

las cubiertas de grandes luces soluciones actuales

CONCEPCION DE ALARCON ALVAREZ,
Lcda. en Filosofía y Letras
ENRIQUE DE ALARCON ALVAREZ,
Ing. de Caminos

886-24

«Al arquitecto le corresponde el conocimiento del hombre, la imaginación creadora, la libertad de decisión y gran sentido del orden. Al ingeniero le corresponde el respeto de las leyes físicas, la resistencia de materiales, el cálculo y la seguridad.»

LE CORBUSIER.



Abrimos el artículo con dos de las obras más interesantes de Alberto del Palacio, genial precursor del estructuralismo español. La estación de Atocha es de 1888, y el Palacio de Cristal, de 1883.

sinopsis Se exponen en este artículo, de forma panorámica, los problemas que presenta la cobertura de grandes vanos y las diversas soluciones que se han adoptado hasta los tiempos actuales, en los que puede afirmarse que no existe más límite para la fantasía del proyectista que el condicionamiento del presupuesto de la obra.

Introducción

La resolución del problema que presenta la cobertura de grandes vanos se encuentra íntimamente relacionada con el progreso en el arte de construir. La creación de un ambiente «humano» y apto para la vida se puede resolver a base de sensibilidad; pero las obras utilitarias empujan las dimensiones y presentan cuestiones estáticas y funcionales que predominan sobre las puramente arquitectónicas (*).

La separación entre arquitectura y construcción se hizo patente cuando la necesidad de disponer de obras públicas con dimensiones excepcionales introdujo el factor económico en el aspecto constructivo. Es evidente que cualquier obra utilitaria debe construirse al precio mínimo compatible con la seguridad; es asimismo evidente que la arquitectura del siglo XVIII no tenía en absoluto esta preocupación por la economía, o por lo menos disponía de un margen amplísimo en su manejo.

En este contexto se suele situar la creación de la escuela francesa de Ponts et Chaussées como origen de la separación definitiva entre el arquitecto y el ingeniero. La fuerte formación matemática de éste tuvo como consecuencia la racionalización del método constructivo abandonando la regla empírica y eliminando la fórmula mágica o «alquimia magistral» que dominaba la arquitectura.

Nosotros creemos, sin embargo, que el golpe de gracia a aquella unión (que nunca debió romperse) hay que buscarlo en la actuación del arquitecto renacentista. Queda clara la distinción entre las actitudes, v.gr.: de Brunelleschi y Alberti. El primero, preocupado por la *realización* de su obra; el segundo, por su *planteamiento* (2). Este «construir a distancia» impuesto por Alberti, su «savoir être» en la sociedad de su tiempo, el cambio, en suma, de artesano a genio oficial no podía tener otras consecuencias que el estancamiento en la sofisticación e intelectualización de la obra arquitectónica, con su consiguiente separación del ambiente popular.

(*) Entendemos por arquitectura la ocupación en la creación de ese espacio humano; en consecuencia, el arte de construir queda limitado a la resolución de los problemas estructurales que plantea aquella. El sentido es aproximadamente el mismo que utiliza Giedion (1) al distinguir entre «arquitectos» y «constructores».

La formulación matemática del problema constructivo no ha hecho nada tampoco por aproximar las construcciones a la mente del pueblo que, de este modo, se encuentra completamente desarmado frente a las realizaciones actuales. El mismo crítico se suele desconcertar ante el alud de ideas dispersas, confusas y contradictorias que alimentan la arquitectura contemporánea. Sin embargo, la separación puede cubrirse con algo de buena voluntad, y a ello tiende el trabajo que presentamos a continuación.

En alguna ocasión nuestro gran arquitecto Félix Candela (3) ha declarado que su vocación hacia las láminas fue despertada por la explicación matemática que dio Torroja de los esfuerzos desarrollados en la bóveda del frontón Recoletos. En un intento por desmitificar este planteamiento y volver a la intuición estructural de los orígenes ha llegado a presentar el cálculo de alguna de sus láminas con cuatro renglones en una sola cuartilla (4). Naturalmente, para conseguir esto se precisa una vida de estudio continuo y una mente tan clara y potente como la que Candela posee; pero el intento merece la pena y sin él seremos incapaces de asimilar las nuevas formas.

En un reciente trabajo nos preguntábamos por la reacción que en un hombre como D'Ors hubiese despertado el actual florecer de formas libres, ingravidas y aligeradas. Gaudí, por ejemplo, buscó una interpretación escatológica para el paraboloide hiperbólico (superficie engendrada por una recta cuando se mueve apoyándose sobre otras dos que se cruzan en el espacio), presentándolo como una imagen del movimiento del Espíritu Santo sobre el Padre y el Hijo.

Nuestros críticos reaccionan de forma más sencilla: ignoran el problema. La ingeniería empieza y termina con los romanos (*), y la arquitectura, con Le Corbusier, Wright, Gropius y Mies.

Indudablemente, en ello han influido esos factores de intelectualización y tecnificación que hemos citado, pero también la despreocupación del constructor por dar a conocer los motivos de su obra e indicar los patrones de comparación.

Pese a que nos limitaremos al campo de la cobertura, en nuestro trabajo aparecerán personajes y conceptos asimilables a otros temas, en un intento de salvar ese espacio vacío tantas veces citado.

Incluimos asimismo una bibliografía copiosa pero imprescindible para la comprensión de estas cuestiones.

La evolución histórica

El problema de la cobertura, afrontado desde el momento mismo en que el hombre actúa frente a la naturaleza, se desarrolla fundamentalmente según dos trayectorias: una de ellas utiliza las piezas rectas en una arquitectura de tipo adintelado, mientras que la otra recurre a una solución más sofisticada, el abovedamiento, en la que se juega contrapesando esfuerzos hasta que éstos llegan al cimiento.

Históricamente, la cúpula aparece incluso antes que la bóveda de cañón, aunque no puede localizarse la idea en ningún lugar determinado, pues su forma es conocida desde las cabañas de mimbre y lodo de los trópicos hasta los «igloos» de los polos.

Esta corriente abovedada sigue una trayectoria desde los asirios y caldeos (que organizaban la bóveda de cañón mediante arcos inclinados en planos no normales a las generatrices para mayor facilidad constructiva [fig. 1]) hasta los romanos, a través de griegos y etruscos.

Paralelamente, egipcios y griegos desarrollan un tipo adintelado que también será usado por los romanos para luces de poca importancia.

Hay que hacer notar aquí, aun cuando volvamos sobre el tema, que en Grecia y Roma aparece, por primera vez en grandes luces, la estructura velaria. Según Frei Otto (5) y otros (6), los teatros griegos y romanos estaban cubiertos por grandes lonas que iban hasta la cabecera del decorado. Las huellas de los amarres aparecen en algunos de ellos, como el de Orange.

Prescindiendo de esta solución, evidentemente coyuntural y efímera, podemos afirmar que son los romanos los primeros en alcanzar las grandes luces con sus grandes bóvedas y cúpulas, en gracia a las cualidades del material que utilizan. Cuando su ciencia se ha borrado por la invasión de los bárbaros, el arte de construir cúpulas admira tanto a los nuevos invasores que Teodorico, incapaz de conseguir algún maestro que corone su túmulo funerario, hace excavar en un bloque paralelepípedo una falsa cúpula que luego coloca en su tumba de Ravena (fig. 2). El resultado son ¡¡300 toneladas a 11 m de altura para salvar sólo 13 m de luz!! Esto sucedía en el año 530, mientras en Constantinopla se comenzaba a erigir ese magnífico concierto perfecto de cúpulas contrarrestadas entre sí que es Santa Sofía, con el alarde central de 31 m de diámetro.

(*) ¿Quién se acuerda de las realizaciones ingenieriles de Villanueva o Silvestre Pérez? ¿Quién recuerda que Echegaray fue consultor en el proyecto del puente de Brooklyn? ¿Se ha preocupado alguien en pensar por qué los técnicos conceden tanta importancia al antiestético mercado de Algeciras, al puente de Maracaibo o a la presa de Aldeadávila?

El problema de los empujes, que en Santa Sofía se resuelve mediante bóvedas normales a los mismos, en el panteón romano (con sus 50 m de diámetro ha sido el mayor espacio abovedado hasta los tiempos actuales) se elimina dando rigidez a los muros de contorno que se aligeran con capillas incluidas en ellos. Formando, en definitiva, una lámina plegada de mayor rigidez que el simple cilindro vertical (fig. 3).

Teniendo en cuenta que el Panteón es del año 120 y Santa Sofía del 530, admira pensar que hasta 1416 no construye Brunelleschi su famosa cúpula de Florencia, con 42 m, que abre la arquitectura renacentista. Admira mucho más si recordamos la oposición de toda la ciudad a su erección, oposición que obligó al autor a realizar uno de los primeros «ensayos en modelo» de que se tiene noticia.

Además, Brunelleschi desarrolla su bóveda en dos capas rigidizadas entre sí mediante tabiques (algo parecido a la solución para la enorme bóveda del C.N.I.T. de París con sus 200 m de lado), con lo que consigue una estructura muy ligera (fig. 4) frente a los tipos románicos o renacentistas posteriores. Simultáneamente, el trabajo por círculos sin cimbra arrastraba la imposibilidad de error en el montaje y, por tanto, exigía un estudio secuencial de tensiones.

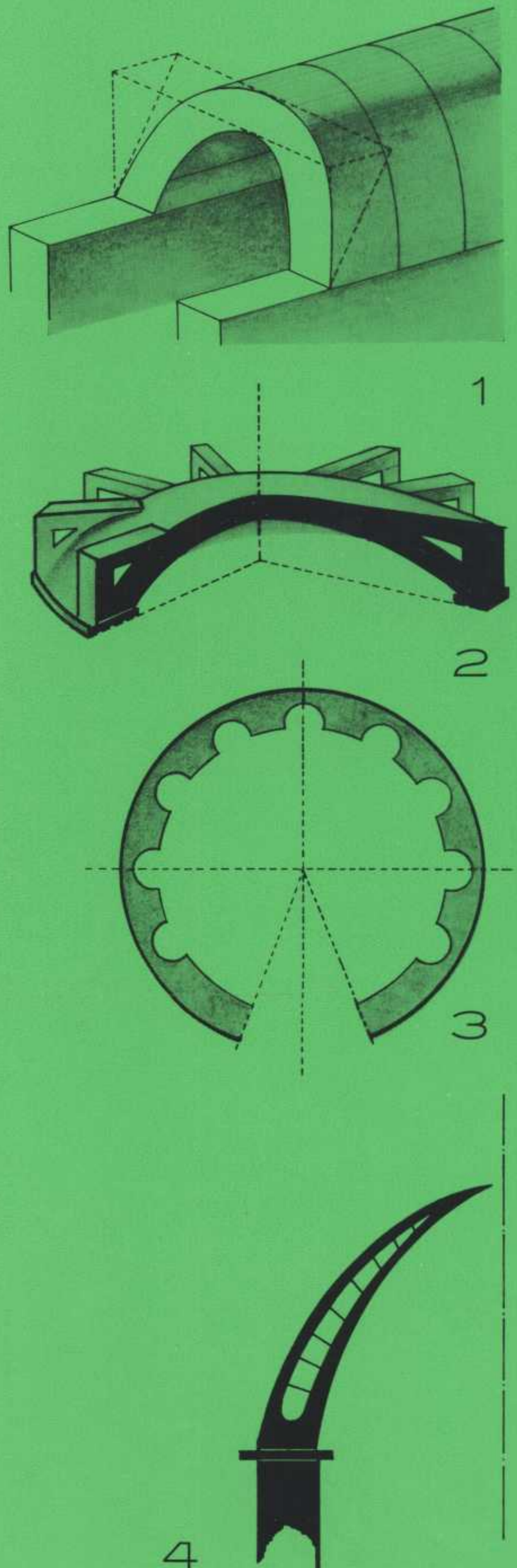
Con el peralte de la cúpula eliminó además las tracciones, mientras que en la posterior del Vaticano hubo que recurrir a armar los sillares (*).

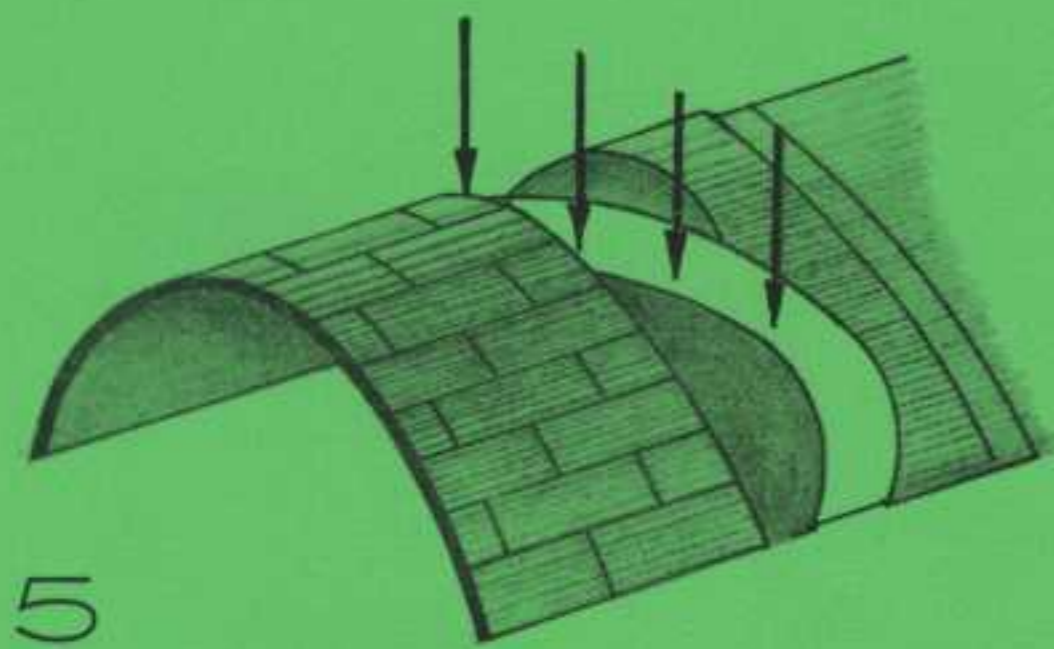
Hemos pasado directamente de Roma a Brunelleschi, y el escalón siguiente sería de Brunelleschi a las cúpulas Zeiss o a Torroja con su mercado de Algeciras; pero antes volveremos atrás, pues entre Roma y el Renacimiento existen soluciones mecánicas interesantísimas, aunque algunas fueron poco desarrolladas.

Es curioso que España, país de volúmenes rotundos en arquitectura, contribuya a iniciar algunos tipos ligeros que, desaparecidos bajo la avalancha gótica, han sido reutilizados en la actualidad con la aparición de los nuevos materiales.

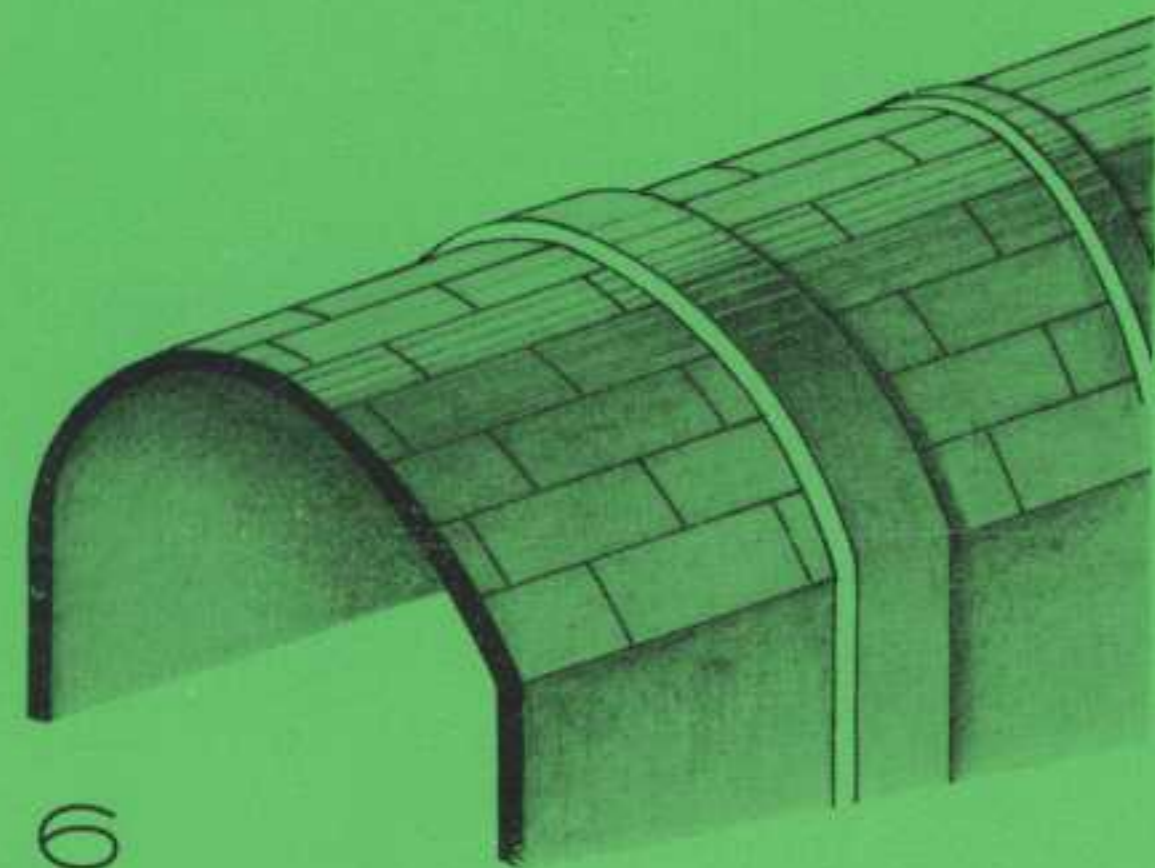
Nos referimos concretamente a las soluciones ramirenses y califales. La bóveda continua sobre muros corridos podría considerarse como una serie de arcos vecinos, si entre ellos no existiese una trabazón; en cuanto se colocan elementos que los empalman (fig. 5), los arcos descargados tomarán parte del trabajo de los adyacentes cargados y aquella visión simplista debe ser descartada. Las ventajas de la ligazón entre arcos se acusan especialmente cuando se procede a reforzar la bóveda con arcos perpiaños o fajones (fig. 6) que, aparte de cortar la mono-

(*) Con las averías en la cúpula del Vaticano se presentó por primera vez el dilema entre los estudios teóricos y las soluciones del constructor «práctico». La reparación constituyó el canto del cisne de estos últimos (7).

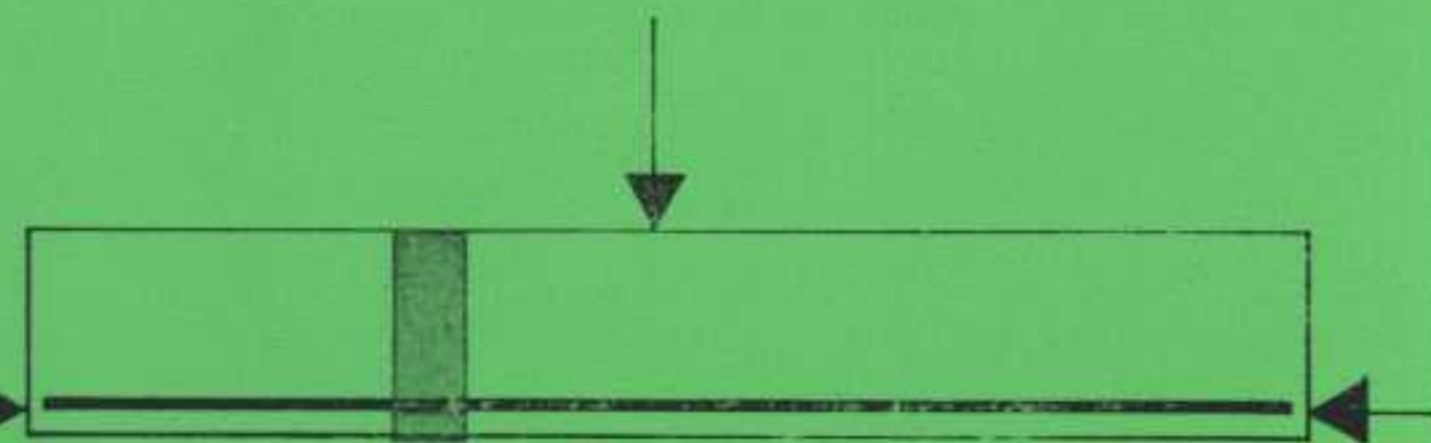




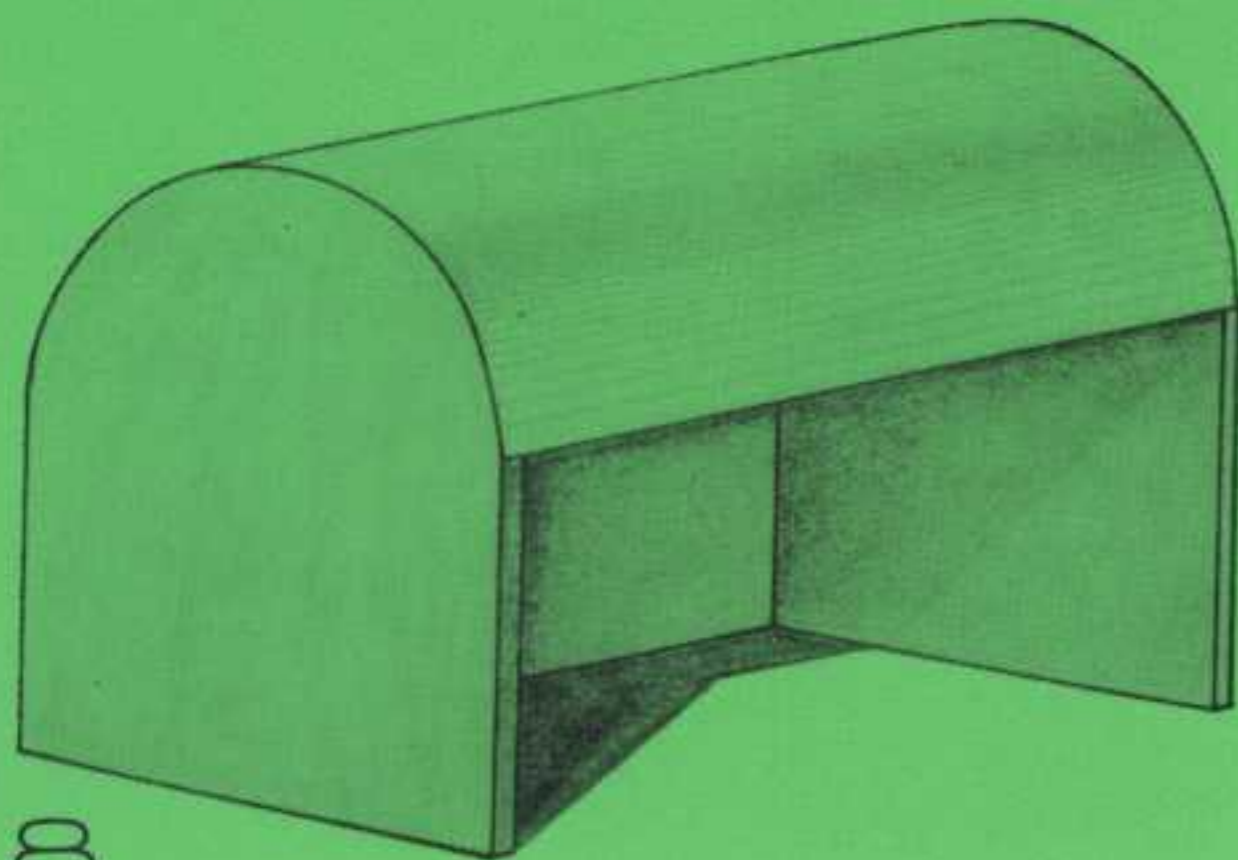
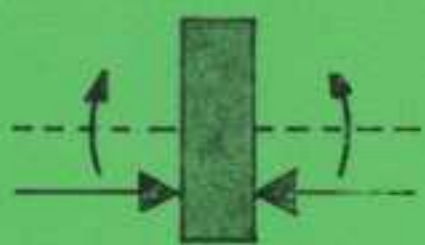
5



6



7



8

tonía del cañón, favorecen la resistencia del conjunto a través de la rigidez longitudinal de las generatrices y concentran los empujes en sus arranques donde son equilibrados por contrafuertes.

Esta organización típica del ramirensé, con su flujo de esfuerzos por líneas en lugar de por superficies, prelude el gótico en el año 800, pero es aniquilada por el románico cluniacense y no renacerá hasta las bóvedas laminares.

Paralelamente, en Córdoba, con la ampliación de la mezquita por Alhaken (aprox. año 900) se desarrolla el tipo de bóveda sostenida por arcos que se cruzan dejando un espacio en el centro. El mirahb y la macsura presentan ejemplos magníficos que luego se repiten, v.gr.: en el Cristo de la Luz de Toledo. Pero el afán decorativista de los árabes acaba anulando esta fecunda anticipación que sólo renacerá con Guarino Guarini en San Lorenzo, de Turín (año 1700), y en las soluciones actuales de Nervi a base del «ferrocemento».

Por otro camino el gótico encuentra la bóveda por arista y se impone en Europa. Desde luego es difícil saber cuál es el estado tensional de una bóveda por arista (8). Lo que se puede asegurar es que no se trata de bóvedas cargando sobre los arcos de las aristas, como lo demostró el ábside de la catedral de Avila, cuando su plentería permaneció a pesar de haberse hundido los arcos. Con la bóveda por arista se llevan los empujes a puntos aislados, y el muro puede quedar perforado para dar paso a la luz.

Queda así estructurado el gótico y la primera arquitectura monumental en hormigón armado.

La situación actual

El estado actual se manifiesta como prolongación de las tres tendencias históricas que hemos apuntado, en las que se insertan soluciones particulares cuyo funcionamiento estructural es, a veces, distinto del que tenía la fórmula tradicional.

Un ejemplo claro lo constituyen las piezas rectas pretensadas que, con ser adinteladas, funcionan como arcos gracias a los esfuerzos iniciales introducidos (fig. 7), o las bóvedas laminares de cañón, apoyadas en los tímpanos extremos con los bordes longitudinales libres (figura 8), que funcionan como vigas.

El desarrollo de los nuevos tipos ha sido ocasionado:

- a) Por el uso de nuevos materiales (hormigón armado, etc.).
- b) Por mejoras tecnológicas introducidas en otros ya conocidos (aceros especiales, soldadura, tornillos pretensados, etc.).

- c) Por una mecanización del cálculo, que ha permitido avanzar en el estudio de los problemas estructurales estáticos.
- d) En definitiva; por el desarrollo de los medios de información, que ha llevado los nuevos tipos a todas las oficinas de proyectos y ha permitido su discusión y estudio a nivel mundial.

En el cuadro adjunto desarrollamos un esquema de lo que podría ser el panorama actual del tema. Observamos que han recibido un gran impulso las estructuras velarias debido a la aparición de los cables de acero de gran calidad, y de la puesta a punto de los sistemas de pretensado.

En el momento actual se puede decir que no existe límite para la fantasía del proyectista, y que cualquier solución sólo estará condicionada por el presupuesto económico que limite la obra.

Esquema de la situación en el campo de la cobertura

Estructura adintelada

Rama histórica	{	Egipto Grecia Roma Bárbaros	Pequeñas luces
Phylum actual	{	Estructuras metálicas (pórtico, cercha, naves industriales) Pretensado (puente de Luzancy, basílica de Lourdes) Prefabricación (metabolistas japoneses, «huesos» de Fisac) Estructuras espaciales estéreas (Makowsky) Estructuras plegables (Pérez Piñero)	

Estructura abovedada

Rama histórica	{	Superficial	{	Caldeos Etruscos Romanos Románico Renacimiento	luces de todo tipo
		Lineal	{	Islámico Ramirenses Gótico	
Phylum actual	{	Superficial	{	Simetría central (Algeciras, Barcelona, Royan) Simetría axil (Recoletos, puentes arco-tablero) Forma libre (Táchira, Méjico)	
			Lineal	{	Simetría central (Palazzetto Roma, «domos» de Fuller) Simetría axil (hangares de Nervi)
		Estructuras hinchables, móviles, etc.			

Estructura velaria

Rama histórica	{	Griegos Romanos	grandes luces
Phylum actual	{	Simetría central (Montevideo, Bruselas) Simetría axil (Yale, Raleigh, Tokio) Forma libre (Tokio, Munich)	

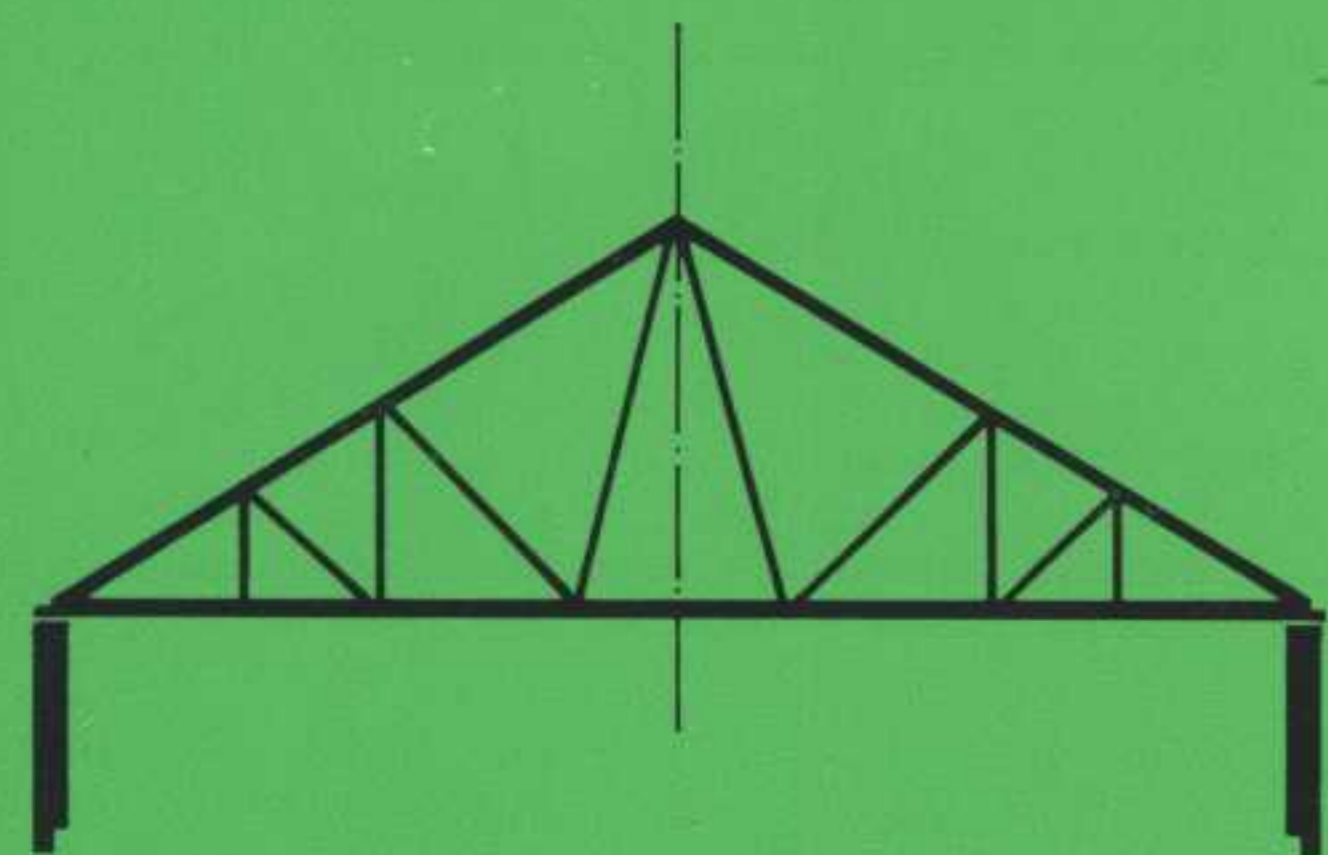
Consideraciones estructurales y estéticas respecto a los tipos actuales

La estructura adintelada presenta desarrollos paralelos en acero y hormigón.

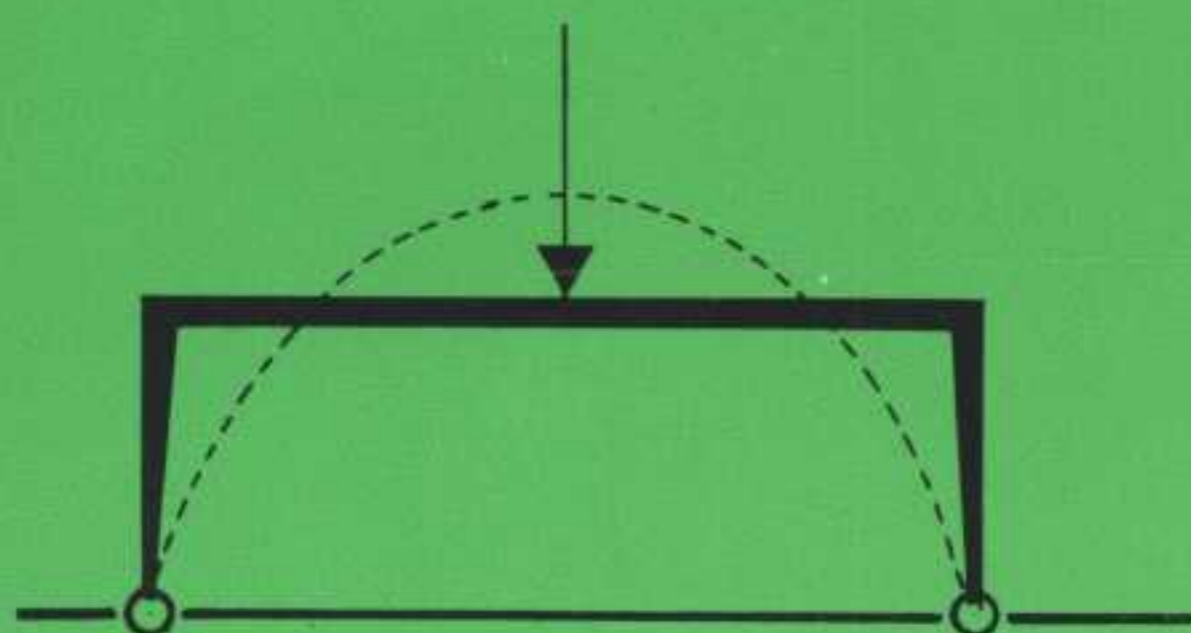
Las exigencias de grandes cantos capaces de absorber los esfuerzos en la viga apoyada llevó a la solución clásica de cercha (fig. 9) para las naves industriales regidas por un concepto puramente económico; ahora bien, existen factores que, como la claridad del plexo tensional, pueden condicionar la solución. La cercha, con sus infinitas variaciones sobre los perfiles ligeros, «lleva, en efecto, a un máximo de economía, pero el fallo de una de sus débiles partes puede ocasionar el hundimiento del conjunto. Frente a esto, el pórtico consigue el levantamiento de las cargas por un efecto análogo al del arco (figura 10), y con una claridad infinitamente mayor en el desarrollo de sus líneas de fuerza» (8). Esta ventaja y otras de tipo estético, de facilidad de limpieza, etc., son las que han influido en el actual predominio del sistema.

El tipo de material en estas luces ya no es definitivamente metálico, sino que el invento del pretensado ha permitido aplicar económicamente el hormigón a luces antes prohibitivas.

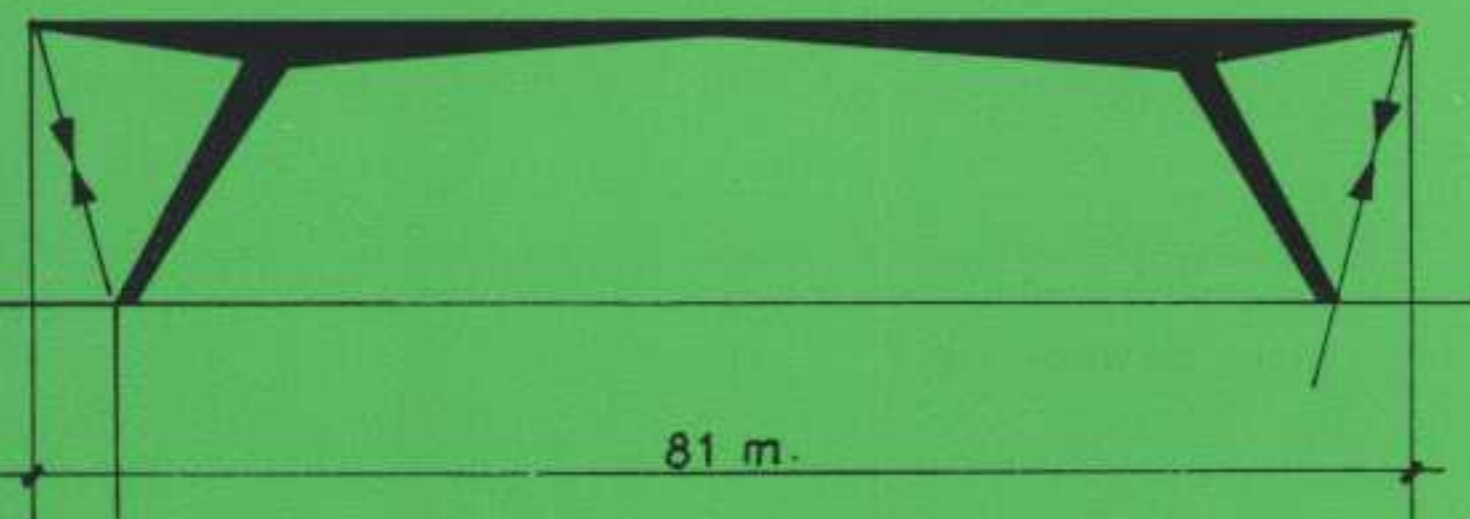
La combinación adecuada de dinteles con tramos compensados o con células triangulares, permite ampliar el campo de las estructuras de cobertura en un sentido similar a la evolución experimentada por la construcción de puentes. Un ejemplo típico lo constituye la obra de Freyssinet para la basílica de Lourdes (figura 11), con una luz máxima de 81 m, en que la aplicación del pretensado al tirante de compensación ha permitido la cobertura de un espacio excepcional. Las posibilidades de prefabricar los elementos de hormigón que luego se enhebran con cables de pretensado, marca también la tónica mundial en las grandes cubiertas económicas. En España tenemos excelentes ejemplos del tema, de los que el más conocido son los «huesos» diseñados por Fisac (fig. 12). Las posibilidades plásticas del material han servido para crear auténticas obras maestras en una arquitectura como la japonesa, que estaba moldeada en tipos anacrónicos y se ha incorporado en toda su pujanza al concierto mundial (fig. 13). Hasta ahora hemos hablado de elementos lineales. Sin embargo, la mejora en las calidades del acero y la posibilidad de trabajar con elementos tubulares han permitido desarrollar la estructura plana espacial, capaz de salvar grandes luces. El problema del cálculo se resuelve mediante computadores o por la introducción de una supuesta lámina continua equivalente al emparrillado real. Ejemplos abundantes existen, construidos por hombres prestigiosos como Makowsky, Fuller, etc. En España es interesante anotar la presencia de Pérez Piñero que, además, intenta la estructura plegable en módulos que al llegar a la obra recobran su



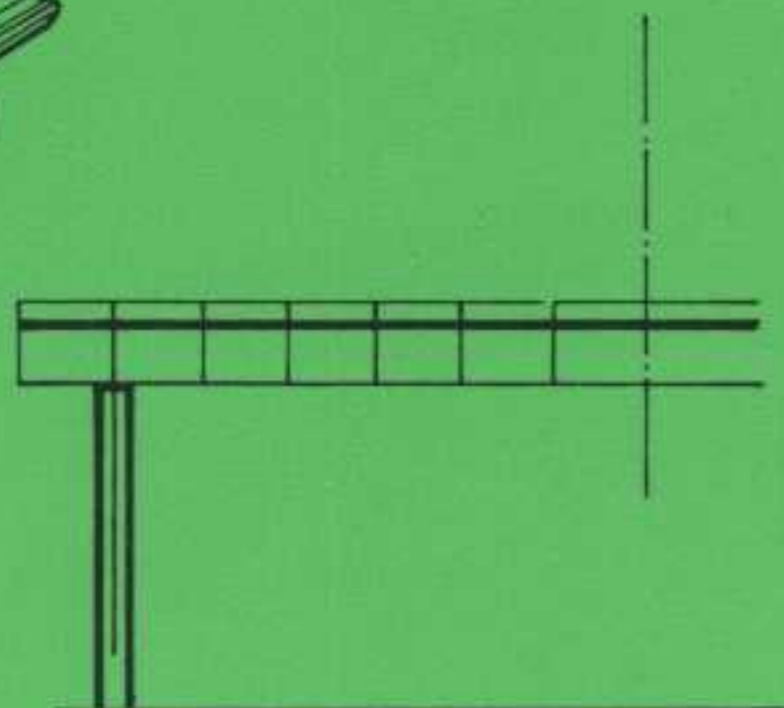
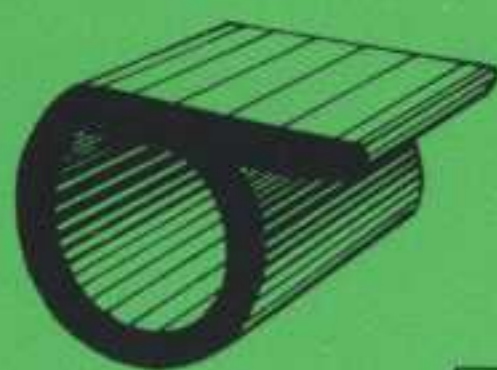
9



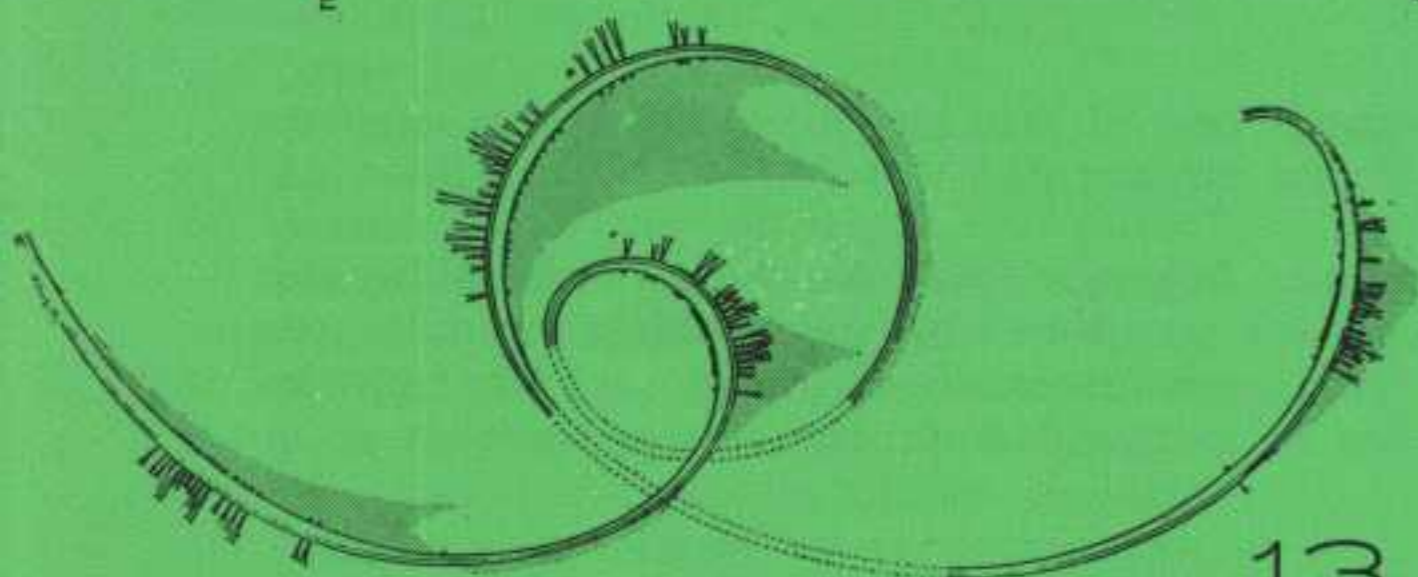
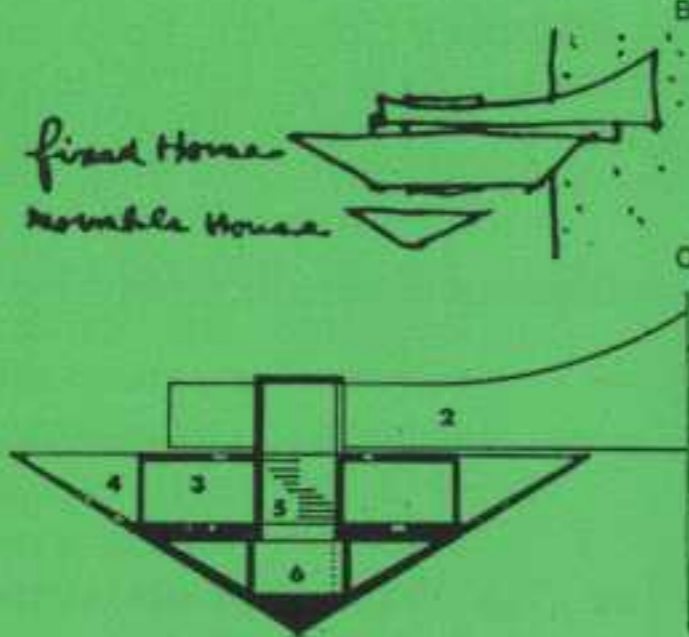
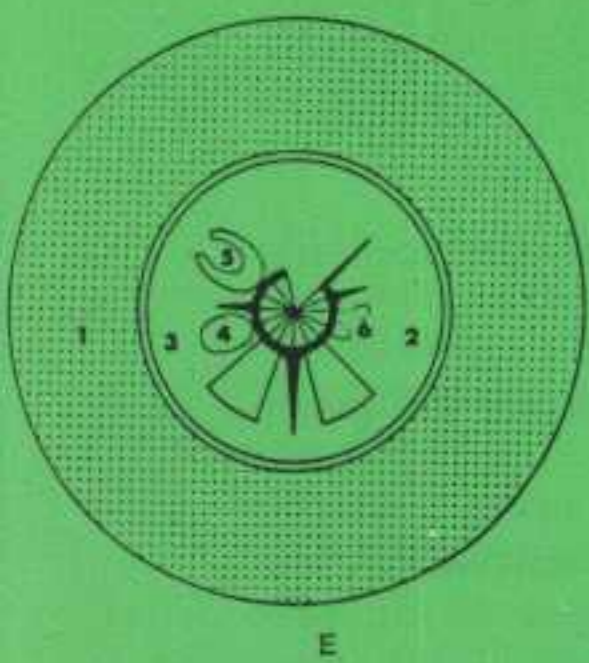
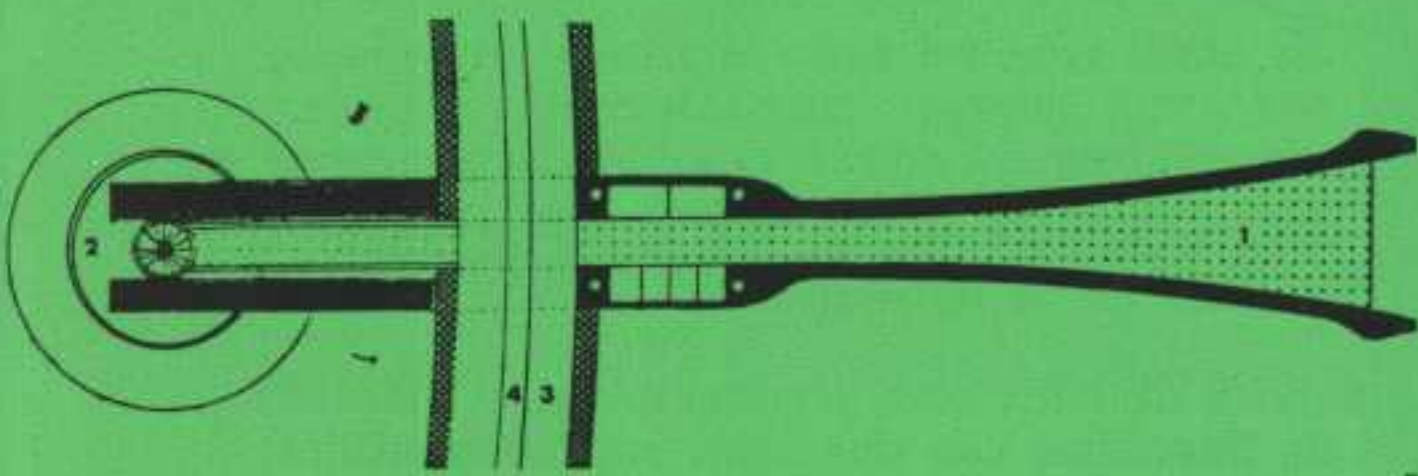
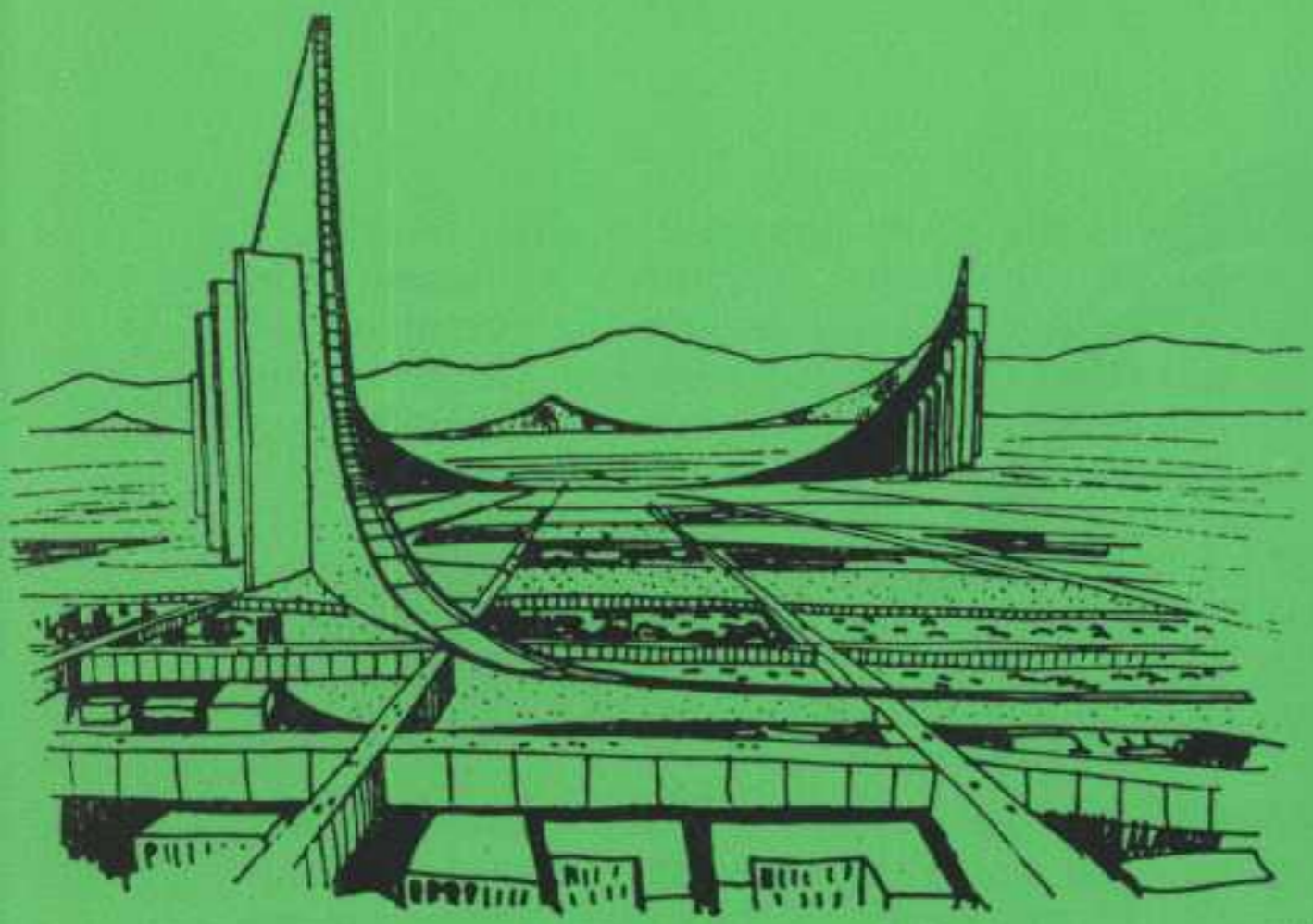
10



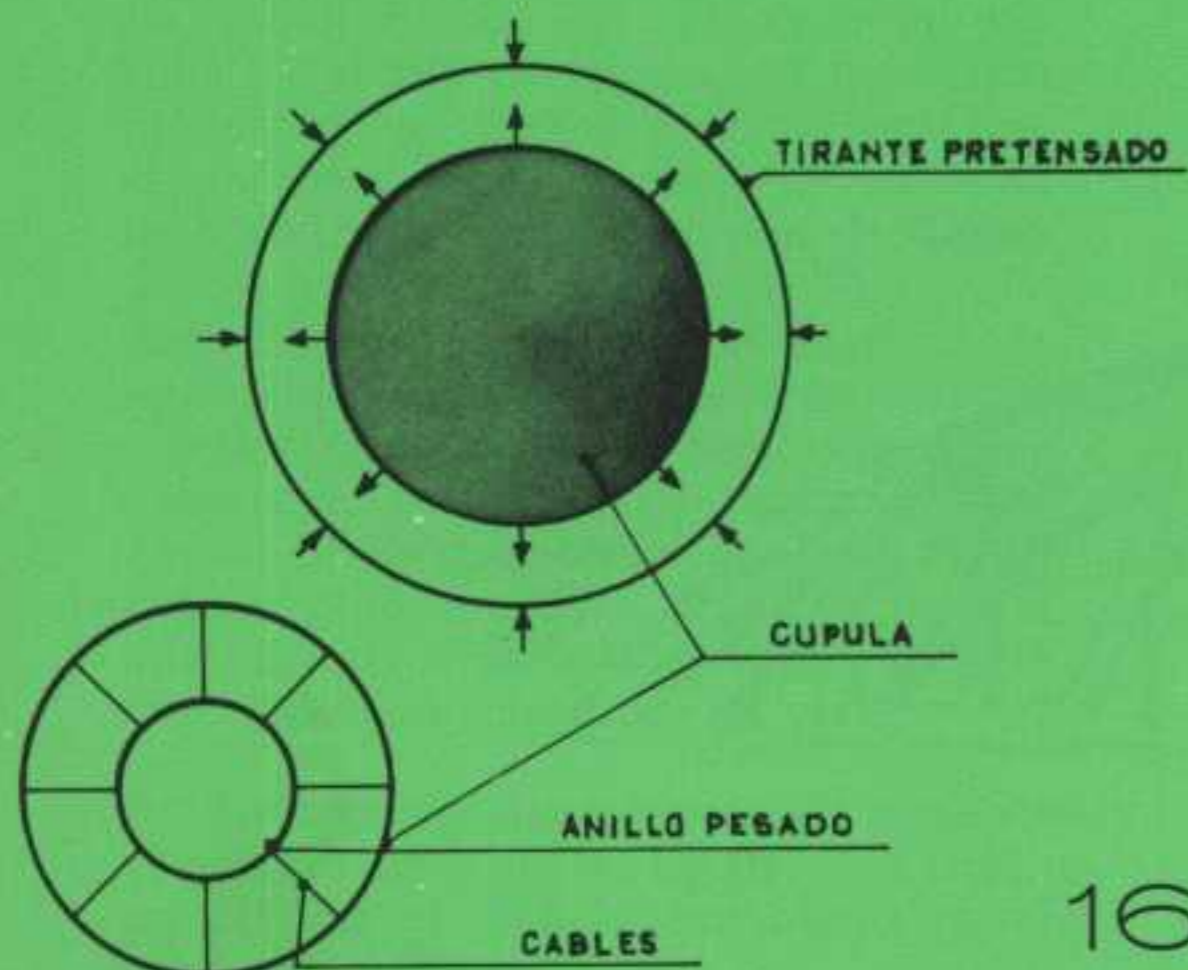
11



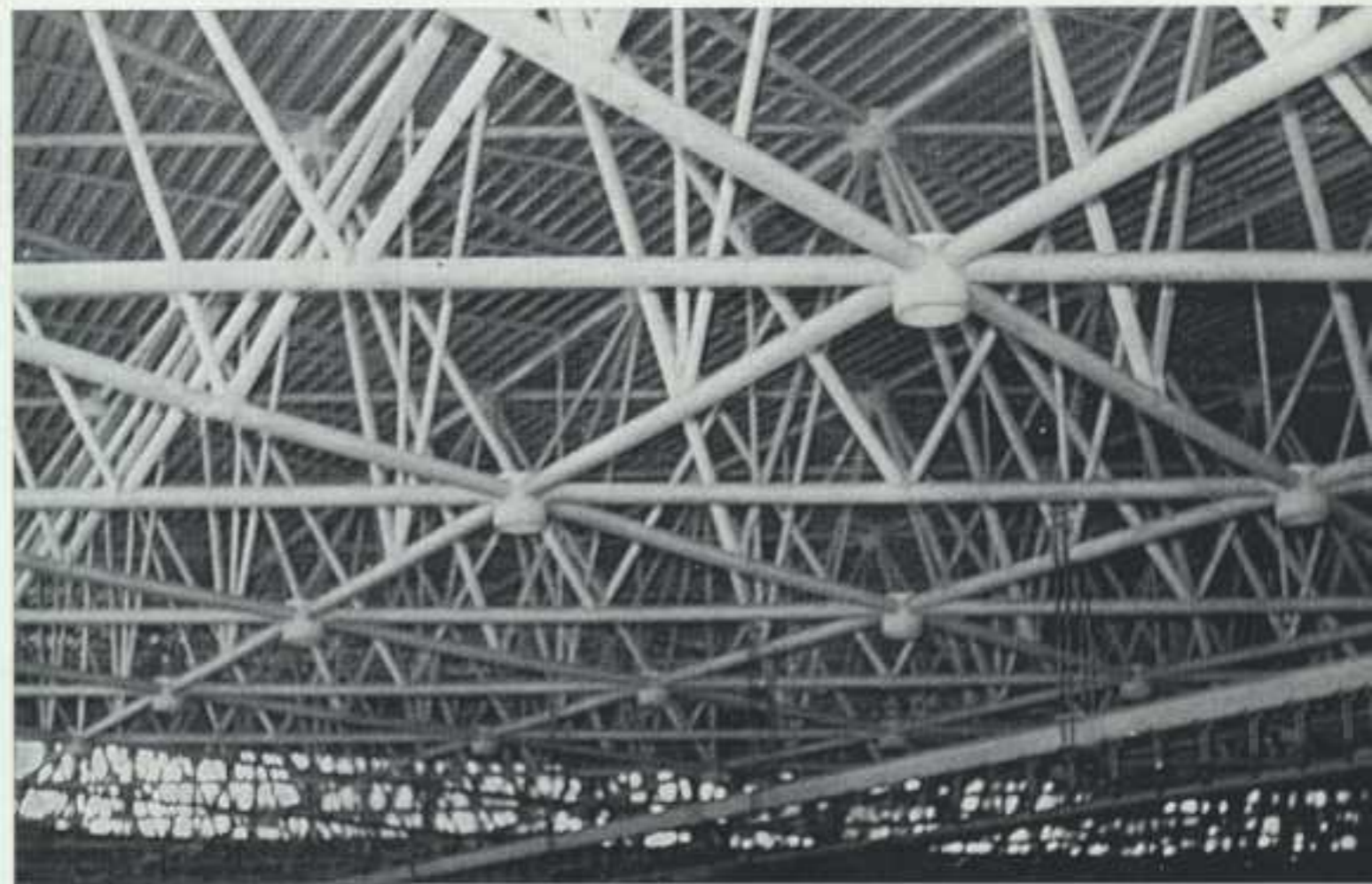
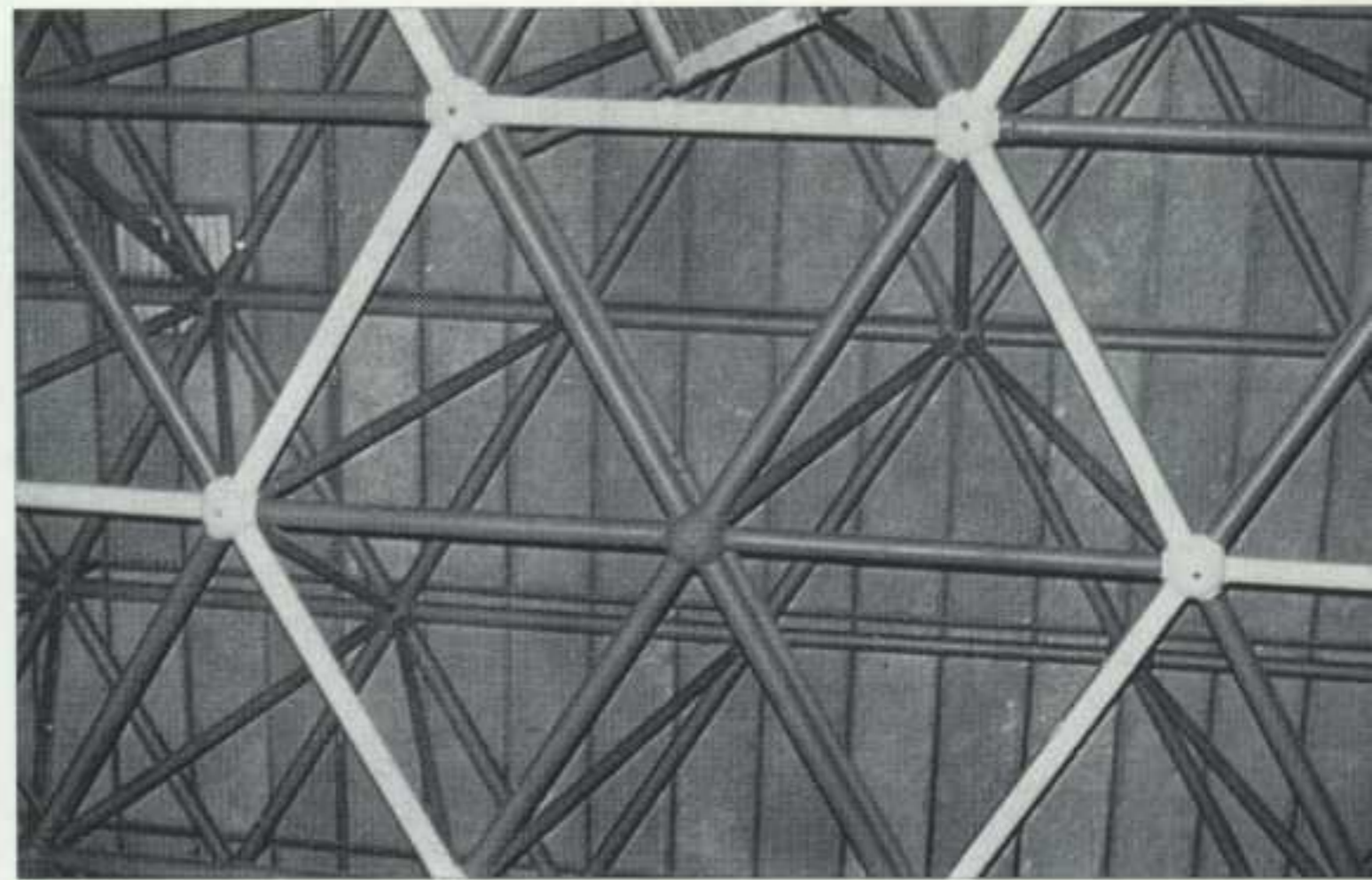
12



13



16



15

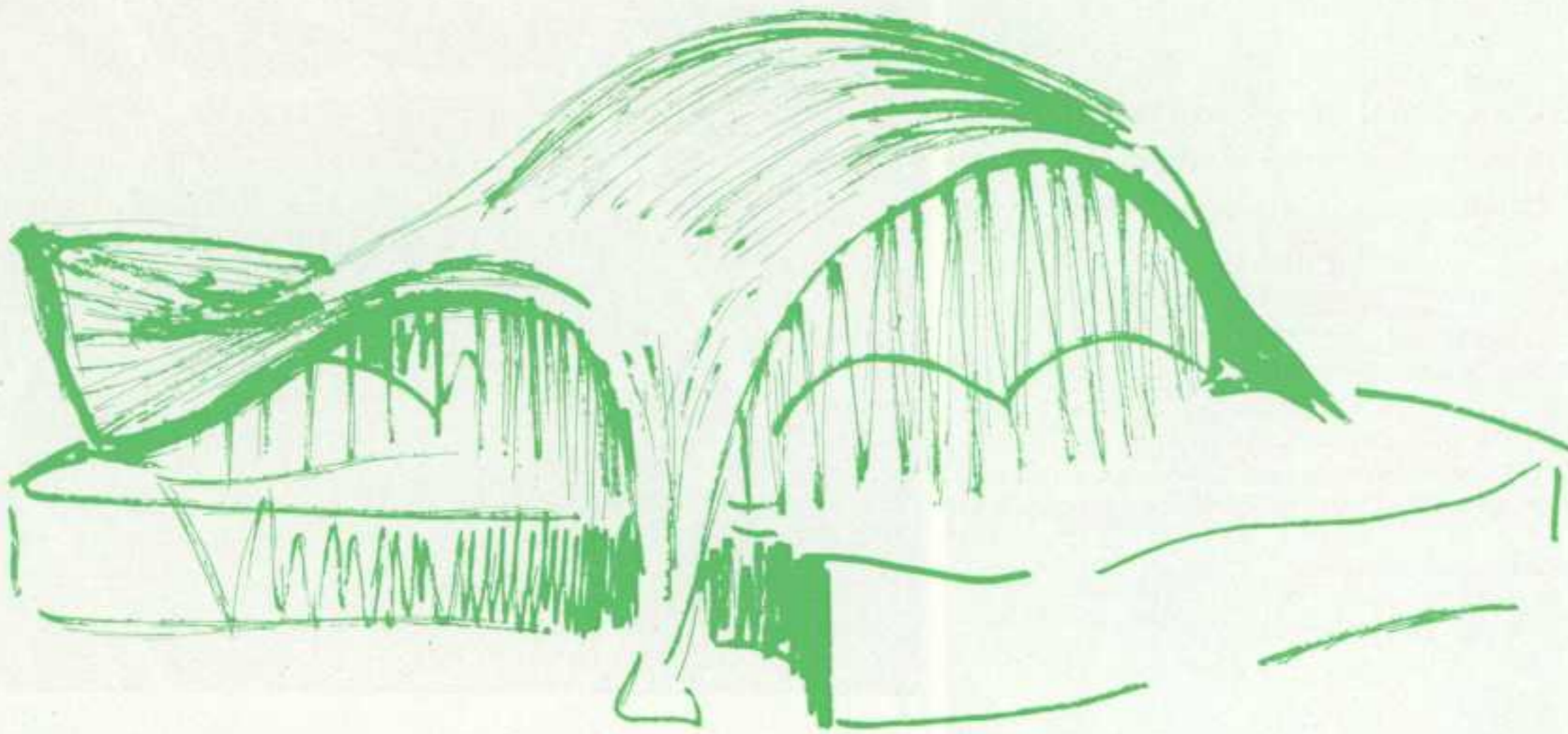
tamaño real. Una realización típica se pudo contemplar en la exposición «25 años de paz» realizada en la lonja de los Nuevos Ministerios.

Las dificultades fundamentales radican en las uniones —aunque ya existen numerosas soluciones— y en la rigidez del conjunto que impide obtener resultados estéticos definitivos.

Las cualidades plásticas del tipo adintelado son, indudablemente, debidas a la claridad de su funcionamiento. Por otro lado, su adaptabilidad al gusto de los estilos racionalista y purista ha permitido conocer el impresionante desarrollo de los últimos tiempos.

Sin embargo, no es posible predecir un resultado estético tomando como base un tipo estructural mecánico. En este aspecto es aleccionador el ejemplo del Gimnasio Maravillas, en que Alejandro de la Sota ha conseguido un interesantísimo efecto estético con una estructura clásica y poco espectacular; demostrando, una vez más, la necesidad de prescindir del tópico y que la belleza trascendente aparece en el trabajo alejado del alarde parlero y publicitario.

Respecto a las soluciones abovedadas, la causa principal del impulso sufrido en la primera mitad del siglo XX hay que buscarla en la posi-



17

bilidad de disponer de un material formáceo, como el hormigón, capaz de resistir los esfuerzos análogamente a como lo hacen las membranas o cáscaras que encontramos en la naturaleza.

Ya dijimos que la evolución Panteón-Santa Sofía-Nuestra Señora de las Flores terminaba en el mercado de Algeciras y se continuaba en el Palacio de Exposiciones de Barcelona con dos soluciones magistrales: postesado circunferencial y central para la absorción de los empujes (fig. 16). Pero éstos son los isótopos finales, pues al reducir el peso propio la forma óptima de trabajo deja de ser la de revolución; en efecto, solicitaciones como el caldeo solar, la retracción, la humedad de lluvia y nieve, los esfuerzos sísmicos o dinámicos, no tienen por qué ser simétricos.

Se llega así a soluciones completamente libres sólo analizables mediante modelo o a combinaciones complicadas de elementos simples (paraboloides de Candela).

Existe, además, la posibilidad de hacer trabajar conjuntamente elementos superficiales, como en los puentes arco-tablero de Maillart.

Pero si la cúpula acaba convirtiéndose en una superficie libre (fig. 17), la bóveda sufre un cambio de tipo estructural. Al apoyarla en tímpanos extremos el trabajo es más análogo al de una viga que al de una bóveda.

El resultado más cabal de las nuevas posibilidades se obtuvo con el frontón Recoletos, pieza maestra de la arquitectura actual, que todavía conserva el récord de luz en su tipo.

En el aspecto de resistencia concentrada en elementos lineales hay que citar las formas obtenidas por arcos cruzados como culminación del estilo de Córdoba, en las que Nervi ha conseguido maravillas con su «ferrocemento» (Olimpiada de Roma) (fig. 18) y las soluciones estéreas en acero de Buckminster Fuller, que además ha influido con su «Dimaxion world» en la mentalidad de escuelas posteriores como «Archigram».

Las estructuras laminares nos atraen por su audacia, dinamismo, gracia o esbeltez, pues se adaptan a la naturaleza que las rodea como una forma orgánica más.



18

Tienen el peligro inherente a la libertad en que dejan al proyectista para decidir su forma, y así se han llegado a construir auténticos caprichos como el Auditorio de Massachussets, que ha valido a Saarinen ostentar un récord poco envidiable: construir la lámina delgada más gruesa del mundo. Empeñado en no variar la forma, el diseñador se vio obligado a aumentar el espesor de los bordes para resistir los esfuerzos localizados, pero esto arrastraba un aumento de peso que, a su vez, ocasionaba un aumento del espesor... Finalmente se llegó a ¡90 cm! (y reforzando los extremos de apoyo).

Esa misma libertad (o virtuosismo) es el mayor enemigo de Candela, pues le inpele a la obra en que predomine el «más difícil todavía» sobre el estudio y creación reposados de espacios arquitectónico-ambientales. El mismo Torroja se dejó llevar del alarde en alguna ocasión (recuérdese el Club Táchira) y en otras (Pont de Suert) por la forma «orgánica» caprichosa, influida por sus contactos con Wright.

No podemos dejar de citar tampoco la meritoria obra de Moya, empeñado en la tarea de demostrar que las formas nuevas se pueden obtener también con materiales clásicos. Un ejemplo muy interesante es el enorme parabolode que cubre la iglesia de Nuestra Señora del Pilar en el Barrio del Niño Jesús.

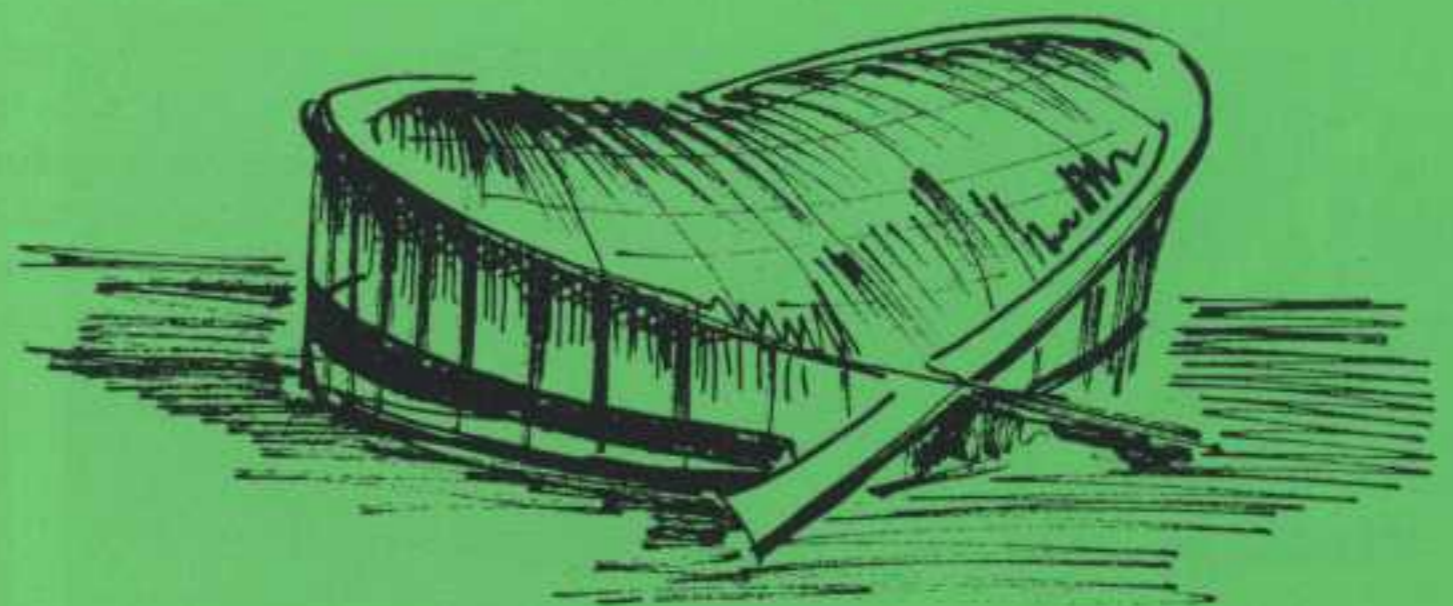
Finalmente conviene citar las soluciones de tipo hinchable, en plásticos y resinas, que en la actualidad no han sido explotadas para grandes luces. Las ventajas del sistema son de tipo económico, ya que se pueden reutilizar los moldes un gran número de veces, lo que supone un gran ahorro en encofrados y pericia de la mano de obra. Pese a todo, quizá por estar habituados a otras líneas, nos resistimos a encontrar seriedad o trascendencia en estos ejemplares, que más parecen ideas de muchachos traviesos e ingeniosos.

Si el hormigón ha posibilitado las láminas, los aceros especiales han permitido el desarrollo de las estructuras velarias.

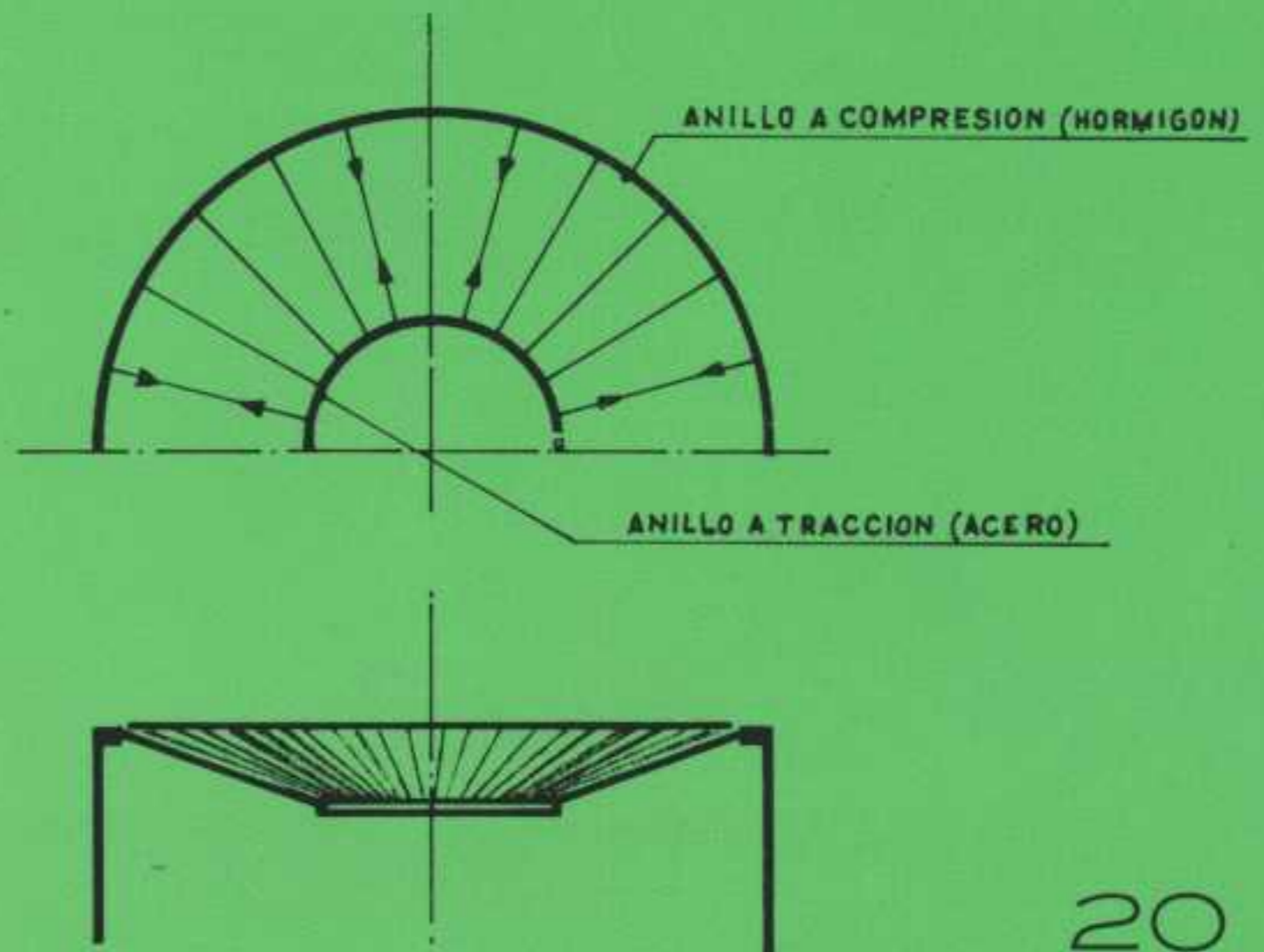
Pese a que en 1932 se construyó el techo de plancha de Albany, el arranque actual de las velarias debe buscarse en la «Arena», de Raleigh (fig. 19), que presenta todas las virtudes del tipo. Al ser los empujes inclinados, los soportes también lo son, y ello acentúa el efecto de dinamismo, mientras que el interior se funde con el paisaje en gracia a la enorme superficie acristalada. Por otro lado, la insólita curvatura del techo facilita esa sensación de seguridad y agradable estancia, características de todas las cubiertas colgantes.

La combinación del cable con la placa prefabricada de hormigón se inicia históricamente en Montevideo, donde Mondino y Viera construyen el estadio (fig. 20) con dos anillos a tracción y compresión provocadas por los cables radiales. Las dificultades de desgaste se solucionaron en cubiertas posteriores (Utica, Pabellón U.S.A. en Bruselas), añadiendo otra familia de cables de cubierta (fig. 21). Finalmente, los tipos de doble curvatura, en que unos cables son portantes y otros tensores, crean tipos, como la pista de patinaje de Yale (fig. 22) o los palacios de Kenzo Tange para la Olimpiada de Tokio (figura 23), en los que para explicar la agradable sensación que produce su interior habría que remontarse a los recuerdos del claustro materno. Las curvas de la cubierta y la planta simulan un gran conjunto orgánico que se adapta muy bien a un paisaje natural recorrido con gusto por la vista.

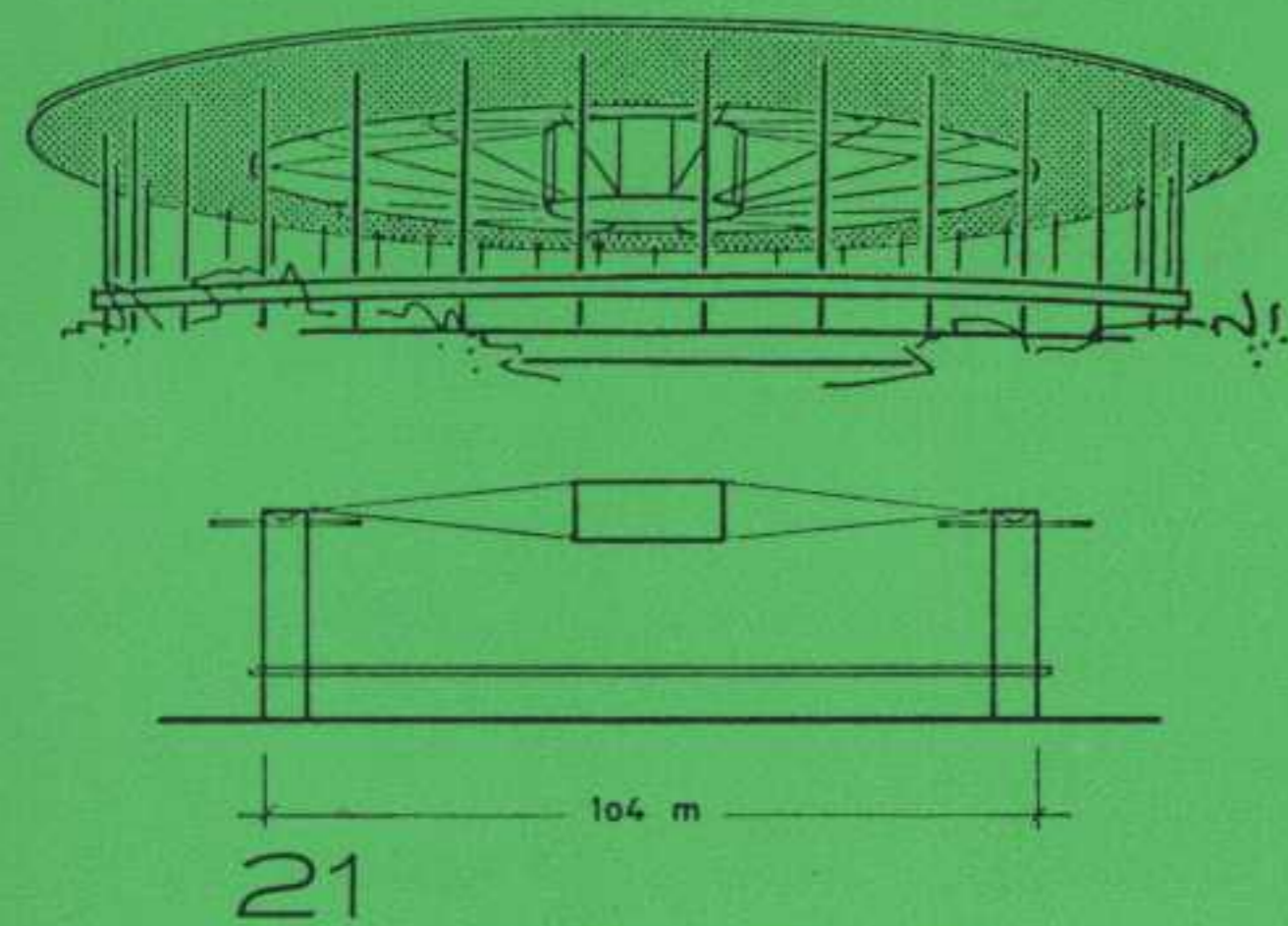
De concepción ligeramente distinta es el palacio de deportes de Bremen (figura 24), en el cual el hormigón es el



19



20



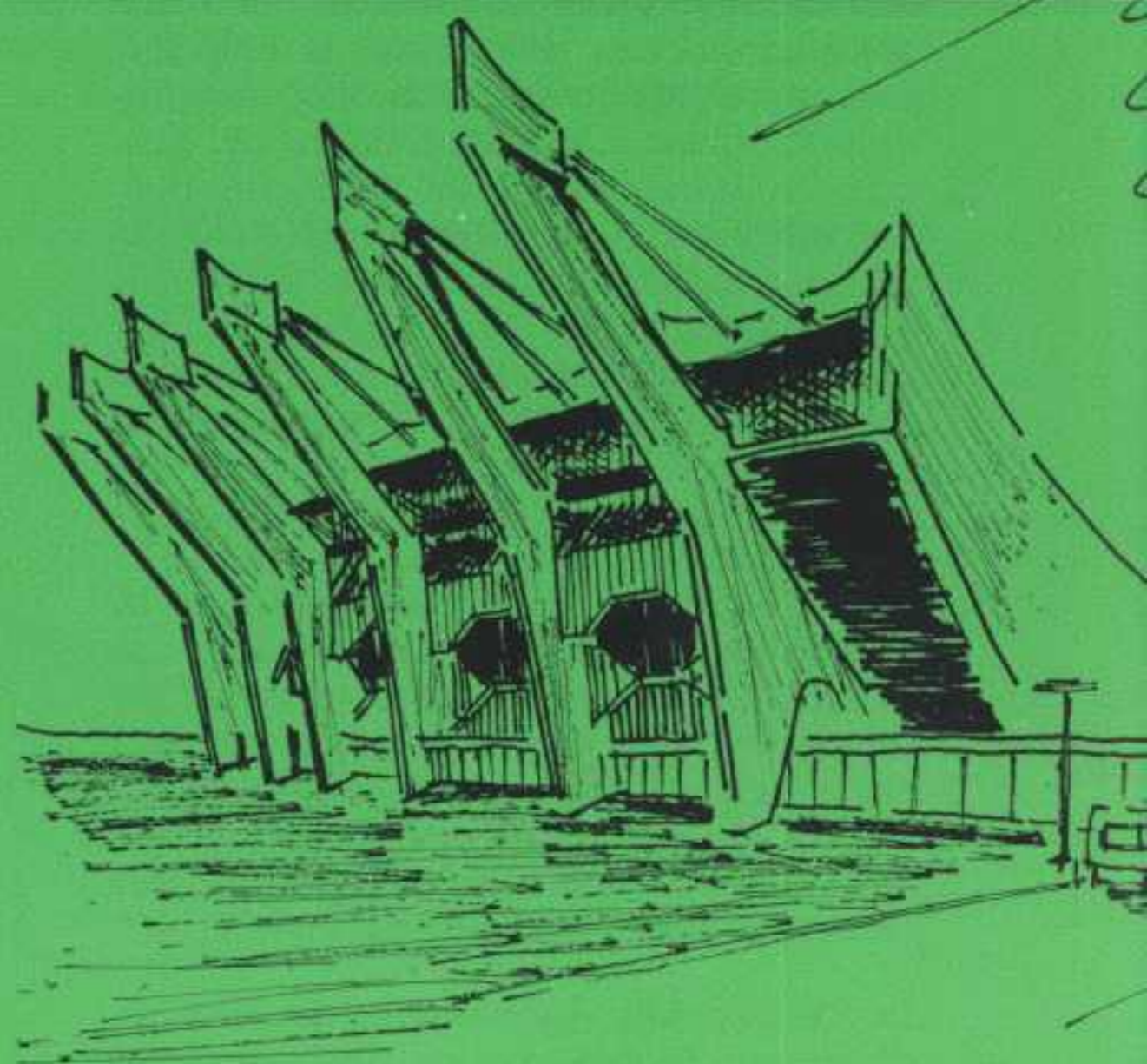
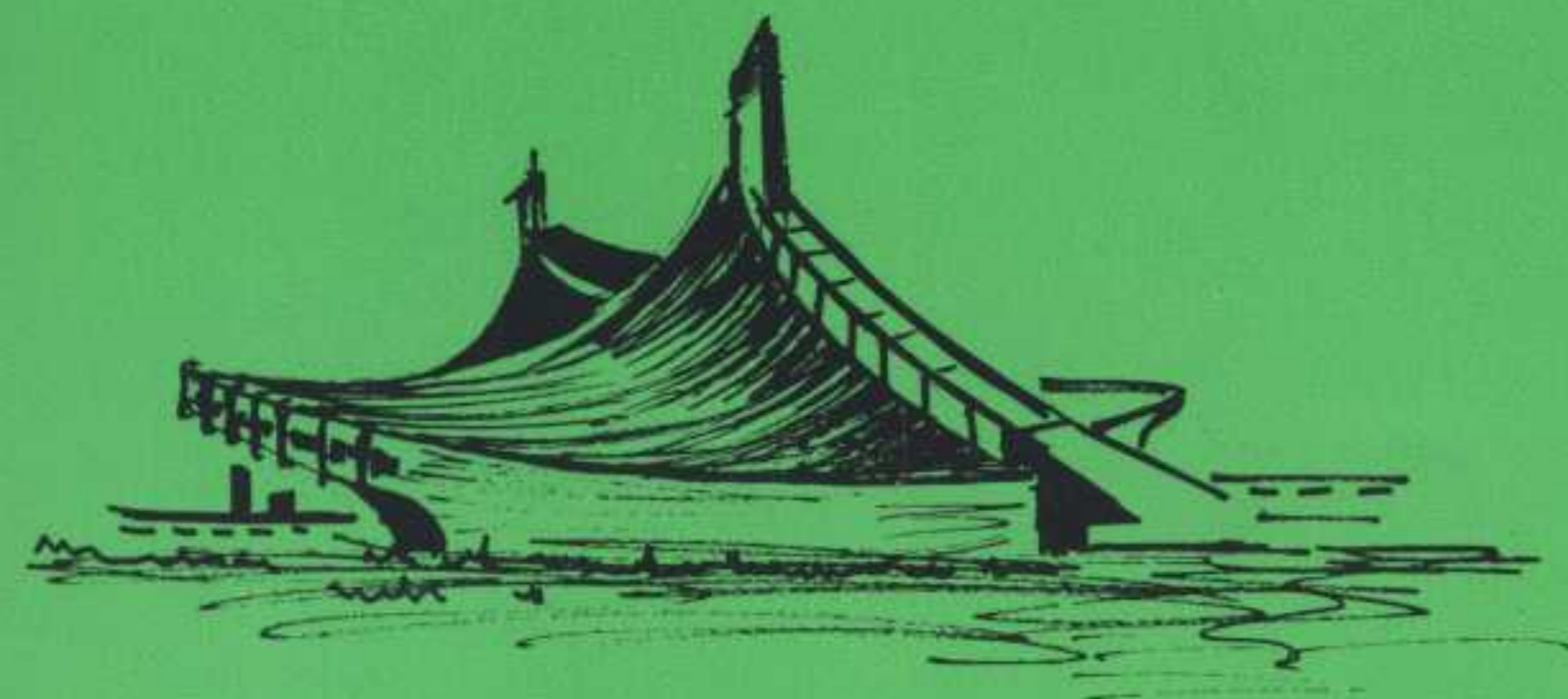
elemento preponderante. El efecto estético, claramente «brutalista», se consigue gracias a los juegos de luz y sombra que producen los apoyos, muros, entradas, etc., y que contrastan dramáticamente con la suave curvatura de la cubierta. Siguiendo su impulso la vista se remonta hacia el paisaje exterior y el cielo, a través de las cristalerías de cerramiento.

En España existen algunas realizaciones interesantes, de las cuales la más temprana fue el Pabellón del I.N.I. en la Feria del Campo. Entre los cables portantes se colocaban mallas de alambre que soportaban un hormigón vertido posteriormente. La malla se curvaba hacia el interior por el peso del hormigón (figura 25), obteniéndose así una forma bulbosa de gran efecto, aunque el exterior no es afortunado.

El mismo autor, profesor Fernández Casado, ha proyectado la cubierta del Picadero del Club de Campo, que se encuentra en contacto con la solución de Bremen (fig. 26). El broche de cierre es la cubierta proyectada por Otto Frei para la Olimpiada de Munich, en forma de gigantescas tiendas que parecen reproducir las formas de las montañas circundantes, y en un camino paralelo, el «spahn-band», de Finterswalder (fig. 27), que ha presentado a algunos concursos internacionales el auténtico puente colgante (el clásico es «colgado»), con el tablero pretensado por los propios cables portantes.

Bibliografía citada

- (1) Giedion: «Espacio, tiempo y arquitectura». HOEPLI.
- (2) «Summa Artis». Tomo XIII.
- (3) Colin Faber-Candela: «The shell builder». Reinhold Pub.
- (4) Candela: Conferencia pronunciada en la E.T.S. de Caminos. Diciembre 1969.
- (5) Frei, Otto: «Cubiertas colgantes». Labor.
- (6) Eduard Moritz: «Das antike theater und die modernen refombestrebungen in theaterbau». Stuttgart 1908.
- (7) Straub: «A history of civil engineering». Leonard Hill & Sons.
- (8) Torroja: «Razón y ser de los tipos estructurales». I.E.T.c.c.



23

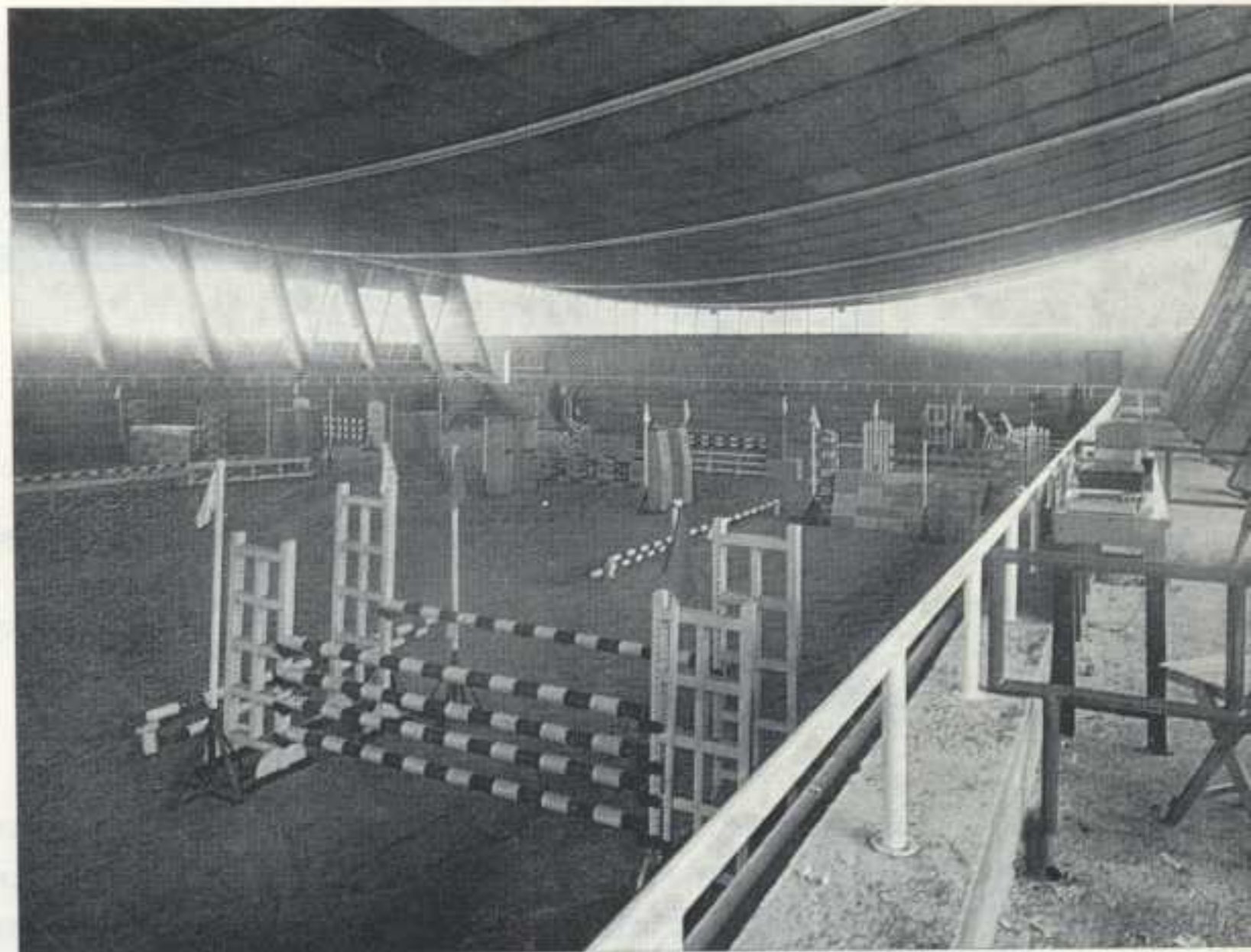
24

Bibliografía recomendada

Sobre el juego de fuerzas explicado de forma intuitiva existen algunas valiosas obras, aparte de la (8) citada. Es muy manejable el de Zuk: «Concepts in structure», publicado por Reinhold Pub., y el de Mario Salvadori: «Estructura y arquitectura», del que ya existe traducción al español. Con gran facilidad se leen «Estructura y forma», de Curt Siegel (Ed. Cecsá) y «Les structures en voiles et coques», de Jurgen Jöedicke (Ed. Vincent Freal), que servirán para entusiasmarse con el tema. Al mismo tipo pertenece la obra de Makowsky: «Construcciones espaciales en acero», de la Ed. Gustavo Gili, mientras que «The dimaxion world», de Buckminster Fuller, intenta establecer un estructuralismo no sólo mecánico, aunque en cierto modo caprichoso.



25



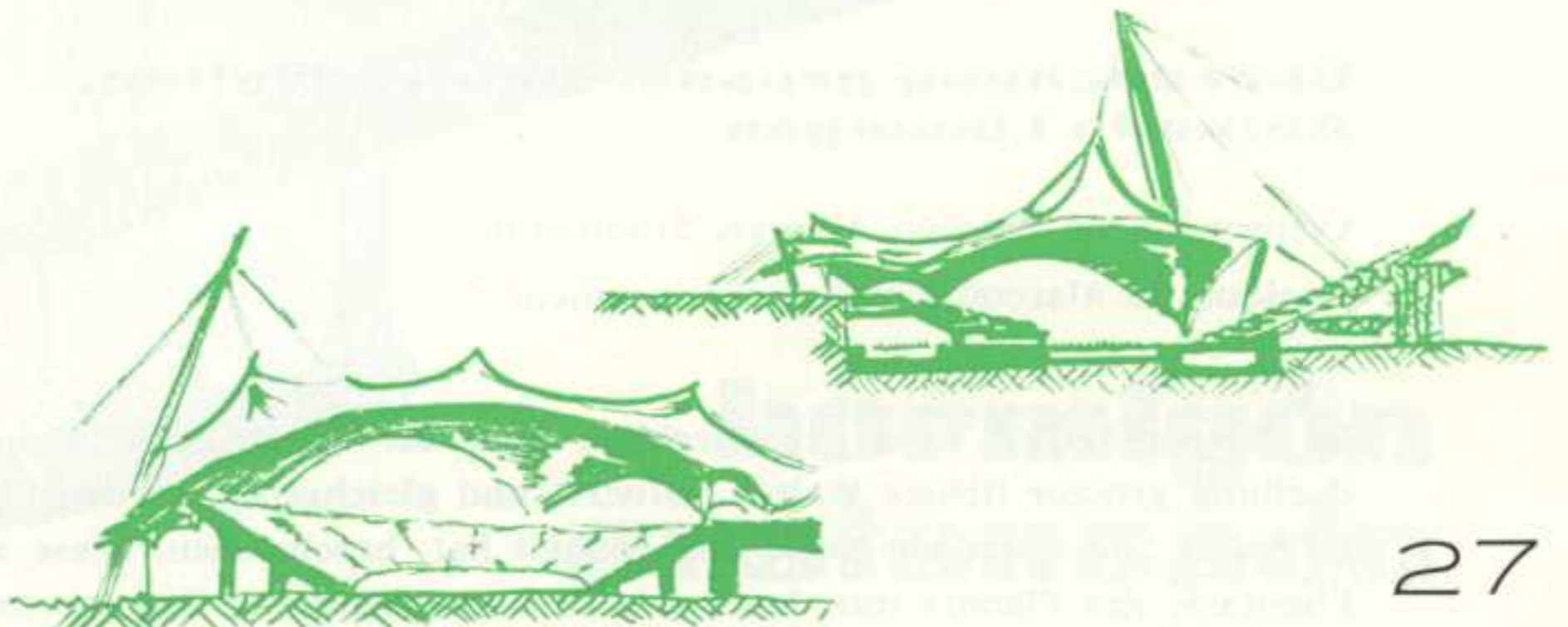
Fotos: JIMENEZ

Un poco más elevados en el aspecto de cálculo son la (5) y «Cubiertas colgantes», de Jawerth (I.E.T.c.c.), y desde luego «Hanging roofs», escrito por Esquilan y otros.

Como información fotográfica se puede consultar «Twentieth Century Engineering», del Museo de Arte Moderno de Nueva York, o el catálogo de la exposición del mismo nombre realizada a primeros de año en Madrid por el Ministerio de Educación.



26



27

Les couvertures de grande portée. Solutions actuelles

Concepción de Alarcón Alvarez, licenciée en Philosophie et Lettres

Enrique de Alarcón Alvarez, ingénieur des Ponts et Chaussées

Dans cet article, les auteurs exposent dans les grandes lignes les problèmes que pose la couverture des grandes portées et les diverses solutions adoptées jusqu'à nos jours, et l'on peut dire que la fantaisie du projeteur n'est plus limitée que par le conditionnement du devis de l'ouvrage.

Large span roofs: current designs

Concepción de Alarcón Alvarez, graduate in philosophy and letters

Enrique de Alarcón Alvarez, civil engineer

This article deals generally with the problems connected with the construction of large span roofs, and also with the various types of designs that are currently in practice. It may be said that at present the only limitation to these designs is the imagination of the designer and the financial restrictions imposed on him.

Überdachung grosser lichter Weiten. Aktuelle Lösungen

Concepción de Alarcón Alvarez, Studienrat

Enrique de Alarcón Alvarez, Bauingenieur

In diesem Artikel wird ein Überblick über die Probleme gegeben, die die Überdachung grosser lichter Weiten aufwirft und gleichzeitig werden die verschiedenen Lösungen, die man bis heute angewendet hat, beschrieben. Diese zeigen, dass der Phantasie des Planers nur durch des Kostenvoranschlag Grenzen gesetzt sind.