

HIGH TECH

Javier Manterola, Prof. Dr. Ingeniero de Caminos

Carlos Fernández Casado, S. A.

000-3

RESUMEN

"High Tech" es un movimiento arquitectónico que enfatiza la dimensión tecnológica del edificio como medio de expresión. Su investigación se fija en las diversas estructuras que configuran el edificio, la resistente, la de cerramiento, la de servicios, la de distribución y comunicaciones. Sus resultados son desiguales pues no todos los edificios que surgen de este movimiento son alta tecnología y muchos otros no inscritos en dicho movimiento sí lo son. Renzo Piano, Richard Rogers y Norman Foster son sus representantes más destacados.

SUMMARY

"High Tech" is an architectural movement that emphasizes the technological dimension of the building as expression means. Its research includes the diverse structures composing the building: resistance, closing, services, distribution and communications. Its results are unequal since not all the buildings rising from this movement are high technology and already are other buildings not enrolled in this movement. Renzo Piano, Richard Rogers and Norman Foster are its main representatives.

INTRODUCCION

Un edificio moderno necesita una estructura resistente que lo soporte; otra de cerramiento y aislamiento ayudada de complejos sistemas de aire acondicionado para controlar la temperatura y humedad del ambiente; una disponibilidad de energía en cualquier punto que, junto a una iluminación controlada, exige una extensa red de distribución eléctrica. Necesita una estructura de transporte vertical y horizontal de personas, agua, gas, residuos, etc. Un edificio moderno se está convirtiendo cada vez más en un contenedor que permita desarrollar una función, servido de una tecnología cada vez más sofisticada.

Definir así un edificio moderno es una simplificación inaceptable, pues olvida la cultura edificatoria construida a lo largo de la historia; olvida que siempre un edificio, dentro de los medios que la tecnología del momento le proporciona,

intenta establecer un clima artificial para el hombre y olvida que su desarrollo responde a planteamientos mucho más complejos que los derivados de la respuesta a necesidades básicas.

Cualquier movimiento arquitectónico cuenta con que lo que es de suyo pasa por la interpretación del espacio del hombre, de los volúmenes, formas, colores que le convierten en un hecho estético y funcional. La tecnología la utiliza como algo necesario pero no suficiente.

Sin embargo, desde hace unos 15 años se ha desarrollado, principalmente en Inglaterra y en el Japón, un movimiento arquitectónico denominado High Tech que reivindica la dimensión tecnológica del edificio como medio a través del cual hacer arquitectura.

Ninguno de los arquitectos inscritos en este movimiento renuncia a que el objeto de su trabajo

es en el fondo el mismo que el buscado por otro arquitecto no adscrito a este movimiento, pero acepta a la tecnología como hecho cultural y novedoso desde el cual realizar su quehacer. Y es precisamente en el énfasis que se hace en ella, lo que los distingue de una manera radical.

No es la primera vez que esto ocurre a lo largo de la historia de la Arquitectura —la dimensión resistente del edificio expresada en su estructura está enfatizada muchas veces—; lo que sí es novedoso es extender el énfasis a todo el resto de la dimensión tecnológica del edificio.

El arquitecto adscrito a este movimiento se expresa desde luego con la estructura, pero también con cerramiento y servicios. Mantiene que la industrialización del mundo ha traído materiales y maneras de estar ante las cosas diferentes. Cree en los productos industriales, en su manera de realizar los automóviles o los aviones, las neveras y los lavaplatos; gusta de la investigación en materiales ligeros que cumplan mejor su función que los primitivos materiales pesados como son el ladrillo o el hormigón.

La rémora que la construcción tradicional impone al desarrollo de la arquitectura les parece incongruente con los tiempos. En su manera de entender el hecho edificatorio está presente el cambio que los tiempos exigen de las cosas, lo que les conduce a edificios de gran flexibilidad para adecuarse a nuevas funciones sin necesidad de realizar costosas operaciones de rehabilitación. Flexibilidad extendida a la planta y cerramientos, distinción entre lo que en la vida del edificio va a ser rápidamente sustituible de lo que va a permanecer más tiempo.

Es decir, responde a una manera de pensar típicamente tecnológica, que intenta tener sobre las cosas una visión clara y distinta, analizando sistemáticamente cada uno de sus componentes y distinguiendo qué es qué en cada caso y necesidad. Un nuevo repertorio de formas construidas aparece y, por primera vez, intenta manifestarse desprovista de cualquier otra connotación cultural.

El conjunto de notas distintivas que caracteriza a este movimiento tampoco es original. En el repaso de la arquitectura del siglo XX aparecen casi todos los planteamientos enunciados y el racionalismo, hoy denostado, responde a estos mismos principios. Pero aún y todo el racionalismo estaba sostenido por los planteamientos culturales y estéticos de la primera mitad del siglo XX. High Tech proviene de movimientos más simples, es la retórica de la máquina.

Buckminster Fuller, su precursor más ilustre, plantea en 1927 y 1940 sus casas Dymaxion (dinamismo y eficiencia) con absoluta independencia de cualquier contexto cultural preexistente:

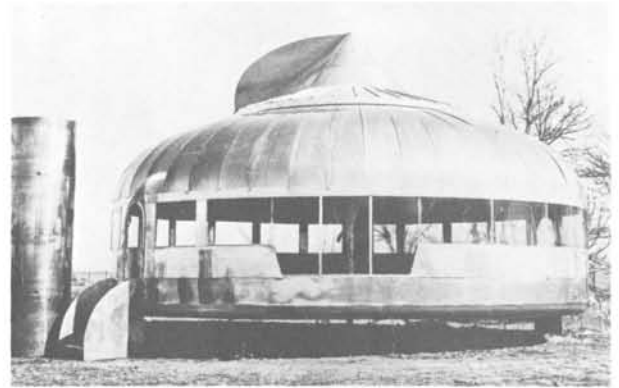


Fig. 1.—Casa Wichita, 1946. Buckminster Fuller.

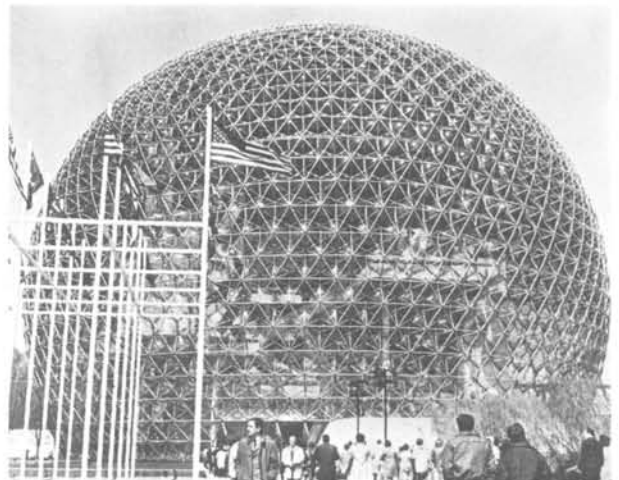


Fig. 2.—Pabellón USA. Expo 1967. Montreal. Buckminster Fuller.

La manera de realizar casas ligeras, transportables, rápidas de construir, utilizando materiales y procedimientos de la tecnología aero-naval; diseño de prototipos y fabricación en serie; veinticinco millones de automóviles construidos en 1925 por sólo medio millón de viviendas realizadas por métodos tradicionales ese mismo año (Fig. 1).

No hay que olvidar que Fuller proviene de la construcción de barcos y máquinas, del aprendizaje de las enormes posibilidades que la industrialización proporciona para resolver problemas concretos y eso es, para él, y no otra cosa, una vivienda (Fig. 2).

Antecedentes más directos de la High Tech, y subsidiarios también de Fuller, aparecen en los años 60 con los metabolistas japoneses y el grupo Archigram inglés. Ambos grupos, quizá inspirados en el proyecto Fort l'Empereur de Le Corbusier de 1931, establecen la necesidad de construir una estructura permanente y dominante —megaestructura— a lo cual se enchufan alojamientos subordinados y transitorios que pueden cambiarse con las exigencias tecnológicas.

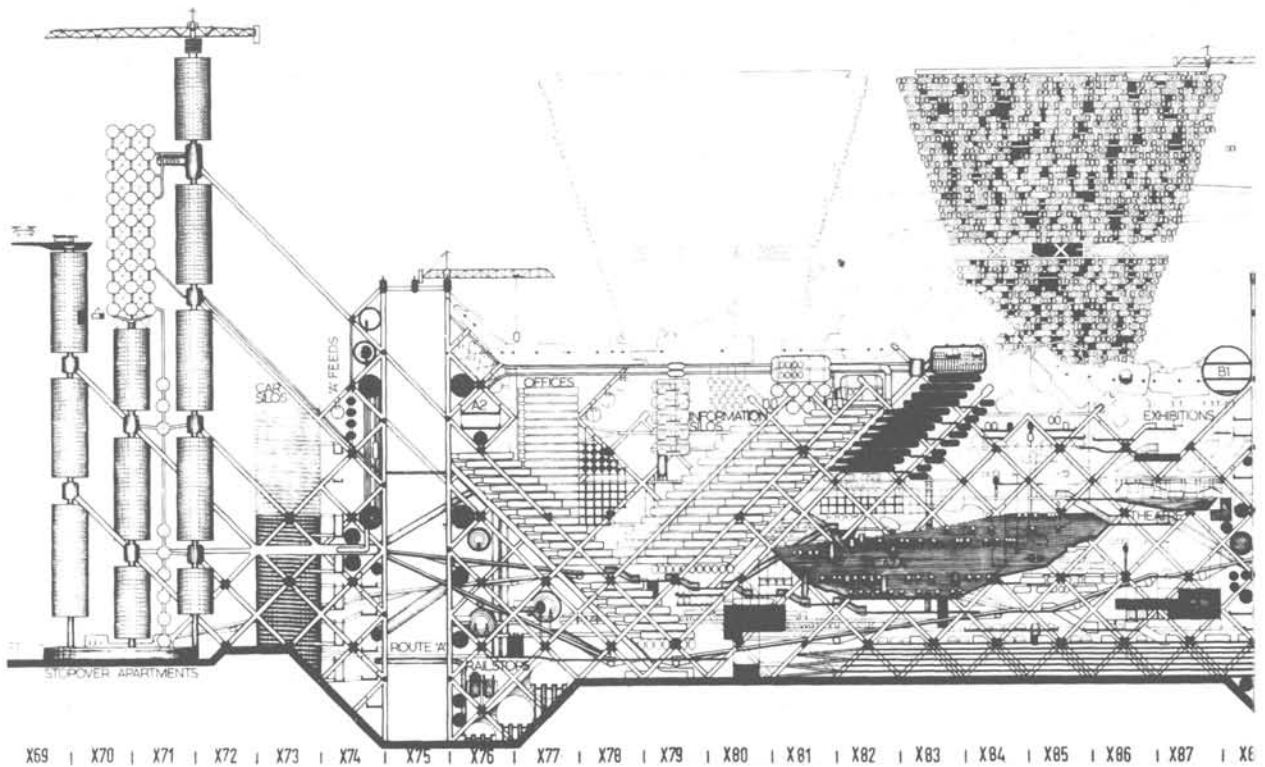


Fig. 3.—Plug-In City. Grupo Archigram, 1963-4.

Este movimiento que duró hasta los años 70 fue tomado con diferente intensidad por ingleses y japoneses. Mientras aquéllos produjeron únicamente ideas e imágenes desarrolladas de enormes ciudades ambulantes o edificios para la diversión (Fig. 3), los japoneses quisieron resolver con ella la falta de espacio existente en su país.

Partiendo del famoso proyecto de la Bahía de Tokio de Kenzo Tange, de 1960, el movimiento metabolista, capitaneado por Kisko Kurokawa y Kiyonori Kikutake, se desarrollan, a nivel de proyecto, gigantescas megaestructuras como el esquema de Civilizaciones Marinas de Kikutake (Fig. 4), pero que se plasmaron en realizaciones mucho menos ambiciosas, como la Torre Nakagin de Kurokawa (Fig. 5), el pabellón Takara Beutilion de la feria de Osaka de 1970 (Fig. 6) y algunos otros.

Incluso arquitectos tan diferentes como Arata Isozaki, realizó una serie de megaestructuras en su época de colaboración con Tange, cuyas ideas éste aprovechó posteriormente para la realización de Radio Shizouka, en Tokio, de 1967 (Fig. 7).

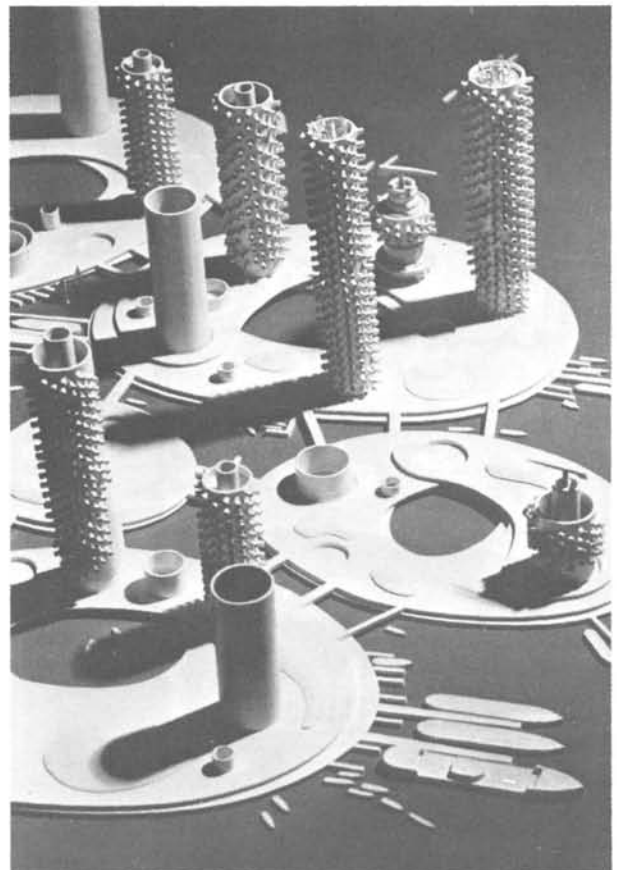


Fig. 4.—Esquema de civilizaciones marinas. Kiyonori Kikutake, 1960.

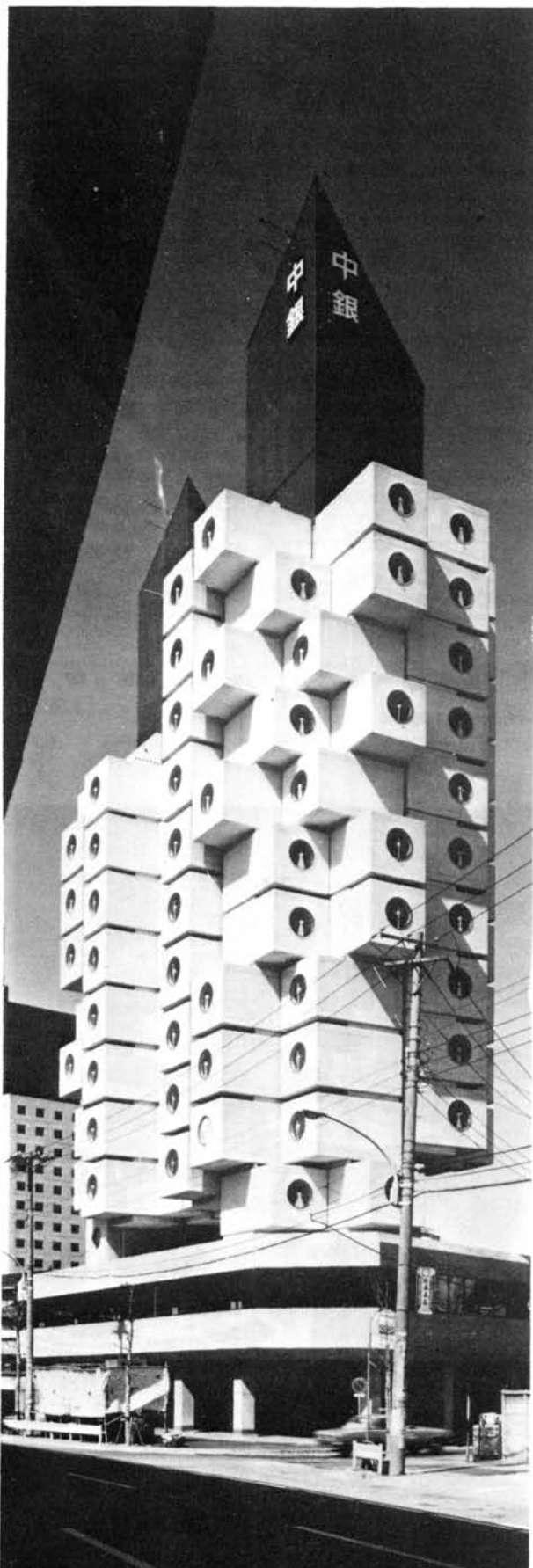


Fig. 5.—Torre de apartamentos Nagakin. Tokio, 1972. Kisho Kurokawa.

Que un movimiento sea denominado por High Tech —sus propios protagonistas rechazan esta acepción— supone que realmente se utiliza la tecnología más sofisticada para resolver el problema que tienen entre manos. Pero esto es absurdo en principio; la sofisticación de la tecnología a utilizar no depende sino de la sofisticación del problema a resolver y, generalmente, el problema tecnológico que plantea un edificio es bastante simple, habida cuenta las posibilidades actuales.

Los planteamientos arquitectónicos del grupo Archigram o los metabolistas sí producirían problemas de alta tecnología, pero estos movimientos no prosperaron y la arquitectura ha vuelto a una dimensión más modesta. De la misma manera la alta tecnología resistente tiene hoy en día su base y apoyo en la construcción de grandes puentes, de plataformas «off-shore» para la explotación de campos petrolíferos o las construcciones para la energía nuclear.

La «High Tech» utiliza las ideas alumbradas en uno y otro campo y las aplica a nivel doméstico. ¿Supone esto trivializarlas, dejarlas sin sentido? Creo que no. Los planteamientos utópicos se convierten en utopías cuando se intentan realizar, no cuando se piensan. En ellas hay ideas verdaderas que iluminan el quehacer diario y éste será válido o vanal según sea el rigor que impregne nuestro trabajo.

¿Podemos decir que el movimiento «High Tech» es siempre riguroso? Creo que tampoco. Junto a realizaciones excelentes existen también otras llenas de los mismos guiños culturalistas que ellos mismos rechazan. Junto a un trabajo serio de investigación, dedicado principalmente a aquellos elementos menos desarrollados como son cerramientos e instalaciones, se dejan arrastrar por el mimetismo de las grandes estructuras cuando precisamente se aplican a problemas pequeños. Y es que en tecnología, que todo lo mide y cuantifica, es despropósito enfrentar lo pequeño con lo grande. Las formas construidas son tales porque deben ser subdivididas para poder realizarlas y, en esa subdivisión, está presente el resultado final y, desde luego, la escala. El detalle, sustancial a las formas construidas y que hizo a Mies decir que «Dios está en los detalles», es muchas veces enfatizado y sacado del contexto que lo genera para adoptar imágenes queridas de la ingeniería del siglo XIX.

En el movimiento «High Tech» hay de todo y creo que en su conjunto es un movimiento válido, originado en la euforia de los años 60 y realizado mayoritariamente en la actualidad cuando los tiempos son menos optimistas.

No es casual que este movimiento esté formado principalmente por arquitectos ingleses apoyados tecnológicamente por el consulting de Ove Arup. A fin de cuentas fueron ellos los que con la primera revolución industrial trajeron al mundo la manera técnica de enfrentarse al hecho constructivo; es desde una mentalidad pragmática, no totalizadora, desde donde la tecnología se ha movido siempre. Nombres como Foster, Rogers, Hopkins, Grimshaw en Inglaterra han capitaneado este movimiento acompañados, en otros países, por gente tan importante como Renzo Piano en Italia y otros menores de países anglosajones, principalmente.

¿Y es un estilo arquitectónico? Hay por lo menos un lenguaje tendente a solucionar el hecho funcional más significativo para este movimiento, que es la flexibilidad. Este lenguaje participa de las siguientes notas distintivas:

- Utilización de grandes luces libres de soporte. Planta flexible.
- Desarrollo de los materiales sintéticos para la realización de cerramientos ligeros, transportables, intercambiables. Contorno flexible.
- Separación de servicios y comunicaciones verticales del cuerpo del edificio. Planta flexible. Utilización de los mismos como elemento expresivo en fachada.
- Espacios neutros, indiferenciados.
- Uso masivo de la estructura metálica con abandono del perfil por el tubo y el nudo soldado por la fundición en acero.
- Gusto por la manifestación estructural de la misma estructura. En una viga doble T el trabajo resistente está más oculto que en la viga en celosía. En el uso masivo de las vigas en celosía, o Void, no está sólo presente su facilidad de paso para elementos no estructurales, sino toda la estética de la ingeniería del siglo XIX.
- Exagerada utilización del atirantamiento.

Para ilustrar estas conclusiones vamos a analizar una serie de edificios «High Tech». Casi todos los autores representados están encuadrados en este movimiento, algún otro no; no siempre la alta tecnología corresponde a las obras así denominadas:



Fig. 6.—Tukuran Beautilion. Osaka, 1970. Kisho Kurokawa.

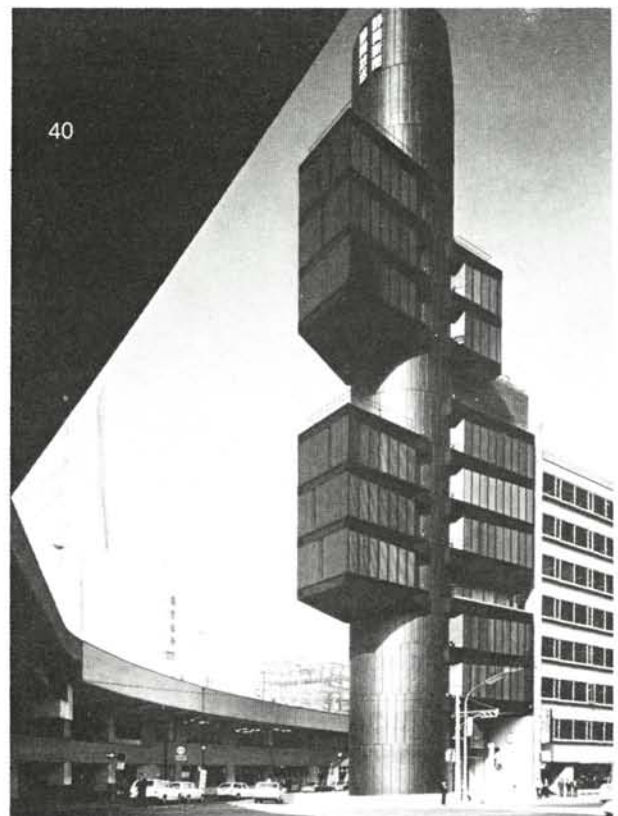


Fig. 7.—Oficinas Shizouka. Tokio, 1967. Kenzo Tange.

1.—CENTRO GEORGES POMPIDOU (1971-1977)

— Piano, Rogers, Peter Rice

Este edificio de uso múltiple, pero siempre relacionado con el mundo de la cultura, es la obra más significativa del movimiento High Tech. Su construcción fue acompañada de una polémica similar a la torre Eiffel por disponer «una máquina, un útil muy flexible, muy evolutivo» —según palabras de Piano y Rogers—, en el centro histórico de París, rodeado de edificios del siglo XVII al XIX. El éxito de público ha sido total (Fig. 8).

Desde el diseño presentado al concurso hasta su realización final este edificio ha evolucionado bastante: de una megaestructura parcialmente ocupada, con gigantescas pantallas en fachada para transmitir información, hasta la realización final con edificio totalmente ocupado (Fig. 9).

La voluntad de obtener máxima flexibilidad para un edificio polivalente ha conducido a sus autores a eliminar de la planta todos los servicios generales, sistemas de transporte e incluso pilares. La planta de 169 X 48 m está totalmente libre de la presencia de cualquier elemento vertical. Las comunicaciones verticales se disponen en la gran escalera rodante en la fachada principal y todos los servicios en la fachada posterior. Sistema este que utilizará Rogers y Foster en otros edificios (Fig. 10).

Se ha objetado muy frecuentemente el espacio indiferenciado y neutro que crea este enorme contenedor, sin relación alguna con la finalidad cultural del edificio. Pero esto también está en las claves puras del movimiento, alcanzando su manifestación máxima en el Sainsbury Centre for the Visual Arts de Norman Foster, que no es sino un enorme «hangar de aviones» (Fig. 11).



Fig. 8.—Centro Georges Pompidou. Vista aérea.

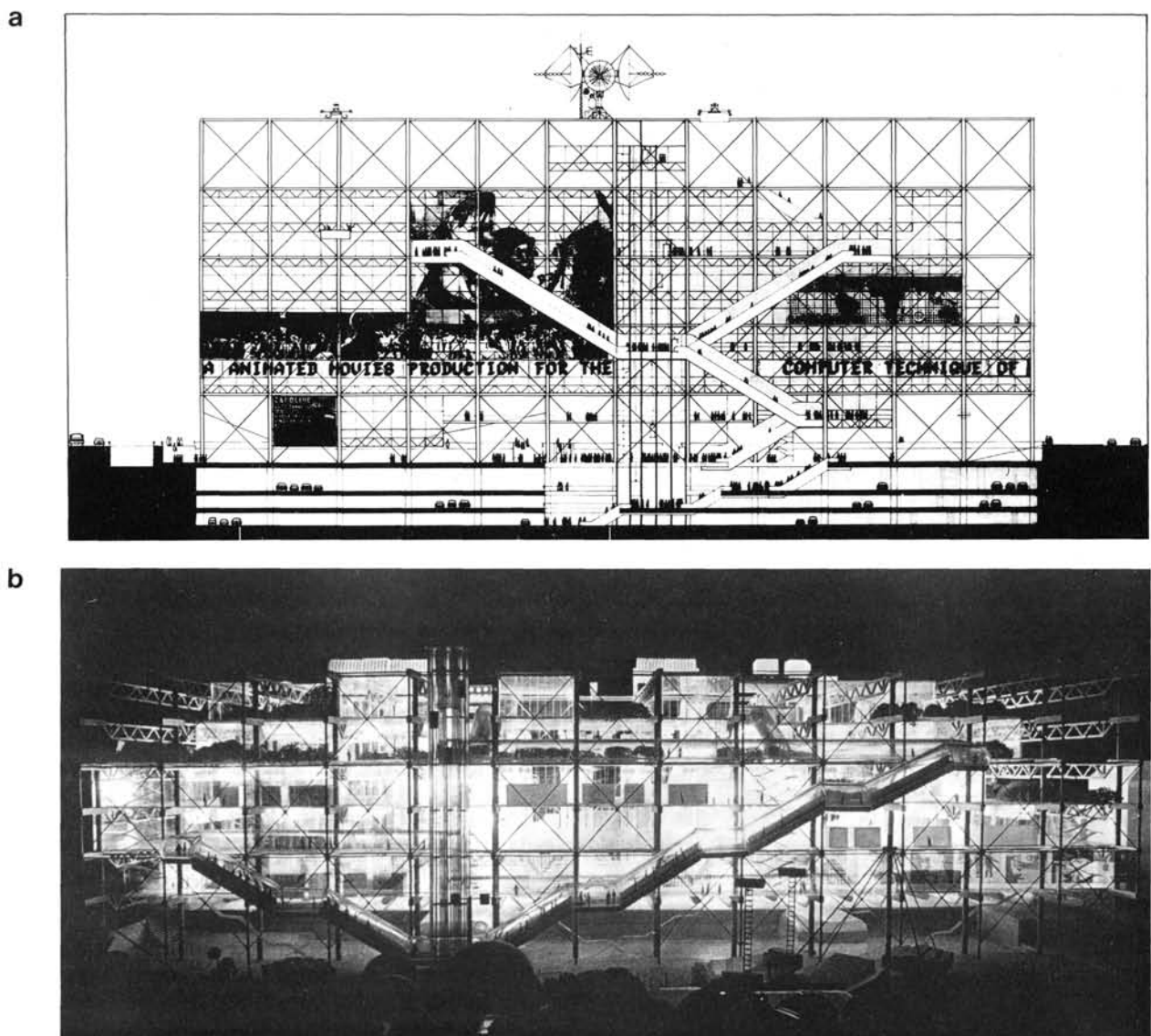


Fig. 9.—Centro Georges Pompidou. a) Propuesta para concurso. b) Propuesta intermedia.

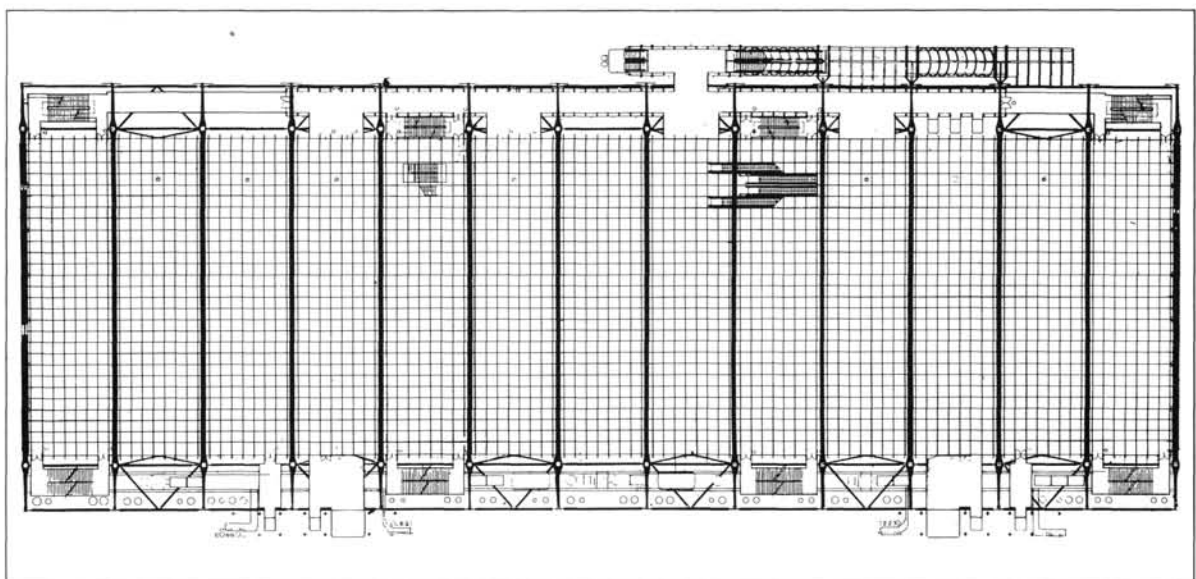


Fig. 10.—Centro Georges Pompidou. Planta.

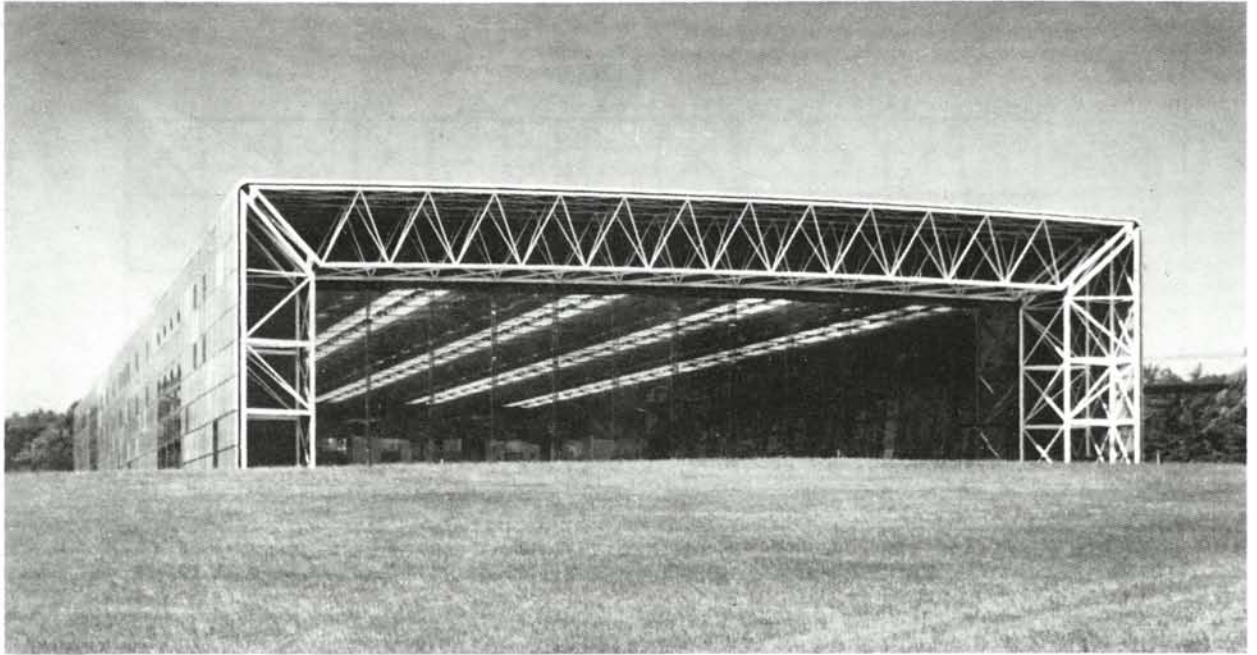
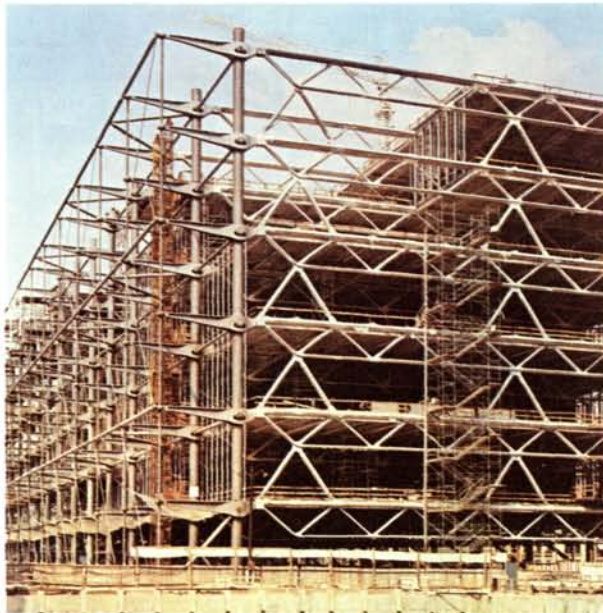


Fig. 11.—Sainsbury Centre for the visual Arts. Norman Foster.



a

La fascinación tecnológica se manifiesta, principalmente, en la estructura resistente dejada al exterior con toda su rotundidad y exuberancia. Se compone de 14 pórticos transversales, de 6 plantas de altura, destacando una luz libre en su interior de 48 m. El arriostramiento longitudinal y transversal se realiza por triangulación de las fachadas (Fig. 12 a).

Resulta molesto encontrar disposiciones estructurales mostradas como algo que es necesario, cuando lo que se pretende es evidenciar un formalismo tecnológico. Y este edificio está lleno en su estructura de este tipo de detalles.

La primera sorpresa se encuentra en los pórticos transversales. Los elementos verticales son tubos de 800 mm de diámetro sobre los que se apoyan unas vigas en celosía de 2,5 m de canto. Pero el apoyo de estas vigas no alcanza el eje del pilar. Necesita, por tanto, la presencia de unas ménsulas compensadas, llamadas «gerberettes» de 10 t de peso cada una, que deben ser atirantadas en la parte exterior (Fig. 12 b). Estas piezas moldeadas, de elaborado diseño, ejecución costosa y, lo que es peor, innecesarias si se hubiese dispuesto el nudo en su sitio, se justifica por sus autores en problemas constructivos.

b

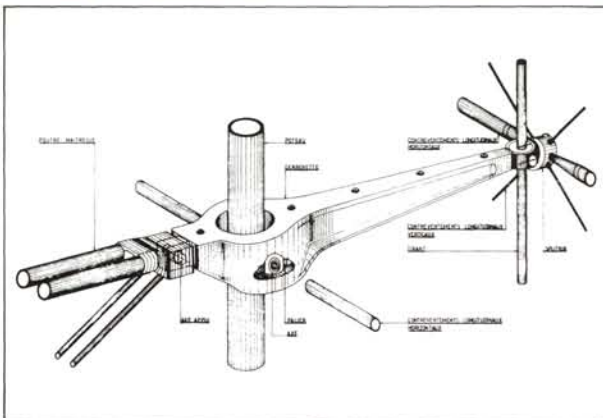


Fig. 12.—Centro Georges Pompidou.
a) Alzado de estructura. b) Gerberettes.

Y efectivamente, una vez establecidos unos puntos fijos, la estructura alcanza una lógica o, lo que es lo mismo, se resuelve, pero siempre hay que estar atento

a si las soluciones que se obtienen son el resultado de problemas reales o impuestos por nosotros mismos. La lógica de las estructuras resistentes no es tan fácil de alcanzar si existe una voluntad exhibicionista previa.

El mismo diseño de los «gerberettes» sugiere la idea de que pueden moverse de arriba a abajo, lo cual es imposible. Las vinculaciones son siempre articuladas, lo que incapacita a los pórticos para actuar como tales ante los esfuerzos de viento que deben ser transportados a lo largo del edificio hasta los pórticos extremos triangulados, con lo fácil que habría sido disponer una nueva diagonal para cerrar el circuito del pórtico.



Fig. 13.—Centro Georges Pompidou. Vista inferior de vigas en celosía.

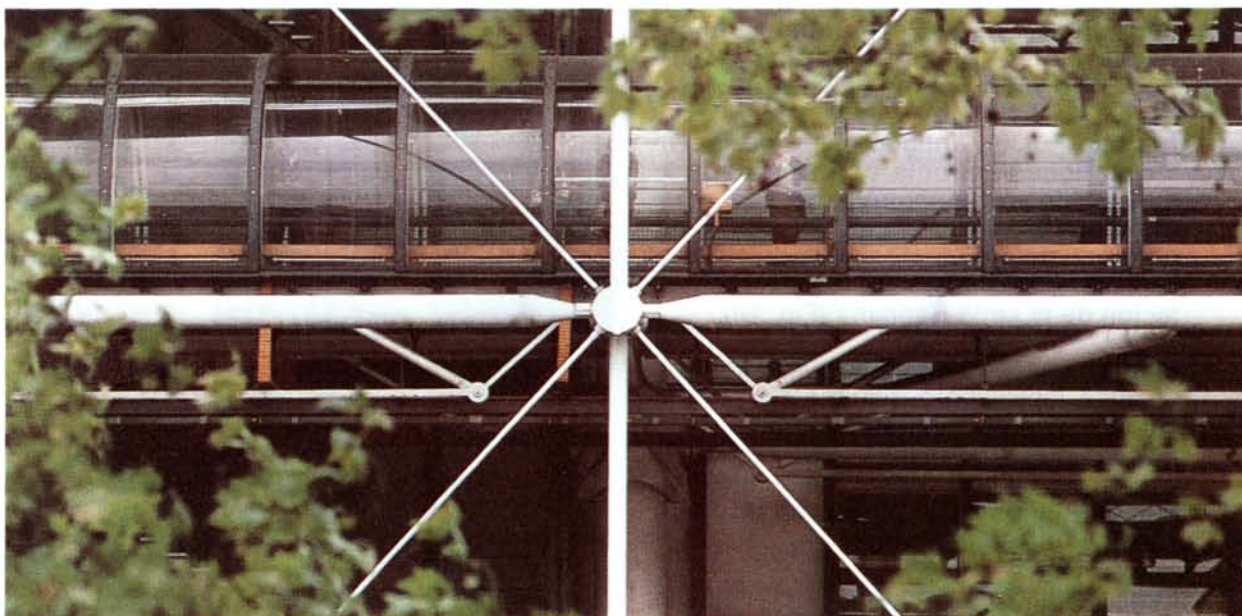


Fig. 14.—Centro Georges Pompidou. Detalle de fachada.

Las vigas en celosía, formadas por dobles cordones de tubos, están bien diseñadas y son bonitas (Fig. 13), pero no se puede estar de acuerdo con la triangulación innecesaria de los puntales horizontales de fachada (Fig. 14).

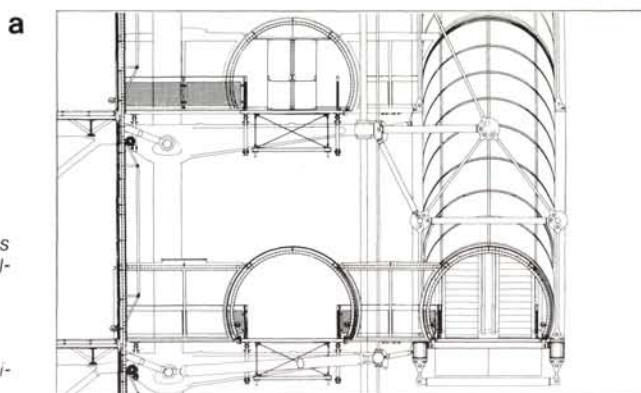


Fig. 15.—Centro Georges Pompidou. Sistema de escalera de estructura anterior.

a) Sección transversal.
b) Detalle de unión con tirante.



La estética de la máquina, que se mueve, es distinta de la estética de los edificios y, en multitud de detalles (Fig. 15), aparecen piezas cuyo origen proceden más de las grandes bielas de los motores de barcos que de un edificio.

Y, por último, existe una incongruencia complementaria en esta enorme megaestructura metálica, donde no se ha reparado en gastos al utilizar un forjado mixto, de hormigón y acero, confiriendo a la rigidez en planta del hormigón el transporte de cargas horizontales a los pórticos extremos.

2.—EDIFICIOS DE OFICINAS

— Sede Social de la Corporación Bancaria de Hong-Kong y Shanghai (1979-1985) Norman Foster y Ove Arup.

Norman Foster, antiguo asociado de Richard Rogers, afronta con su equipo lo que puede ser la segunda obra más importante del «High Tech». Elegido entre un grupo de arquitectos, el encargo lleva implícito afirmar el prestigio y la representación de la sede Bancaria (Fig. 16).

Foster, siguiendo las pautas ya señaladas en este movimiento, plantea un edificio singular que se separa claramente de la típica imagen del rascacielos americano, que en esta última década se quiere desprender del «monótono» prisma de acero y cristal reflectante.

Realiza una megaestructura constituida por ocho torres metálicas formadas por cuatro fustes arriostrados en Vierendel (Fig. 17). Estas torres se enlazan entre sí: en la dirección de luz mayor, formando pórticos de tres vanos con vigas en celosía; en la dirección menor, con arriostramientos en cruz de San Andrés.

Busca la máxima flexibilidad de uso del edificio, lo que le conduce a disponer los pilares en los bordes, a los que se adosan los servicios y los ascensores de transporte vertical (Fig. 18).

La megaestructura, así formada, necesita soportar la planta en puntos intermedios para reducir el coste de su propia estructura, lo que realiza colgándolas del centro por medio de tirantes anclados en las grandes celosías que unen entre sí los pilares aporticándolos. Esta solución, del gusto de Ove Arup, fue empleada en otra disposición megaestructural, el Standard Bank de Johannesburgo.

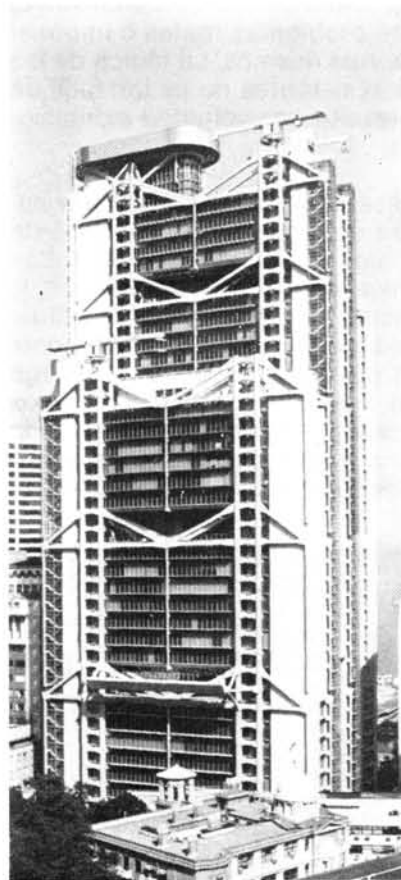


Fig. 16.—Sede Social de la corporación bancaria de Hong Kong y Shanghai. Vista general.

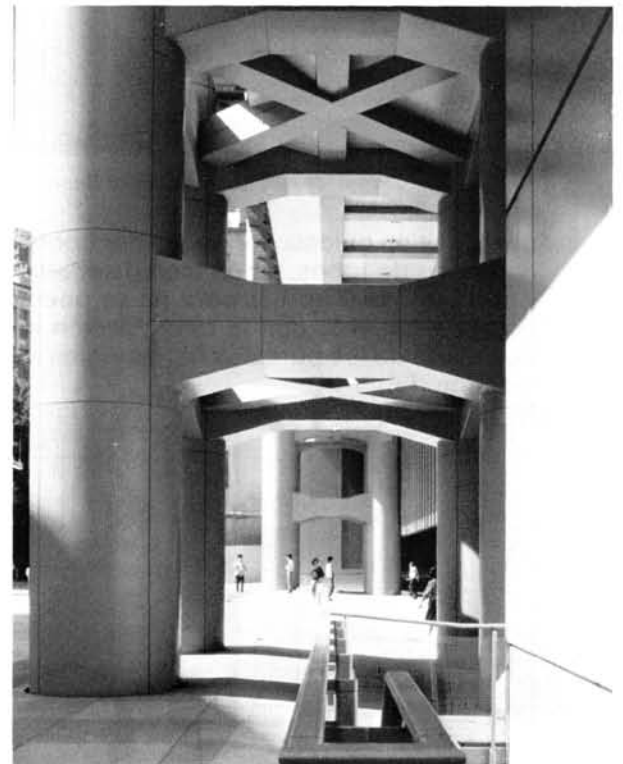
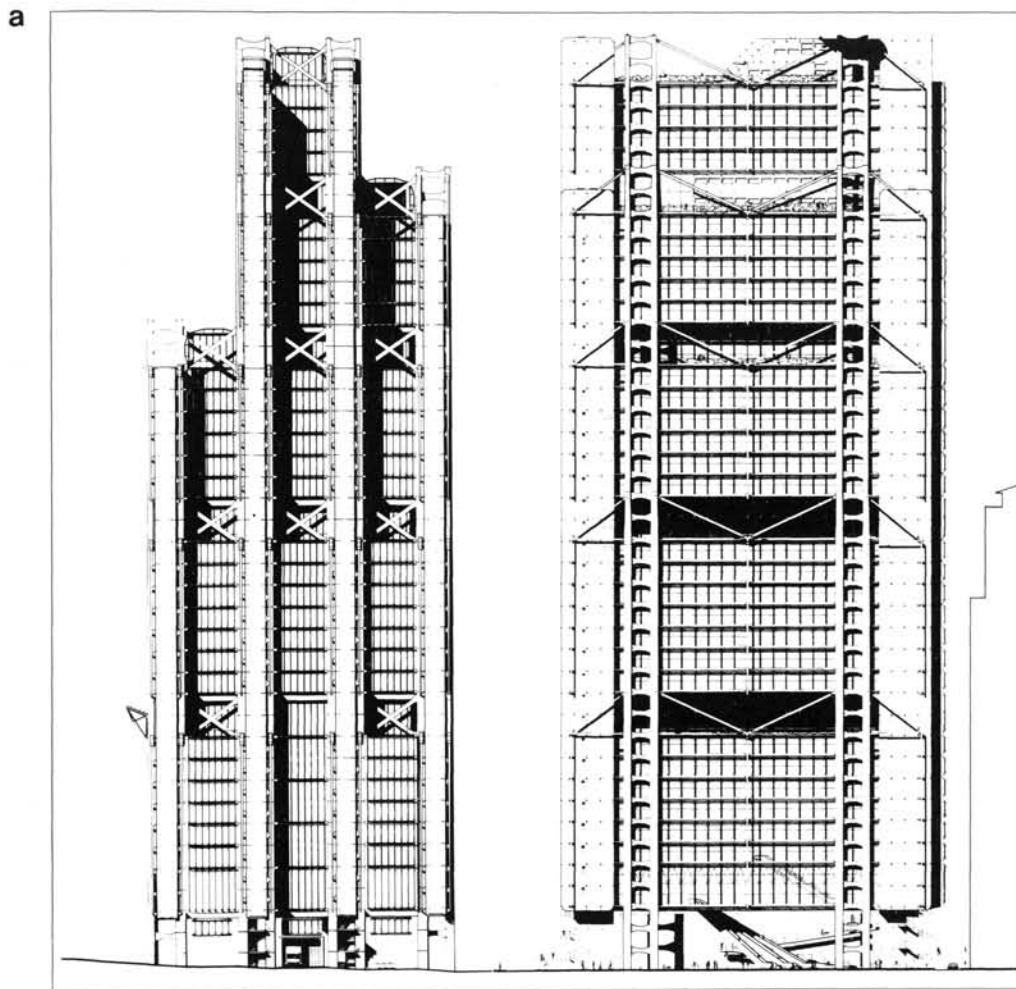


Fig. 17.—Sede Social de la corporación bancaria de Hong Kong y Shanghai. Soportes y arriostramiento.



b

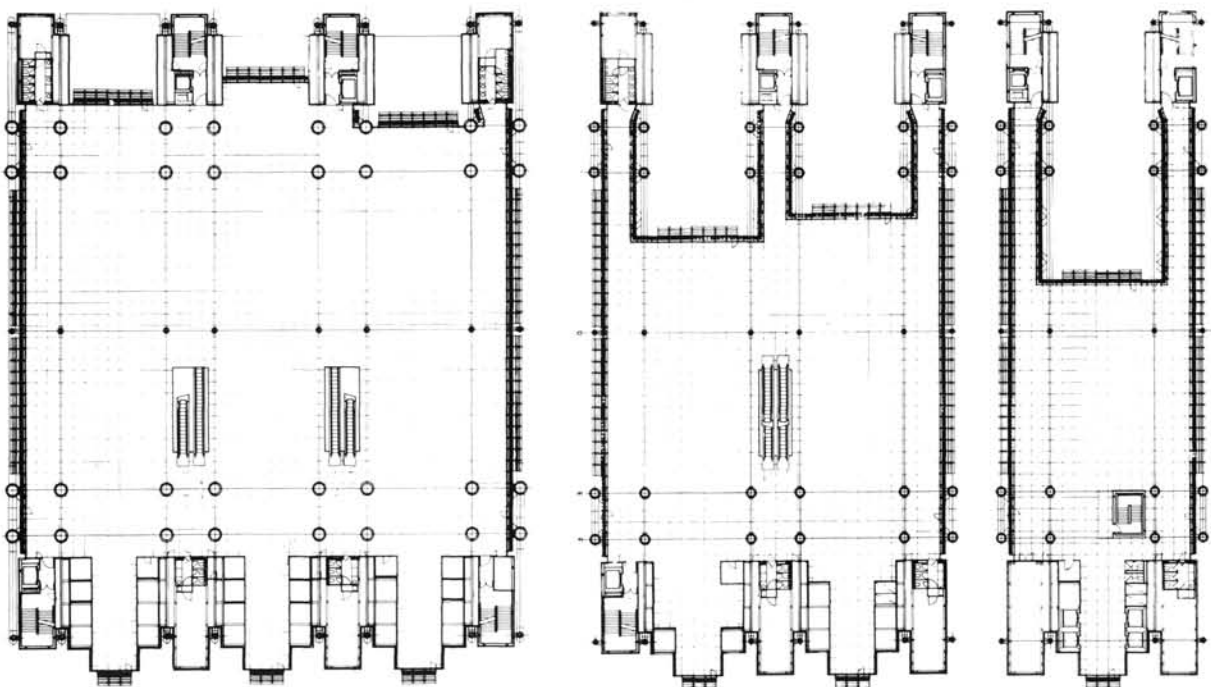


Fig. 18.—Sede Social de la corporación bancaria de Hong Kong y Shanghai. a) Alzados. b) Plantas.

Divide la altura total del edificio en cinco bloques de 8, 7 y 6 plantas con el fin de diferenciar la parte que cuelga de cada arriostramiento, manifestando, a su vez, la presencia y razón de ser del dermatoesqueleto que lo sostiene. Esta diferenciación entre la megaestructura y plantas de uso se manifiesta en el interior con la disposición de un gran atrio interior de 9 plantas de altura (Fig. 19).

Su expresión tecnológica se manifiesta, además, en multitud de facetas; introduce los servicios dentro de células prefabricadas donde se encuentran los aseos, equipos eléctricos, de acondicionamiento de aire, etc. El sistema de ascensores se completa con un complejo sistema de escaleras mecánicas que sirven las comunicaciones de corto recorrido. Establece una serie de paneles que, gobernados por ordenador, siguen la trayectoria del sol a lo largo del año para reflejar la luz al patio central.

Este edificio posee más contenido que el Centro Pompidou, en cuanto se refiere a la materialización de nudos de las grandes celosías metálicas, y la exuberancia tecnológica se manifiesta en la exhibición de la megaestructura (Fig. 20).

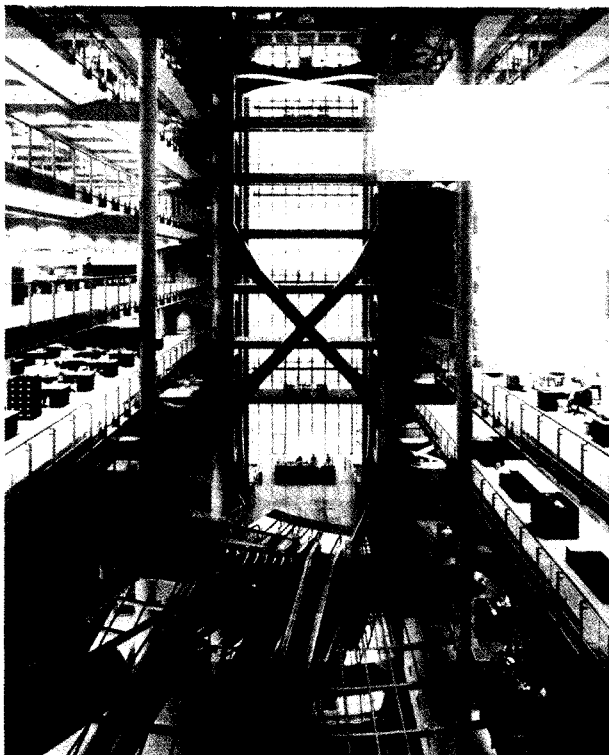


Fig. 19.—Sede Social de la corporación bancaria de Hong Kong y Shanghai. Atrio central.

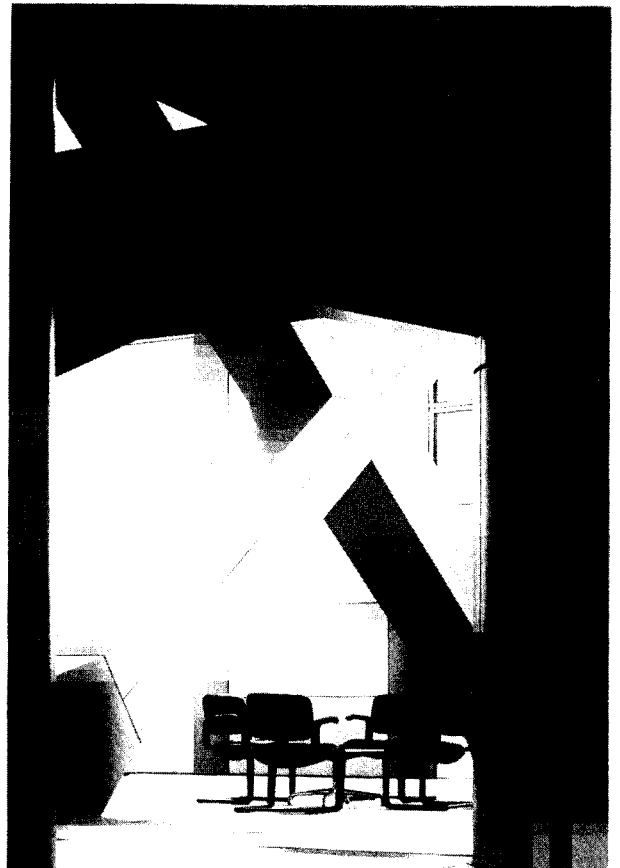
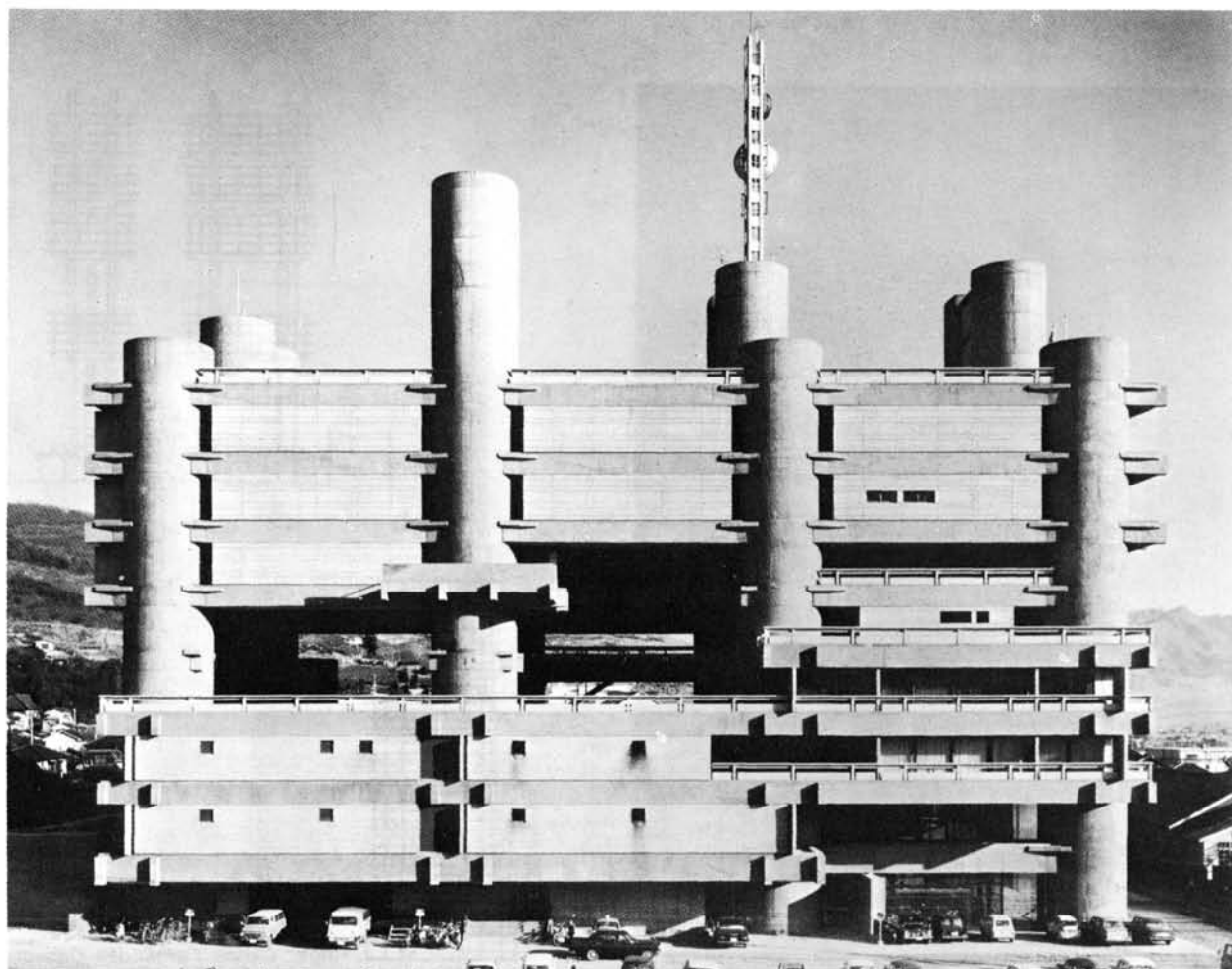


Fig. 20.—Sede Social de la corporación bancaria de Hong Kong y Shanghai. Arriostramiento entre torres.

Existen antecedentes claros de este edificio tanto en la ordenación de la funcionalidad en planta como en la disposición estructural. Kenzo Tange, en el Centro de Comunicaciones de Kofou, dispone 16 núcleos verticales de comunicaciones y servicios distribuidos a lo largo y ancho de toda la planta, con el mismo fin de evitar la acumulación de personas en un mismo punto central del edificio. De la misma manera, el edificio de Tange es el primero en que aparece la falsa imagen de edificio en formación como algo que puede continuarse cuando las necesidades de uso exijan prolongarlo. La idea de crecimiento es muy querida por los metabolistas (Fig. 21).

Desde el punto de vista estructural, este edificio tiene bastante semejanza con el Banco de Bilbao, en Madrid, aunque la materialización de este último es en hormigón pretensado, en lugar de en acero. La megaestructura del Banco de Bilbao está constituida por dos fustes laterales sobre los que se disponen seis plataformas que puentean su separación, y estas seis plataformas sirven de soporte a 6 pa-



a

quetes de 5 plantas cada una (Fig. 22). Ante el viento ambos edificios utilizan su plataforma o vigas en celosía para aportar los fustes laterales mejorando su respuesta individual. Una disposición de este tipo sólo es posible en rascacielos de altura media; para más altura el edificio necesita utilizar su piel para resistir el viento.

Sin embargo, en el Banco de Bilbao existe una razón complementaria para el planteamiento de su megaestructura, la presencia de una estación de ferrocarril que lo atraviesa por su eje. La separación de los fustes es entonces imprescindible así como la presencia de las grandes plataformas para puentearlo, evitando así esta exigencia a las plantas normales. Además los paquetes de 5 plantas, en estructura metálica tienen una unidad formal complementaria, pues necesitan ser aislados de la megaestructura para evitar la transmisión de las vibraciones del tren.

b

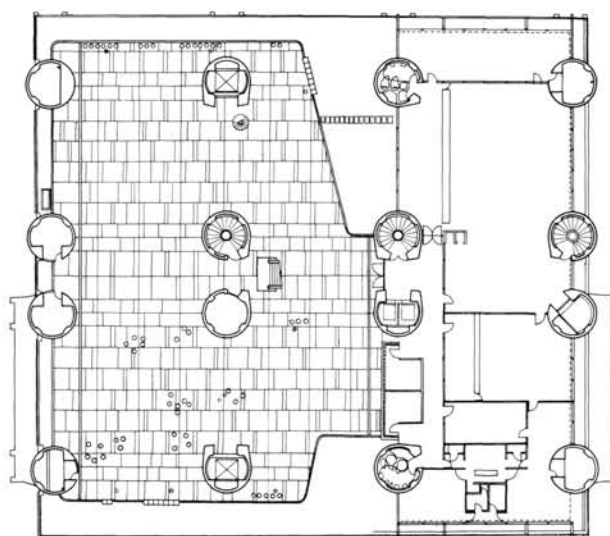
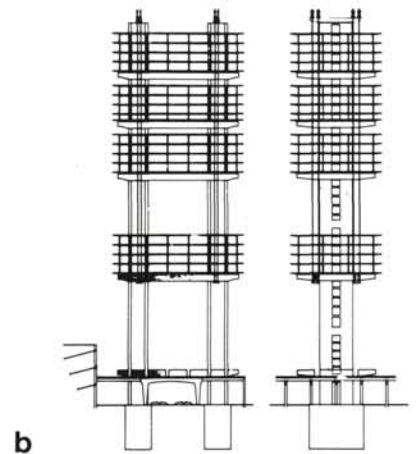
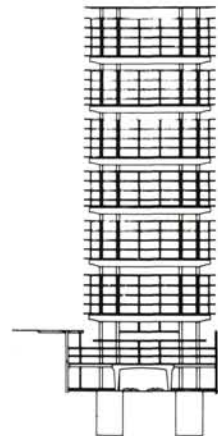


Fig. 21.—Centro de comunicaciones de Kufou (Kenzo Tange).
a) Vista general.
b) Planta.

a



b



Arq.: Francisco Sáinz de Oiza.
Ings.: Carlos Fernández Casado,
Javier Manterola y Leonardo Fernández Troyano.

Fig. 22.— Banco de Bilbao.

— Edificio Lloyd's en Londres (1978-1986) Richard Rogers, Ove Arup

Es un edificio mucho más modesto en cuanto a volumen, altura y pretensiones. Richard Rogers realiza un planteamiento muy similar al de Norman Foster, en Hong-Kong.

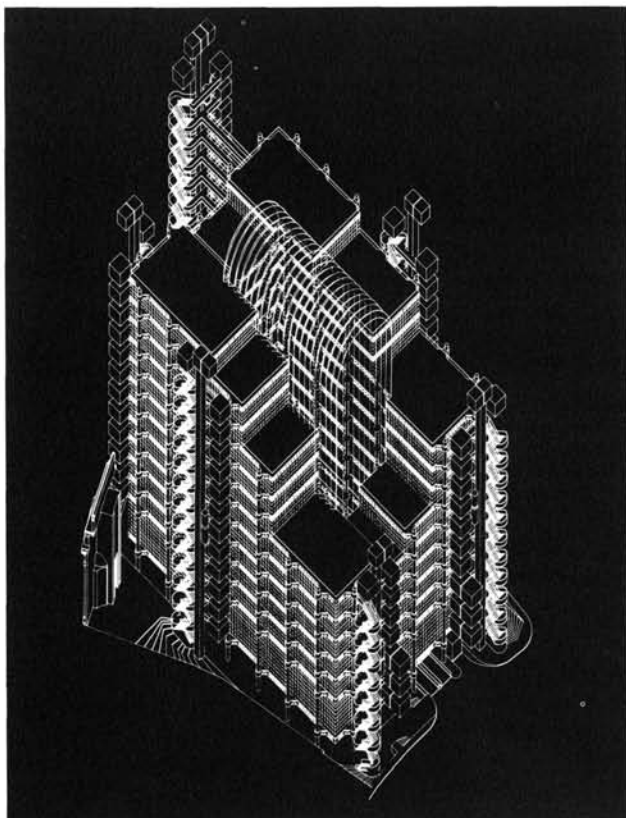
Ordena el edificio en un rectángulo de 43×64 , donde se dispone un gran atrio central de $32 \times 10,8$ m que lo recorre de arriba o abajo. Siguiendo las mismas pautas de obtener máxima flexibilidad de funcionamiento, saca fuera de dicho rectángulo los elementos de comunicación vertical y de servicios, y los utiliza como elemento expresivo en fachada (Fig. 23). De

la misma manera que Foster crea células prefabricadas donde aloja los servicios que se adosan fuera del rectángulo del edificio (Fig. 24).

La estructura resistente es toda de hormigón armado, formada por un emparrillado de vigas de 55×30 formando cuadrícula de $1,8$ m de lado y con apoyos dispuestos según cuadrícula de $10,8 \times 18$ m. Este emparrillado se apoya en vigas pretensadas en forma de U que saltan entre los soportes cuya unión se realiza por piezas prefabricadas (Fig. 25).

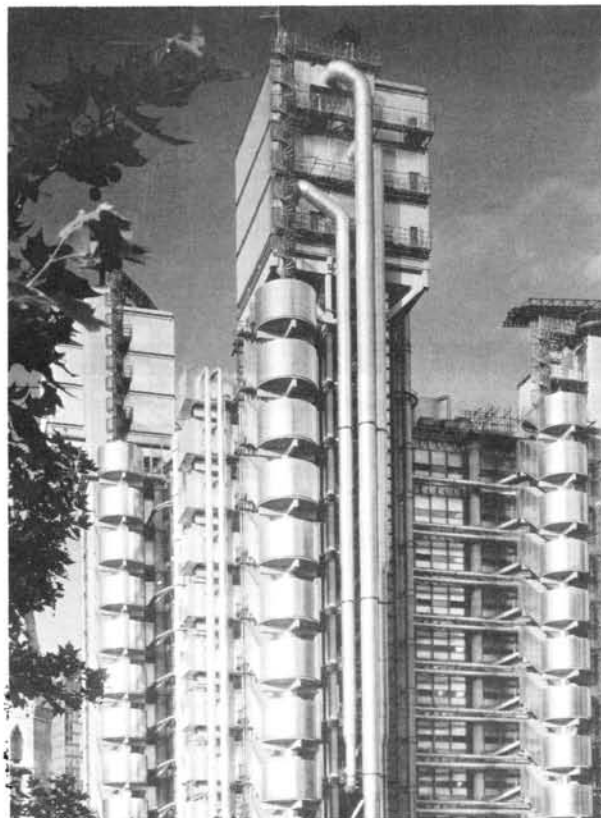
El arriostramiento a viento se realiza por triangulación exterior de 6 parejas de pilares.

a



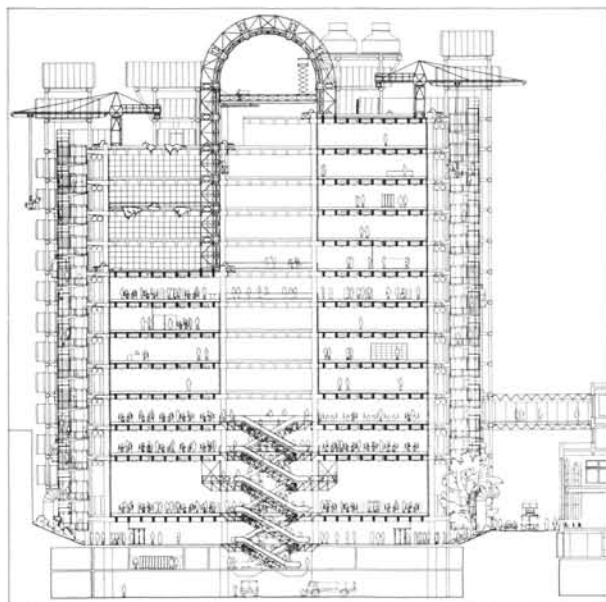
Axometría.

b

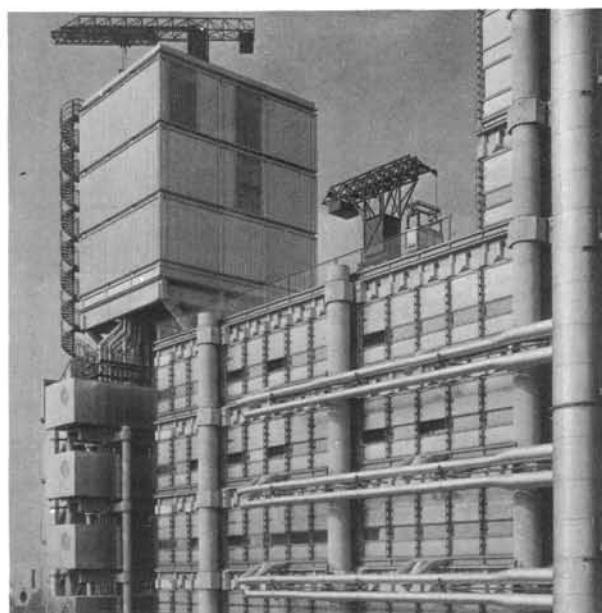


Vista general.

c



Sección transversal.



Vista lateral.

Fig. 23.—Edificio Lloyd de Londres.

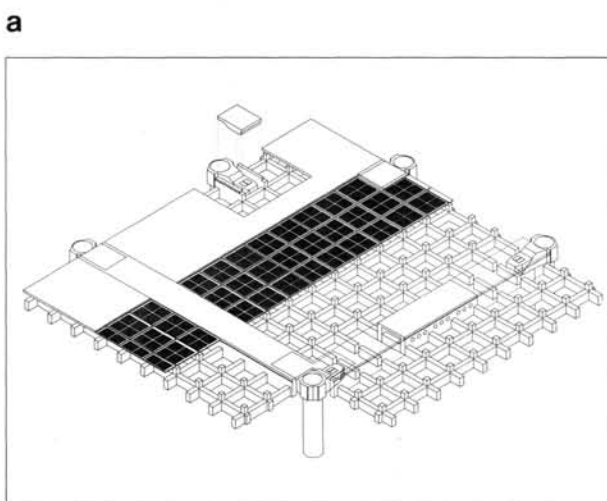


Colocación de cápsula prefabricada de servicios.

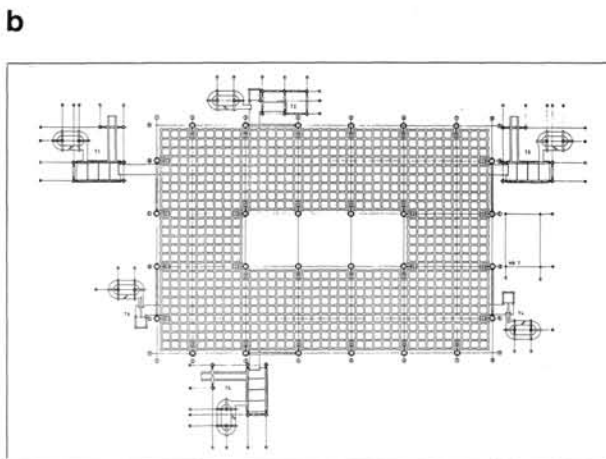


Interior.

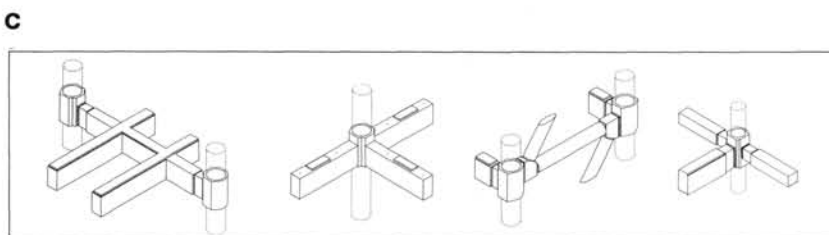
Fig. 24.



Planta general.



Planta de estructura.



Detalles de estructura.

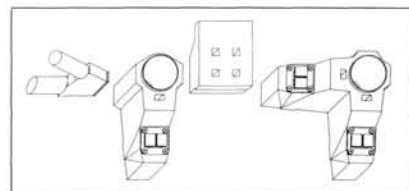


Fig. 25.—Edificio Lloyd de Londres.

3.—EDIFICIOS INDUSTRIALES

Es en los edificios industriales donde la arquitectura «High Tech» se ha podido manifestar con más soltura, libre como está de antecedentes culturales que impidan su natural desarrollo. Sus clientes habituales son las industrias punteras, limpias como los edificios que las sirven.

La gran flexibilidad en planta, que acompaña siempre a este movimiento, se extiende a las fachadas. Las estructuras resistentes responden a tipologías sofisticadas, cubiertas atirantadas o celosías espaciales y, en cuanto a las fachadas, se huye de cerramientos pesados como son las fábricas de ladrillo u hormigón para actuar con materiales metálicos o poliéster reforzado, fácilmente reemplazables.

— Centro de Producción y Distribución Quimper, Francia. Richard Rogers y Ove Arup

Se ordena según una modulación cuadrada de 18 × 18 m y se resuelve con una estructura atirantada y unas fachadas constituidas por paneles sandwich en acero, montados sobre una estructura contraviento (Fig. 26).

La estructura atirantada es extremadamente compleja, pues crea un triple siste-

ma de tirantes espaciales. Divide el rectángulo de 18 × 18 en 9 cuadrantes de 6 × 6, en cuyos vértices levanta pilarcitos verticales desde la cubierta. El primer sistema, que soporta la carga vertical, va desde las torres exteriores a la parte superior de los pilarcitos. El segundo sistema que soporta la succión ascendente del viento —mayor que el peso propio de la cubierta— va desde la parte superior de los pilarcitos a la base de las torres en la cubierta. El tercer sistema tiene como misión hacer frente a las cargas no simétricas en la cubierta y se resuelve cruzando los cables portantes principales de manera que las componentes horizontales desequilibradas en cabeza de torre no se resuelven en flexión sobre la torre, sino que se atiranta a puntos fijos de la cubierta (Fig. 27).

Esta cubierta no se justifica en sí misma, pues es extremadamente cara para el pequeño problema resistente que se plantea. Es evidente que podría haberse realizado una cubierta simple de vigas, o una celosía espacial e, incluso, con atirantamiento podría haberse realizado una cubierta algo más pesada que evitase su levantamiento ante la succión del viento, de la misma manera que las cargas no simétricas de la cubierta podrían haberse resuelto con una simple unión de las cabezas de las torres por tirantes.



Fig. 26.—Centro de producción y distribución Quimper. Francia. Vista general.

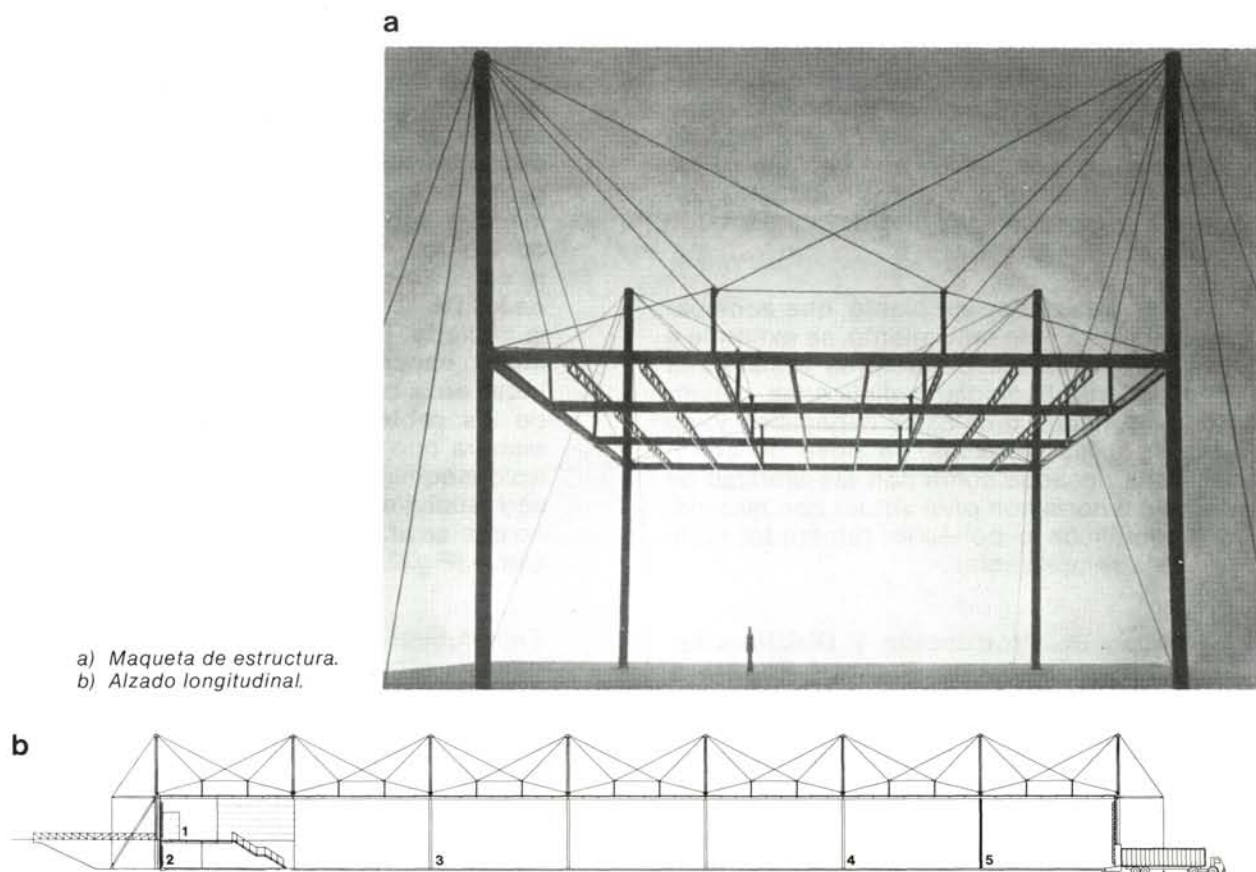
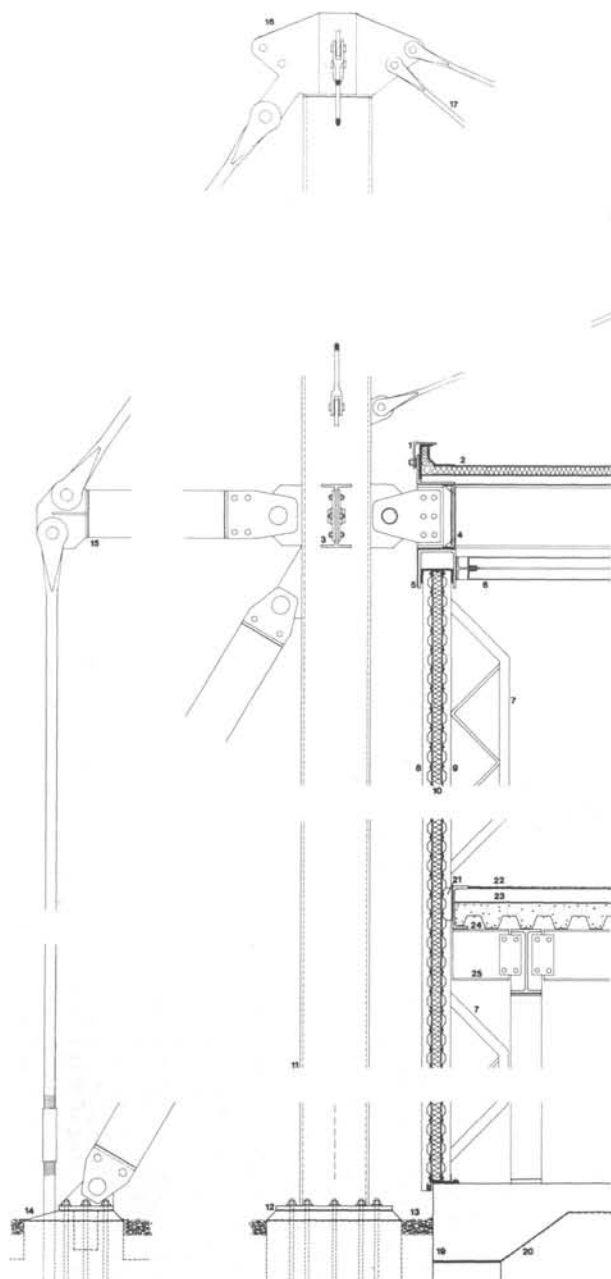


Fig. 27



Fig. 28



1.—Sujeción de acero dulce y galvanizado, pintado. 2.—Primera capa impermeable para aislamiento y perfil de acero de fijación. 3.—Viga de 33 cm bajo el techo. 4.—Abertura luminosa en marco de acero dulce. 5.—Sujeción de acero. 6.—Contrafuertes horizontales. 7.—Contrafuertes verticales. 8.—Chapas de acer perfilado pintadas por el exterior en plata. 9.—Chapas de acero perforado recubiertas de acrílico blanco. 10.—Aislamiento de lana de vidrio, 50 cm. 11.—Columna tubular de acero, 35 cm Ø. 12.—Placa de sujeción al suelo, 20 mm. 13.—Gravilla alrededor de las zonas de carga. 14.—Anclaje de los tirantes. 15.—Nudo de unión. 16.—Detalle de la cabeza de la columna. 17.—Doble tirante ligero. 18.—Columna de acero. 19.—Losa flotante. 20.—Polythene dpm. 21.—Cortafuego. 22.—Moqueta de lana. 23.—Hueco para fluidos y cables. 24.—Losa de hormigón sobre perfiles de acero. 25.—Elemento de viga independiente de la estructura principal.

Detalles de estructura y cerramientos.

Centro de producción y distribución Quimper. Francia.

Fig. 29

Pero también es evidente que el conjunto de consideraciones, que acabo de hacer, estaban en la mente de sus diseñadores. La pregunta que hay que hacerse entonces es: ¿qué impulso guió al diseño de una obra como ésta? No creo que el sobrecosto de la estructura sea significativo en la inversión total necesaria para la fábrica y, por tanto, el exhibicionismo estructural puede convertirse en sistema de propaganda de la misma factoría. Pero la disposición realizada creo que introduce confusión y eso es peor. El punto estricto donde hay que quedarse para que algo sea bueno no siempre se encuentra.

Por lo demás, formal y resistentemente la obra está bien resuelta (Fig. 28). Las torres verticales son tubos circulares de 350 mm de diámetro, y los tirantes barras roscadas cuya puesta en carga sólo es posible por tensores. Los anclajes están bien resueltos.

La estructura de cerramiento se separa completamente de la de soporte vertical, lo que obliga a la presencia de vigas en celosía verticales para referir la carga de viento a los cimientos y cubierta. Desde ésta se transmiten al suelo por la presencia de puntales inclinados (Fig. 29).

La pretendida facilidad de ampliación de la fábrica, con la tipología estructural elegida, es extremadamente complicada.

— **Centro de Distribución Renault, Gran Bretaña. Norman Foster y Ove Arup.**

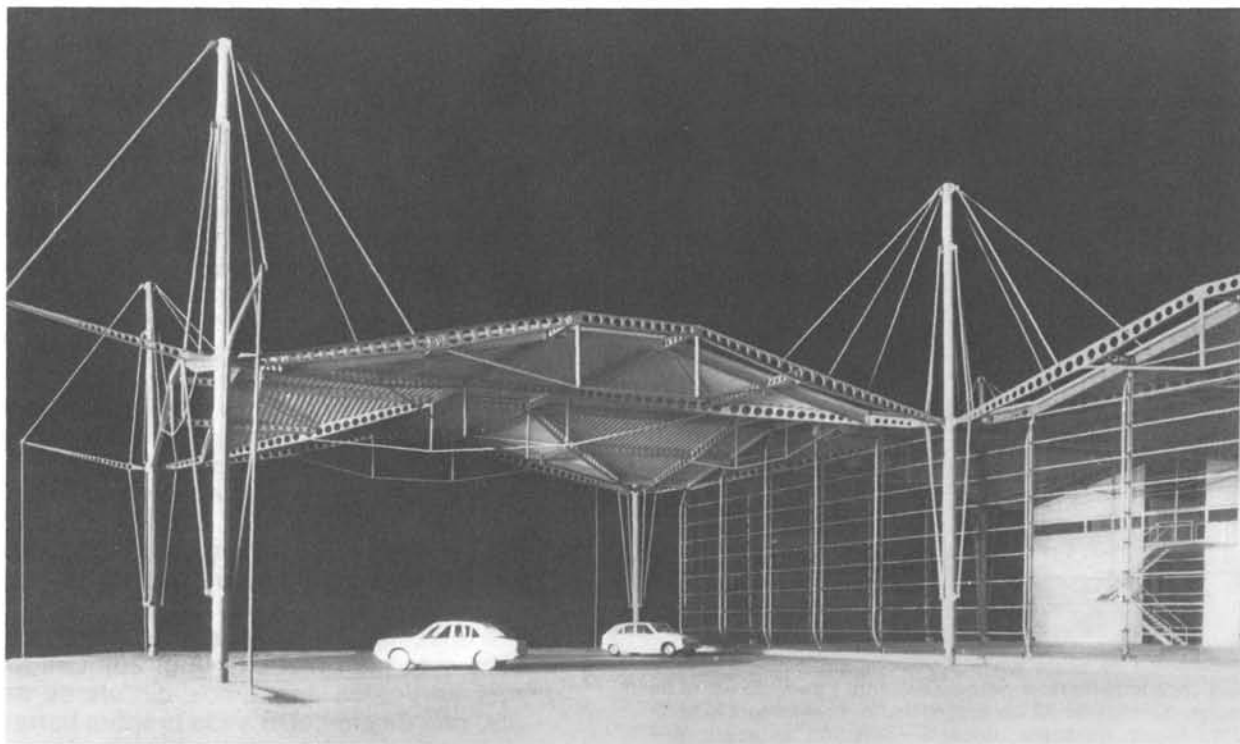
Si en la fábrica Quimper no parece haberse encontrado el punto óptimo para una cubierta atirantada modesta, en esta otra realización la solución resulta totalmente fuera de lugar. La complicación del atirantamiento traspasa todo lo razonable para una modulación entre pilares principales de 24×24 m (Fig. 30).

En esta especie de enorme coleóptero se produce una superexhibición estructural para justificar la solución de un problema resistente fácil. El problema es la solución de la continuidad resistente de cubiertas colgadas continuas. Para una carga uniformemente repartida una cubierta atirantada funciona muy bien. Para cargas en vanos alternos se produce un desequi-

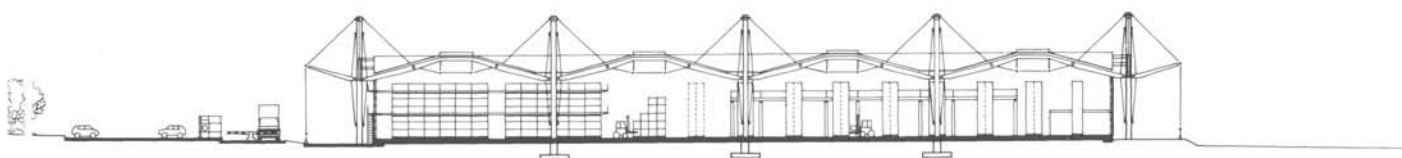
librio de fuerzas en la cabeza de la pila que debe ser contrarrestado si queremos evitar flexiones excesivas en las vigas de cubierta. Un procedimiento normal es, como ya hemos dicho, atirantar entre sí las cabezas de los pilares. Otro, un poco más complicado, es el de Quimper, cuyo origen debe venir del procedimiento de Brown * para la solución de puentes colgantes continuos.

En este caso se ha planteado de otra forma que no es la buena. Se confecciona un pórtico continuo constituido por las vigas metálicas y los pilares como elementos de compresión y el sistema de atiranta-

(*) Aunque existen antecedentes en la obra de Arnodin, Brown, autor del puente del Severn y del Humber, propone esta solución para puentes colgantes continuos, pero curvando los cables según la catenaria.

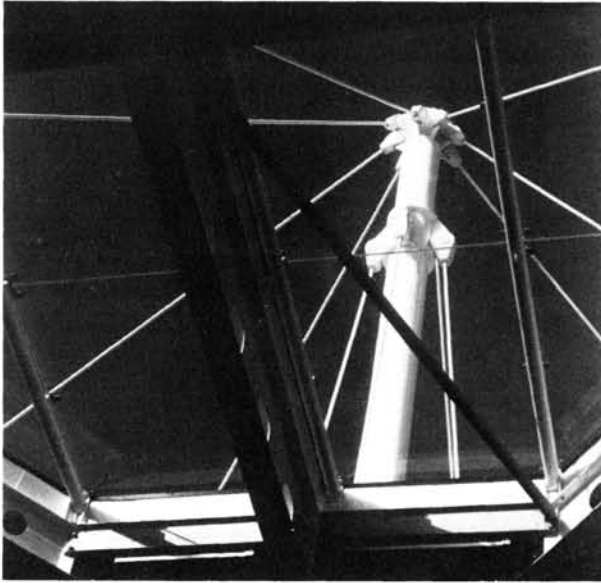


Vista general.



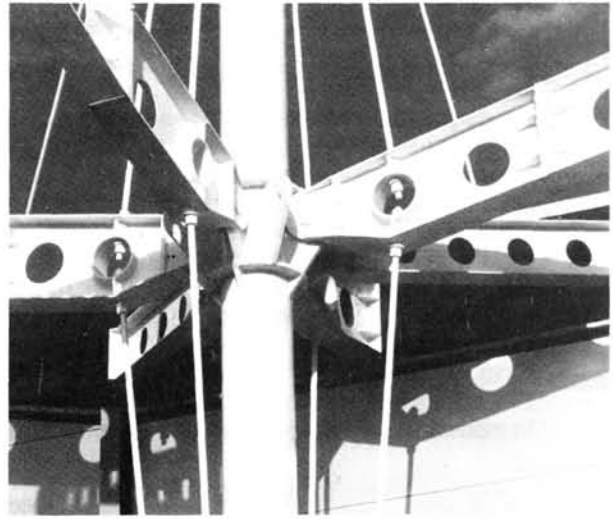
Sección transversal.

Fig. 30



Nudo superior de torre

Centro de distribución Renault. Gran Bretaña.



Unión de vigas y pilares.

Fig. 31

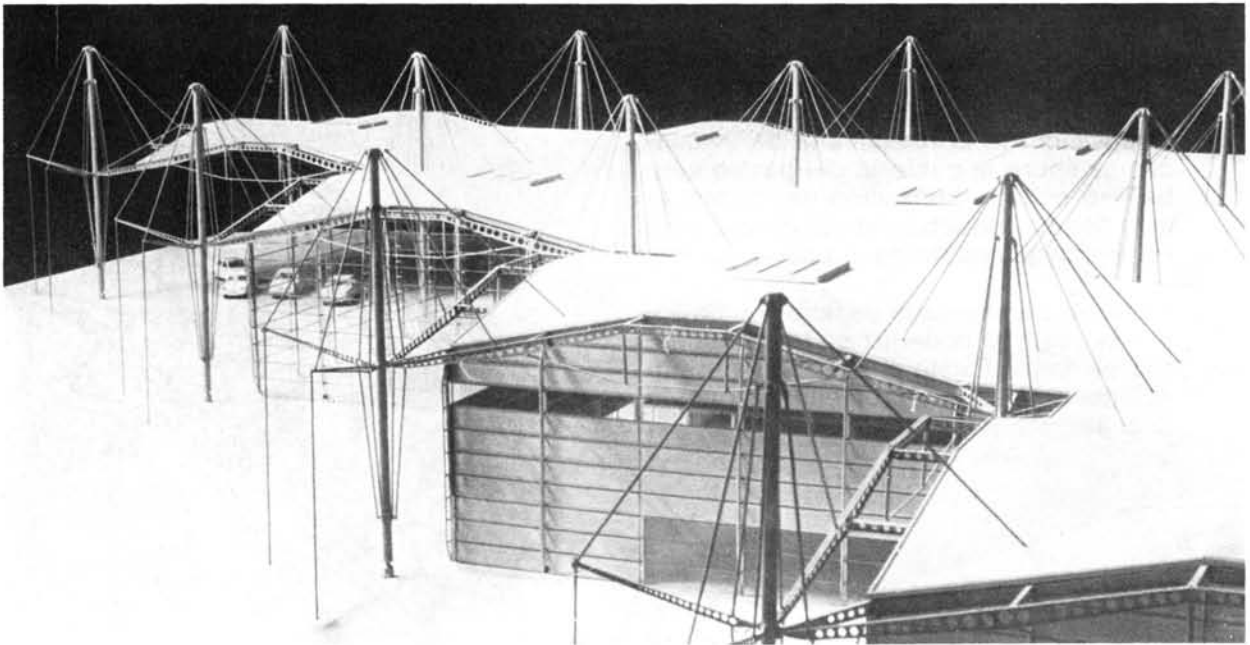


Imagen de conjunto de la maqueta.

Fig. 32

miento superior e inferior a la viga no es sino su cabeza de tracción. El empotramiento de las vigas en el pilar se establece por intermedio del atirantamiento pegado al mismo (Fig. 31).

Este sistema, además de complicado y caro, no es demasiado eficaz, pues las flexibilidades diferentes de tantos elementos conectados no impide unas flexiones complementarias de las vigas Void que

han debido incrementar su dimensionamiento inicial.

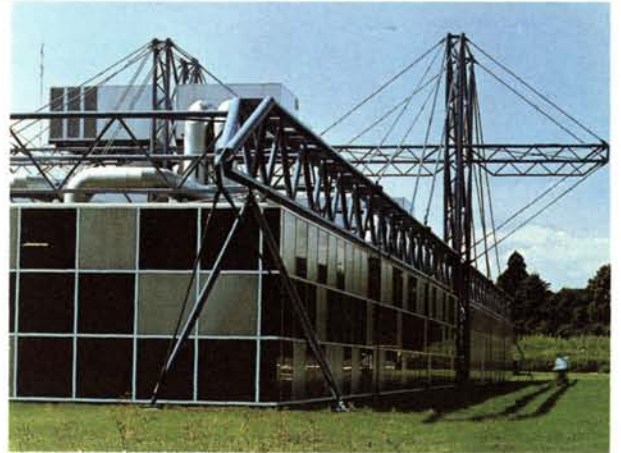
La voluntad de que esta estructura semeje un mecano es evidente y su resultado muestra hasta qué punto puede resultar inadecuado un planteamiento estructural no disciplinado. Y esto, por desgracia, se ve con bastante frecuencia cuando el afán exhibicionista sobrepasa lo que es de suyo (Fig. 32).

— Otras salas atirantadas

Resulta interesante comparar las tres obras que presentamos ahora: dos de **Richard Foster** y una tercera italiana de **Savioli**.

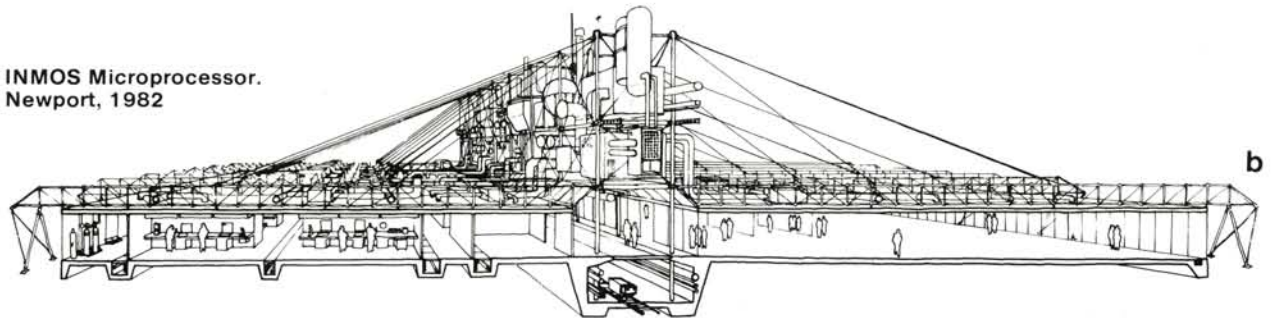
El esquema resistente, presente en las dos obras de Foster, consiste en colgar las dos naves del edificio situados a ambos lados de un pasillo central de comunicaciones e instalaciones, de una torre rígida a la flexión, rectangular en la fábrica INMOS de Newport (Fig. 33), y triangular la de New Jersey (Fig. 34) de 22,8 m de luz.

El aspecto de naves espaciales de películas de ciencia ficción, con la intencionada



a

INMOS Microprocessor.
Newport, 1982



b

disposición de la maquinaria de instalaciones sobre la cubierta del pasillo central, no evita la sensación de inadecuación de una estructura tan poderosa para un problema resistente tan pequeño.

En cambio el mercado de flores de Savioli, con sus 110 m de luz en la parte central, es mejor. Existe adecuación entre tipología empleada y problema propuesto (Fig. 35).

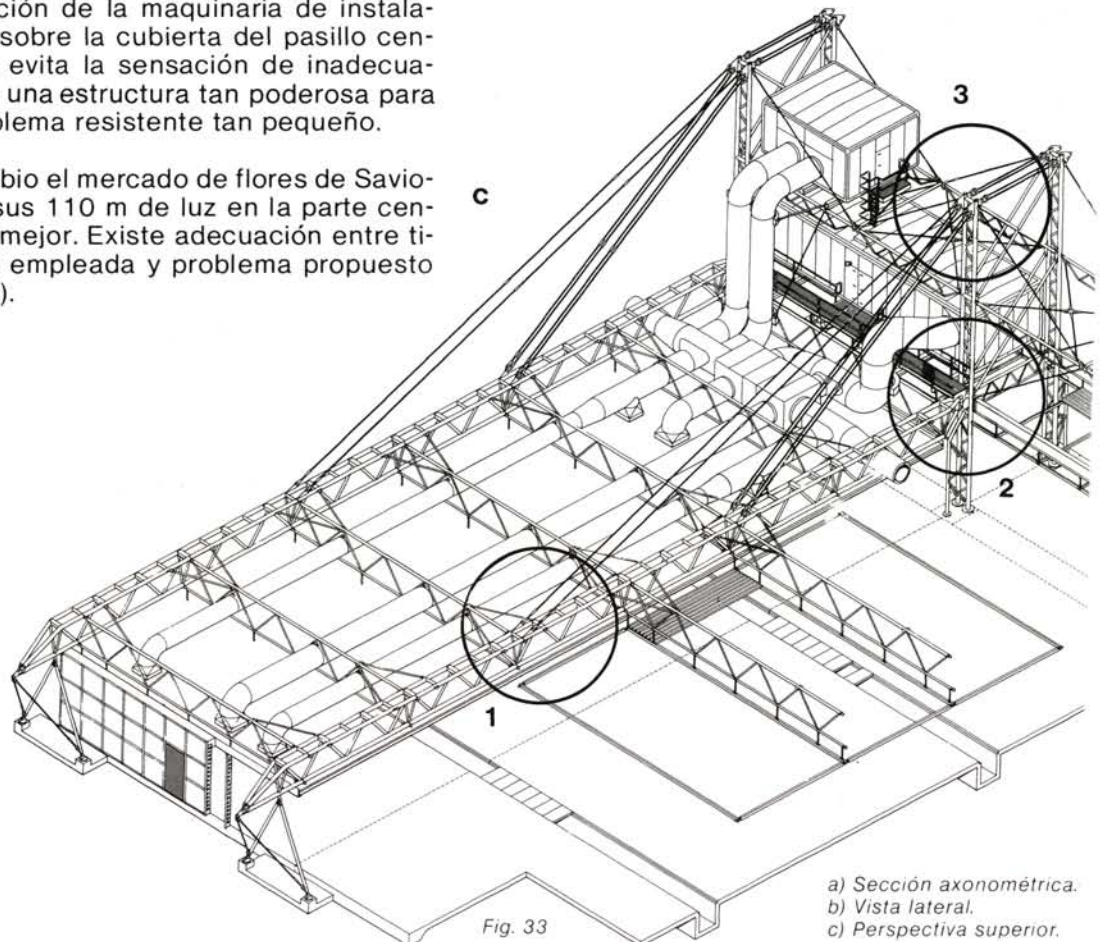
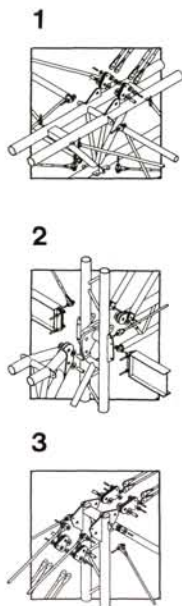
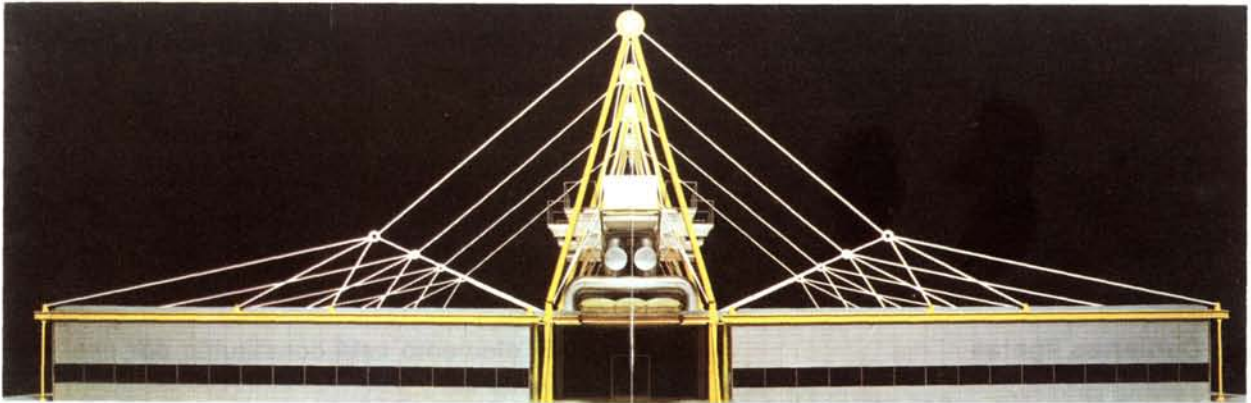


Fig. 33

a) Sección axonométrica.
b) Vista lateral.
c) Perspectiva superior.



Maqueta.

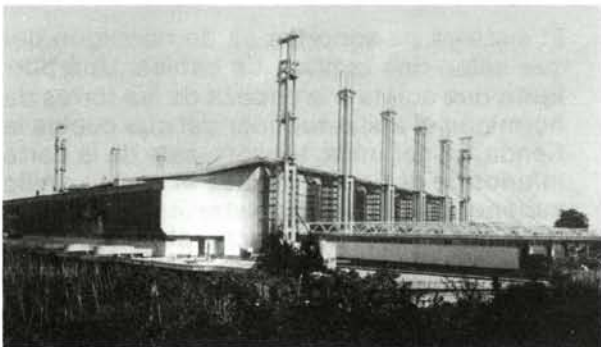
PA. Technology. Princeton. New Jersey, USA.



Fig. 34

Vista general.

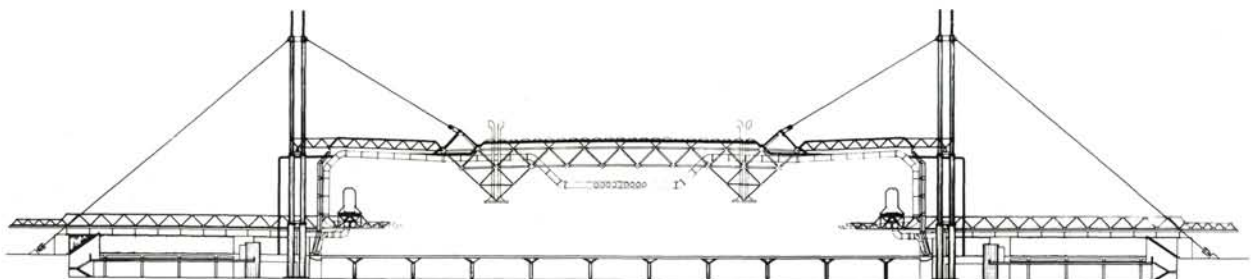
Mercado de flores en Pescia. L. Savioli.



Vista general.

Formalmente los esquemas de Foster son más elementales e inmediatos; el de Savioli más rico y complejo. En los dos primeros las vigas de cubierta quedan comprimidos; en el tercero deberán estar las vinculaciones dispuestas de tal manera para que trabaje a tracción la zona entre tirantes, si se quiere que las torres no tengan flexiones desproporcionadas.

Sección transversal.



Sección longitudinal.

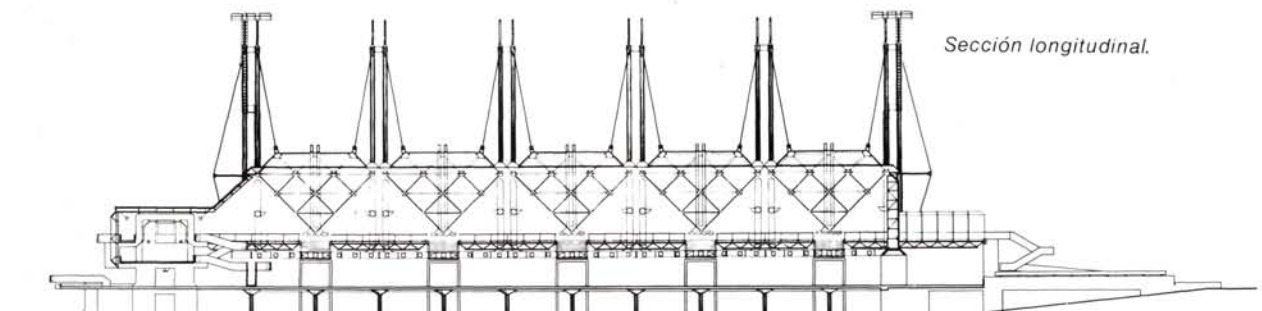


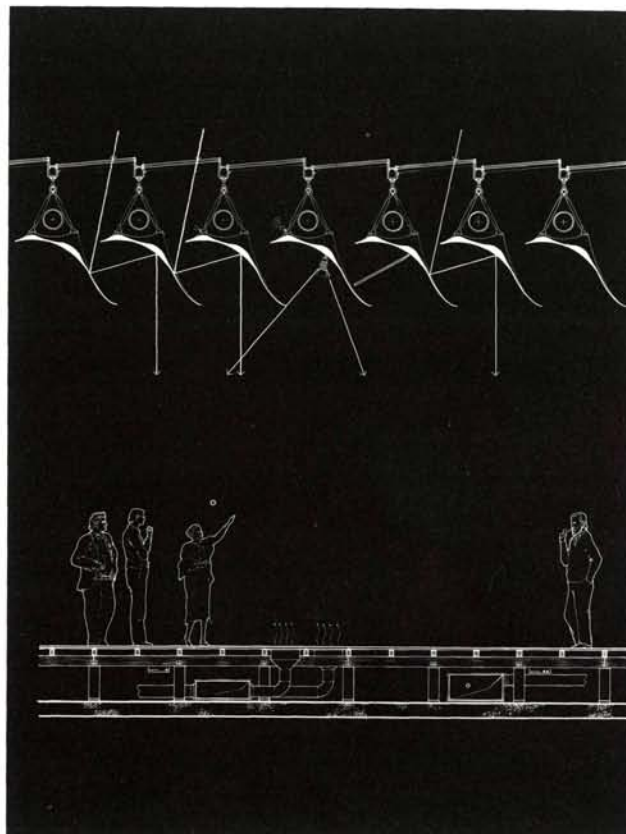
Fig. 35

4.—Cubiertas ligeras

La investigación sobre materiales de cubrimiento, ligeros y resistentes, es un empeño claro de la alta tecnología. La utilización de aluminio, poliéster reforzado, ferrocemento, tejidos en fibra de vidrio recubiertos de teflon, etc., está siendo muy frecuente y es de esperar resultados espectaculares de esta práctica.

Presentamos aquí cuatro obras de diversa ambición.

Renzo Piano, uno de los arquitectos más interesantes de este movimiento, ha planteado un sistema muy ingenioso que a su vez es la estructura resistente y elemento de control de la iluminación para «The Menil Collection» de Houston, Texas (Fig. 36).



El elemento está constituido por una triangulación metálica cuyo cordón inferior es una pieza de ferrocemento cuya forma sirve para producir una iluminación controlada en el museo. El diseño es muy sofisticado y recuerda los «huesos» de Fisac.

La segunda es una obra de alta tecnología perteneciente a equipos que no están encuadrados en este movimiento. La terminal del aeropuerto del Rey Abdul Aziz en Jeddah, Arabia Saudita, es una obra excelente de **F. Khan** de S.O.M. y está formada por un conjunto de tiendas solidarias de 45 X 45 m de lado (Fig. 37).

El sistema de soportes es de hormigón del que salen dos familias de cables: Una portante que sujeta a la cabeza de las torres de hormigón el anillo superior del que cuelga la tienda. La segunda, tensora, sale de la parte inferior de la tienda y tensa el mismo anillo superior. Entre los dos sistemas se controla la componente vertical actuante en el anillo superior (Fig. 38).

La membrana es un tejido de fibra de vidrio recubierto de teflon y rigidizado por cables de acero radiales. Esta membrana se pone en tensión desde el anillo superior y desde el contorno inferior por cables que siguen el contorno rectangular inferior de la tienda.



Fig. 36.—Cubrimiento para "The Menil Collection", Houston, Texas.

Aeropuerto de Jeddah. Arabia Saudita.

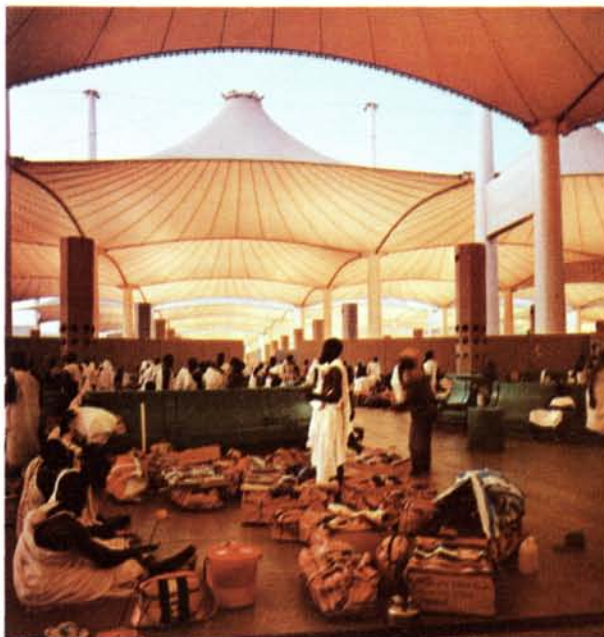


Fig. 37.—Vista interior.

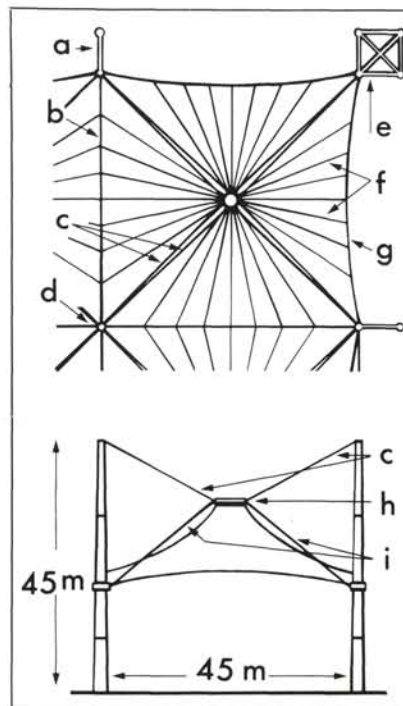


Fig. 38.—Sistema de cables que sujetan la cubierta.

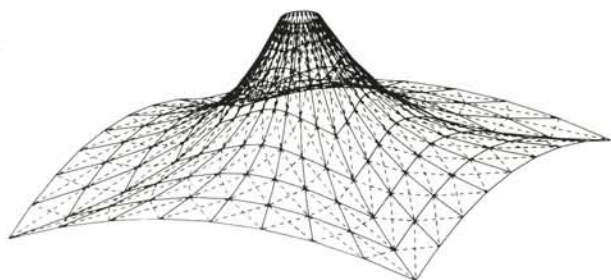


Fig. 39.—Morfología de la tienda.

Este sistema de fuerzas debe controlar que el estado tensional en la tienda sea siempre de tracción para el efecto de las cargas permanentes, de viento, temperatura y relajación (Fig. 39).

El soporte lateral se duplica o cuadruplica, según que esté dispuesto en un lateral o en la esquina libre, y están arriostrados entre sí a doble altura para hacer frente a los tiros laterales de la cubierta no equilibrados (Fig. 40).



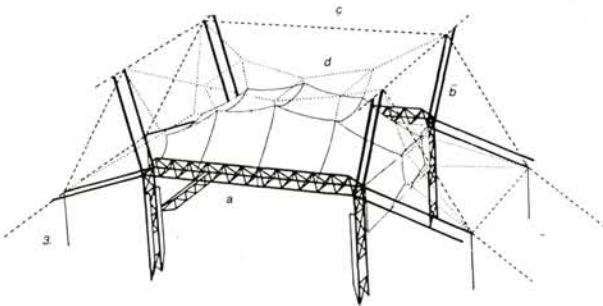
Fig. 40.—Vista lateral.

Centro de investigación de Schlumberger. Cambridge.



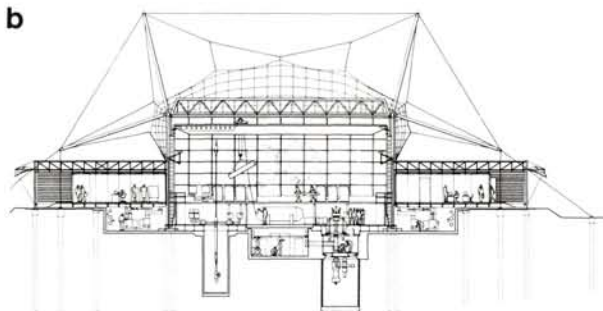
Fig. 41.—Vista general.

a



a.—Pórticos. b.—Mástiles. c.—Estructura primaria en acero \varnothing 50 mm. d.—Estructura secundaria que soporta la membrana.

b



a) Perspectiva del sistema de sustentación.
b) Sección transversal.

Fig. 42

La tercera obra es el Centro de Investigación de Schlumberger en Cambridge, de **Michael Hopkins** (Fig. 41). El principio empleado es similar al del aeropuerto de Jeddah, pero en ordenación más complicada. Disposición de un marco de estructura metálica a donde se refiere el cable que sujeta la tienda en la parte inferior y de una serie de puntales que tiran de la tienda hacia arriba en una serie de puntos. La luz libre que queda entre bordes es de 25 m (Fig. 42).

La tienda está realizada en tejido de fibra de vidrio recubierta de teflon con coeficiente de transparencia del 13 %, lo que incrementa extraordinariamente la iluminación lateral.

Estadio de Split. Yugoslavia.



Fig. 43.—Vista general.

Por último, la cuarta obra es el Estadio de Split, en Yugoslavia, una obra notable, tanto por sus valores formales como por la tecnología utilizada (Fig. 43).

La utilización de las mallas espaciales se ha divulgado extraordinariamente a partir de la comercialización de este tipo estructural por fábricas especializadas. Su tecnología está muy dominada y el nudo, elemento fundamental del sistema, está perfectamente resuelto en varios sistemas.

La superficie de la cubierta se obtiene por la disposición de dos superficies cilíndricas, según un ángulo con la horizontal de $11,2^\circ$ grados y realizando una serie de cortes elípticos en su contorno. La luz principal de esta cubierta es de 215 m correspondiente a los arcos exteriores y el mayor voladizo es de 45 m (Fig. 42).

La malla utilizada tiene 3×3 m de lado y 2,3 m de canto. El peso total de la estructura de acero es de $45,7 \text{ kg/m}^2$.



Fig. 44.—Vista inferior

* * *