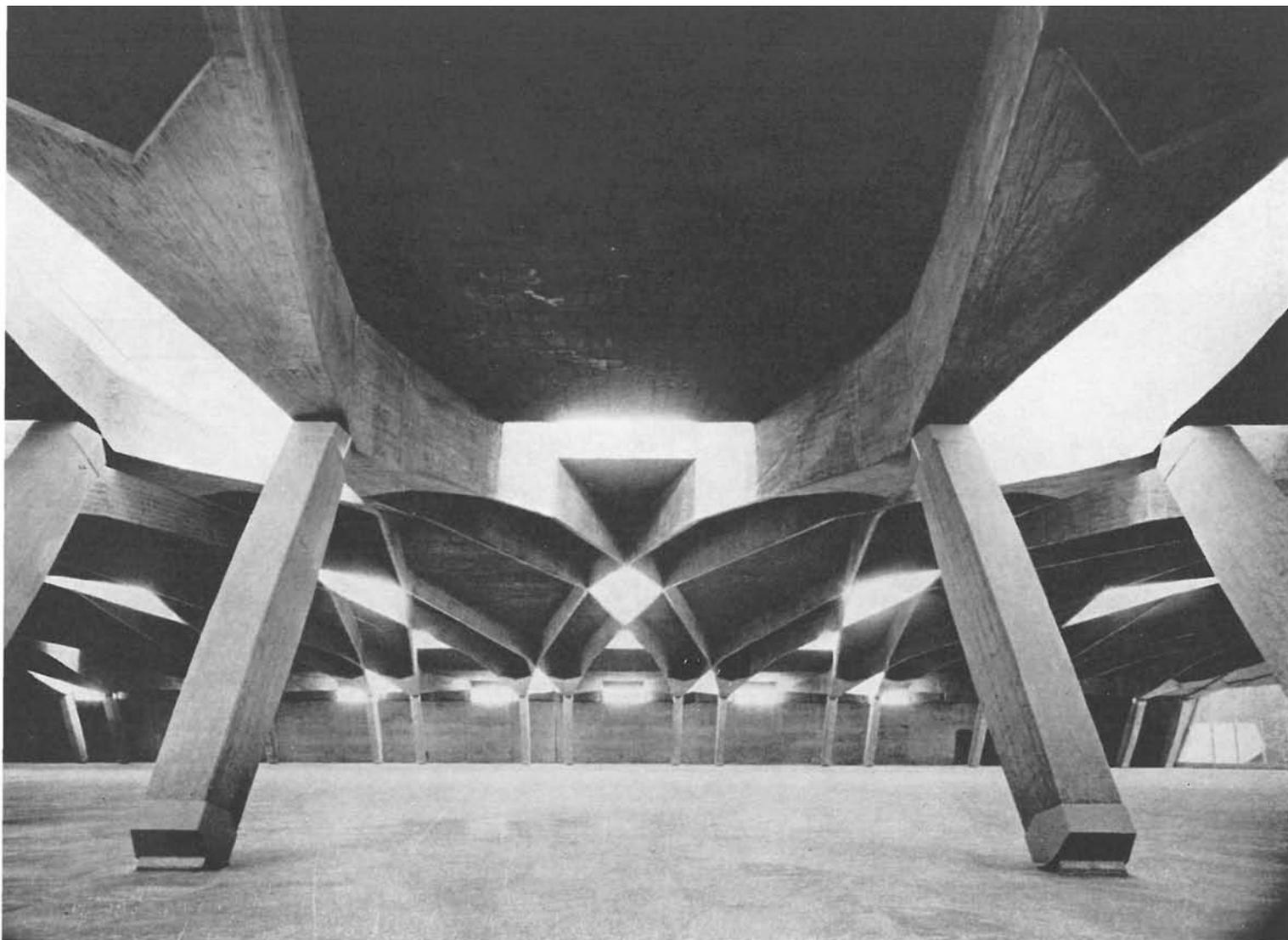


2. Con una sobrecarga de  $400 \text{ kg/m}^2$  se han considerado las dos siguientes hipótesis: sobrecarga extendida a toda la superficie y sobrecarga sobre una mitad, es decir, carga únicamente a un lado de las dos partes en que queda dividida la cubierta por un plano vertical que pasa por el eje del edificio.

3. Con las dos hipótesis se han determinado las componentes horizontales (nulas en la primera hipótesis) y verticales de la reacción hiperestática de cada una de las extremidades de los nervios.



esquema estructural

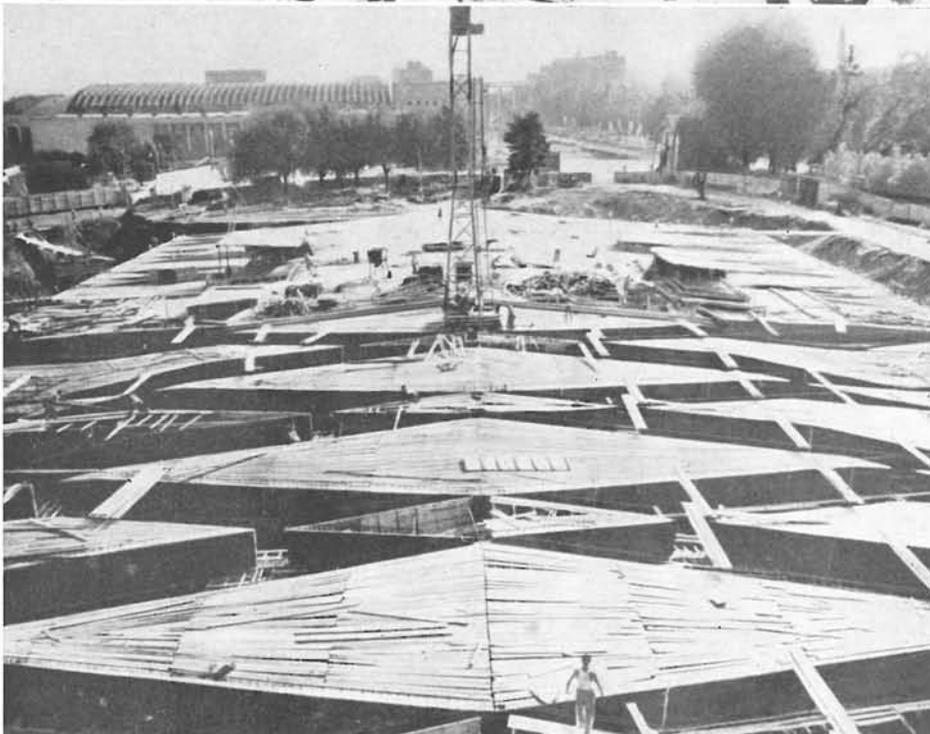
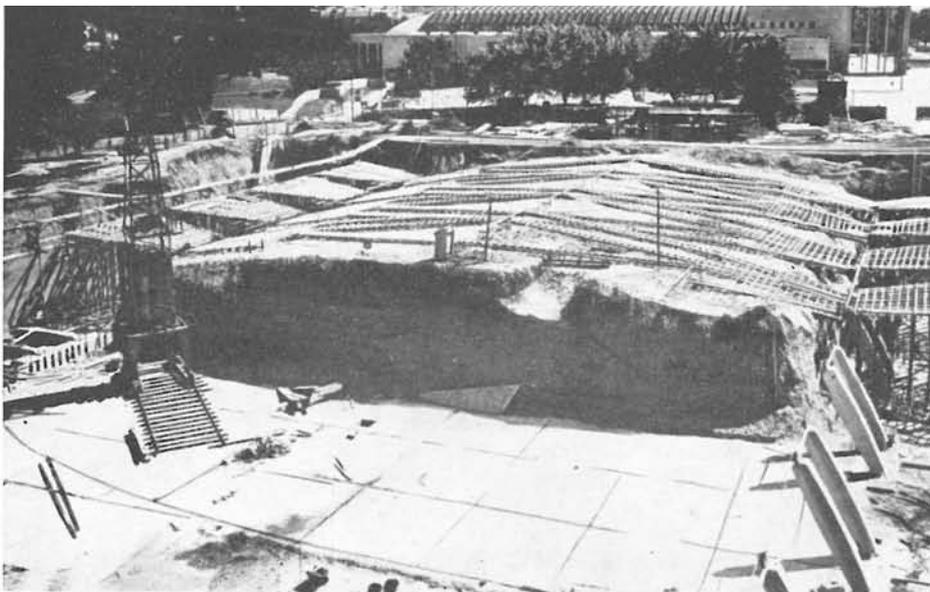
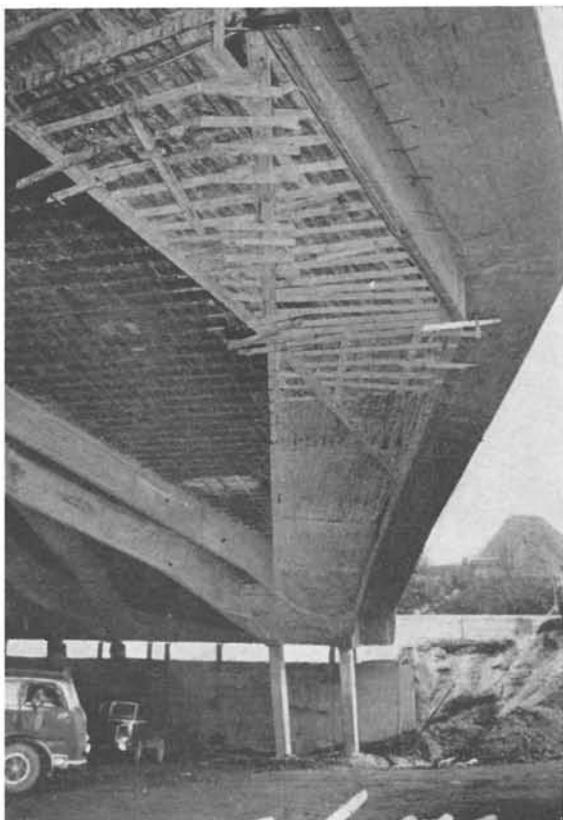


4. Se ha estudiado la determinación de las reacciones de los cuatro elementos caracterizadas por dos vectores, teniendo presente que en la extremidad de cada nervio se ha introducido una tracción en el tirante que une la extremidad del nervio con el muro perimetral, por lo que ha resultado un par de vectores no paralelos a los dos de las reacciones para evitar la fragilidad del sistema.
5. La flexión en la sección genérica de cada uno de los nervios se deriva de la suma algebraica de los pares de las cargas externas y de la reacción (aplicada en la articulación), considerando el conjunto respecto al baricentro de cada una de las secciones consideradas.

Se ha de tener en cuenta que el tirante, colocado en la extremidad de cada nervio, experimenta dos tensiones en distintas fases, la primera es una tracción directa, mientras que la otra es una tracción que tiene lugar después de haberse solidarizado por contacto la parte inferior de la extremidad del nervio con la parte superior del muro perimetral.

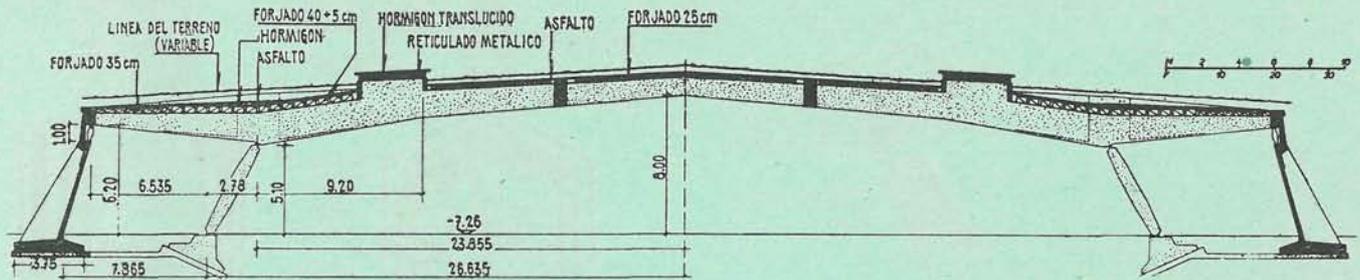
Todo esto equivale a decir que las pequeñas bielas, interpuestas entre estos dos planos se someten a compresión, de forma que las deformaciones sucesivas debidas a las variaciones de sobrecargas accidentales, o por deformaciones plástico-viscosas del sistema, no se traducen en tracciones en el hormigón, sino una decompresión del mismo hasta un valor límite mayor que cero.

# construcción



Después de estudiar la influencia de los cambios de temperatura, de la oblicuidad del sistema hiperestático respecto al eje transversal y la influencia plástico-viscosa de la biela tirante, de la biela que sirve de soporte principal y del muro perimetral de sostenimiento, se han calculado los momentos máximos de flexión y cortantes para cada sección en las cuartas partes de la luz, a un sexto y sobre los apoyos.

## sección transversal



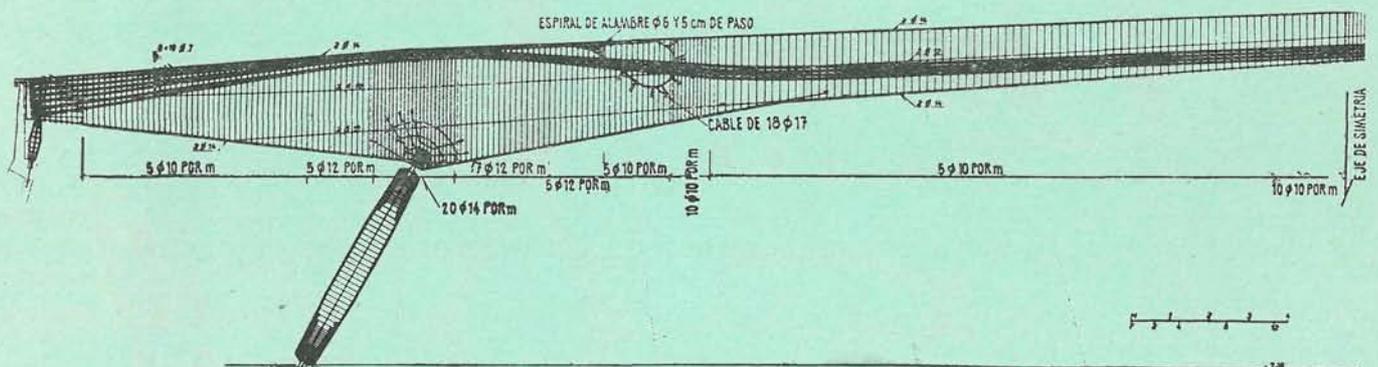
En la determinación de los esfuerzos mínimos inducidos en el pretensado se han hallado las siguientes solicitaciones máximas:

- en el hormigón, 150 kg/cm<sup>2</sup>; para el acero a tiempo infinito, 9.000 kg/cm<sup>2</sup>;
- armaduras secundarias, 1.800 kg/cm<sup>2</sup>, y de 5.000 kg/cm<sup>2</sup> para el acero del tirante.

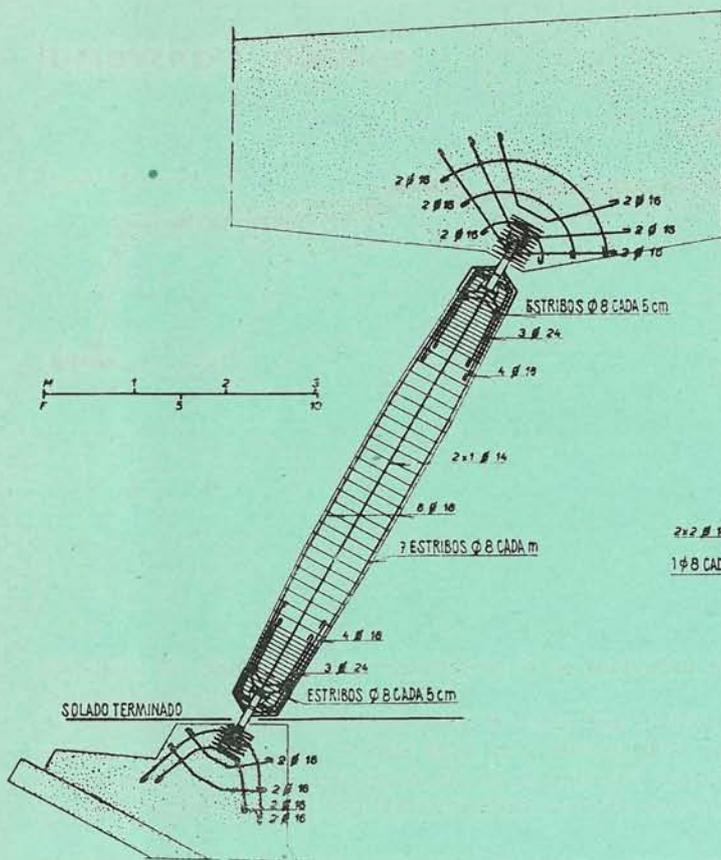
Esta última solicitación se ha mantenido baja voluntariamente para disminuir el peligro derivado de una carga eventual que pudiera fatigar al acero.

También se estudió la pérdida de tensión por rozamiento, fluencia en el acero y deformación lenta del hormigón, resultando una tensión máxima en la extremidad del cable de 11.700 kg/cm<sup>2</sup>. Al estudiar el caso de carga máxima para el hormigón, trabajando a compresión, se ha obtenido la tensión de 170 kg/cm<sup>2</sup>.

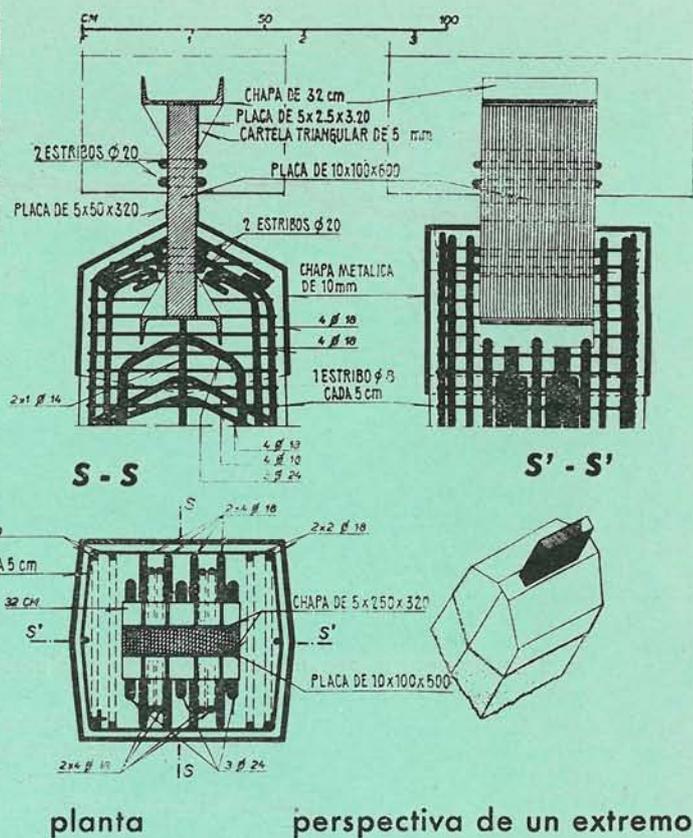
En el conjunto de la estructura, que constituye un doble estado, se ha comprobado, con todo detenimiento, su estabilidad dentro del régimen especial de pretensado, flexión y esfuerzo cortante, y, como consecuencia de esta comprobación, ha sido necesario añadir algunos cables suplementarios de dirección oblicua para mantener la tensión principal dentro de los límites reglamentarios.



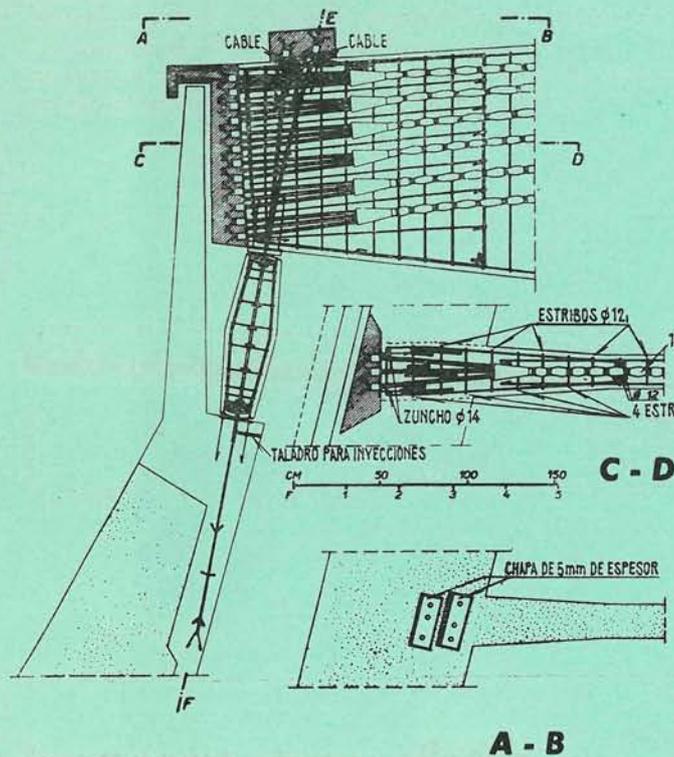
## detalle sección transversal



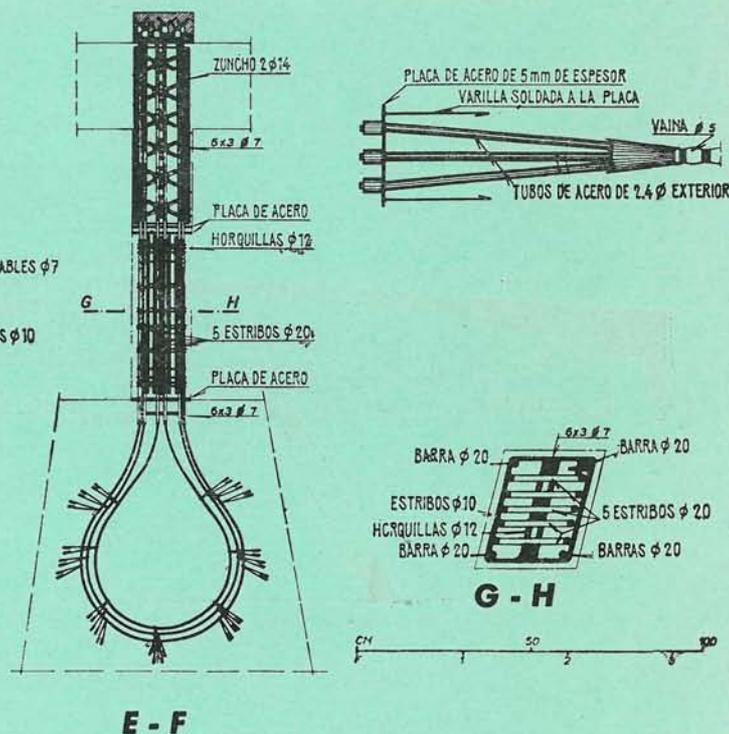
detalles de la pieza comprimida



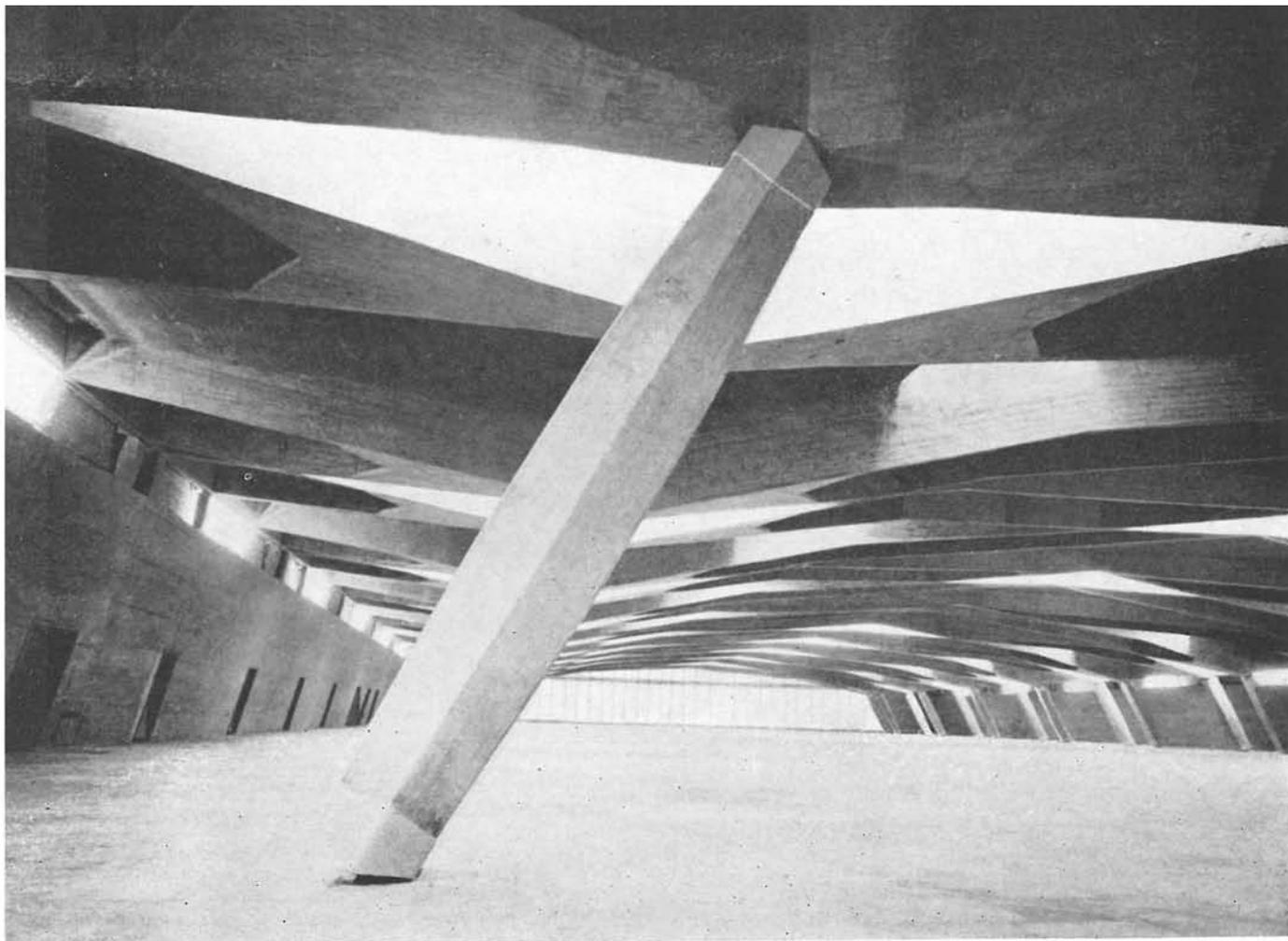
detalle de la cabeza tensada

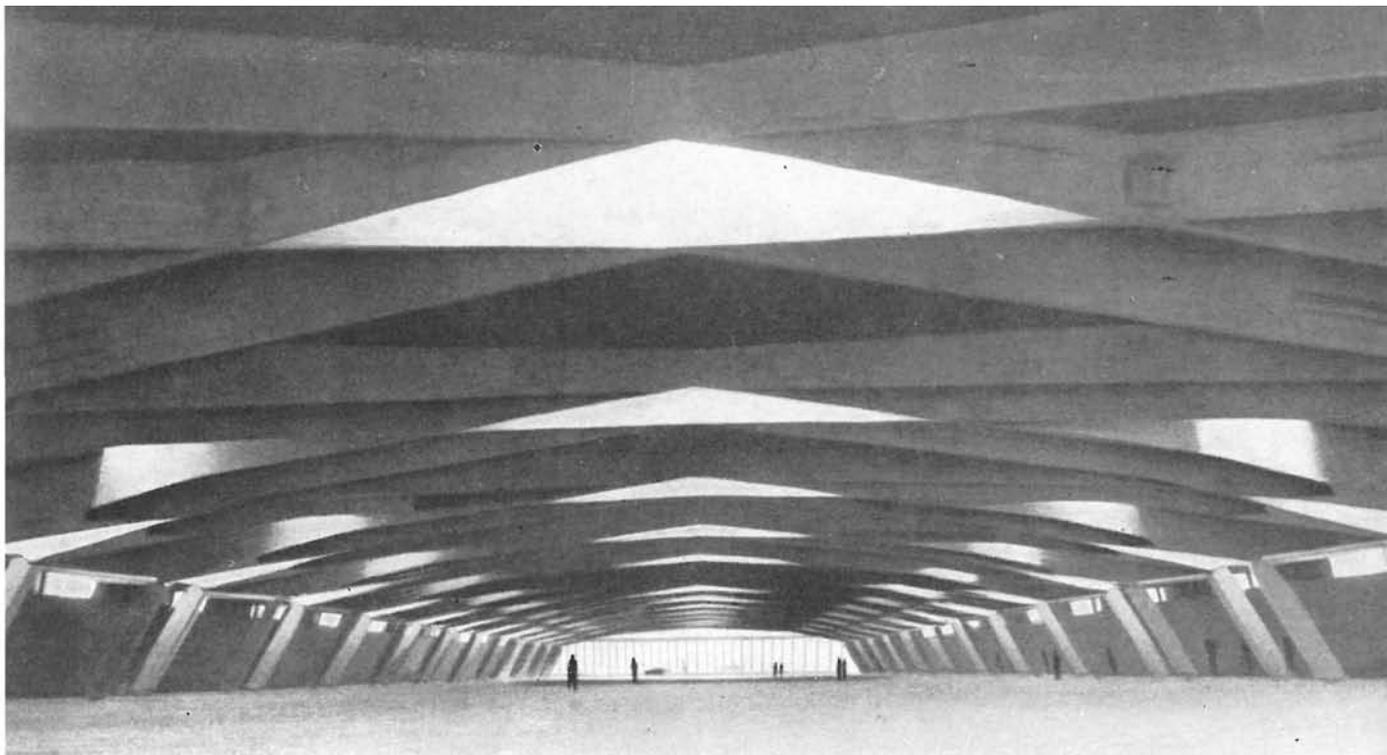


detalle de la pieza a tracción



E - F





El comportamiento de las bielas pequeñas y grandes, actuando como tirantes y soportes, respectivamente, se han estudiado con detalle, para conocer su comportamiento, las tensiones que en ellas se desarrollan. La biela tirante se compone de una haz de 18 alambres de 7 mm de diámetro colocado dentro de una vaina de hormigón de 700 cm<sup>2</sup>. Las tensiones máximas y mínimas en los cables es de 5.000 a 3.000 kg/cm<sup>2</sup>. Las bielas principales soportan un esfuerzo de 500 toneladas cada una según la dirección de su eje. El esfuerzo máximo previsto para el hormigón es de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

La placa de acero que constituye la extremidad que apoya en cada biela-soporte trabaja a 1.400 kg/cm<sup>2</sup>. La repartición del esfuerzo total en la base de cimientos no ha presentado dificultad alguna; pero no ha sucedido así en los nervios principales, y casi de imposible determinación en las bielas, pues se han tenido que estudiar experimentalmente. En los ensayos de estos elementos se ha llegado a una carga total de 650 toneladas. Al llegar a las 500 toneladas de carga aparecieron fisuras de tipo capilar que demuestran la imperfecta distribución de fuerzas en el hormigón. Como consecuencia de esto, se ha reforzado la parte inferior de la biela con una especie de caperuza a cero de 10 mm de espesor con objeto de absorber las tensiones debidas al efecto Poisson.

En cimientos, el terreno se ha sometido a una compresión máxima de 3 kg/cm<sup>2</sup> en la zona afectada por las bielas principales.

