

1. Introducción a las estructuras textiles

1.1 Tipología estructural

La curvatura anticlástica es uno de los mayores condicionantes a la hora de definir la tipología de las estructuras textiles. Hay que decir, que este condicionante no es limitante, si no todo lo contrario, ya que ofrece una de las características más singulares de estos tipos de construcciones, su flexibilidad en las formas y el carácter orgánico de su apariencia.

En este punto es donde entra la creatividad del diseñador, que se ha de basar en el conocimiento de las exigencias tecnológicas de estos tipos de estructuras.

1.1.1 Formas simples

Se puede considerar que existen tres tipos de superficies básicas, cuya curvatura es anticlástica a cualquiera de sus puntos (Figura 5):

- El paraboloides de revolución.
- El conoide de revolución.
- El paraboloides hiperbólico.

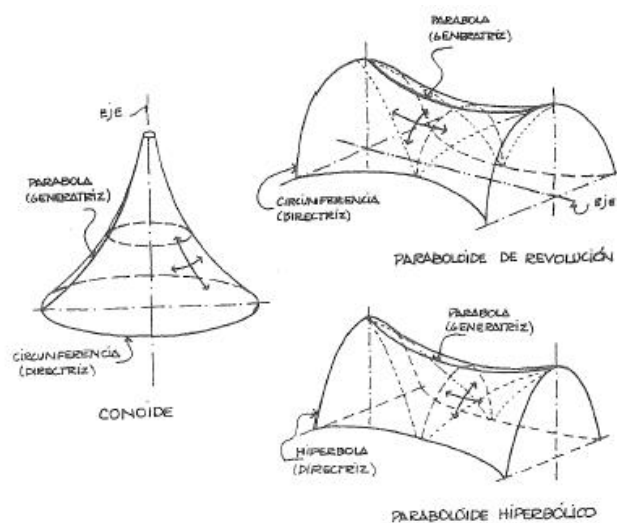


Figura 1.1 Superficies geométricas simples con curvatura anticlástica en todos los puntos

1.1.2 Variantes de las formas simples

De estos tres tipos de formas simples, se pueden hacer otras variantes que es conveniente mencionar. Para su explicación, se hará según la deformación que habrá que aplicar a las formas simples iniciales.

1.1.2.1 Conoides

El conoide tipo se origina a partir de una deformación puntual en el centro de la membrana plana y perpendicularmente a la misma. Las variantes más elementales resultarán de introducir esta deformación puntual de forma asimétrica o de introducir deformaciones lineales en lugar de puntuales.

- Conoides asimétricos: al introducir una deformación puntual asimétrica, resultarán formas similares a la de la figura, con una gran diversidad de soluciones formales que dependerá de la situación de la deformación y de la altura a la que se llegue respecto el plano original. Esta deformación puntual, también puede tomar direcciones no perpendiculares al plano inicial, originándose más variantes. Por otra lado, si esta deformación se da en un de los extremos de la membrana, se obtiene el conocido como semi – conoide, ya que sería el equivalente a cortar un conoide por la mitad.

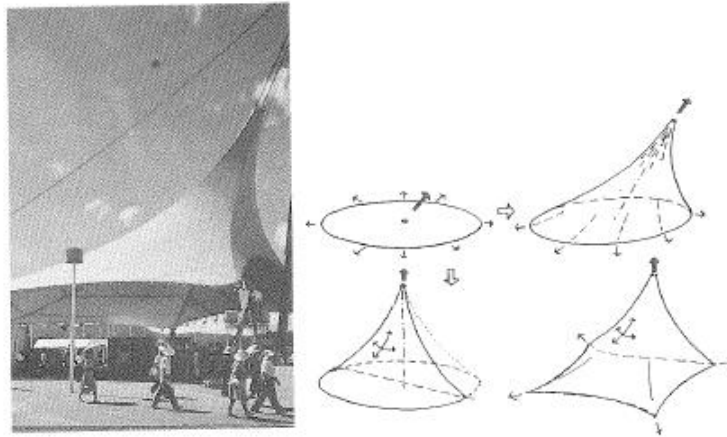


Figura 1.2 Conoides asimétricos y semiconoides

- Conoides lineales: al introducir una deformación lineal, la cual podrá ser recta o curva. Esta última podrá estar contenida o no al plano perpendicular de la membrana inicial y la recta podrá ser paralela, o no, a este plano. Otra vertiente, se obtiene aplicando esta deformación lineal de forma central y simétrica a la membrana inicial o de forma asimétrica.

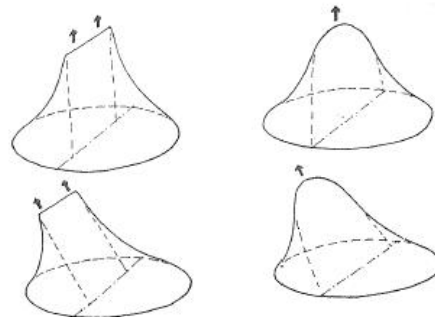
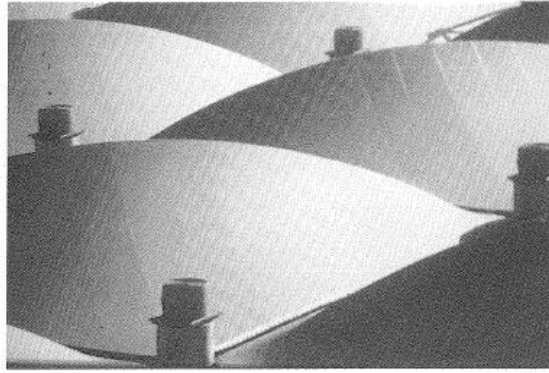


Figura 1.3 Conoides lineales

1.1.2.2 Paraboloides hiperbólicos

El paraboloides hiperbólico simple original se obtiene elevando uno de sus extremos. Como es lógico, existen muchas variaciones y posibilidades de estabilización tensional por deformación del extremo, ya sea esta deformación puntual, lineal y/o simple o múltiple.

- Deformaciones puntuales: la solución de deformar un las cuatro esquinas, puede aceptar un serie de variaciones mediante una mayor o menor deformación o el complemento de deformación con el mismo sentido del extremo situado a la diagonal, o de deformaciones combinadas de los cuatro extremos. También hay que indicar, que si la membrana inicial no es cuadrada, si no poligonal, las variaciones es multiplican. Por otra parte se puede combinar con los semi – conoides, aplicando cargas en los extremos del mismo paraboloides.

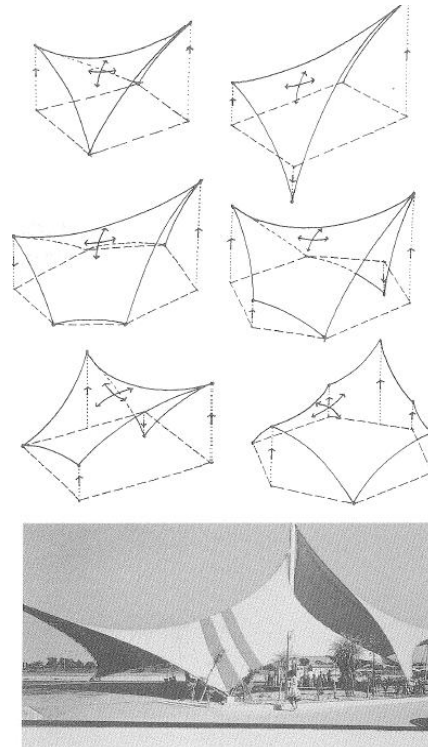


Figura 1.4 Paraboloides hiperbólicos de baza poligonal por deformación de puntos

- Deformaciones lineales: si la deformación que se introduce es lineal, ya sea de una esquina entera o de una parte aparecen nuevas posibilidades. Incluso, se pueden combinar las deformaciones lineales con las puntuales, obteniendo infinitas variantes de forma.

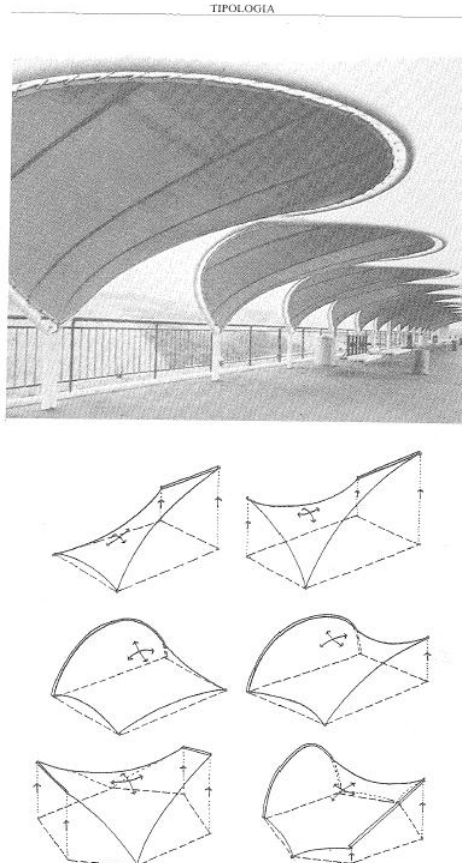


Figura 1.5 Paraboloides hiperbólicos de baza poligonal por elevación de líneas y mixtas

1.1.3 Formas compuestas

Podemos considerar en este grupo, cualquiera combinación de las formas simples ya vistas. Debido a la infinidad de formas que estas combinaciones ofrecen, se agruparán en tres grupos para poder explicarlas.

La unión entre diferentes formas puede ser de dos tipo, tal y como se puede ver en la Figura 1.6), cualquiera de ellas manteniendo la estabilidad tensional.

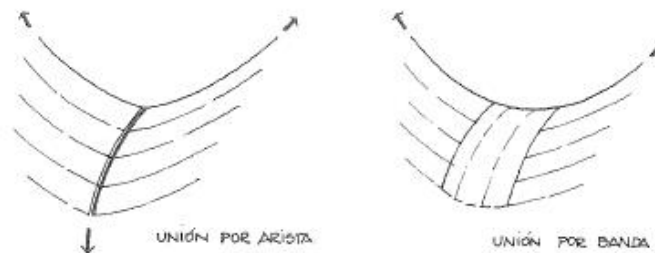


Figura 1.6 Tipo de unión entre superficies

- Con arista viva (cable colaborando con lo estructura tensional), mediante un elemento lineal flexible y tensado que introduce y mantiene los esfuerzos estabilizadores.
- Con banda de unión, cuando esta no tiene arreglo de continuidad, constituida por una superficie similar a una paraboloides hiperbólico recogiendo los esfuerzos de manera que garantiza la estabilidad de la unión.

1.1.3.1 Conoide + Conoide

Esta combinación aparece de introducir dos o más deformaciones en una misma membrana. Las posibilidades son muchas, y dependerán del número de puntos de deformación, su situación, la altura de las mismas, y otros.

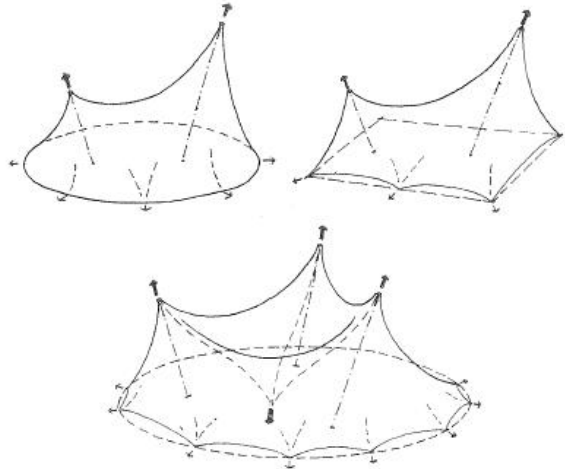


Figura 1.7 Combinación de conoides

Un caso singular que hay que comentar se da cuando el número de deformaciones es superior a dos. En esta situación, se puede dar una zona con curvatura sinclástica, cóncavo hacia arriba, y por lo tanto, inestable. Semillas, será necesario introducir una nueva deformación al interior de este zona y con signo contrario, resultando un conoide negativo.

1.1.3.2 Paraboloides + Paraboloides

Se da cuando se unen paraboloides por un de sus esquinas, sean estas líneas rectas o curvas. Se utiliza mucho para cubrir grandes superficies, pudiendo ser de disposición paralela o radial.

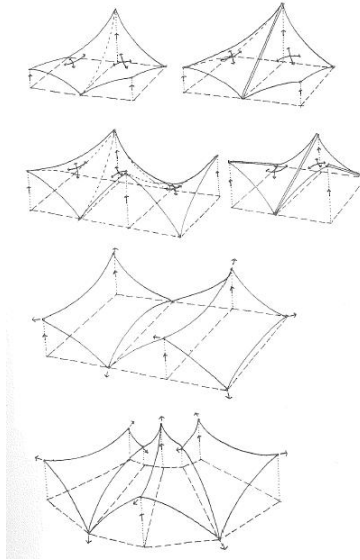


Figura 1.8 Combinación de paraboloides

1.1.3.3 Conoide + Paraboloides

Se da cuando se combinan deformaciones puntuales con otro de lineales, ya sean interiores o exteriores, obteniendo una otro grupo con infinidad de posibilidades, ya que dependen de muchas variables, ya explicadas anteriormente.

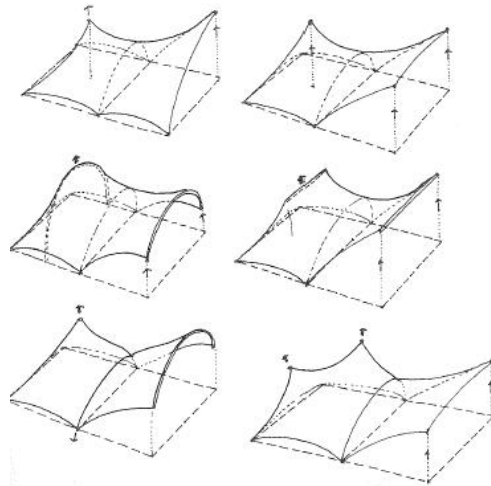


Figura 1.9 Combinación de conoides y paraboloides con deformaciones puntuales y lineales

1.2 TÉCNICA CONSTRUCTIVA

En el momento del montaje e izaje , adquiere importancia su perímetro y, en general, todos los puntos de contacto con la estructura que la soporta, ya que a través de ellos introduciremos las tensiones previas de estabilización y la mantendremos en posición ante las solicitaciones.

La construcción de este conjunto de puntos de conexión de la cubierta con la estructura de apoyo es el que se explicará brevemente en este punto.

1.2.1 Bordes

Aquí se tratará su aspecto puramente resistente, su funcionamiento mecánico y sistema constructivo, diferenciando entre dos tipo de relinga.

1.2.1.1 Relinga flexible

La relinga flexible es fija por puntos y la parte que hay entre dos de estos puntos, se deformará hacia el interior de la membrana, debido a las tensiones de la tela, hasta equilibrarlas. Esta puede ser interior o exterior, fijándose a la membrana de la manera que se puede ver en la Figura 1.10.

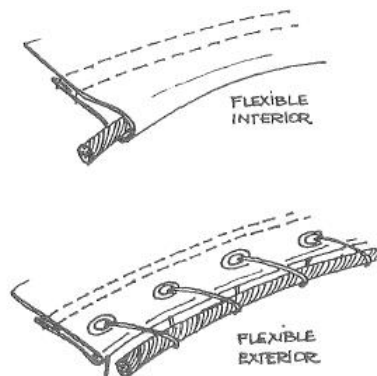


Figura 1.10 Relinga flexible

Un aspecto importante a tener en cuenta, es la variación del módulo de elasticidad con respecto al del resto de la membrana. También hay que evitar el movimiento de la tela respecto la relinga, pudiendo provocar la aparición de arrugas o incluso la acumulación de tela en un punto. Por evitarlo se utilizan unos elementos conocidos como pinzas.

1.2.1.2 Relinga rígida

La relinga rígida supone una solución media entre la relinga flexible y la fijación perimetral continua. Se trata de un elemento de extremo rígido, fijado por puntos a la estructura de apoyo y que está sometido principalmente a esfuerzos de flexión.

También puede ser interior o exterior, tal y como muestra la siguiente Figura 26.

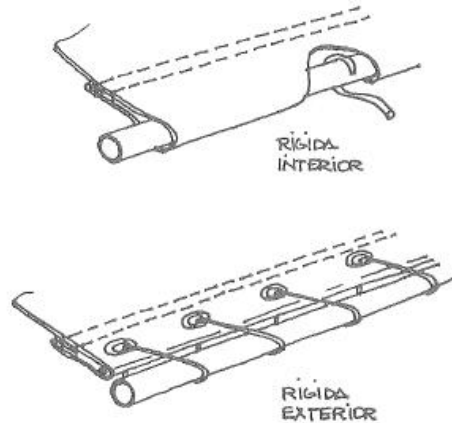


Figura 1.11 Relinga rígida

La distancia entre los puntos de fijación dependerá de la inercia del perfil metálico utilizado, ya que su deformación no puede superar el límite permitido según normativa y que no introduzca a la tela esfuerzos adicionales que podrían producir arrugas.

En este tipo de relinga, las tensiones transversales son más importantes que las longitudinales, debido a la falta de curvatura. Eso hace que no haya problemas de movimiento de la membrana respecto la relinga.

1.2.2 Anclajes

Para obtener estabilidad y poder introducir y mantener las tensiones necesarias en la tela, se fija esta a una serie de puntos. En estos puntos de fijación, se concentrarán las tensiones.

Todos los puntos de fijación se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Positivos: el esfuerzo que produce es hacia arriba, estará colgando de la tela.
- Negativos: el esfuerzo es hacia abajo, estando atirantada.

A continuación se explica brevemente los diferentes tipos que hay de puntos de fijación.

1.2.2.1 Puntos de fijación interiores

Nos permiten sujetar la cubierta en su zona central cuando se trata de grandes dimensiones. Hay de diferentes tipos, según las necesidades de la cubierta.

Los puntos de fijación interiores puntuales pueden aguantar o bajar la tela sin producir agujeros en la tela, evitando así el problema que estos suponen. Por lograrlo, los más adecuados son los casquetes esféricos o cónicos, que influyen la tela sin introducirle cambios bruscos de curvatura. En la siguiente Figura 1.12 se pueden ver los diferentes tipos de formas de fijación puntuales interiores.

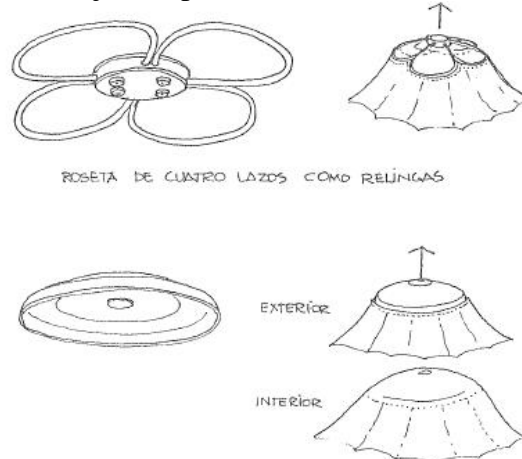


Figura 1.12 Formas de fijación puntual interior

Todo y las muchas posibilidades que estos tipo de puntos de fijación ofrecen, habrá que una estructura para fijarlos, que normalmente consiste en pilares, cables colgados si son positivos, o directamente sobre lo estructura de apoyo o con cables atirantados hacia abajo si son negativos.

Una otro tipo de solución por puntos de acodamiento interiores será la relinga circular alrededor del punto que cuelga. Este relinga puede ser rígida o flexible, tal y como se puede ver en la siguiente Figura 1.13.

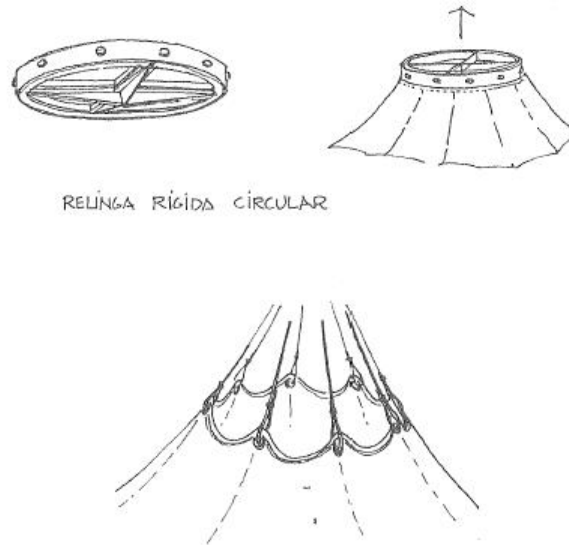


Figura 1.13 Relinga rígida circular y relinga flexible circular

Los puntos de fijación interiores lineales son normalmente flexibles, todo y que también se puede utilizar alguna estructura rígida, con el inconveniente que en la zona próxima a esta se dificulta obtener la curvatura anticlástica de la tela. Si los puntos de fijación son rígidos, solo habrá que apoyar la tela sobre la estructura, reforzándola en los puntos de contacto para evitar ruptura por frotación. También se puede sujetar la tela a esta estructura para evitar movimientos diferenciales excesivos. Si la concentración de esfuerzos es demasiado grande, se puede interrumpir la tela en este punto y convertir la línea de acodamiento en dos puntos de fijación perimetrales continuos.

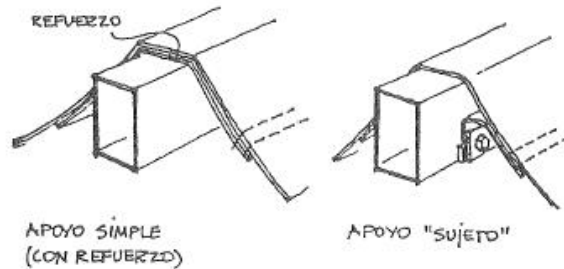


Figura 1.14 Acodamiento lineal rígido interior

Los puntos de fijación por esfuerzos negativos utilizan normalmente cables de acero, con dos posibilidades diferentes dependiendo de si es necesario proteger al cable de la humedad o no, tal y como se muestra en la Figura 1.15.

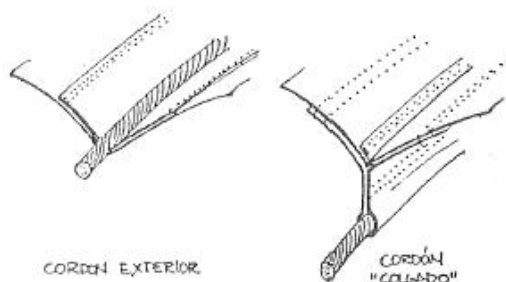


Figura 1.15 Puntos de fijación flexible para esfuerzos hacia montón

1.2.2.2 Puntos de fijación exteriores.

Los puntos de fijación exteriores son más fáciles de resolver constructivamente, todo y que las tensiones que estos reciben son mayores que en los interiores, ya que la superficie textil queda mucho reducida.

Los puntos de fijación exteriores puntuales tienen formas triangulares. Si se trata de cubiertas pequeñas con tensiones reducidas la solución puede variar según las indicadas en la siguiente Figura 1.16.

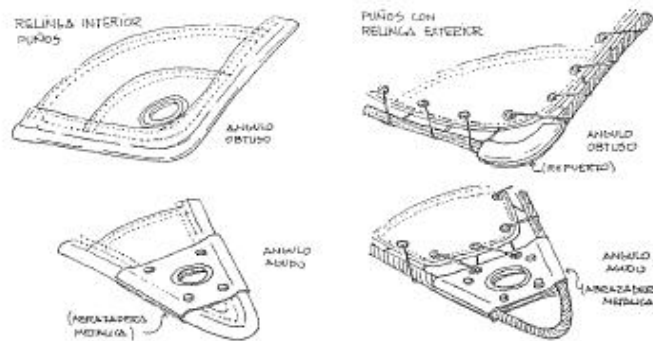


Figura 1.16 Puntos de fijación exteriores puntuales para pequeños esfuerzos

Si por contra se trata de una cubierta con grandes tensiones, la solución pasa por la utilización de una pieza metálica independiente a la que se fijan las relingas que llegan de las dos esquinas de la tela, así como el cable con los correspondientes tensores que fijarán esta pieza a lo estructura. También si añade un muelle para absorber los esfuerzos momentáneos que puedan surgir en la cubierta.

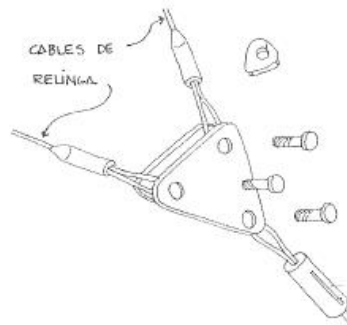


Figura 1.17 Pieza triangular para un punto de fijación puntual perimetral

Con esta solución (Figura 1.17) se facilita el montaje, ya que se trata las relingas de cada esquina de forma independiente y se puede tensar fácilmente gracias a los tensores que se incorporan.

Por lo que respecta a los puntos de fijación exteriores lineales, se puede decir que son similares a los de relinga rígida exterior ya comentados. Si se requiere soportar tensiones importantes o asegurar la estanquidad de la unión, se utiliza la sujeción por prensa (Figura 33).

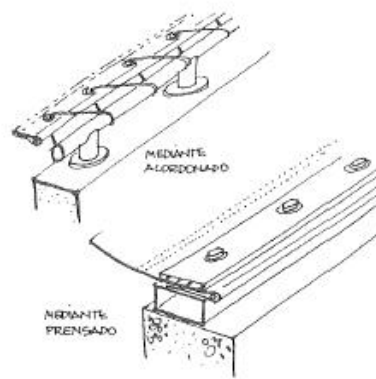


Figura 1.18 Figura 33.- Punto de fijación perimetral rígido

1.2.3 Estructuras auxiliares

Analizando los casos más corrientes de estructuras auxiliares empleadas en estas construcciones, se pueden agrupar en pilares, pórticos y puntos de fijación puntuales.

1.2.3.1 Pilares

Son elementos rígidos que permiten elevar puntos de la membrana e introducir en ella esfuerzos positivos (hacia arriba) que permitan adquirir una forma estable. Por lo tanto, se puede decir que recibirán esfuerzos a compresión, y que por lo tanto serán los encargados de transmitir estos esfuerzos a la estructura fija, ya sea la tierra o una estructura previa.

Según su situación, los podemos distinguir en interiores y/o exteriores. Según su funcionamiento estructural, distinguiremos entre articulados y empotrados.

1.2.3.1.1 Pilar articulado

Consiste en un elemento lineal rígido sometido únicamente a compresión gracias a la articulación, normalmente una rótula, en su extremo. Esta rótula permite el movimiento en todas las direcciones y no corta los movimientos de la membrana debido a esfuerzos exteriores.

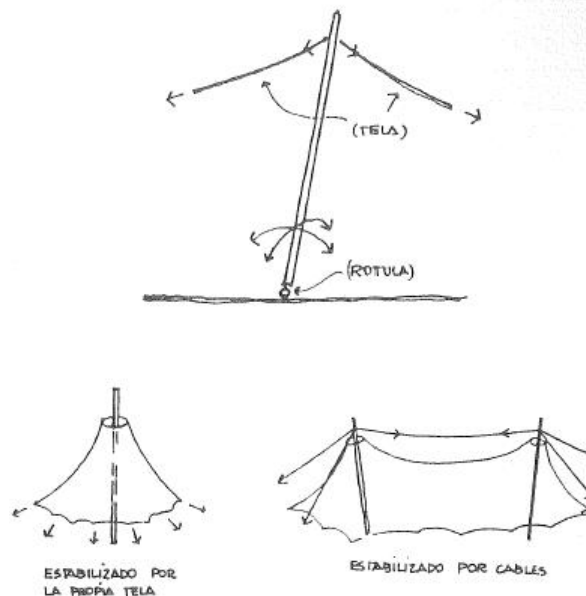


Figura 1.19 Pilar articulado

Muchos veces se utilizan cables de acero, conocidos como vientos, los cuales tienen la función de estabilizar este pilar por el extremo superior, sobre todo cuando el pilar es exterior (de extremo), ya que se montan dos vientos de forma que la bisectriz del ángulo que hay entre ellos sea la resultante del esfuerzo al que se verá sometido el pilar (Figura 35). Cuando se utiliza esta solución, habrá que tenerlo en cuenta en el proceso de cálculo ya que se reducen las posibilidades de deformación de la membrana, pudiendo llegar a ser un inconveniente de cara a la estabilidad.

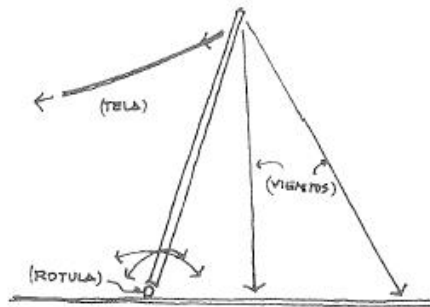


Figura 1.20 Figura 35.- Pilar perimetral articulado

Estos vientos se sujetan a la estructura fija como la cubierta normalmente de dos maneras. La primera consiste en la utilización de piezas conocidas como guardacabo que permiten que el cable dé la vuelta a su alrededor para evitar problemas de cizallamiento y unas presillas para fijar los extremos (Figura 1.21)

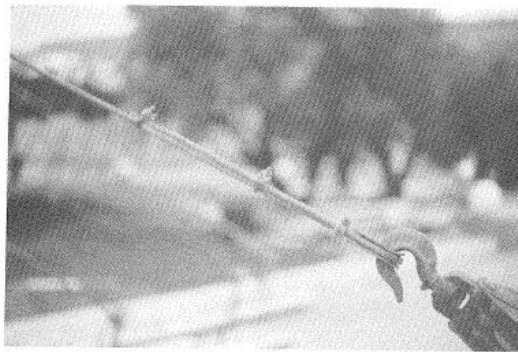


Figura 1.21 Protectores para cables de fijación

La segunda manera consiste en la utilización de fijaciones cónicas unidas mediante caracoles roscados que permitan la regularización de la tensión. (Figura 1.22)



Figura 1.22 Tensor telescópico

Para poder manipular esta tensión que hay que aplicar para dar la forma deseada a la membrana, se utilizan los tensores, que son unos aparatos de diversas formas que permiten regular la longitud del cable atirantado, variando así la tensión de estos. Los más usuales son los de doble caracol con una abrazadera entre ellos, pero que para tensiones muy elevadas se requieren dimensiones exageradas. También se puede recurrir a caracoles roscados unidos en el extremo del tirante que permite su regulación desde el

mismo punto de fijación. Los más utilizados para tensiones elevadas son los tensores de doble caracol paralelos, ya que así se amplía su capacidad resistente y sirve también como punto de fijación

Para tener una regulación automática y directa de la tensión mediante la variación dimensional del tirante, hay dos maneras de lograrlo: mediante muelles y también mediante contrapesos. Estos mecanismos entrarán en funcionamiento frente a acciones externas como son las cargas de viento y nieve, evitando sobretensiones y asegurando que la membrana tenga la tensión necesaria para mantener la estabilidad y forma deseada.

Por lo que respecta al diseño de los pilares, se busca la mayor eficacia constructiva del elemento, ya sea buscando el perfil más adecuado para cada caso o atirantando sus componentes para solicitaciones elevadas. La articulación de la base se logra mediante cartelas y pasaderos, ya que una rótula completa no es muy utilizada por su dificultad de construcción. En los puntos de fijación superiores, donde se ata la membrana, se utilizan cartelas, ya sean longitudinales o transversales, con multitudes de posibilidades en función del tipo y número de puntos fijación que lleguen.

1.2.3.1.2 Pilares empotrados

Estos tipo de pilares no necesitan los tirantes requeridos por los pilares articulados, que pueden ser incómodas visual y funcionalmente, incluso, a veces son imposibles de instalar debido a la falta de espacio.

Se trata de un elemento lineal rígido, empotrado por un extremo a una estructura fija (normalmente la tierra) y que por el otro extremo (el superior) recibe el punto de fijación de la membrana.

Los esfuerzos que recibe un pilar empotrado, no son sólo de compresión, si no que sobre todo recibe esfuerzos de flexión, ya que trabajando como una ménsula puede recibir momentos de diferentes direcciones. Normalmente, se requiere de un pilar más resistente y con más momento de inercia si se trata de un pilar exterior, tal y como se puede ver en la siguiente Figura 1.23.

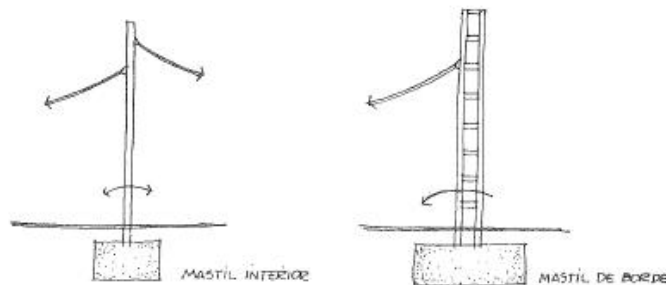


Figura 1.23 Pilar engastado

El punto de empotramiento se calcula como una cimentación calculada normalmente a volcamiento. El punto superior, no varía respecto el que se ha explicado en los pilares articulados.

1.2.3.2 Pórticos

Cuando se trata de elevar líneas (acodamientos lineales), es necesaria la utilización de pórticos como estructura auxiliar. Estos se pueden agrupar según su funcionamiento estructural articulados y empotrados, tal y como se ha hecho en los pilares. Según su situación relativa pueden ser interiores, exteriores y de extremo. Según su forma pueden ser curvados, con dinteles y apuntalados. A continuación se hará un breve análisis según su funcionamiento estructural.

1.2.3.2.1 Pórticos articulados

Esquemáticamente tienen el mismo funcionamiento que la biela de un pilar articulado, con la diferencia que su movimiento queda limitado a una suela dirección, girando alrededor del eje que une sus acodamientos, haciendo que la deformación de la cubierta también quede limitada, tal y como se puede ver en la siguiente Figura 39.

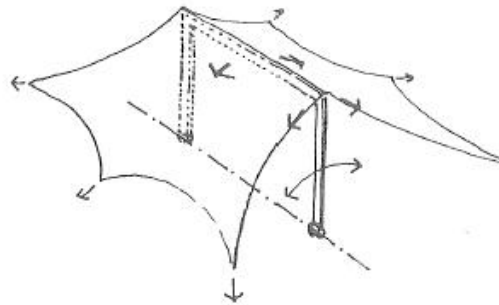


Figura 1.24 Pórtico interior articulado

Su estabilidad depende de la manera en que se ate a la cubierta, por lo que para su montaje también requerirá de la utilización de tirantes adicionales, que según su posición relativa podrían quedar como permanentes.

Constructivamente suelen tener la directriz triangulada de sección plana rectangular o en triángulo, y para casos de pequeñas dimensiones, pueden ser simplemente tubulares.

1.2.3.2.2 Pórticos empotrados.

Resulta el más semejante a una estructura fija a la que se fija la cubierta. Su funcionamiento estructural se basa en la resistencia de esfuerzos de flexión, lo que permite eliminar los vientos. El esfuerzo que reciben es en la dirección perpendicular al plano del pórtico. Por lo que respecta a su forma, situación y diseño se repite las variaciones mencionadas hasta ahora.

Su punto de fijación al suelo se basa en una cimentación resistente a la compresión y al volcamiento según el giro previsto.

1.2.3.3 Trípodes

Una solución alternativa para evitar la utilización de cables tirantes (vientos) y los esfuerzos de flexión son los trípodes. Consisten estructuras de tres o más puntos de apoyo que permiten articular estos a su base, estabilizando el conjunto y transmitiendo únicamente esfuerzos de compresión. Se pueden considerar diferentes formas:

- Trípodes o tetrápodos de barras rectas, que elevan un punto al que se pueden sujetar varios puntos de la membrana, interiores o de extremo.
- Arcos cruzados, con brazos curvilíneos y acodamientos articulados, funcionando como un arco de tres articulaciones con cuatro acodamientos.

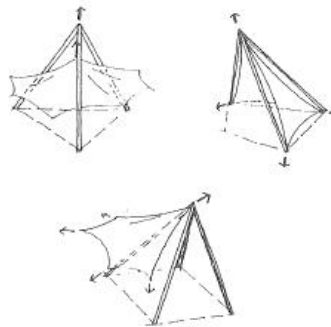


Figura 1.25 Trípodes de fijación

1.2.3.4 Puntos fijos

Para acabar con el sistema de las estructuras auxiliares, hay que mencionar los puntos fijos.

Estos suelen ser soluciones convencionales, como son las cimentaciones que actúan por contrapeso y rozamiento, de la que sobresale alguna pieza metálica permitiendo anclar el cable procedente de la membrana.



Figura 1.26 Fijación al suelo por gravedad

Si la fijación se hace sobre una estructura ya existente, la solución más utilizada son las placas metálicas unidas por diversos medios (pastillas, tornillos roscados o

químicos, abrazaderas) que sean capaces de resistir la tracción que la membrana realizará.

1.2.3.4.1 Cables

Todo y que su análisis sería entrar demasiado en detalle, se ha creído conveniente mencionarlos, ya que estos son muy importantes y comunes en las construcciones flexibles y colgadas como es el caso de la arquitectura textil.

Indice de contenido

1. INTRODUCCIÓN A LAS ESTRUCTURAS TEXTILES.....	5
1.1 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	5
1.1.1 Formas simples.....	5
1.1.2 Variantes de las formas simples	6
1.1.2.1 Conoides	6
1.1.2.2 Paraboloides hiperbólicos	7
1.1.3 Formas compuestas	9
1.1.3.1 Conoide + Conoide	10
1.1.3.2 Paraboloides + Paraboloides	10
1.1.3.3 Conoide + Paraboloides.....	12
1.2 TÉCNICA CONSTRUCTIVA	13
1.2.1 Bordes.....	13
1.2.1.1 Relinga flexible.....	13
1.2.1.2 Relinga rígida.....	13
1.2.2 Anclajes.....	15
1.2.2.1 Puntos de fijación interiores.....	15
1.2.2.2 Puntos de fijación exteriores.....	17
1.2.3 Estructuras auxiliares.....	19
1.2.3.1 Pilares	19
1.2.3.2 Pórticos	22
1.2.3.3 Trípodes.....	23
1.2.3.4 Puntos fijos	23

Indice de figuras

Figura 1.1 Superficies geométricas simples con curvatura anticlástica en todos los puntos	5
Figura 1.2 Conoides asimétricos y semiconoides	6
Figura 1.3 Conoides lineales	7
Figura 1.4 Paraboloides hiperbólicos de baza poligonal por deformación de puntos	8
Figura 1.5 Paraboloides hiperbólicos de baza poligonal por elevación de líneas y mixtas	9
Figura 1.6 Tipo de unión entre superficies	9
Figura 1.7 Combinación de conoides	10
Figura 1.8 Combinación de paraboloides	11
Figura 1.9 Combinación de conoides y paraboloides con deformaciones puntuales y lineales	12
Figura 1.10 Relinga flexible	13
Figura 1.11 Relinga rígida	14
Figura 1.12 Formas de fijación puntual interior	15
Figura 1.13 Relinga rígida circular y relinga flexible circular	16
Figura 1.14 Acodamiento lineal rígido interior	16
Figura 1.15 Puntos de fijación flexible para esfuerzos hacia montón	16
Figura 1.16 Puntos de fijación exteriores puntuales para pequeños esfuerzos	17
Figura 1.17 Pieza triangular para un punto de fijación puntual perimetral	17
Figura 1.18 Figura 33.- Punto de fijación perimetral rígido	18
Figura 1.19 Pilar articulado	19
Figura 1.20 Figura 35.- Pilar perimetral articulado	20
Figura 1.21 Protectores para cables de fijación	20
Figura 1.22 Tensor telescópico	20
Figura 1.23 Pilar engastado	21
Figura 1.24 Pórtico interior articulado	22
Figura 1.25 Trípodes de fijación	23
Figura 1.26 Fijación al suelo por gravedad	23