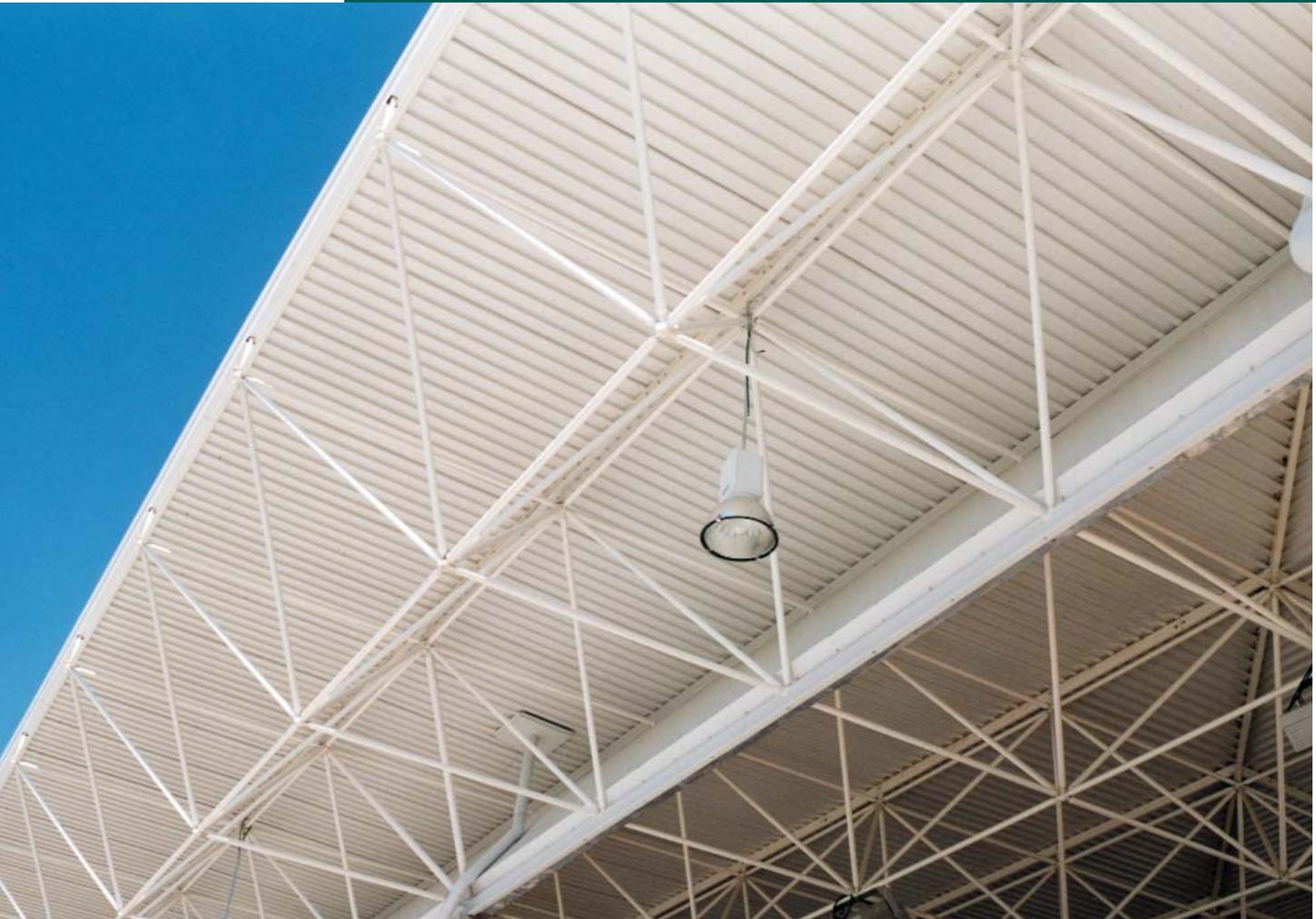




PALC3
ESTRUCTURA ESPACIAL



DESCRIPCIÓN

DESCRIPTION

El presente catálogo tiene la pretensión de acercar las estructuras espaciales al proyectista. Está inspirado en un ciclo de conferencias, mucho más extenso, dirigido a arquitectos y estudiantes de arquitectura.

No se puede reflejar en él la totalidad del ciclo pero esperamos que haya ganado en asequibilidad.

Un intento de acercamiento al problema de generación de estructuras espaciales es el capítulo de PAUTAS ESPACIALES que a continuación se expone.

Francisco Javier Alcalde
Arquitecto

ESTRUCTURA ESPACIAL PALC3®

Denominamos Estructura Espacial al elemento resistente formado por la yuxtaposición en el espacio de módulos con distintas formas geométricas. Éstas, a su vez, están constituidas por la unión de nudos y barras de acero. Según la disposición de estos elementos entre si mismos pueden ser de base cuadrada o triangular.

La fabricación de estructura espa-

This catalogue aims to provide information on space frames for the designer and is inspired by a far more extensive series of conferences directed towards architects and students of architecture.

It would be impossible for us to reproduce the entirety of these conferences, but we hope that this work will prove a more accessible tool for your use.

In the following chapter, entitled SPATIALS GUIDELINES, we venture to broaden the subject by explaining the problem of generating space frames.

Francisco Javier Alcalde
Architect

SPATIAL STRUCTURE PALC3®

We give the name Spatial Structure to the bearing element formed by the juxtaposition in space of modules with different geometrical shapes. The latter, in turn, are formed by joining steel nodes and bars. Depending on the layout of these elements in relation with each other, the shapes can have a square or triangular base.

The manufacture of spatial struc-



cial por medio de control numérico cambia el concepto del diseño estructural. La única limitación está en el ángulo entre barras, que deberá ser mayor de 40° , aunque puntualmente puede ser menor. Si la superficie a diseñar es de doble curvatura y puede absorber fuertes esfuerzos en los bordes diseñe estructuras laminares.

Si es plana deberá darle suficiente inercia. Todo lo que dibuje en el espacio puede ser traducido a Estructura Espacial con la condición de que no sea un mecanismo. A partir de ahí haga valer su imaginación. Cuide la modulación, trabaje con el menor número de nudos posible, sobre todo en estructuras fundamentadas en la inercia, de esta forma, optimizará su coste. Siguiendo esta pauta, la optimización será mayor cuanto mayores sean las luces, permitiendo el sistema conseguir hasta cientos de metros. Consúltenos, nosotros le ayudaremos.

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 asimismo en taller con la ayuda de útiles preparados al efecto, que determinan su posición y dimensión.

PAUTAS ESPACIALES

Centrémonos en el problema de apilar esferas de forma que ocupen el menor espacio posible.

Aparentemente hay dos soluciones:

A) Colocar esferas en el plano horizontal en forma de retícula cuadrada, intercalando las capas siguientes en los huecos de la anterior.

ture using numerical control changes the concept of structural design. The only limitation is imposed by the angles between the bars, which must be greater than 40° , although in some specific cases it may be less. If the surface to be designed has a double curve and can absorb high stresses at the edges, you can design laminar structures.

If it is flat, you should give it sufficient inertia. Anything that is drawn in space can be translated into a Spatial structure provided that it is not a mechanism. Keeping that in mind, give full rein to your imagination. Be careful about the modulation, work with the smallest possible number of nodes, especially where structures based on inertia are concerned; in this way, you will optimize your costs.

Following this criterion, the longer the spans, the greater the optimization: the system allows spans of hundreds of metres to be achieved. Consult us, we will help you.

The welds between the pipe and the end fastening-pieces to form the bars are made in an automatic process at both ends simultaneously. The end fastening-pieces are positioned semi-automatically. The other items of the auxiliary roofing structure are also shop-welded with the tools prepared for that purpose, which determine their position and dimensions.

SPATIAL GUIDELINES

Consider the problem of how to pile up spheres so that they occupy the least possible space.

Apparently, there are two solutions:

A) Place the spheres on the horizontal plane in a square grid, introducing the following layers in the gaps in the previous ones.



B) Colocar esferas en el plano horizontal en forma de retícula triangular, intercalando así mismo las capas siguientes en los huecos anterior.

B) Place the spheres in the horizontal plane so that they form a triangular grid, introducing the following layers in the gaps in the previous ones.

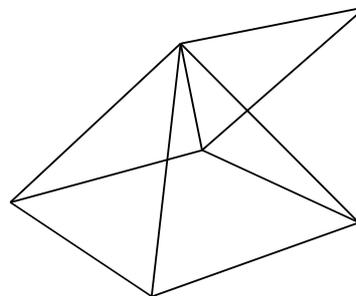


Sin embargo como podrá comprobarse fácilmente, estas ordenaciones son la misma si prescindimos de planos de referencia (el horizontal normalmente).

The basic element of this arrangement is the figure formed by 6 spheres that constitute a pyramid with a square base joined to a tetrahedron.

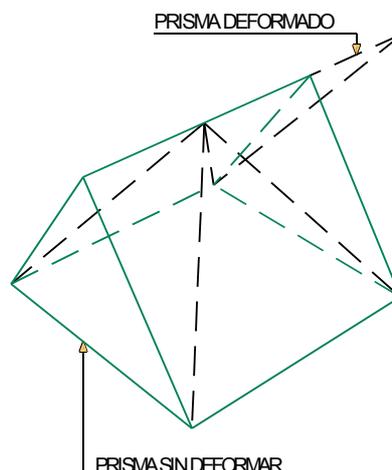
El elemento básico de esta ordenación es la figura formada por 6 esferas que estructuran una pirámide de base cuadrada unida a un tetraedro.

This module makes the space more compact, something that neither the pyramid by itself nor the tetrahedron by itself achieves, and is really a distorted triangular prism.



Este módulo compacta el espacio, cosa que no consiguen ni la pirámide por si misma ni el tetraedro por si mismo y en realidad es un prisma triangular deformado.

As can be easily verified, these arrangements are the same if we omit the planes of reference (normally the horizontal plane).





Si sustituimos las esferas por otras con el mismo centro y mucho más pequeñas y añadimos barras que unan estas últimas, llegamos a la concepción de un espacio infinito estructurado de una forma precisa que llamaremos Espacio Principal.

Si eliminamos nudos (esferas pequeñas) o los añadimos, hablaremos de un Espacio Principal Reformado. Si deformamos este Espacio, estirándolo respecto a una dirección, moviendo una capa, por ejemplo horizontal, haciendo girar los nudos respecto a un eje o a un centro, etc... hablaremos de Espacio Principal (reformado o no) Deformado. Las siguientes tipologías de estructuras que se exponen a continuación son derivadas de estos Espacios.

Así por ejemplo, la estructura de Base Cuadrada, es la materialización del espacio principal es sólo dos capas (de esferas) de la solución A.

Ahora bien ¿es necesario que sea de base cuadrada? No. Sigue siendo razonable una estructura de base rectangular, (Principal Deformado), o base romboidal o cualquier deformación o reforma que cumpla con las siguientes condiciones:

- Que no sea un mecanismo (no estable).
- Que no haya un enorme número de longitudes de barras distintas.
- Que los ángulos entre barras no sean inferiores en lo posible 40°.
- Que la posición de los nudos en el espacio pueda fijarse con algoritmos matemáticos claros.

La estructura de base triangular está derivada de la materialización del espacio principal en dos capas de la solución B, del problema de apilar esferas. Las mismas consideraciones de variación geométrica de la estructura de Base Cuadrada sirven para esta tipología y para todas.

La estructura de Base Cuadrada Reforzada deriva de un Espacio Principal Reformado en dos capas de la solución A. El resto también son materializaciones de los conceptos de Espacio Principal, Reformado y Deformado.

La geometría de las estructuras espaciales puede ser muy variable, por lo que vamos a abordar los diferentes tipos de estructuras tridimensionales y a definir su terminología según la disposición de sus elementos.

Estas son:

- Estructuras Planas
- Vigas reforzadas
- Estructuras de simple curvatura
- Estructuras de doble curvatura
- Diseño de estructuras

If we substitute the spheres with other much smaller ones but with the same centres and we add bars joining the latter, we arrive at the concept of an infinite space structured in a precise way, which we shall call Main Space.

If we eliminate nodes (small spheres) or if we add to them, we can speak of a Reformed Main Space.

If we distort this Space, stretching it in one direction, moving one layer, for example the horizontal one, rotating the nodes with regard to an axis or centre, etc., we can speak of Distorted Main Space (whether reformed or not).

The types of structures described in the following are derived from these Spaces.

Thus for example the Square Base structure is the materialisation of the Main space and represents only two layers (of spheres) of the solution A.

Does it have to have a square base?

No. A structure with a rectangular base (Distorted Main Space) or rhomboid base, or any distortion or modification of the shape that fulfils the following conditions is acceptable:

It should not be a mechanism (not stable)
There should not be an enormous number of different bar lengths.

The angles between the bars, as far as possible, should not be less than 40 degrees.

It should be possible to determine the spatial position of the nodes using clear mathematical algorithms.

The structure of the triangular base is derived from the materialisation of the main space in two layers, as shown in solution B to the problem of how to pile up spheres. The same principles of geometric variation of the structure of Square Base serve for both this type of spatial object and all others.

The Reinforced Square Base structure derives from a Reformed Main Space in two layers, as in solution A.

The other structures are also physical forms of the concepts of Reformed / Distorted Main Space.

The geometry of spatial structures can be very variable, and, therefore, we are going to consider the various types of three-dimensional structures and define their terminology according to the arrangement of their elements.

These are:

- Flat Structures
- Spatial Beams
- Single-curve Structures
- Double-curve Structures
- Structural design

ESTRUCTURAS PLANAS

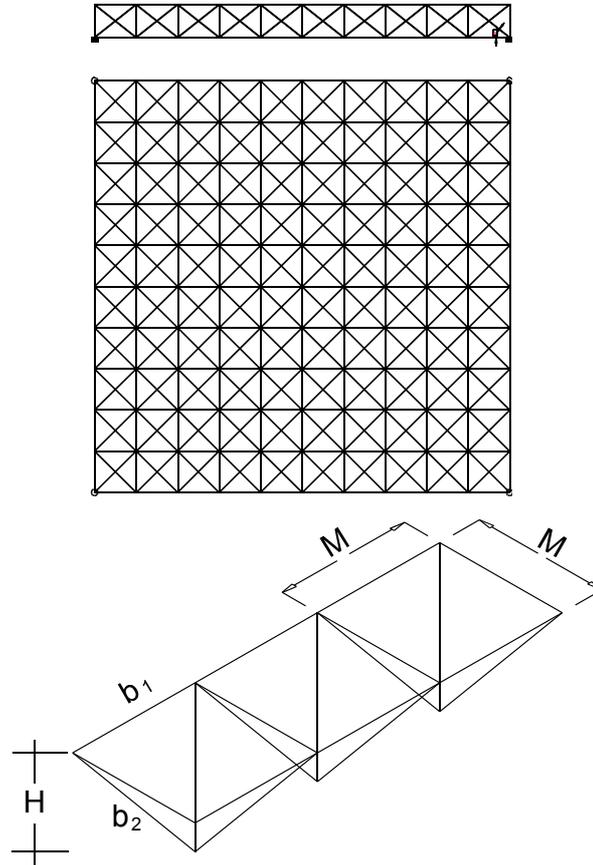
FLAT STRUCTURES

BASE CUADRADA:

Es una estructura simétrica respecto a cuatro planos perpendiculares al plano principal, los dos ortogonales y los otros dos a 45° de estos. Forma pirámides de base cuadrada, cuyas aristas están orientadas en sentido paralelo a las fachadas.

SQUARE BASE:

This structure is symmetrical with regard to four planes perpendicular to the main one, the two orthogonal ones and the other two at 45° to the former. It forms pyramids with a square base, the edges of which run parallel to the façades.



Características de una E.E. de base cuadrada:

M = Módulo = Longitud de barra (b) más diámetro de nudo (D).

H = Canto = Distancia entre ejes de tubos de las capas.

El canto de la estructura se puede escoger entre dos variantes:

1.-

$$H = M / \sqrt{2}$$

$$b1 = b2 = M - D \dots\dots\dots \alpha = 54^\circ 44'$$

2.-

$$H = M$$

$$b1 = M - D$$

$$b2 = 1,2247 M - D \dots\dots\dots \alpha = 63^\circ 26'$$

Hay que tener en cuenta que la separación entre apoyos en ambas direcciones, tiene que ser múltiplo de la modulación.

Characteristics of a square-based Spatial Structure:

M = Module = Length of bar (b) plus diameter of node (D).

H = Depth = Distance between centrelines of pipes forming the layers.

The depth of the structure can be chosen from two variants:

1.-

$$H = M / \sqrt{2}$$

$$b1 = b2 = M - D \dots\dots\dots \alpha = 54^\circ 44'$$

2.-

$$H = M$$

$$b1 = M - D$$

$$b2 = 1,2247 M - D \dots\dots\dots \alpha = 63^\circ 26'$$

Remember that the separation between supports in both directions must be a multiple of the modular dimension.

BASE CUADRADA GIRADA 45°:

Al ser una estructura de base cuadrada mantiene los cuatro planos de simetría perpendiculares al plano principal.

Forma pirámides de base cuadrada pero las aristas de la base están dispuestas a 45° respecto a la alineación de las fachadas.

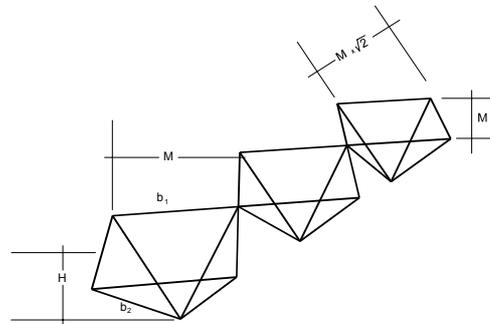
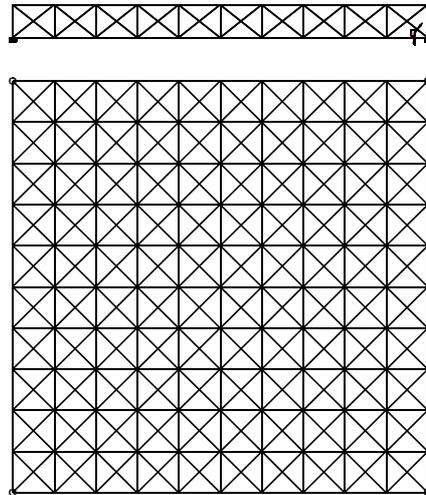
SQUARE BASE ROTATED THROUGH 45°

As this is a square-based structure, it maintains the four symmetrical planes, perpendicular to the main plane. It forms pyramids with a square base, but the edges of the base are arranged at 45° to the line of the façades.



Características de una E.E. de base cuadrada girada 45°:

Characteristics of a Spatial Structure with a square base rotated 45°:



M = Módulo = Longitud de barra (b) más diámetro de nudo (D).

H = Canto = Distancia entre ejes de tubos de las capas.

El canto de la estructura se puede escoger entre dos variantes:

1.-
 $H = M / \sqrt{2}$
 $b_1 = b_2 = M - D \quad \alpha = 45^\circ$

2.-
 $H = M$
 $b_1 = M - D$
 $b_2 = 1,2247 M - D \quad \alpha = 54^\circ 44'$

Hay que tener en cuenta que la separación entre apoyos en ambas direcciones tiene que ser múltiplo de $M \times \sqrt{2}$. Este tipo de estructura es favorable desde el punto de vista resistente cuando la estructura define rectángulos de proporción entre lados »1.

BASE TRIANGULAR:

Al contrario que la estructura de base cuadrada, la de base triangular no tiene sino un plano de simetría perpendicular al plano principal. Forma pirámides de base triangular, tetraedros.

M = Module = Length of bar (b) plus diameter of node (D).

H = Depth = Distance between centrelines of pipes forming the layers.

The depth of the structure can be chosen from two variants:

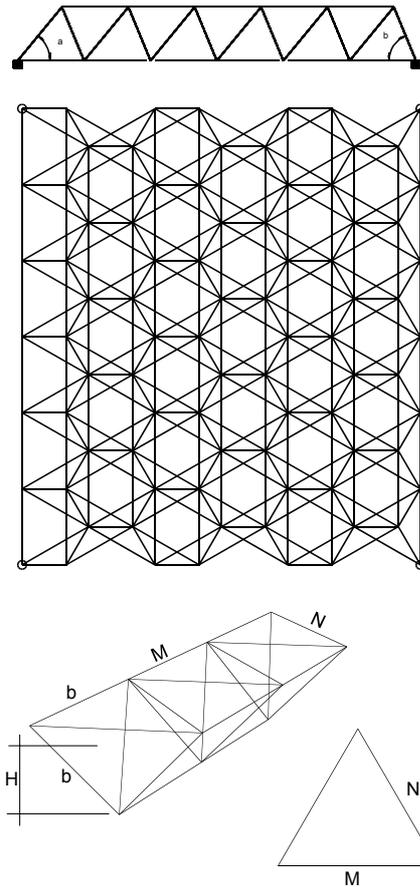
1.-
 $H = M / \sqrt{2}$
 $b_1 = b_2 = M - D \quad \alpha = 45^\circ$

2.-
 $H = M$
 $b_1 = M - D$
 $b_2 = 1,2247 M - D \quad \alpha = 54^\circ 44'$

Remember that the separation between supports in both directions must be a multiple of $M \times \sqrt{2}$. This type of structure offers improved strength characteristics when the structure defines rectangles with a ratio between sides of »1.

TRIANGULAR BASE

Contrary to the square-based structure, the triangular-based structure has only one symmetrical plane perpendicular to the main plane. It forms triangular-base pyramids, tetrahedrons.



Estas direcciones forman una malla triangular equilátera perfectamente indeformable, sin necesidad de incluir refuerzos y siendo de una excepcional rigidez.

Características de una E.E. de base triangular:

M = Módulo = Longitud de barra (b) más diámetro de nudo (D).

H = Canto = Distancia entre ejes de tubos de las capas.

$N = M \sqrt{3}/2$

$H = M \sqrt{2}/\sqrt{3} \dots \alpha = 54^\circ 44'$

$b = M - D \dots \alpha = 70^\circ 32'$

La separación entre apoyos en una dirección, debe ser múltiplo de la modulación y en la dirección perpendicular a la anterior, múltiplo de 2N. La utilización de este tipo de estructura es recomendable para grandes luces. Así mismo esta triangulación nos permite la realización de estructuras de una sola capa, tales como cúpulas, bóvedas cilíndricas, etc...

BASE CUADRADA REFORZADA:

Es una estructura de base cuadrada y que por lo tanto mantiene todas las características generales de la misma.

A esto se le añade el que se refuerzan las bases de las pirámides con sus correspondientes diagonales y se une el punto de cruce de estas diagonales con un nudo enfrentado de la otra capa mediante una barra vertical.

These directions form an equilateral triangular grid, which is exceptionally rigid and does not require reinforcements.

Characteristics of a Spatial Structure on a triangular base:

M = Module = Length of bar (b) plus diameter of node (D).

H = Depth = Distance between centrelines of pipes forming the layers

$N = M \sqrt{3}/2$

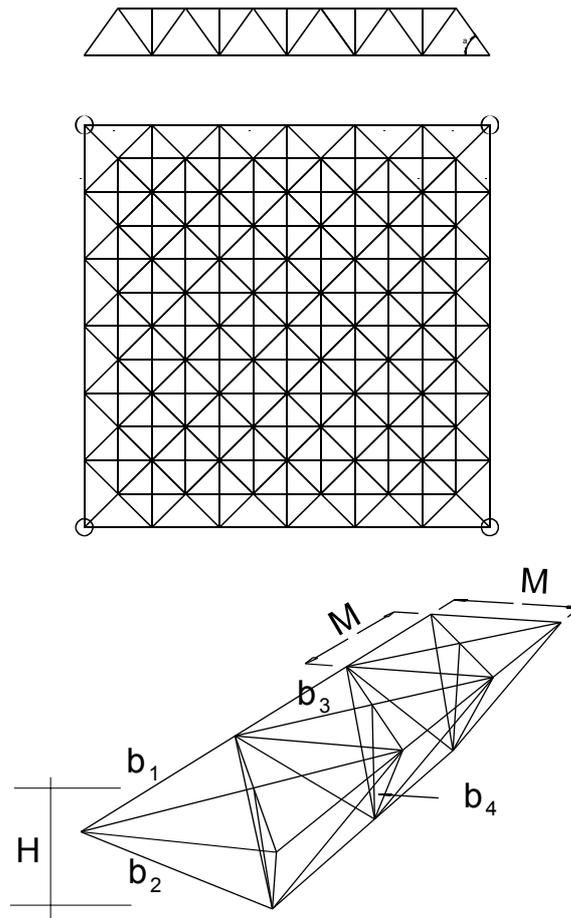
$H = M \sqrt{2}/\sqrt{3} \dots \alpha = 54^\circ 44'$

$b = M - D \dots \alpha = 70^\circ 32'$

The separation between supports in one direction must be a multiple of the modular dimension and in the direction perpendicular to the former, a multiple of 2N. This type of structure is recommended for large spans. Further, this triangulation allows the erection of structures with a single layer, such as domes, vaulted roofs, etc., which are discussed in the following.

REINFORCED SQUARE BASE:

This is a square-based structure and it therefore maintains all the general characteristics inherent in such a structure. To this is added the reinforcement of the bases of the pyramids with their corresponding diagonals, and the point where they intersect is joined to a facing node in the other layer by a vertical bar.



La excepcional rigidez de estas estructuras no es necesario demostrarla, por el hecho de que la triangulación es una constante en todos los planos.

Características de una E.E. de base cuadrada reforzada:

M = Módulo = Longitud de barra (b) más diámetro de nudo (D).

H = Canto = Distancia entre ejes de tubos de las capas.

El canto de la estructura se puede escoger entre dos variantes:

1.-

$$H = M / \sqrt{2}$$

$$b_1 = b_2 = M - D \dots\dots \alpha = 54^\circ 44'$$

$$b_3 = b_4 = M / \sqrt{2} - D$$

2.-

$$H = M$$

$$b_1 = b_4 = M - D$$

$$b_2 = 1,2247 M - D \dots\dots \alpha = 63^\circ 26'$$

$$b_3 = M / \sqrt{2} - D$$

La separación entre apoyos en ambas direcciones tiene que ser múltiplo de la modulación. La utilización de este tipo de estructura es favorable para esbelteces y/o sobrecargas grandes.

The exceptional rigidity of these structures is obvious, as every plane consists of triangles. Characteristics of a Spatial Structure with a reinforced square base:

M = Module = Length of bar (b) plus diameter of node (D).

H = Depth = Distance between centrelines of pipes forming the layers.

The depth of the structure can be chosen from two variants:

1.-

$$H = M / \sqrt{2}$$

$$b_1 = b_2 = M - D \dots\dots \alpha = 54^\circ 44'$$

$$b_3 = b_4 = M / \sqrt{2} - D$$

2.-

$$H = M$$

$$b_1 = b_4 = M - D$$

$$b_2 = 1,2247 M - D \dots\dots \alpha = 63^\circ 26'$$

$$b_3 = M / \sqrt{2} - D$$

In both directions, the separation between supports has to be a multiple of the modular dimension. The use of this type of structure is recommended for slender structures and/or heavy overloads.



DESCRIPCION

DESCRIPTION

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, su fácil montaje y una buena anticorrosiva por aplicarse la pintura al horno en taller.

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, sobre un pilar rematado en V o creando simplemente una viga de carga corrida sobre la cabeza de los pilares de apoyo.

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.

SPATIAL BEAM:

Due to the variety of their possible shapes and characteristics, these beams offer great advantages over traditional beams: lightness, ease of transport (they are made up of small and manoeuvrable individual pieces), ease of erection and good protection against corrosion, as the individual items are shop-painted and stove-dried.

The beam supports can be constructed in various ways, depending on the desired arrangement of the pillars.

The beams can be supported on two pillars, separated by a distance equal to the beam module, on a single pillar with a V-shape finish, or by simply constructing a continuous bearing beam resting on the tops of the supporting pillars.

The size of the modules in which such beams can be constructed range between 2 and 4 metres, approximately, with a separation between beams of up to around 7 metres, depending on the dimensional characteristics of the bays required.





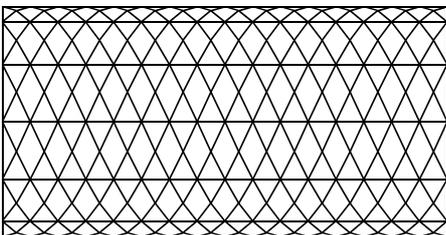
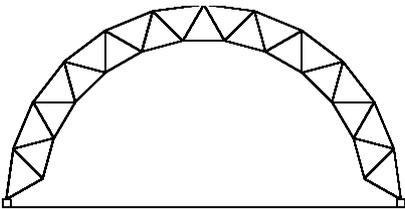
DESCRIPCION

DESCRIPTION

ESTRUCTURAS DE SIMPLE CURVATURA

BÓVEDAS:

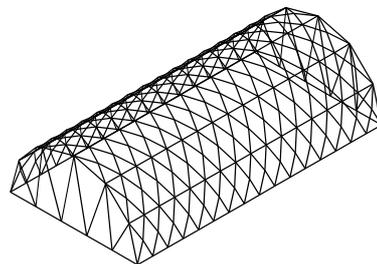
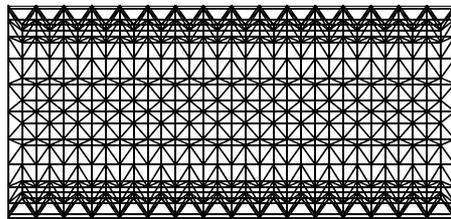
Las estructuras con doble o simple curvatura pueden acometerse con estructuras de base cuadrada o triangular. En este tipo de estructuras, aumentar el módulo no se traduce en disminuciones importantes del peso de la misma.



SINGLE CURVE STRUCTURES

VAULTED ROOFS:

Structures with a double or single curve can be assembled with square- or triangular-based elements. In structures of this kind, increasing the size of the module does not imply any notable decrease in the weight of the structure.



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.

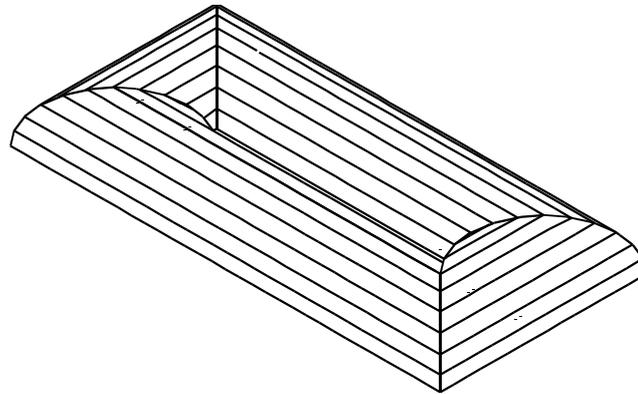
Single layer vaulted roofs require relatively closely spaced spandrels and, obviously, the nodes and bars must be encastered. Such structures without reinforcement and with only a single layer are limited to small spans. From the aesthetic point of view, the spatial structure offers immense possibilities for this type of vault.

BÓVEDAS LAMINARES REFORZADAS:

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

REINFORCED LAMINAR VAULTED ROOFS:

These vaulted roofs are stable even though the node is considered to be articulated. The vaulted roofs must have spandrels and can attain spans of 50 metres or more if the angle between the bars is adequate.



BÓVEDAS EN RINCÓN DE CLAUSTRO:

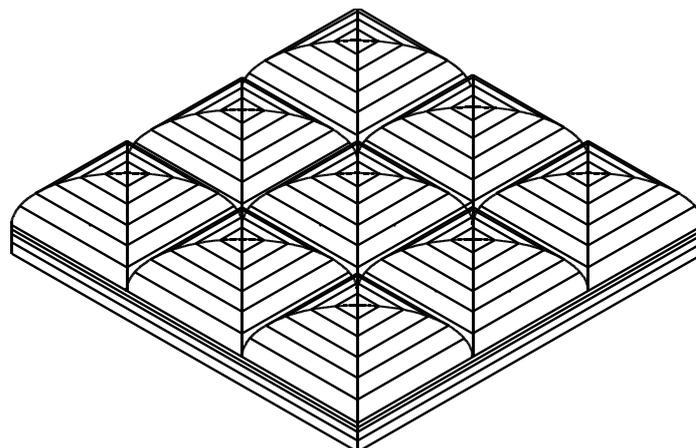
En estas bóvedas que aquí proponemos, se pueden suprimir los tímpanos. Su empleo modular apoyado sobre un entramado de vigas es una bella solución para grandes estructuras.

CLOISTER CORNER VAULTED ROOFS

For the vaulted roofs proposed here, the spandrels can be suppressed. The modular pattern supported on a latticework of beams provides a beautiful solution for large structures.

Es evidente que la solución de una bóveda en estructura espacial, no sólo es competitiva sino que puede ser la solución óptima.

It is clear that the solution offered by a spatial structure type vaulted roof is not only competitive but can be the optimal solution.





DESCRIPCION

DESCRIPTION

ESTRUCTURAS DE DOBLE CURVATURA

En este capítulo vamos a dar algunas notas generalizadas sobre algunos tipos de cúpulas. Existen formas muy diversas de subdividir una esfera. Aquí vamos a detallar tres tipos:

- Cúpulas Geodésicas
- Cúpulas de paralelos
- Cúpulas de paralelos laminares.

CÚPULA GEODÉSICA:

Es la proyección de un icosaedro con las caras moduladas en malla triangular en la esfera que la circunscribe. Sin embargo, si proyectamos un poliedro derivado del icosaedro, truncando los vértices hasta que todas las aristas de pentágonos y hexágonos sean iguales, habremos conseguido que las variaciones de longitud sean relativamente pequeñas.

Con esta disposición conseguimos un buen reparto de tensiones, aun a 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

DOUBLE CURVE STRUCTURES

In this chapter, we are going to give some general notes on some types of domes. There are many different ways of subdividing a sphere. Here we focus on three ways:

- Geodesic domes
- Parallel section domes
- Parallel laminar section domes.

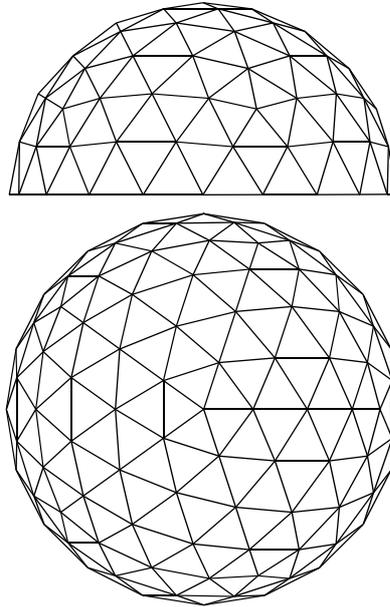
GEODESIC DOMES:

A geodesic is a projection of an icosahedron with the modulated faces forming a triangular grid on the sphere that surrounds it. Nevertheless, if we project a polyhedron derived from an icosahedron, truncating the vertices until all the edges of pentagons and hexagons are equal, we will have achieved relatively small variations in length.

With this arrangement, we achieve a good distribution of stresses, although at the expense of a more complex erection. These domes are always designed with a triangular structure containing one or two layers; alternatively, an intermediate

superficie por medio de pirámides rebajadas hexagonales casi siempre atirantadas.

solution can be used, which consists in folding the surface by means of shortened hexagonal pyramids, almost always braced.



CÚPULAS 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.

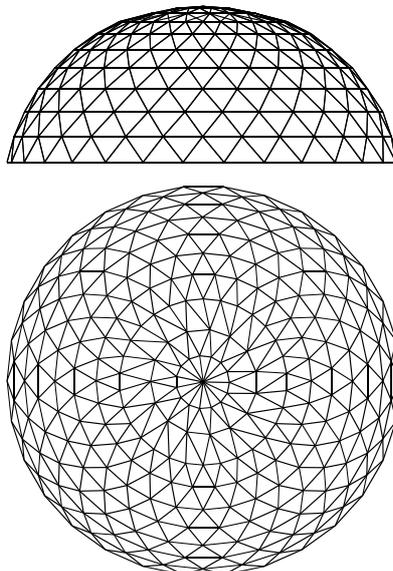
Así mismo, pueden resolverse en una o dos capas dependiendo del tamaño de la planta.

Las luces que se pueden cubrir con cúpulas que no sean de una sola capa son muy grandes, a tal punto, que se pueden acometer diámetros de 300 metros.

PARALLEL SECTION DOMES

This type of parallel section dome is constructed with square-based elements (trapezoidal in this case) or preferably, from a structural point of view, with triangular-based elements. Further, the dome can be designed in one or two layers, depending basically on the size of the maximum diameter.

Very large spans can be covered with domes that do not consist of just a single layer; domes with diameters of 300 metres are feasible.



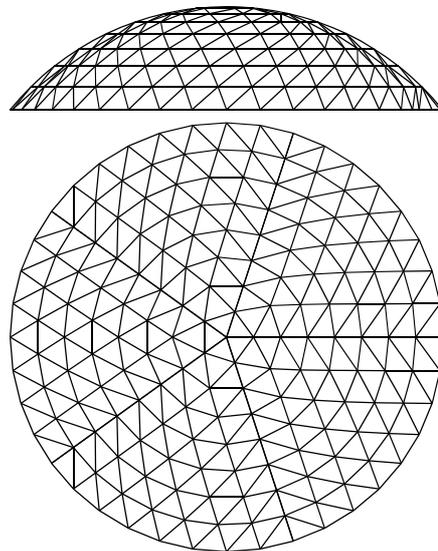


Es práctica común que las flechas de las cúpulas sean del orden de $\frac{1}{4}$ del diámetro, sin embargo teniendo en cuenta que el enemigo natural de las cúpulas y bóvedas son las cargas asimétricas, es necesario hacer minuciosos estudios.

En el caso concreto de cúpulas de una sola capa, a efectos estructurales, es conveniente rebajarlas, ya que en este caso uno de los factores más influyentes es la rigidez a flexión de las barras y por tanto la del empotramiento nudo/barra. Para finalizar, podemos afirmar que una estructura de cubierta circular de 40 metros de diámetro construida con una sola capa, es económica en términos absolutos.

CÚPULAS 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.



Tienen la ventaja de que las longitudes de las barras son muy semejantes y los apoyos están en un plano, no teniendo en la práctica limitación de luces.

It is common practice that the heights of domes are of the order of $\frac{1}{4}$ of the diameter. Nevertheless, taking into account that the natural enemy of domes are asymmetrical loads, thorough and detailed studies have to be made.

In the specific case of single layer domes, from the structural point of view it is advisable to reduce the height, as in this case one of the most relevant factors is the rigidity of the bars and, therefore, the rigidity of the node-bar end restraint.

To conclude, we can assert that a round roof structure, 40 metres in diameter, constructed with a single layer, is economical in absolute terms.

PARALLEL LAMINAR SECTION DOMES:

Of a special interest are the domes of parallel sections in which the number of modules decreases as the parallel sections get smaller. The designs that culminate in a square, pentagon or hexagon are preferable.

They offer the advantage that all the bars are of a very similar length and the supports are on the same plane, and there is, in practice, no limitation regarding spans.

DISEÑO DE ESTRUCTURAS:

ELECCIÓN DEL MÓDULO:

La elección de las diferentes familias de estructuras, no es siempre fácil y depende de un número determinado de criterios, que habrá que tener en cuenta si se quiere llegar a una realización lógica y económica. Para hacer este estudio, vamos a elegir una estructura cuadrada de dos capas y dimensiones superficiales infinitas. De esta forma se mantendrá la siguiente relación:

- a) Si $H = M / \sqrt{2}$, los metros lineales de barra por m^2 de estructura es 8 dividido entre la longitud del módulo.
 - b) Si $H = M$, los metros lineales de barra por m^2 de estructura es 8,9 dividido entre la longitud del módulo.
- En ambos casos el número de barras por m^2 es dividido por el módulo al cuadrado y el nº de nudos por m^2 de estructura es 2 dividido por la longitud del módulo al cuadrado.

En este tipo de estructuras de cada 8 barras, 4 están en las capas y las otras 4 están entre las capas, es decir, son lo que llamamos diagonales.

Si queremos cubrir una superficie de, por ejemplo, 20 x 20 metros con una estructura de base cuadrada y dos capas con las barras paralelas a las fachadas, el único problema que nos queda es el de elegir la longitud de la barra compatible con las dimensiones del recinto.

Antes de seguir con este ejemplo, conviene recordar que las tensiones en las barras horizontales, son prácticamente independientes de la longitud del módulo y los esfuerzos, siempre a igual carga, en las barras diagonales son proporcionales al módulo elegido.

DESIGN OF STRUCTURES:

CHOICE OF MODULE:

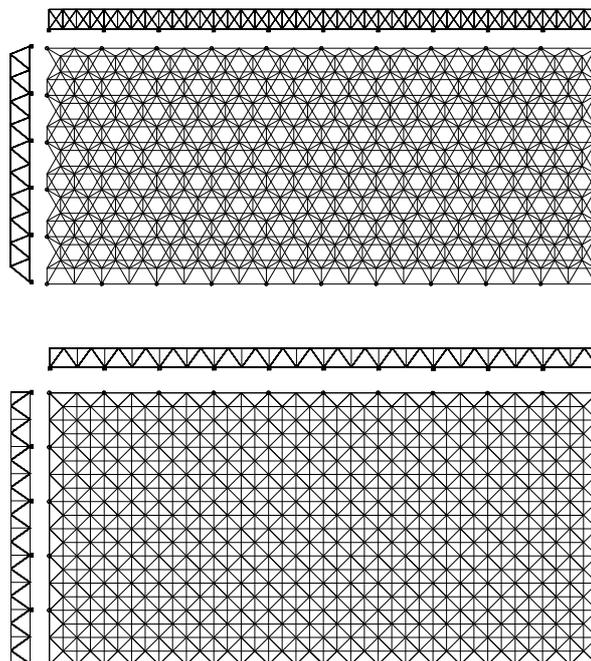
The choice of the different families of structures is not always easy and depends on a given number of criteria that have to be taken into account in order to achieve a logical and cost-effective construction. For the purpose of this study, we are going to chose a square structure with two layers and infinite surface dimensions. Thus the following ratio will be maintained:

- a) If $H = M / \sqrt{2}$, the linear metres of bar per m^2 of structure is 8, divided by the length of the module.
 - b) If $H = M$, the linear metres of bar per m^2 of structure is 8.9, divided by the length of the module.
- In both cases, the number of bars per m^2 is divided by the square of the module, and the number of nodes per m^2 of structure is 2 divided by the square of the length of the module.

In structures of this type, out of each 8 bars, 4 are in the layers and the other 4 are between the layers, i.e. they are what we called diagonals.

If we wish to cover a surface measuring, for example, 20 x 20 metres, with a structure of square-based elements and two layers, with the bars parallel to the façades, the only problem remaining is to chose the length of the bars so that they are compatible with the dimensions of the enclosure.

Before continuing with this example, it is worthwhile remembering that the tensions in the horizontal bars are practically independent of the length of the module while the stresses in the diagonal bars, the loads being equal, are proportional to the module chosen.





Si comparamos dos longitudes de módulo de 2,5 m. y 1 m. necesitaríamos respectivamente, 8 y 20 módulos para cubrir la superficie inicial de 20 x 20 m.

Ahora bien, si las estructuras están apoyadas en todos los nudos del contorno y considerando en este caso el gran número de barras diagonales, éstas trabajarían muy poco. Como los esfuerzos de las barras de la capa superior e inferior en la parte central son parecidos, la dimensión de los nudos de una y otra estructura será prácticamente la misma, al igual que al sección media de las barras.

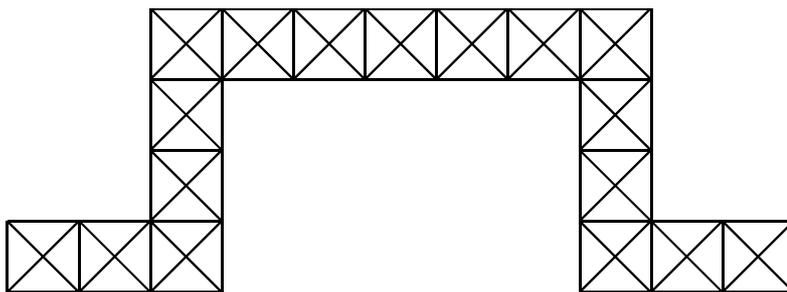
Entonces, ¿Qué diferencia existe?

La diferencia es que la longitud de las barras horizontales por m² de estructura será 2,5 veces mayor en un caso que en el otro y lo que es peor, que el número de nudos (del mismo tamaño), en la estructura con módulo de 1 metro será 6,25 veces mayor que en el caso de módulo de 2,5 metros.

La estructura de módulo 2,5 m., resistiendo lo mismo que la de módulo 1 m., tendría un peso de acero de aproximadamente la mitad y además, esto es lo más importante, en una estructura atornillada, dividiría por 6,25 el número de nudos, de tornillos, soldaduras en taller de las puntas, nº de elevaciones de barras, de m² de pintura, etc...

Por tanto, la elección del módulo es fundamental, debiendo ser la mayor posible, pero compatible con la luz que puede soportar el cerramiento o forjado.

Podremos hablar de módulos pequeños, cuando la relación entre el canto de la estructura y la luz entre apoyos, sea menor de 1/15 para estructuras de dos capas sin curvatura, y de 1/30 a 1/40 para estructura de simple o doble curvatura.



Puede parecer mucha diferencia entre estos dos valores de 15 y 40, pero hay que insistir en estas proporciones si queremos aprovechar al máximo las características resistentes del acero, puesto que con esbelteces mayores no sólo existen problemas de economía, sino también la flecha, siempre que no se vuelva a sobredimensionar las secciones de las barras.

If we compare two module lengths of 2.5 m and 1 m, we would need 8 and 20 modules, respectively, to cover the initial surface of 20 x 20 metres.

If the structures are supported on all the nodes in the periphery and considering in this case the large number of diagonal bars, these latter work very little. As the stresses in the bars in the upper and lower layers in the centre are similar, the dimension of the nodes in both structures will be practically the same, as will the average cross-section of the bars.

Then, what difference is there?

The difference is that the length of the horizontal bars per m² of structure will be 2.5 times greater in one case than in the other and, what is worse, the number of nodes (of the same size) in the structure with a module of 1 m will be 6.25 times greater than in the case of the 2.5 m module.

The structure of the 2.5 m module, while having the same strength as the 1 m module, will require approximately half the weight of steel, and further - this is the most important aspect in a bolted structure - the number of nodes, of bolts, nuts, shop welds of the end of the bars, the number of bars to be lifted, the m² of paintwork, etc. would be divided by 6.25.

Thus, the choice of the module is of fundamental importance and should be as large as possible, but compatible with the span that the walls or slab can support.

We shall be able to speak of small modules when the relation between the depth of the structure and the span between supports is less than 1/15 for two-layer structures without curves and less than 1/30 to 1/40 for structures with a single or double curve.

It may seem that there is a very large difference between these two values of 15 and 40, but we must insist on these proportions if we wish to take maximum advantage of the strength characteristics of steel, as more slender designs give rise to problems not only of cost but also of sagging, unless the bar cross-sections are again oversized.

PRECÁLCULO Y CÁLCULO:

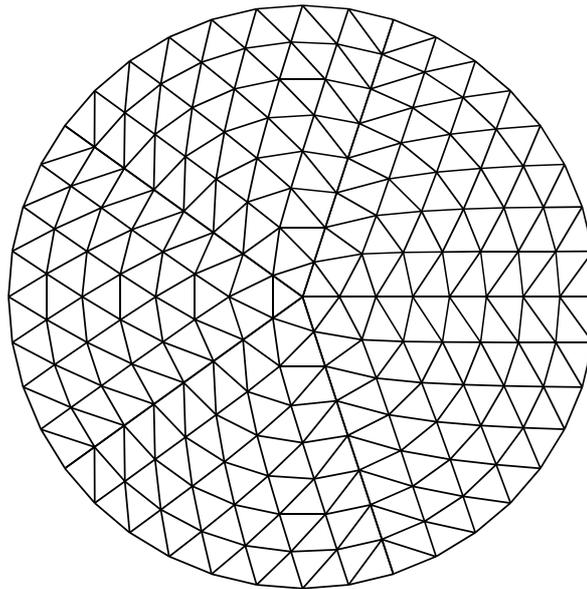
Para realizar el precálculo de una estructura, lo lógico es asimilar la estructura a una placa. Sin embargo esta asimilación sólo es abordable manualmente con estructuras simples, sin plegaduras y con condiciones de apoyo también simples.

En el caso de estructuras más complicadas, el procedimiento es el de elementos finitos, que consiste en discretizar la estructura y traducir el sistema de ecuaciones algebraicas, que pueden ser fácilmente procesables.

PRELIMINARY CALCULATIONS AND CALCULATIONS:

In order to make the preliminary calculations of a structure, the logical thing to do is to liken the structure to a saucer. However, this method can only be applied manually to deal with simple structures without folds and which involve simple supporting conditions.

In the case of more complicated structures, the finite element procedure should be used. This consists in discretizing the structure and translating the system of differential equations into algebraic equations that can easily be processed.



En definitiva, lo más sencillo es calcular la estructura por métodos matriciales directos. Esto no quiere decir que un calculista ingenioso, por medio de esquematizaciones apropiadas, no pueda atacar cualquier tipo de estructura por métodos manuales por complicada que esta sea. Lo contrario sería descalificar a Eiffel, Torroja o Nervi.

Ahora bien, si las estructuras están apoyadas en todos los nudos del contorno y considerando en este caso el gran número de barras diagonales, éstas trabajarían muy poco. Como los esfuerzos de las barras de la capa superior e inferior en la parte central son parecidos, la dimensión de los nudos de una y otra estructura será prácticamente la misma, al igual que la sección media de las barras.

Finally, the simplest method is to calculate the structure using direct matrix calculation methods. This does not mean that an ingenious estimator, using an appropriate schematized approach, cannot attack any type of structure with manual methods, however complicated it is. To assert the contrary would mean disqualifying Eiffel, Torroja or Nervi.

However, if the structures are supported on all the surrounding nodes, and taking into account the large number of diagonal bars, the loads supported by the bars will be very low. As the stresses on the bars of the top and bottom layers on the central part are quite similar, the size of the nodes in both structures will be practically identical, and the same is true for the average section of the bars.

**CÁLCULO PLÁSTICO:**

En estructuras espaciales, no debe emplearse en general el cálculo plástico, ya que la rotura por pandeo es frágil y por tanto las premisas de formación de rótulas o ejes plásticos pueden no cumplirse.

Sin embargo, si tomamos las debidas precauciones, sobredimensionando las barras de compresión y valorando debidamente algunos puntos de la estructura, puede ser un cálculo satisfactorio.

Independientemente de si es o no un cálculo definitivo, sí que es de gran valor para conocer el comportamiento de todo tipo de estructuras.

Esto es así, puesto que al señalar las líneas de rotura (rótulas) en el mecanismo de ruina, podemos conocer los puntos de máxima sollicitación e incluso podemos saber el valor de los esfuerzos.

EJEMPLOS DE CÁLCULO:**Placa isótropa de planta cuadrada apoyada en contorno y con carga uniforme**

En este caso el mecanismo de rotura estaría en las dos diagonales. Igualando el trabajo de la fuerzas exteriores con el de las interiores, da como resultado que el momento flector en el centro de la placa es:

$$M=Q/24$$

siendo Q, la carga total de la estructura, es decir, la carga unitaria multiplicada por la superficie en planta.

Afinando más sobre el mecanismo de rotura, pueden detectarse mecanismos que llegarían hasta un momento plástico de:

$$M=Q/21,7$$

Estructura espacial de dos capas de base cuadrada apoyada en el contorno y con carga uniforme

• 1er. caso: Lados del cuadrado en la dirección de las diagonales, es decir, cuadrada girada 45°.

En este caso el mecanismo de rotura es igual que el anterior y por tanto podemos pensar que el momento flector en el centro de la estructura es:

$$M=Q/24 \text{ o si se quiere: } M=Q/22$$

Los cortantes pueden tomarse como:

$$M=(Q \times 3) / (8 \times L)$$

siendo L la longitud del lado (luz).

PLASTIC CALCULATIONS:

Generally speaking, the plastic calculation method should not be used for spatial structures, as rupture due to buckling is a brittle phenomenon, and therefore the premises relating to the formation of plastic axes or hinges may not be fulfilled.

Nevertheless, if due precautions are taken, the compression bars oversized and some points of the structure properly estimated, it can provide satisfactory calculations.

Regardless of whether it is a final calculation or not, it certainly is very valuable to determine the behaviour of structures of all types.

This is due to the fact that, on indicating the rupture lines (hinges) in a catastrophic mechanism, we can ascertain the points of maximum stress and even discover the value of the stresses.

EXAMPLES OF CALCULATIONS:**Isotropic plate with a square plan view, supported on the periphery and with uniform load**

In this case, the rupture mechanism would occur on the two diagonals. When the work of the exterior forces is equalized with that of the interior forces, we obtain the moment of flexion in the centre of the plate:

$$M=Q/24$$

where Q is the total load of the structure, i.e. the unit load multiplied by the plan view area.

On examining the rupture mechanism in more detail, mechanisms can be detected that attain a plastic moment of up to:

$$M=Q/21,7$$

Two-layer spatial structure with square base, supported on the periphery and with uniform load

• 1st case: Sides of the square in the direction of the diagonals, i.e. the square is rotated 45°.

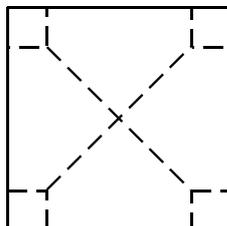
In this case, the rupture mechanism is identical to the one described previously and we can, therefore, assume that the bending moment in the centre of the structure is:

$$M=Q/24 \text{ or: } M=Q/22$$

The shear forces can be considered as:

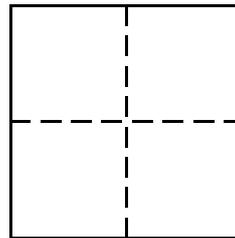
$$M=(Q \times 3) / (8 \times L)$$

where L is the length of the side (span).



• 2º caso: Lados del cuadrado paralelos a los lados, es decir, cuadrada normal. En este caso el mecanismo es perpendicular a los lados de la planta.
 El momento flector resultante es:
 $M=Q/16$
 Hay que hacer una aclaración y es que el método de cálculo, se ha supuesto una inercia uniforme o lo que es lo mismo, barras de igual sección en cada una de las capas.
 En este caso si tomamos un momento máximo de:
 $M=Q/14$

• 2nd case: Sides of the square parallel to the sides, i.e. a normal square. In this case, the mechanism is perpendicular to the sides of the plan view area.
 The resulting bending moment is:
 $M=Q/16$
 Here we should clarify that for this method of calculation, uniform inertia has been assumed or, what comes to the same thing, bars with identical cross-sections in each of the layers.
 In this case, if we take a maximum moment of:
 $M=Q/14$



podemos dimensionar de forma variable las distintas barras, según el diagrama de momentos, es decir, por las parábolas acotadas por las dos principales con flecha máxima de:
 $f=Q/14$
 en cuanto a los cortantes, si llamamos L al lado de la estructura, el cortante máximo por ml. En el centro de los lados puede tomarse como: $T_c=Q/2L$
 El cortante máximo por ml.
 En los extremos será: $T_c=Q/8L$
 Estructura espacial de forma y base cuadrada apoyada en los cuatro vértices:

we can vary the size of the different bars, in accordance with the moment diagram, i.e. using the parabolas bounded by the two main ones, with a maximum sag of:
 $f=Q/14$
 As regards the shear stresses, if we call L the side of the structure, the maximum shear stress per linear metre in the centre of the sides can be taken as: $T_c=Q/2L$
 The maximum shear stress per linear metre at the ends will be: $T_c=Q/8L$
 Spatial structure with a square shape and base, supported on the four vertices

Si pasamos de supuestos plásticos a elásticos, vemos que el momento máximo es del orden de:
 $M=Q/6$
 y aparece en el centro de cada uno de los lados libres.
 En el centro de la estructura puede tomarse como momento de precálculo:
 $M=Q/16$
 para obtener los momentos intermedios, basta con interpolar parabólicamente.
 En este caso ya no es fácil fijar a priori los cortantes aunque si pueden determinarse los esfuerzos en los apoyos, en los que coinciden generalmente tres diagonales.
 La diagonal en dirección al centro puede a estructura puede soportar una carga del orden de:
 $M=Q/8$
 Las otras dos diagonales deben

If we change from plastic to elastic assumptions, we see that the maximum moment is around:
 $M=Q/6$
 and that it appears in the centre of each of the free sides.
 In the centre of the structure, the moment for preliminary calculations can be taken as:
 $M=Q/16$
 The intermediate moments can be obtained by parabolic interpolation.
 In this case, it is not easy to establish the shear stresses "a priori", although the stresses on the supports where three diagonals generally coincide can be determined.
 The diagonal going towards the centre of the structure can withstand a load of around:
 $M=Q/8$
 The other two diagonals have to



soportar esfuerzos del orden de $\frac{1}{2}$ de la diagonal principal.

$$T=(Q/8) \times (1/\text{sen } a)$$

Esfuerzos de tracción y compresión en la estructura:

Una vez conocidos los momentos de flexión y los esfuerzos cortantes, la traducción a compresiones y tracciones en las barras es sencillo.

Placa isótropa cuadrada apoyada en cuatro puntos:

En este caso el mecanismo de rotura nos da un momento plástico de:

$$M=Q/8$$

Estructura espacial de base triangular:

Aunque no pueda afirmarse que la estructura sea isótropa, puede considerarse para el precálculo, que su comportamiento es el de una placa isótropa. En el caso de que la planta de la estructura sea rectangular en lugar de ser cuadrada, puede obtenerse una idea de las cargas que soporta en cada una de las dos direcciones perpendiculares, igualando las flechas en los dos sentidos en el punto central.

Estructuras con soportes puntuales:

En este caso pueden aplicarse, para una primera aproximación, las normas dadas en la H-91 para cálculos aproximados de forjados nervados en dos direcciones.

Pero ha de considerarse que, en general, los esfuerzos calculados se quedan cortos en las zonas de apoyo y en algunos bordes. De todas formas, los resultados obtenidos, a efectos de precálculo, son suficientemente aproximados.

CÁLCULO DEFINITIVO

En el momento actual, la mínima solución razonable es el cálculo matricial por medio de ordenadores. Las estructuras en general se consideran articuladas, lo que simplifica a tres las seis incógnitas de cada nudo (3 desplazamientos y 3 giros por sólo 3 desplazamientos), sin que los resultados obtenidos tengan desviaciones importantes.

Sin embargo, es absolutamente necesario conocer los cálculos de asimilación, para "comprobar" los resultados del ordenador y detectar las posibles desviaciones.

withstand stresses of around $\frac{1}{2}$ of those borne by the main diagonal.

$$T=(Q/8) \times (1/\text{sen } a)$$

Tensile and compression stresses in the structure

Once the bending moments and shear stresses are known, it is a simple matter to translate them into compression and tensile stresses in the bars.

Square isotropic plate supported on four points

In this case, the rupture mechanism gives us a plastic moment of:

$$M=Q/8$$

Spatial structure with a triangular base:

Although it cannot be asserted that the structure is isotropic, it can be considered for the preliminary calculation that it behaves in the same way as an isotropic plate.

If the plan view of the structure is rectangular instead of square, an idea of the loads it bears in each of the two perpendicular directions can be obtained by equalizing the sags in both directions at the centre point.

Structure with point supports

In this case, and as a first approximation, the standards given in H-91 for the approximate calculation for ribbed floor slabs in both directions can be applied.

Nevertheless, it should be taken into account that, generally speaking, the calculated stresses are too low in the areas of the supports and at some edges. However, the results obtained are sufficiently accurate for the purposes of preliminary calculations.

FINAL CALCULATIONS

At present, the minimum reasonable solution is provided by matrix calculation using computers. In general, the structures are considered to be articulated, which simplifies the calculations, reducing the six unknowns at each node to only three (3 shifts + 3 turns reduced to only 3 shifts) without significant deviations being introduced in the results obtained.

However, it is absolutely essential to have some knowledge of calculation by likeness in order to "check" the results obtained from the computer, and to detect any possible deviations.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

STRUCTURALS ELEMENTS

PALC3

PALC 3

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.

Nodes

These are spherical steel pieces, with machined and threaded holes, into which the ends of the bars fit and which receive the node/bar fastening bolts.

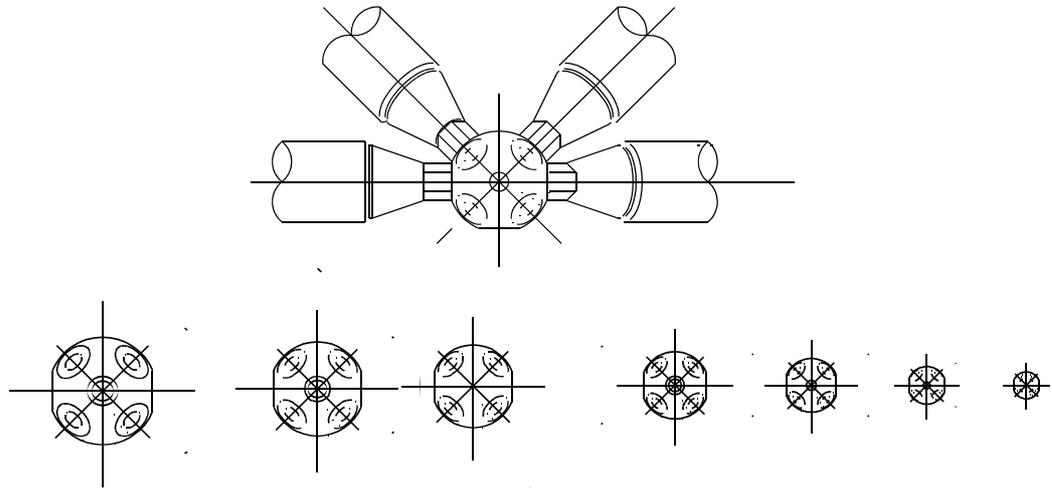
Barras

Son elementos formados por tubos de acero A 42.b 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

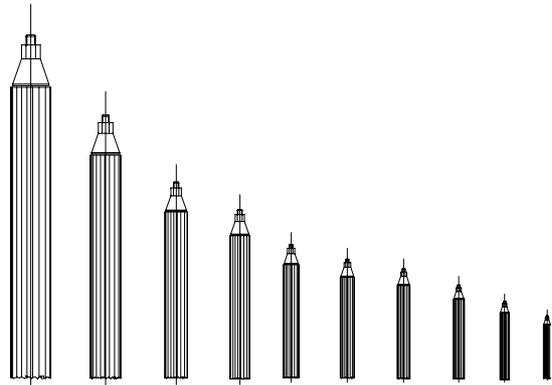
Bars

They are made of cold-formed A 42.b steel pipes. The ends of the pipes are provided with points with a through hole for the bolts that fasten them to the nodes.

One of the characteristics of pre-fabricated structures is that they can



Diámetro (mm.) Diameter	Nominal (mm.) Nominal	P (Kg)	Tensión máx. (Hg) Tension
54	50	0,540	4.000
77	70	1,800	7.520
108	100	4,350	16.000
153	125	9,640	23.100
165	154	18,100	37.200
190	175	26,575	50.200
207	200	39,200	72.400



Diámetro (mm.) Diameter	e (mm.)	P (Kg/m2)	A (cm2)	I (cm4)	I(cm)
40	2	1,874	2,388	4,322	1,345
50	2	2,367	3,016	8,701	1,698
60	2	2,861	3,644	15,342	2,052
70	2,5	4,162	5,301	30,235	2,388
76	3	5,401	6,880	45,907	2,583
85	4	7,990	10,179	83,682	2,867
108	4	10,259	13,069	176,955	3,680
125	6	17,608	22,431	398,066	4,213
168	7	28,264	36,005	1171,623	5,704
219	9	46,610	59,376	3279,119	7,431



DESCRIPCION

DESCRIPTION

FABRICACION

Una de las características de las estructuras prefabricadas, es la de que puede ser totalmente realizadas en taller y por lo tanto el proceso de fabricación, puede ser totalmente 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

MANUFACTURE

One of the characteristics of prefabricated structures is that they can be totally manufactured in the workshop and, therefore, the manufacturing process can be perfectly controlled.

Spatial structures need very strict manufacturing tolerances, as, in the case of structures that are to a great extent statically undeterminable, it might even be impossible to accomplish the erection.

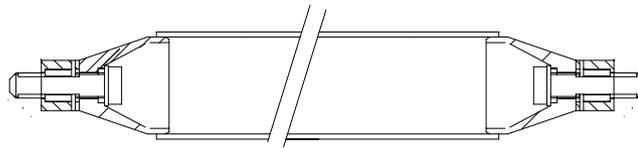
As regards the dimensions of the bars, the fabrication process itself allows the bars to be individually and thoroughly examined. As regards strength, the best control is destructive sampling, as is done at present. The welds between the pipe and the end fastening-pieces to form the bars are made in an automatic process at both ends simultaneously. The end fastening-pieces are positioned semi-automatically.

The other items of the auxiliary roo-

semiautomática.

El resto de los elementos de la estructura auxiliar de cubierta, se sueldan asimismo en taller con la ayuda de útiles preparados al efecto, que determinan su posición y dimensión.

fing structure are also shop-welded with the tools prepared for that purpose, which determine their position and dimensions.



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 electrostática 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. Asimismo, se comprueba la resistencia de la capa y su espesor.

CONTROL

Para cada elemento integrante de la estructura existe una gama de control. Estos controles, tanto dimensionales como resistentes, garantizan un alto grado de calidad, así como una gran homogeneidad en la misma.

Tolerancias PALC 3

Para el sistema PALC 3 los procedimientos de fabricación permiten obtener unas tolerancias de $\pm 0,1$ mm. por metro lineal en barras, $\pm 0,1$ mm. entre caras de nudos y $\pm 5'$ en la posición de ángulos.

DEGREES OF FINISH

All the items of the spatial structure are given an anti-corrosion protective coating, which, in this case, consists of the application of stove-polymerized polyester powder paint. In order to ensure a good quality finish, the surfaces are prepared by:

- Degreasing and washing.
- Microcrystalline phosphating.
- Electrostatic application of the paint powder.
- Polymerization by baking.

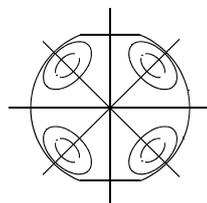
Subsequently, the quality of the paint and of its application are checked with mechanical and chemical tests, and its adherence and corrosion resistance are verified with salt mist and UV tests. The strength and thickness of the layer are also checked.

CONTROL

Each item integrated in the structure undergoes a variety of controls. These dimensional and strength controls guarantee the high quality and uniformity of the products.

PALC 3 Tolerances

In the case of the PALC 3 system, the fabrication procedures ensure tolerances of ± 0.1 mm per linear metre in bars, ± 0.1 mm between the faces of the nodes and $\pm 5'$ in the angles.





DESCRIPCION

Las barras, cuyas puntas para unión a los nudos van soldadas con CO₂ en atmósfera controlada, son sometidas a un control estadístico destructivo. Todos los elementos auxiliares, tornillos de alta resistencia, arandelas, tuercas, puntas, etc., se someten a un riguroso control, tanto resistente (dureza, fisuras, grietas, protección, etc...), como dimensional.

Los resultados son rigurosamente contrastados, analizándose de forma continuada todas las incidencias del ensayo a través de sus diagramas.

MONTAJE

Siendo esta estructura totalmente prefabricada, las únicas operaciones a realizar en obra 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

DESCRIPTION

The bars, to which the end fastening-pieces are welded with CO₂ in a controlled atmosphere, are submitted to statistical control via destructive testing.

All the auxiliary items: high-strength bolts, washers, nuts, end pieces, etc. undergo a rigorous control process for both strength (hardness, hairline cracks, cracks, protection, etc.) and dimensional tolerance.

The results are strictly checked and all the incidents detected in the tests are continuously analyzed by means of the corresponding charts.

ERECTION

As this structure is totally prefabricated, the only work that has to be carried out on site is: bolting the bars to the nodes and fastening the structure to the pillars.

The bolts used - all high-strength ones - are first positioned and lightly tightened and subsequently tightened with a torque wrench adjusted for the diameter, thread and grade characteristics of the corresponding bolts.

The most convenient erection system is to assemble the structure on the

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 5000 m² 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. Las condiciones óptimas para el montaje con este sistema son:

- Suelo en condiciones para ensamblar la estructura sobre él.
- Acceso de grúas en solera y laterales de la obra.
- Pilares libres de correas laterales y arros-tramientos para poder montar la estructura entre ellos.

Si estas condiciones no se cum- plen, hay que emplear otros sistemas de montaje, que no permiten obtener tan ópti- mos resultados en rapidez y rendimiento como el sistema descrito.

CUBRICION

La pendiente de la estructura, se da a través de unas piezas verticales de longitud variable, que van colocadas sobre los nudos superiores de la estructura, y que sirven de apoyo a las correas. En caso de estructuras con inclinación propia, los soportes de correas serán elementos iguales en cuanto a su longitud. Una vez colo- cadas las correas sobre los soportes antes mencionados, ya no queda otra cosa que el colocar el material de cubrición. Este puede ser de cualquier tipo: chapa simple, panel aislante, chapa con diversos tipos de imper- meabilización o aislamiento, etc.

ground and to lift it into quickly place with cranes. The lifting operations must be care- fully calculated so that the stresses that might be originated by the dynamic forces or by pieces catching in the fixed structure do not damage the structure itself.

Thanks to the capacity of cranes today, sections of up to 5000 m² can be lif- ted in one single operation, leading to high productivity, speed and safety.

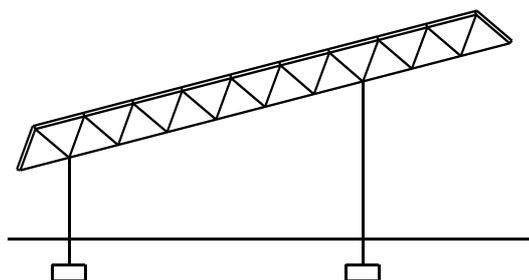
The dimensions of the sections that can be raised depend on the capacity of the cranes available and the accessibility of the site. The optimum conditions for erection with this system are:

- Ground suitable for the assembly of the structure.
- Access of cranes to the floor slab and sides of the building.
- Pillars free of lateral purlins and braces so that the structure can be erected between them

If these conditions are not met, other erection systems have to be used, which do not give the same results as regards speed and efficiency as the system described.

ROOFING

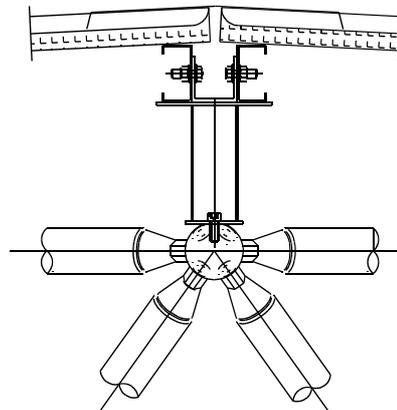
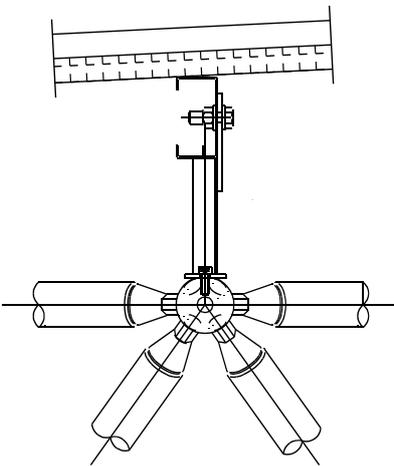
The slope of the roof is achieved by means of vertical pieces of a variable length placed on the upper nodes of the structure to support the purlins. In the case of structures which are themsel- ves sloping, the purlin supports will all be of equal length. Once the purlins have been placed on the supports mentioned, it only remains to instal- l the covering material. This can be of any type: single layer sheet, insulating panel, sheet with various types of waterproofing or insulation, etc.





DESCRIPCION

DESCRIPTION



Las estructuras espaciales sistema PALC3 diseñadas por D. FRANCISCO JAVIER ALCALDE CILVETI están amparadas por las patentes:

4.027.449
287.931
293.580
1.012.031

The PALC system space frames designed by FRANCISCO JAVIER ALCALDE CILVETI are covered by the patents:

4.027.449
287.931
293.580
1.012.031

**ACERALIA CONSTRUCCIÓN
ORGANIZACIÓN COMERCIAL**

WWW.ACERALIACONSTRUCCION.COM

Central

Ctra de Guipuzcoa Km. 7,5
31195 Berrioplano · Navarra · España
Tfno. 948 138 600
Fax. 948 138 686
E-mail marketing.construccion@arcelor.com

Zona Noroeste

(Galicia, Asturias, León, Palencia y Zamora)
Alfredo Truan, 9 - 1º izda
33205 · Gijón · Asturias
T. 985 351 161 · Fax 985 351 048
asturias.construccion@arcelor.com

Zona Norte

(País Vasco, Cantabria, Navarra, Burgos, La Rioja, Soria y Aragón)
Luchana 6 - 3º D
48008 Bilbao · Vizcaya
T. 944 155 455 · Fax. 944 153 212
bilbao.construccion@arcelor.com

Zona Este

(Cataluña, Comunidad Valenciana, Baleares, Murcia y Andorra)
Avda. Meridiana, 350 - 12º C-D
08027 Barcelona
T. 932 742 193 · Fax. 933 466 557
barcelona.construccion@arcelor.com

Zona Centro

(Madrid, Castilla la Mancha, Avila, Segovia Salamanca y Valladolid)
C/ Albacete 3, planta 3ª
28027 Madrid
T. 915 969 544 · Fax 915 969 515
madrid.construccion@arcelor.com

Zona Sur

(Andalucía, Extremadura Ceuta y Melilla)
Virgen de Luján 51 - 1º
41011 · Sevilla
T. 954 281 444 - Fax 954 450 129
sevilla.construccion@arcelor.com

Exportación & Canarias

Ctra. Guipúzcoa km. 7,5
31195 · Berrioplano · Navarra · Spain
T. +34 948 138 670 +34 948 138 684
Fax. +34 948 138 686
pablo.zalba@arcelor.com

