

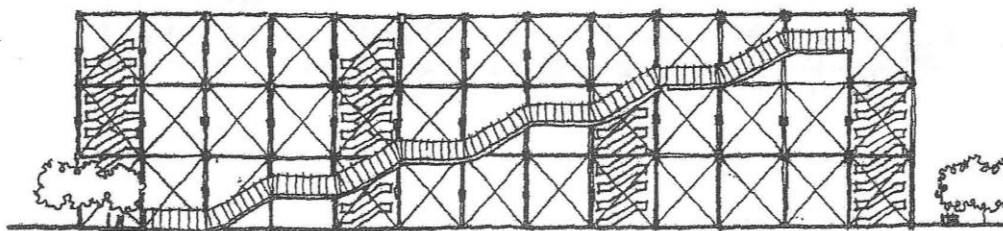
Centro Georges Pompidou

Piano, Rogers y Ove Arup

París

1971

8.37 Vista.



Este enorme edificio dedicado a variadas actividades culturales está compuesto por 6 plantas de 70 m por 166 m, figs. 8.37 y 8.38.

El principio estructural empleado es tan simple como el de una caja de cartón, fig. 8.39. El techo, plano horizontal E, recibe las cargas gravitatorias y se apoya en los planos verticales logrando así su equilibrio. Cuando actúan fuerzas horizontales de viento en la dirección X los planos C y D se apoyan en el piso y en el techo, fig. 8.40.a. El techo se apoya en los planos A y B, los que a su vez requieren reacciones del terreno para equilibrar a la fuerza V y al momento V.h, fig. 8.40.b.

El mismo análisis se puede hacer en la dirección Y. Si se trata de una acción sísmica las

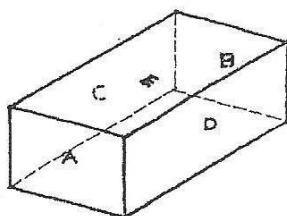
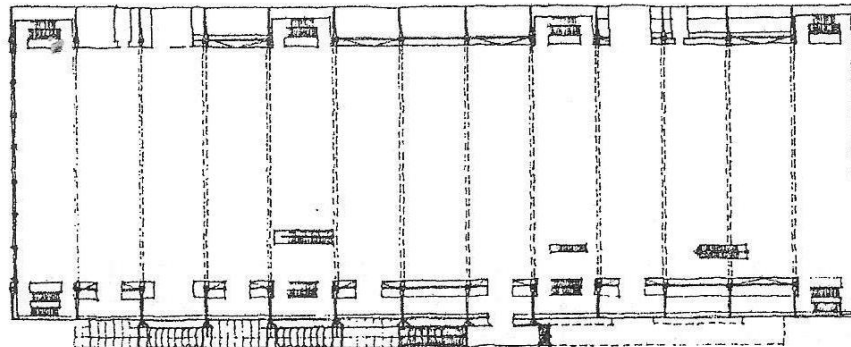
fuerzas horizontales se originan por la inercia de la masa de la construcción, la que se encuentra concentrada principalmente en el plano horizontal y no en los verticales.

Este esquema primario puede darse tal cual en una pequeña construcción de 4 ó 5 metros donde los planos verticales son muros de mampostería y la tapa una losa de hormigón de 10 cm de espesor.

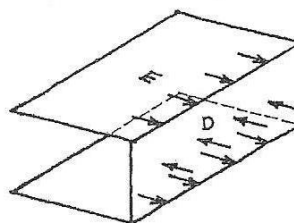
Pero cuando las dimensiones aumentan, fig. 8.41, la flexión de la losa crece en forma exagerada y se necesita darle rigidez y resistencia por medio de otros planos resistentes verticales, que son las vigas, fig. 8.42. Si la separación entre vigas principales V.P. todavía resultara excesiva para la losa, se podrá recurrir a un sistema de vigas secundarias V.S. y así sucesivamente.



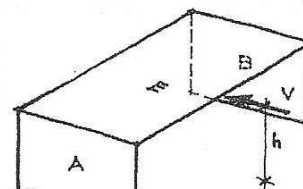
8.38 Planta.



8.39 Esquema estático espacial.

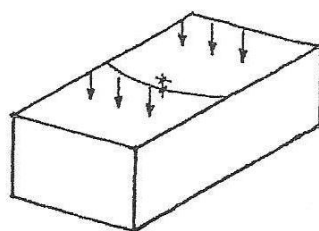


(a)

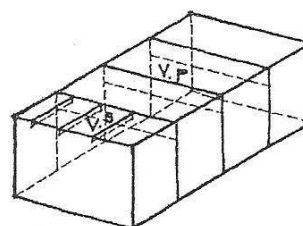


(b)

8.40 (a) Equilibrio del plano vertical D.
(b) Equilibrio del plano horizontal E.



8.41 Mecanismo posible para pequeñas dimensiones.

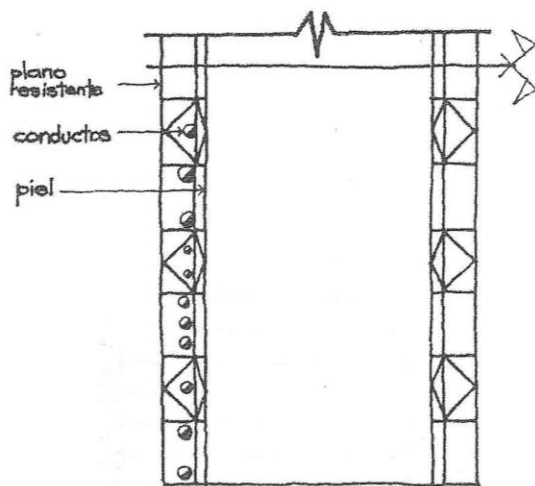


8.42 Necesidad de elementos intermedios cuando aumenta la escala.

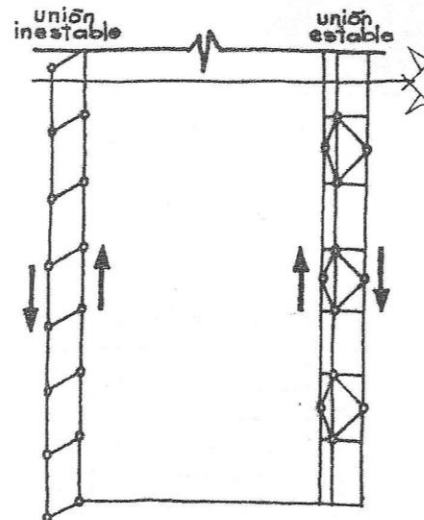
La idea de plano resistente no se limita a las losas y muros. Cualquier mecanismo estructural como viga, pórtico, arco, sea de alma llena o reticulado, capaz de resistir fuerzas importantes en su propio plano y prácticamente nada en dirección perpendicular, es considerado un plano resistente.

Veamos cómo se han aplicado estos conceptos a la estructura del Centro Pompidou. Primero se ha repetido en altura la caja ele-

mental de un solo piso. Los planos horizontales son básicamente los entrepisos de hormigón. Pero este edificio tiene la particularidad de que todo su aparato circulatorio ocupa un espacio intermedio entre la piel y el plano resistente vertical exterior, fig. 8.43. La conexión entre la losa y el plano vertical debe recomponerse sin impedir el paso de conductos verticales. Para eso se utilizan barras formando triángulos, que dan un mecanismo estable, fig. 8.44.



8.43 Plano resistente horizontal.

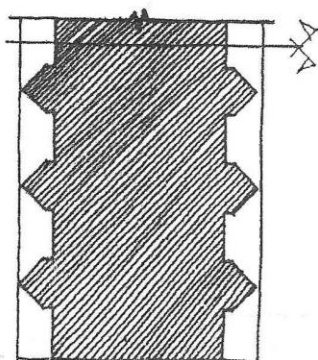


8.44 Distintas maneras de unir el plano horizontal a los verticales.



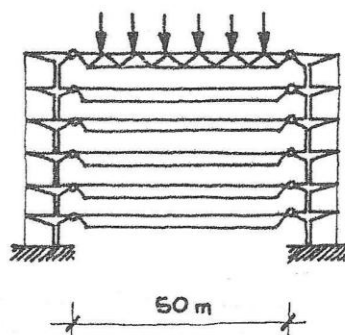
Un mecanismo formado por tres barras rígidas articuladas es, a los fines de la estabilidad, equivalente a una placa triangular llena. Con este criterio se ve en la fig. 8.45 la forma estructural equivalente del plano horizontal y cómo se conecta a los verticales. Con las fachadas paralelas a X el contacto es directo.

Para evitar la flexión de los entrepisos de 50 metros de luz es necesario colocar importantes vigas como se ve en el corte de la fig.

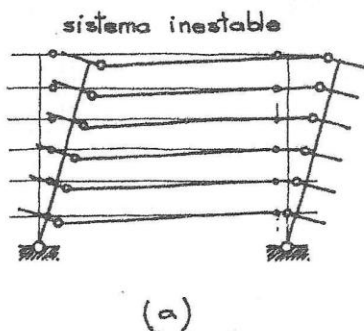


8.45 Plano horizontal equivalente.

8.46. El plano resistente vertical allí dibujado es prácticamente inestable. Lo sería totalmente si se prescindiera del empotramiento de las columnas, o de su rigidez flexional que para esa altura de 42 metros es muy reducida, fig. 8.47.a. La realidad es que ese plano vertical no puede moverse horizontalmente porque la losa unida a los planos de fachada paralelos a X se lo impiden. Ese efecto está representado en la fig. 8.47.b por medio de apoyos adicionales.

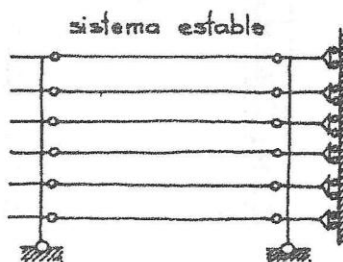


8.46 Corte.



(a)

8.47 (a) Este esquema no acepta cargas horizontales.
(b) Se necesitan apoyos adicionales.



(b)

Las vigas están muy solicitadas debido a que tienen luces y cargas muy importantes. Se ha recurrido al reticulado metálico como sistema de alta eficiencia. La sección circular hueca elegida para las barras también es la más apropiada para evitar el pandeo de las comprimidas.

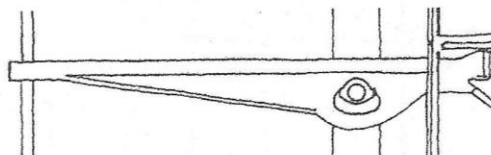
A simple vista se nota que las barras diagonales menos solicitadas, las del centro de la luz, tienen menor sección que las cercanas a los apoyos. También se aprecia que las diagonales comprimidas tienen mayor sección que sus adyacentes traccionadas. Las uniones de barras están hechas por piezas moldeadas especiales de formas muy acabadas.

El difícil problema de la unión entre la columna circular y la viga reticulada se resuelve por una pieza especial, en doble voladizo, fig. 8.48.

Los planos verticales tienen distinta organización. Los paralelos a la dirección Y, fig. 8.49, sólo son necesarios para resistir fuerzas horizontales y su diseño así lo indica. Como las barras diagonales son muy esbeltas sólo pueden trabajar a tracción y se necesitan diagonales cruzadas para cuando se invierte el sentido de las fuerzas horizontales. Casi todas las barras verticales trabajan a compresión y son de sección tubular.

Los planos paralelos a X, fig. 8.50, son más complejos. Como ya existían las vigas reticuladas de los entrepisos bastaba unirlos entre sí por triángulos para recomponer la integridad del plano. En la planta baja, seguramente para no interferir los accesos, se ha preferido colocar diagonales en los paños laterales. Rellenando los triángulos como se ha hecho en

8.48 Viga en doble voladizo.

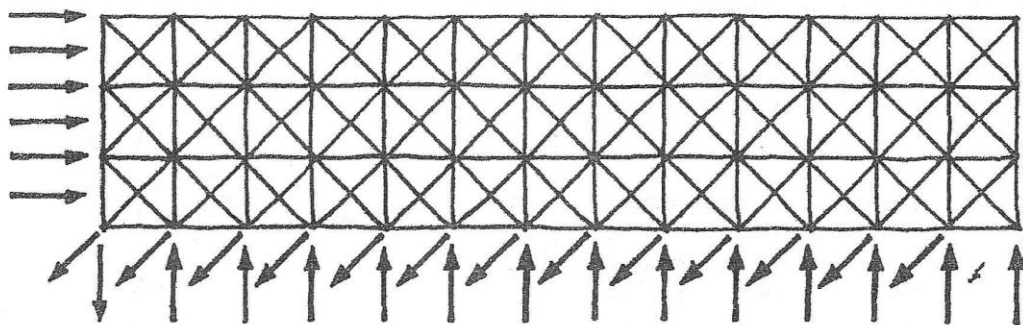


la fig. 8.51 se puede ver la chapa estable equivalente.

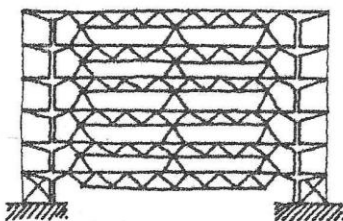
En esta obra, como en todas las de grandes dimensiones, el problema estructural se hace realmente importante y requiere soluciones de máxima eficiencia. Cuanto más se le exige a la estructura menos opciones quedan y sólo se puede tener éxito con mecanismos muy simples y de claro funcionamiento. El mecanismo de equilibrio espacial de una caja de cartón es uno de los más elementales. Sin embargo no es limitativo de la creatividad. Aquí la creatividad se da en la manera de realizar los planos resistentes y en su significado que trasciende lo estático. Recordemos cada uno de ellos. El plano horizontal es una placa material y continua donde transita la gente, se desmaterializa en los dos lados mayores para permitir el aparato circulatorio vertical, y recompone su rigidez por medio



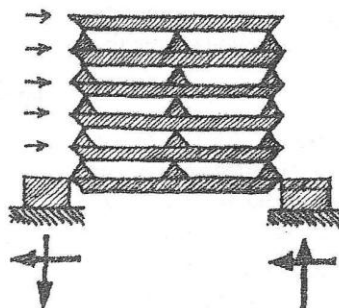
8.49 Fachada larga resistente a fuerzas horizontales.



8.50 Fachada corta.



8.51 Mecanismo estático equivalente a la triangulación.



de barras trianguladas hasta alcanzar los planos verticales exteriores. Las vigas reticuladas del interior, con un cuidadoso y variado diseño de nudos y barras, son elementos fundamentales como calificantes del espacio interior, además de orientar el aparato circulatorio horizontal. Las ménsulas que articulan vigas con columnas han sido moldeadas como se hace con una escultura. Todos estos planos resistentes interiores se identifican exclusivamente con las cargas verticales. Las fachadas largas, con sus barras horizontales, verticales y diagonales cruzadas, son una

trama neutra y casi transparente que deja a la vista el alarde tecnológico del aparato circulatorio externo. Su independencia de las acciones verticales es notoria.

Las fachadas cortas vinculan las vigas existentes de los entrepisos y generan un nuevo plano capaz también de resistir las fuerzas horizontales.

La triangulación como elemento básico de la estructura ha sido utilizada con el mismo sentido de dinamismo tecnológico que tiene todo el edificio.