

# ESTRUCTURAS ESPACIALES

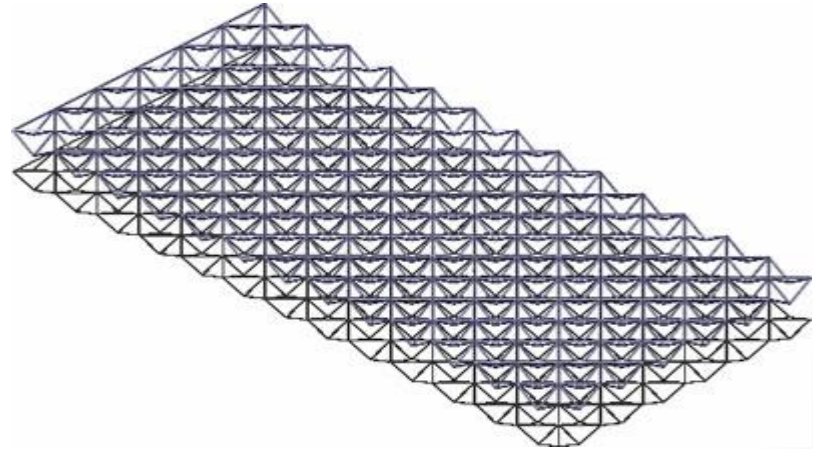
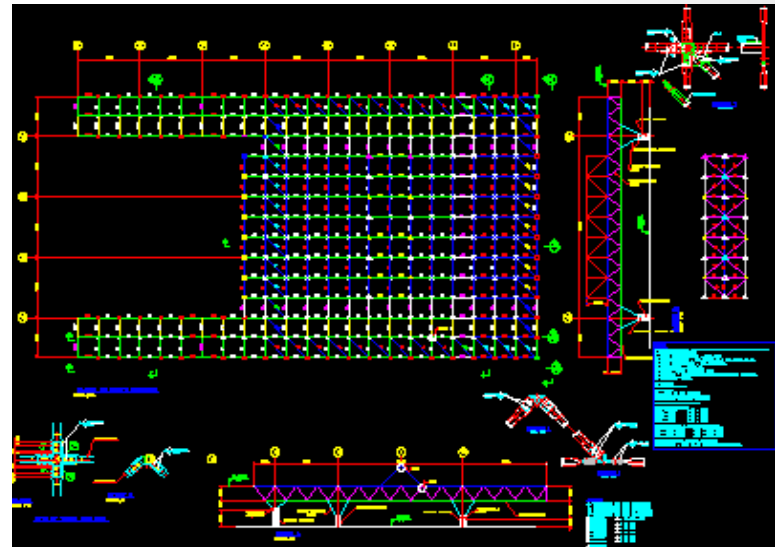


Irvin Genaro Amaya Morales

UN 440001093



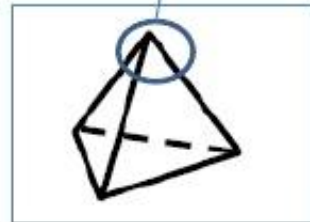
Este tipo de estructura es muy utilizada tanto para la construcción de edificios industriales como para la construcción comercial y de logísticos. Su medio de fabricación es a través de un cortador láser 3D, o de un cortador láser turbo. Así mismo se utiliza una soldadura robotizada y una pintura especial a base de polvo. Al momento de colocar este tipo de estructura en la obra, no se necesita la utilización de ningún tipo de soldadura directamente en la obra, las cuales tienden a afectar directamente el tratamiento superficial de la estructura en si, y la calidad de esta.





## CONCEPTO

Es un método constructivo que posee una estructura compuesta por un gran número de elementos de acero semejantes, relativamente pequeños y estandarizados que conforman una retícula tridimensional, estos elementos están unidos a través de nudos de acero. Estas estructuras son de formas geométricas muy variadas



## TECHOS ESPACIALES TRIDIMENSIONALES

### **FILOSOFIA DE LA ESTRUCTURAY MATERIAL**

Estas estructuras constituyen una óptima solución para cubrir grandes luces, porque a pesar de ser resistentes por el uso de barras de acero, son ligeras. Estas formas constructivas, en sus distintas familias (planas, plegadas, cilíndricas, esféricas ,etc.) . Poseen una conexión y disposición que permite una adecuada distribución de las cargas exteriores (peso propio, cerramientos, sobre cargas útiles o accidentales, viento, etc.) y las correspondientes reacciones de apoyo.

**GÉNESIS DE LAS ESTRUCTURAS ESPACIALES** El triangulo constituye la génesis de este sistema, es através de las triangulaciones que se logra obtener las formas básicas (como tetraedros) como unidad fundamental en el espacio, estas unidades a su vez son las que conforman lo que llamamos las estructuras espaciales



## VENTAJAS

### **a) Rapidez de fabricación y montaje:**

Todos los elementos son prefabricados en taller, con tolerancias estrictas (tanto porque lo posibilita este tipo de tecnología como por que lo requiere la precisión del montaje) lo que asegura uniformidad en la calidad de la obra.

El montaje, completamente estandarizado, puede ser ejecutado con mano de obra poco o semi especializada. Los elementos son de reducido peso y se requiere equipo menor de montaje.

Todo esto implica una gran rapidez en la fabricación de los distintos elementos y en el montaje de la estructura, lo que se traduce en una rápida puesta en servicio de la obra.

### **b) Liviandad:**

La esbeltez de todos los elementos permite una estructura sumamente liviana (hasta del orden de **4 a 5 kg. de acero por cada m<sup>2</sup> cubierto**), con la con siguiente economía en infraestructura de apoyo (vigas y columnas o pórticos) y fundaciones.

### **c) Posibilidad de grandes luces libres:**

La liviandad de la estructura (basada en la mayor resistencia del acero y de la buena distribución de los esfuerzos) permite salvar grandes luces sin apoyos intermedios, lo cual es de gran importancia en ciertos tipos de obras como por ejemplo hangares, salas deportivas, pabellones de exposición, salones, iglesias, plantas fabriles, aleros para tribunas, etc.

#### **d) Sencillez de los cerramientos:**

La misma forma de la estructura con sus figuras planas para la malla de la napa superior (triángulos, rectángulos o cuadrados, hexágonos, etc.) permite gran facilidad para cubrir la superficie con elementos de cerramientos prefabricados, todos iguales y fácilmente colocables. A su mismo la iluminación es fácilmente solucionable con elementos vidriados de cierre.

#### **e) Buen comportamiento sonoro:**

En el caso de cubiertas para salas de conciertos o conferencias, iglesias, teatros, etc., se ha comprobado un excelente comportamiento acústico. Esto es debido al casi despreciable efecto que tienen las reverberaciones e interferencias merced a la tupida compartimentación de la cubierta mediante un gran número de barras dispuestas en distintas direcciones.

**f) Efecto decorativo:**

Frecuentemente el aspecto de las cubiertas de grillas resulta bien integrado a la finalidad y sentido de la obra, complementando a ésta no solo funcional si no estéticamente. Esto hace innecesario y aún inconveniente ocultar la estructura con cielorrasos, lo que se traduce en una economía adicional.

**g) Mayor resistencia al colapso:**

La eventual destrucción de una porción de la estructura es soportada por una redistribución de esfuerzos a las barras circundantes, sin que se agote la capacidad portante de la estructura total. Esto permite la posterior separación del sector dañado, fácil y rápidamente, mediante el simple remplazo de los elementos averiados. Situaciones tales han ocurrido por efecto de explosiones o por fallas de algún elemento defectuoso, o por el pandeo de alguna barra en casos en que el análisis de esfuerzos no fuese correcto.



#### **h) Ubicación de cañerías:**

La altura (espesor) de la grilla plana a dos napas (usualmente del orden de 1,00m más o menos) y la disposición regular de las barras inclinadas, permiten prever fácilmente en su interior el pasaje de las distintas canalizaciones (electricidad, calefacción, ventilación, sanitarios, desagües, etc.)

## COMPONENTES

### Nudos

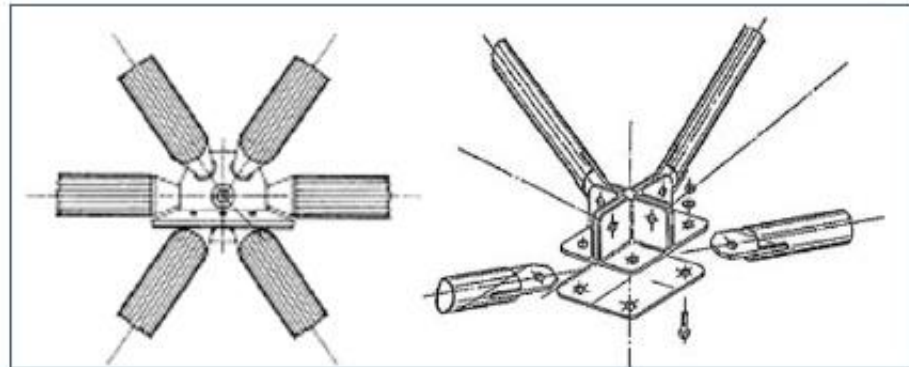
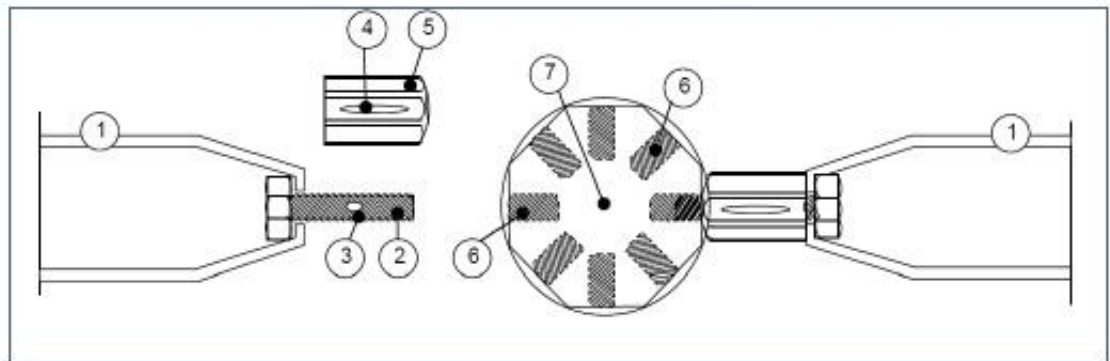
Son elementos de acero de forma esférica, en los que mediante un mecanizado, se han realizado unos taladros roscados con asientos para las barras y para recibir los tornillos de unión de nudo a barra.





## Barras

Son elementos formados por tubos de acero conformados en frío, en cuyos extremos se han incorporado unos elementos, puntas, con taladro pasante y que sirve de unión mediante el tornillo al nudo

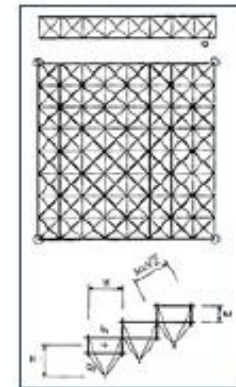
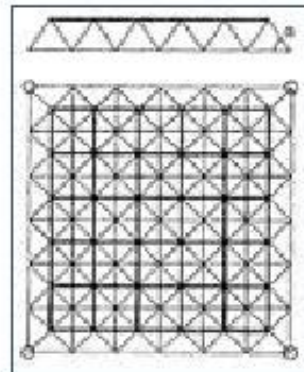






## TIPOS DE ESTRUCTURAS PLANAS

**Estructuras Planas:** estructuras realizadas con el sistema modular puro o variado, es decir, formado a base de pirámides de base cuadrada con aristas iguales y de tetraedros regulares, o formados a base de cualquier tipo de formas, formando un conjunto plano. Pueden ser horizontales o inclinadas.

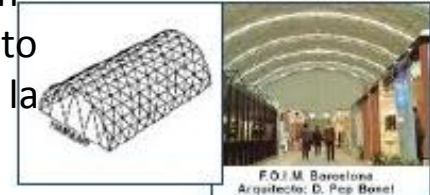
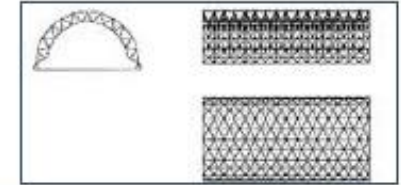




## Estructuras de Simple Curvatura:

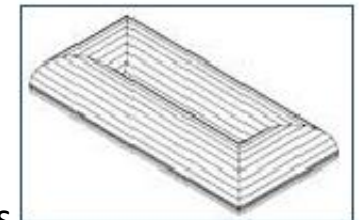
### Bóvedas

Las bóvedas de una sola capa deben tener tímpanos relativamente cercanos y por supuesto debe existir un empotramiento entre nudos y barras. Estas estructuras sin reforzar y con una sola capa, pueden acometer solamente luces pequeñas. Desde el punto de vista estético, las posibilidades que proporciona la E.E. para este tipo de bóvedas son inmensas.



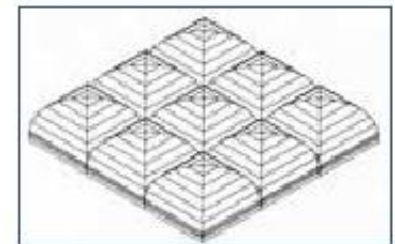
### Bóvedas Laminareso Reforzadas

Estas bóvedas son estables aunque el nudo se considera articulado. Las bóvedas de cañón deben disponer necesariamente de tímpanos, pudiendo llegar a luces de 50m. Ó más si el ángulo entre barras es suficiente.



### Bóvedas en Rincón de Claustro

En estas bóvedas que aquí proponemos, se pueden suprimir los tímpanos. Su empleo modular apoyado sobre un entramado de vigas es una bella solución para grandes estructuras



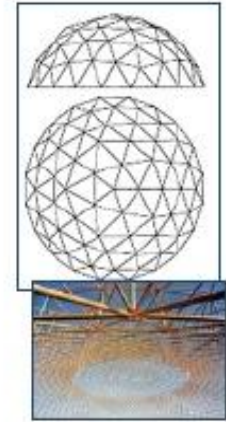




## Estructuras de Doble Curvatura:

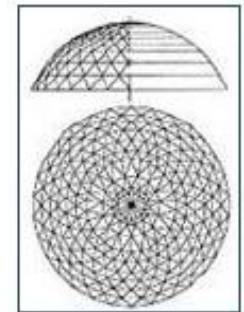
### Cúpula Geodésica

Con esta disposición conseguimos un buen reparto de tensiones, a una costa de que su montaje sea dificultoso. Estas cúpulas se resuelven siempre con estructura triangular de una o dos capas, o bien, con una solución intermedia, consistente en plegar la superficie por medio de pirámides rebajadas hexagonales casi siempre atirantadas



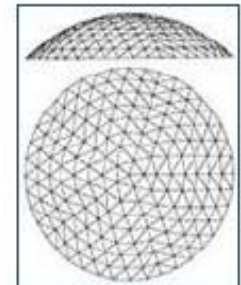
### Cúpula de Paralelos

Este tipo de cúpulas de paralelos se resuelven con estructura de base cuadrada (trapezoidal en este caso), o de base triangular, desde el punto de vista estructural.



### Cúpula de Paralelos Laminares

Especial interés tienen las cúpulas de paralelos en las que el número de módulos va disminuyendo conforme los paralelos tienen una dimensión menor. Son recomendables las que quedan rematadas en un cuadrado, un pentágono o un hexágono.







## **Estructuras Curvatura Compleja:**

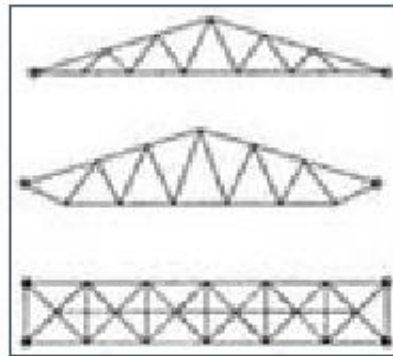
Este tipo, permite formas y espacios diferentes y estéticamente agradables





## Vigas Espaciales

Las diversas formas y características que ofrecen estas vigas, les hacen presentar grandes ventajas sobre las tradicionales, como son: ligereza, transporte cómodo por ser elementos individuales pequeños y manejables y su fácil montaje. Los apoyos de estas vigas pueden realizarse de diversas maneras, dependiendo de la disposición deseada de los pilares. De esta forma podemos obtener el apoyo sobre dos pilares separados la modulación de la viga. Las modulaciones en las que deben realizarse este tipo vigas, tienen que ser las comprendidas entre 2 y 4 metros aproximadamente, pudiendo llegar a una separación entre vigas del orden de 7 metros, dependiendo todo ello de las características dimensionales de las naves a realizar.



## FABRICACION

Una de las características de las estructuras prefabricadas es que pueden ser totalmente realizadas en taller y por lo tanto el proceso de fabricación, puede ser absolutamente controlado. Las estructuras espaciales, deben tener unas tolerancias de fabricación muy estrictas, ya que en el caso de fuerte hiperestaticidad se podría llegar a la imposibilidad de su montaje. Sin embargo, dimensionalmente, la fabricación de barras por su propio proceso de fabricación, puede tener un control unitario total. En cuanto a su control resistente, el mejor es un muestreo destructivo que es el que actualmente se realiza. La soldadura entre el tubo y las puntas de unión para formar las barras, se realiza mediante un procedimiento automático en ambos extremos a un tiempo, siendo el posicionado de dichas puntas realizado de forma semiautomática. El resto de los elementos de la estructura auxiliar de cubierta, se sueldan a si mismo en taller con la ayuda de útiles preparados al efecto, que determinan su posición y dimensión.

## **GRADOS DE ACABADO**

Todos los elementos de la estructura espacial llevan una protección anticorrosiva, que en este caso está conseguida mediante la aplicación de una pintura poliéster en polvo y polimerizada al horno. Para conseguir una buena calidad se preparan las superficies mediante:

Desengrasado con sus correspondientes lavados.

Fosfatado microcristalino.

Aplicación electroestática de la pintura en polvo.

Horneado de polimerización. Posteriormente, se comprueba mediante ensayos químicos y mecánicos, la calidad de la pintura y su aplicación, controlándose su adherencia y resistencia a la corrosión y caleado, mediante ensayos en niebla salina y rayos U.V.

Así mismo, se comprueba la resistencia de la capa y su espesor.

## MONTAJE

Siendo esta estructura totalmente prefabricada, las únicas operaciones a realizar en obras son:

Atornillado de barras a nudos y fijación de la estructura sobre los pilares. Los tornillos empleados, todos de alta resistencia, reciben un acercamiento previo y un posterior apriete con llave dinamométrica graduada a la características del diámetro, paso y calidad de los tornillos correspondientes. El sistema de montaje más conveniente, es el de ensamblaje de la estructura en el suelo y rápidas elevaciones mediante grúas. Estas elevaciones deben calcularse con esmero, para que los esfuerzos que puedan aparecer por las fuerzas dinámicas o por los enganches en la estructura fija, no provoquen roturas en la propia estructura. Dada la potencia de las grúas actuales, es posible elevar tramos de hasta 5000m<sup>2</sup> de una sola vez, por lo que se consigue un gran rendimiento, rapidez y seguridad. De todas formas, las dimensiones de los tramos a elevar, está en función de las grúas disponibles en cuanto a potencia y la accesibilidad de la obra.





## DISEÑO

Gracias a la utilización del Diseño Asistido por Ordenador y su integración con el proceso productivo, se puede conseguir prácticamente cualquier tipo de geometría con la estructura espacial.





## **TIPOLOGIA DE LAS ESTRUCTURAS**

Las estructuras espaciales permiten múltiples disposiciones geométricas y aplicaciones: pueden ser estructuras estáticas o móviles; planas, abovedadas o con forma de cúpula; pueden ser estructuras de cubierta o forjadas. Podemos clasificar las estructuras en diferentes categorías:-

### **Estaciones y cocheras:**

talleres de mantenimiento, estaciones, estaciones marítimas, intercambiadores de transporte, etc.-

### **Instalaciones aeroportuarias:**

hangares, helipuertos, fingers, etc.-

### **Naves industriales:**

almacenes, naves de compostaje, naves con puentes-grúa colgados de la estructura, etc.-

### **Recintos deportivos:**

frontones, piscinas, polideportivos, estadios, velódromos, etc.-

### **Recintos feriales y de exposición.- Recintos para ocio:**

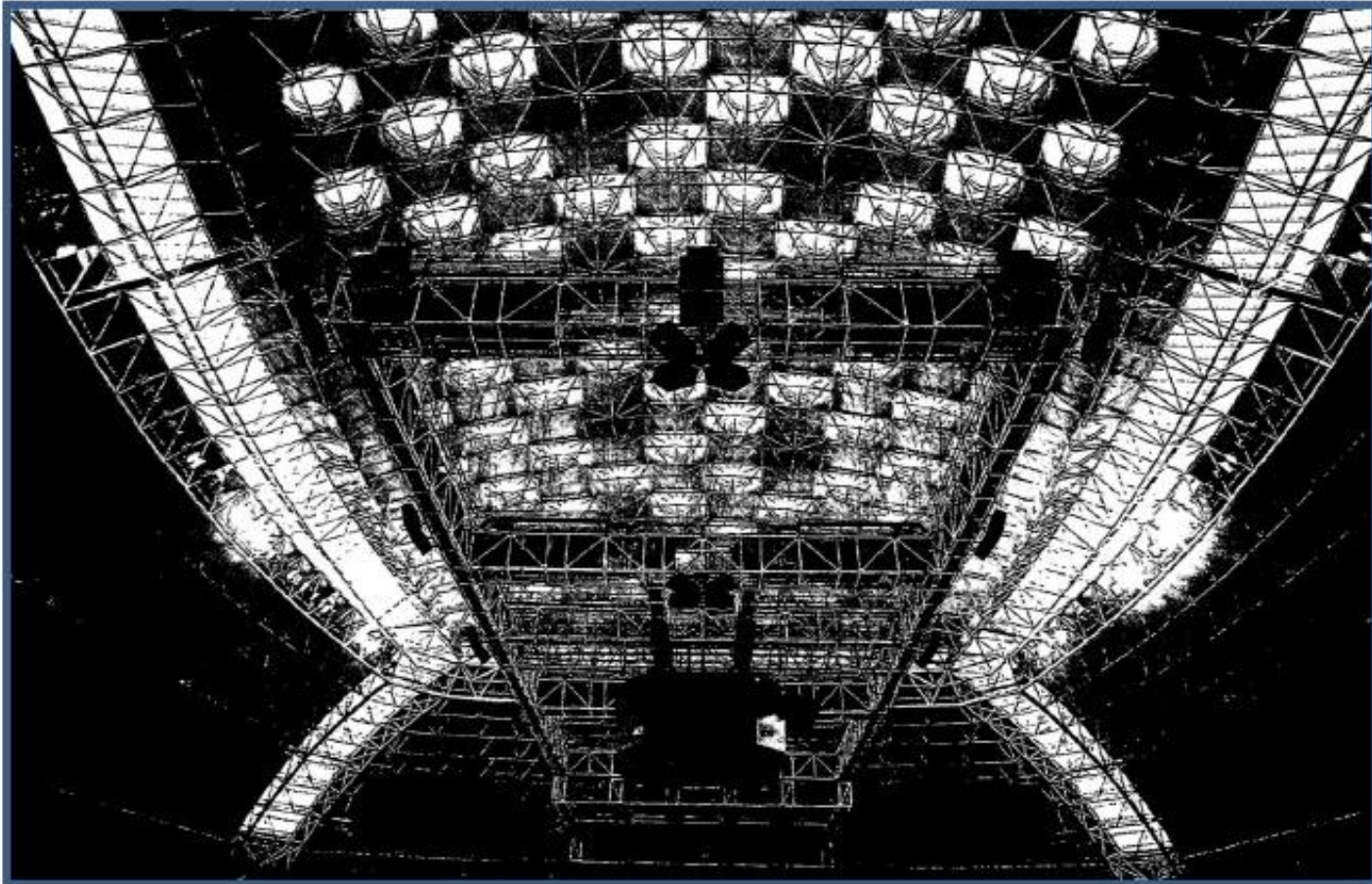
cines, centros comerciales, escenarios, auditorios, museos, etc.-

Marquesinas, andenes, pasarelas, etc.- Estructuras decorativas, stands, etc.

## **COSTOS**

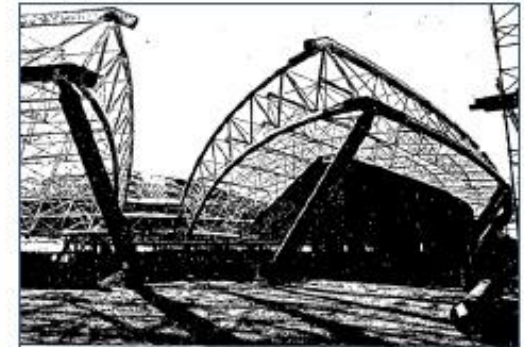
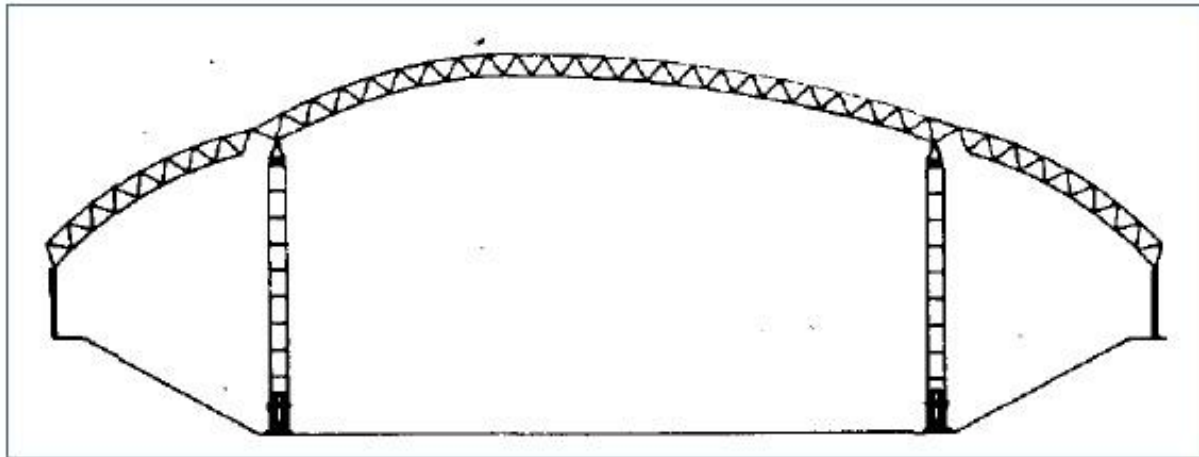
Para evaluarlas frente a otras posibles soluciones estructurales deberá considerarse:-costo de la materia prima (generalmente acero)-costo del proceso de fabricación de los distintos elementos-disponibilidad de equipo de montaje y costo de sus operaciones-costo de la mano de obra de ensamble y terminación-costo del mantenimiento de la estructura-incidencia económica de la rapidez en la puesta en servicio de la obra-costo de la patente (en caso de recurrir a sistemas patentados)

## APLICACIÓN

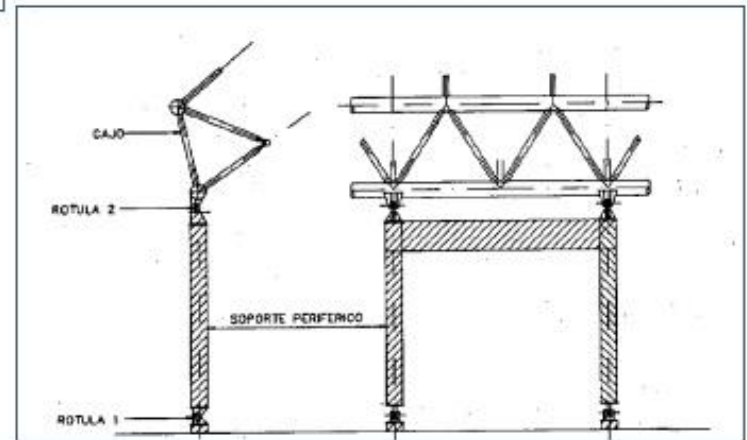
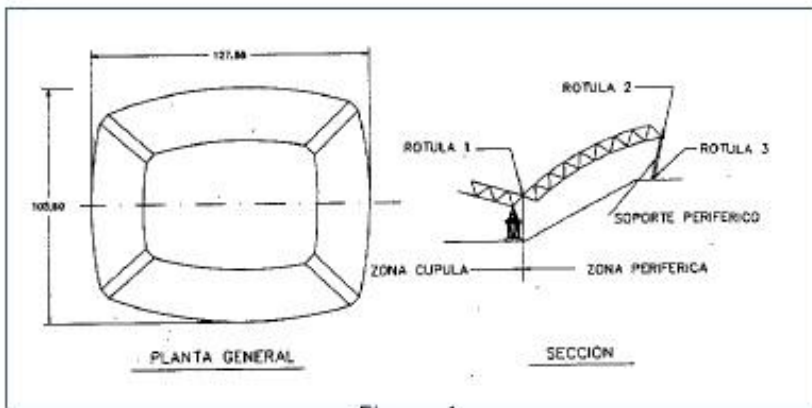
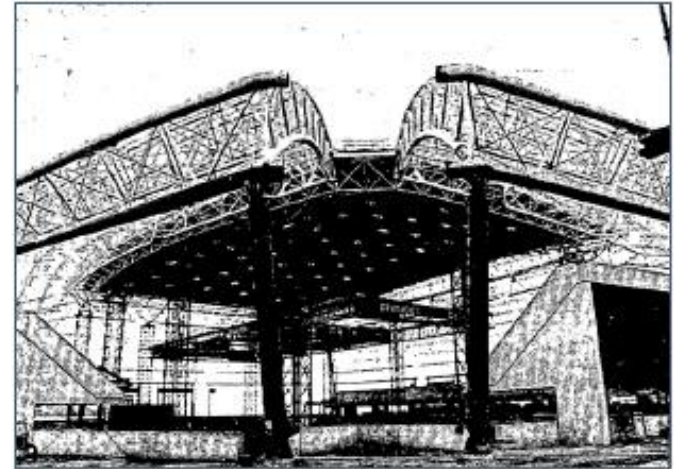
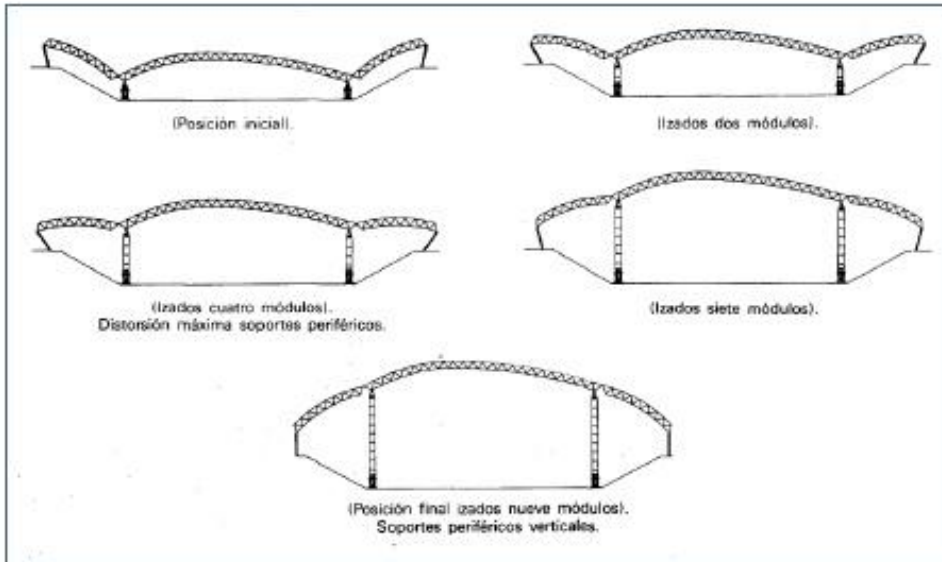


**CUPULA DEL PALAU SANT JORDI**

El conjunto tiene un área de  $13,642\text{m}^2$   
Sus dimensiones son de 105,6 por 127,87 en planta,  
quedando la altura de coronación a 45m sobre la pista  
El tamaño promedio de barra es de unos 3.6m. El espesor  
de la estructura es de unos 2.5m.  
La estructura completa posee 2343 nudos y 9070 barras,  
usando mas de 3mil tipos de barras El peso de la  
estructura con todo y elementos auxiliares es de 1300ton



# Cubierta Hinchable



# FUENTES

<http://www.arqhys.com/arquitectura/estructuras-espaciales-tridimensionales.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Estructuras\\_espaciales](http://es.wikipedia.org/wiki/Estructuras_espaciales)

<http://www.lanik.com/lanik/dm/estructuras-espaciales.asp?nombre=1387&sesion=1>

<http://es.scribd.com/doc/43826537/Estructuras-Espaciales-de-Acero>