

CUBIERTAS  
TENSADAS

## CUBIERTAS TENSADAS

Autores: WAGG Arquitectura Textil / TECKTO Arquitectura Textil  
Imágenes: WAGG Arquitectura Textil  
Edición y diagramación: Arq. Julieta Mansilla

Una cubierta tensada es una estructura ligera, compuesta por una membrana textil pretensada vinculada a una estructura de anclaje, generalmente por medio de cables, permitiendo desarrollar soluciones creativas para resolver espacios de cualidades no convencionales.

### Definición Técnica

La mayor parte de las estructuras tensadas derivan de tres formas básicas: el paraboloide hiperbólico, el arco o el conoide.

Las estructuras de membranas tensadas resisten eficientemente las cargas a las cuales están solicitadas debido a, la resistencia formal y la pretensión aplicada.

La resistencia formal está dada por la doble curvatura negativa, donde los centros de curvatura de ambas direcciones principales, se originan en caras opuestas de la superficie. La pretensión interna aplicada mantiene al sistema en equilibrio estático, de manera tal, que cuando se aplica una carga externa, una de las direcciones principales resistirá la carga mientras que, la dirección opuesta, ayudará al sistema a mantener la estabilidad, es decir que la tela actúa biaxialmente.

### Componentes del Sistema

Membranas y cables materializan los principales componentes del sistema.



Las primeras, constan de una base textil, la cual le da la resistencia a los esfuerzos estructurales y la flexibilidad necesaria para adaptarse a la forma, con dobles curvaturas, garantizando la resistencia a las cargas gravitacionales y de succión por los vientos. Los cables refuerzan la membrana en sus bordes y materializan el nexo entre la membrana y los herrajes de fijación y anclaje a las bases.

### 1. Membranas

- Tela:

Las telas constituyen un material compuesto, cuyas partes componentes son:

- Tejido
- Coating o cobertura
- Top coat o acabado superficial

La base está formada por hilados que soportan los esfuerzos estructurales, y los revestimientos son elementos que protegen al tejido de los agentes externos.

• Bordes:

Los bordes pueden ser flexibles o rígidos.

- Bordes Flexibles: consisten generalmente en un cable que corre a través de un "doblado" en el borde de la tela. En el caso de membranas más grandes el borde es reforzado con chapones de borde que resisten los esfuerzos tangenciales. Otra posibilidad es el uso de un cable externo conectado a los bordes y tomado a la membrana por una serie de planchuelas de acero.

- Bordes Rígidos: en estos casos la membrana está prensada entre dos planchuelas que le dan una fijación continua. La utilización de este tipo de bordes dependerá de los condicionantes funcionales y/o de las características de los bordes del sitio en el cual se inserta la membrana.



• Puños:

Resuelven el punto de unión entre dos bordes. Los problemas concernientes a la fijación de un paño de la membrana en estos puños dependen principalmente de tres factores:

- de la geometría del puño
- del tipo de borde, flexible o rígido
- de la magnitud de las fuerzas tangenciales



2. Cables

Los principales elementos de soporte de bordes y aristas en las estructuras tensadas livianas son los cables de alambres de acero. Los más usuales son los cables trenzados.





### 3. Estructuras de Anclajes

El soporte de las estructuras livianas es usualmente diseñado en acero. Sin embargo, aluminio, madera laminada y hormigón armado son materiales alternativos posibles a utilizar. A su vez, éstas necesitan vincularse a fundaciones de hormigón armado o anclarse mediante bulones a una estructura estable y resistente, para soportar las cargas.

### ATRIBUTOS

Los atributos que caracterizan a las membranas tensadas pueden agruparse en:

- Distinción Formal

Las membranas textiles permiten desarrollar soluciones creativas para resolver espacios de cualidades no convencionales. La identidad formal que ofrece debe también ser considerada al comprender la imagen distintiva que esta tecnología aporta.

- Ligereza

Cuando el objetivo de diseño está esencialmente focalizado en la protección contra la lluvia y la incidencia directa de los rayos solares, las soluciones se traducen en sistemas esencialmente livianos, flexibles en su geometría permitiéndoles adaptarse a las orientaciones más convenientes.

- Síntesis de Elementos

Las grandes cargas adicionales, provocadas por el viento, obligan a resolver un sistema estructural resistente. Este sistema conforma un edificio con una mínima relación entre masa construida y volumen espacial, es decir, en un mínimo espesor se concentran estructura y cerramiento, los dos componentes esenciales del sistema que define el espacio. Las membranas tensadas son estructuras de tracción pura. Esto las convierte en los sistemas más económicos teniendo en cuenta la relación luz a cubrir – peso propio.

- Sistemas Dinámicos

Cuando las condiciones externas son cambiantes, la utilización de sistemas móviles, permite la adaptación a las distintas condiciones ambientales. Mediante dispositivos mecánicos puede lograrse una alta flexibilidad funcional.

- Luminosidad

La translucencia es una cualidad característica de los sistemas de membranas y proporciona grandes ventajas estéticas y económicas. El aprovechamiento de la luz natural para la ambientación interior, permite reemplazar la iluminación artificial durante el día, economizando recursos energéticos. La envolvente se utiliza como FILTRO y NO COMO BARRERA pudiendo regular su “permeabilidad” a los agentes externos. También es importante tener en cuenta la apariencia luminosa nocturna desde el exterior y las reflexiones posibles a realizar arrojando luz sobre las membranas.

- Sección Espacial

La tipología formal genera naturalmente una sección espacial que permite el movimiento o convección de las masas de aire. El adecuado diseño y disposición de aberturas tiene como objetivo lograr la ventilación que implica la consecuente circulación y renovación del aire.

- Captación de Energía

Algunas membranas permiten el paso de la radiación solar que atraviesa su superficie, penetrando al interior, donde el calor es absorbido y almacenado por los elementos internos, contribuyendo al calentamiento del ambiente.

Generalmente la transmisión de luz varía entre un 5% y un 20% de acuerdo al tipo de material pero, además, existen materiales como es el caso del ETFE (Etileno-TetraFluoroEtileno) o los Mesh (material plástico de cloruro de polivinilo o PVC) que son totalmente transparentes.

- Disposición

Para aprovechar las ventajas que ofrece cada uno de los materiales disponibles, el cerramiento puede consistir en una combinación de distintas capas, cada una de las cuales cumple un rol específico, interactuando entre ellas. En otras palabras, las condiciones de confort interior se logran gracias a una estratégica disposición de los materiales garantizadas por un buen diseño.

#### VERSATILIDAD DE APLICACIÓN

Es muy amplio el espectro en el cual puede aplicarse el sistema de

membranas tensadas. La flexibilidad formal que caracteriza a las membranas les permite adaptarse a múltiples funciones:

- Áreas de exposición.
- Áreas para espectáculos.
- Ornamento urbano.
- Espacios para congresos y conferencias.
- Instalaciones deportivas.
- Instalaciones industriales.

Las cubiertas tensadas también pueden clasificarse según sean:

- Permanentes o temporarias

Cubrir espacios de edificios permanentes con membranas es hoy una opción posible, ya que, muchas de las características de esta tecnología, no sólo satisfacen las necesidades de confort, sino que aportan beneficios adicionales como la luminosidad, liviandad, etc. En el caso de las cubiertas temporarias, su fácil montaje y desmontaje hacen de las membranas “la” tecnología a utilizar en esos casos.

- Diseños estandarizados o particularizados

En base a las distintas alternativas de formas básicas disponibles, se elige la opción más adecuada para responder a las necesidades estructurales y funcionales del caso evaluado.

Esta metodología permite evitar el proceso de ajuste y elaboración y por lo tanto, lograr economía de tiempos y menores costos. Los diseños estandarizados son utilizados para espacios de mediana escala: cocheras, accesos, parasoles, ornamento urbano, semicubiertos de locales comerciales, etc. La combinación de unidades estandarizadas puede dar lugar a la creación de espacios de características distintivas y de mayor escala y complejidad formal.

En los casos de diseños particularizados se contemplan las condicionantes de cada caso específico, dando como resultado el modelo que responde en forma más ajustada al conjunto de variables puestas en juego.

El análisis de estas variables, entre las cuales tienen gran importancia las condiciones del entorno (orientación, exposición a la intemperie, etc.), permite lograr una mayor economía a partir del máximo aprovechamiento de los recursos (condiciones de borde, anclajes, etc.) y del análisis de la interrelación de los elementos que conforman el sistema (membranas, cables y estructuras de soportes), de manera que al actuar solidariamente, las dimensiones de cada uno puedan llevarse al mínimo dentro de los parámetros de seguridad.

- Semicubiertos

Las cubiertas tensadas son aptas para cubrir espacios de transición de cualquier escala, que deben protegerse de la lluvia o del sol. También semicubiertos como estaciones de peaje y cocheras son resueltos de esta manera.

- Gran escala

El control de la escala y el aprovechamiento de la luz encuentran en esta tecnología una respuesta acorde a espacios como centros comerciales, patios de comidas, lobbies de aeropuertos y hoteles, anfiteatros, etc.

Por ser las estructuras más económicas, teniendo en cuenta la relación que existen entre su peso propio y la luz a cubrir, resultan ideales para cubrir grandes luces. Un ejemplo de ello son las instalaciones deportivas que además aprovechan la luminosidad y la movilidad.

## POSIBILIDADES FORMALES

Las cubiertas tensadas son generadas a partir de formas geométricas de doble curvatura. La combinación de las mismas permite una gran diversidad formal, ajustándose a las necesidades de cada espacio.

La mayor parte de las estructuras tensadas derivan de tres formas básicas: paraboloides hiperbólicos, arco y conoide.

Más allá del aspecto geométrico es importante tener en cuenta la espacialidad que se logra en cada uno de los casos.

Los paraboloides y sus combinaciones generan espacios de gran interrelación entre el interior y el exterior dada por la diferencia de altura de sus vértices.

Las tipologías de arcos y conoides generan, en general, espacios más contenidos, de bordes parejos en altura, con sectores enfatizados y jerarquizados por la aparición del vértice del cono o los arcos generadores de la forma.



PARABOLOIDE HIPERBÓLICO



ARCO



CONOIDE

## Proceso de Materialización

El proceso de diseño de los sistemas de membranas tensadas ofrece un variado repertorio formal.

El análisis estructural debe estar completamente integrado al diseño arquitectónico y formal, ya que es la propia membrana la que mediante su configuración adquiere la capacidad de resistir los esfuerzos a que está sometida.

Las características esenciales de este proceso son:

- Diseño Tridimensional.
- Máximo aprovechamiento de la flexibilidad característica del material.
- Ajuste geométrico (doble curvatura) para lograr resistencia.

La totalidad de este proceso es realizado en WAGG Soluciones Tensadas a través de un software especializado. ForTen 2000 es un software integral comercializado por TSI de Italia, que contempla todas las tareas antes mencionadas.

El proceso de materialización se ordena en las siguientes etapas:

1. Búsqueda de la forma
2. Análisis técnico
3. Ingeniería de detalle
4. Producción
5. Montaje

### 1. Búsqueda de la forma

Para determinar la forma de una membrana tensada se combinan:

- El diseño tridimensional, ya que la membrana se

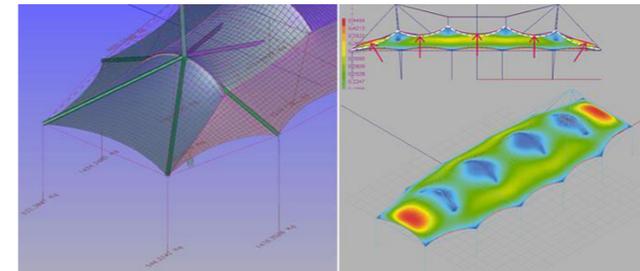
desarrolla como una superficie de doble curvatura, partiendo de alguna de las tres formas básicas (paraboloide hiperbólico, arco o conoide), que podrán repetirse y/o combinarse.

- Consideraciones sobre las condiciones de borde, su posición y tipo. Estas pueden ser CABLES (flexibles) o VIGAS (rígidas).

Mediante sistemas informáticos de generación de forma se establece la forma natural de equilibrio, obteniendo un modelo 3D, que responde a la serie de condicionantes ingresados como datos.



## 2. Análisis técnico



Una vez que fue planteada la forma tridimensional, entran en juego elementos técnicos más específicos.

Se incorporan datos sobre:

- Materiales
- Temporalidad
- Localización

Se obtiene información como:

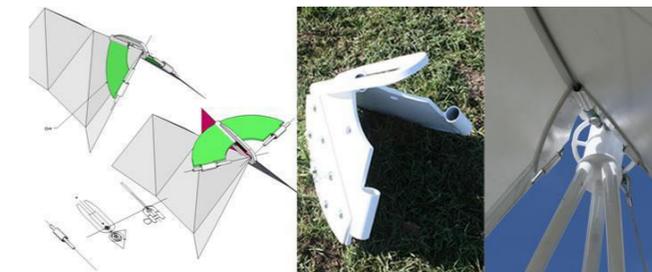
- Esfuerzos a los que estará sometida la membrana, que surgen de procesos de cálculo, que consideran succión de viento, peso propio de los materiales y otros factores (análisis de cargas).
- Simulaciones de las deformaciones para cada estado de cargas.
- Isocurvas, que permiten ajustar la superficie para optimizar el drenaje del agua de lluvia.
- Resultantes geométricas de los esfuerzos que sirven para dimensionar y definir cada uno de los elementos.

En esta instancia aún nos encontramos en el proceso de diseño debido a que la geometría de la membrana puede modelarse a través de la modificación de los distintos parámetros que la determinan (adición de cables estructurales o modificación de la tensión de los mismos o de la membrana).

Este es un proceso de evaluación que consiste en un “feedback” constante entre los datos técnicos obtenidos mediante el software y, los ajustes y decisiones del diseñador en base a sus conocimientos y experiencia para poder llegar a la forma definitiva de la cubierta (membrana y componentes).

El paso siguiente consistirá en confeccionar los planos de manufactura tanto de piezas estructurales, como de la tela.

## 3. Ingeniería de detalle

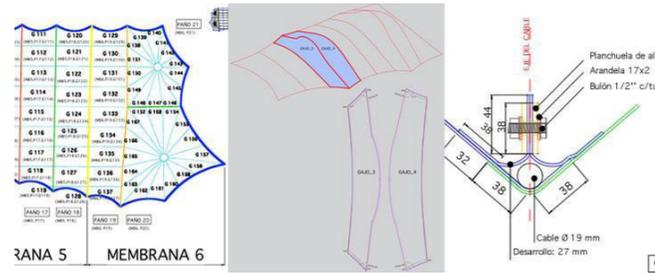


Después de llegar a una configuración estable, la estructura

es analizada bajo diferentes estados de carga para determinar las distintas deformaciones. En el análisis se incluyen tanto las membranas como el resto de los elementos del sistema, como son los cables, mástiles, vigas y anclajes, en un modelo 3D, que permite lograr un preciso dimensionamiento de esas partes.

#### 4. Producción

- Manufactura de la membrana



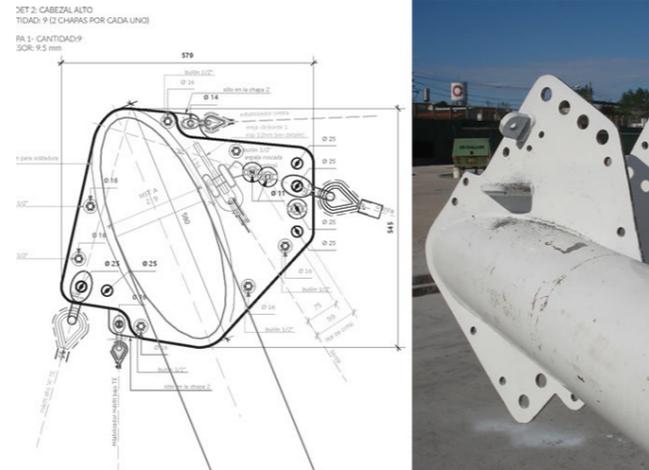
Una vez que se llegó a la forma definitiva, el proceso continúa con la definición de los paños que, unidos unos con otros, permitirán confeccionar una superficie tridimensional a partir de la combinación de superficies planas que se cortan del rollo de material elegido.

La forma y dimensión de los paños dependerá de la determinación de las líneas de unión entre paños, es decir que, el modelo tridimensional se fragmenta según los requerimientos, a través de líneas de soldadura o costura. Para pasar a la manufactura se individualizan los paños y se

determina su ubicación con respecto a la trama de la tela, según los condicionantes de cada caso, con los objetivos de economizar material y/o coordinar las direcciones de trabajo del paño con las del rollo de tela.

- Fabricación de las piezas estructurales

Al igual que las membranas, la fabricación de las piezas requiere de una rigurosa documentación. Cada pieza: columnas, bases, anclajes, tangones, cabezales, acometidas de cables, tensores, etc., se fabrican en base a materias primas o elementos adquiridos en el mercado, que verifiquen los requerimientos necesarios.



#### 5. Montaje

El proceso de montaje se estudia desde el inicio del proyecto para asegurar la calidad final del producto, tanto en la ingeniería de detalle como en las previsiones logísticas. Finalmente, equipos de montadores capacitados, aseguran la correcta materialización del proyecto.



NOSOTROS

TECKTO | Arquitectura Textil

Miguel Arrambide 6135 | Granja de Funes | Córdoba | Argentina  
<https://teckto.com.ar>

WAGG | Arquitectura Textil

Armenia 3263 (B1605CDW) | Munro | Buenos Aires | Argentina  
<https://wagg.com.ar>