

MEMBRANAS ESTRUCTURALES

TENSIÓN CREATIVA

Las membranas textiles aplicadas de manera tensada generan formas arquitectónicas que combinan curvaturas en más de un eje, obteniendo cubiertas de alto valor estético. Con la aplicación de esta solución en los nuevos estadios construidos para el Campeonato Mundial Femenino de Fútbol, creció el interés por conocerlas y considerarlas en los proyectos. Especialistas entregan sus recomendaciones para aplicaciones impecables y duraderas.

DANIELA MALDONADO P.
PERIODISTA REVISTA BIT

CÓMO LOGRAR CUBRIR grandes espacios con un material dúctil, resistente, duradero, que proteja de los rayos UV y que permita crear una gran diversidad de formas arquitectónicas, es lo que han respondido especialistas al conformar las tensoestructuras o membranas estructurales. La técnica no es nueva, pero en nuestro país, recién se comienza a conocer. Pese a que existen algunos casos que ya tienen más de 10 ó 20 años, como la membrana instalada en el teatro al aire libre en el parque Bustamante o el restaurante de Villa Baviera en las cercanías de Concepción, son los estadios construidos para el Mundial Femenino Sub 20, los que han despertado un gran interés por su diseño, técnica y construcción (Ver Bit 63, pág. 30).

La particularidad de las tensoestructuras radica en que la membrana trabaja estructuralmente (junto a cables y estructuras sólidas) y no sólo cubre la estructura soportante, como ocurre en una techumbre tradicional de planchas metálicas, además esta solución mezcla formas cóncavas, capaces de resistir las cargas verticales (como la nieve) y convexas, que hacen frente al viento, resistiendo las fuerzas debidas a presiones y succiones.



Paseo Quilín,
Santiago.



GENTILEZA TECNOSPORT CONSTRUCTORA

Las membranas están constituidas por un tejido y un revestimiento para protección e impermeabilización. Existen de distintas calidades y colores. Las combinaciones más conocidas son PTFE-Glass, Silicone-Glass y PVC-Polyester, siendo esta última la más económica y de aplicación más masiva. Este textil, se instala entre estructuras existentes o anclado a estructuras especialmente diseñadas. Sus usos son muy variados y pueden ir desde cubiertas en patios, piscinas, centros comerciales, hasta recintos deportivos de

grandes extensiones. Una solución en PVC-Polyester, considerando el proyecto de arquitectura, la ingeniería, la fabricación y la instalación (sin incluir las obras civiles) tiene un costo aproximado que va desde \$ 95.000 por m² a \$ 300.000 por m², dependiendo de la complejidad y escala del proyecto. En la mayoría de los casos, la estructura corresponde al 50% y la instalación al 10% del costo total.

La experiencia aplicada desde su diseño hasta su instalación, son claves. Sólo de esta

manera se lograrán formas arquitectónicas que sorprenden por su funcionalidad y sobre todo por su belleza y gracia.

Paso a paso

No existe un proyecto que sea igual a otro, enfatizan los especialistas. Cada tensoestructura es diferente y por lo tanto, los procesos cambian dependiendo del diseño, los materiales, la extensión y del clima, entre otros factores. Pese a esto, existen algunos pasos básicos que se siguen al abordar un proyecto

SECUENCIA DE MONTAJE TENSOESTRUCTURAS

1. Armado de la estructura
2. Izaje de los arcos
3. Estructura soportante lista
4. Anclaje de la membrana a la estructura
5. Tensado inicial de la membrana
6. Membrana tensada
7. Proyecto terminado



GENTILEZA CIDELSA CHILE

dependiendo de las solicitudes de los mandantes. En esta etapa se define la forma que se le dará a la membrana y el lugar exacto donde se instalará.

2) Ingeniería: Junto al diseño arquitectónico, trabajan ingenieros que se encargan de analizar la forma y sugerir los apoyos y la estructura que soportará la membrana, ya sea a través de pilares metálicos, de madera o de hormigón. Las membranas estarán sometidas permanentemente a grandes esfuerzos, debido a que su estado natural es de tensión, al que hay que sumar los estados de carga externos como las cargas de nieve y viento. En esta etapa además se calcula y diseña las fundaciones y/o los anclajes a los edificios existentes. Además se especifica el tipo de membrana y la duración estimada, la que va de 10 a 50 años o más.

3) Confección de membrana y estructura: En fábrica se corta la membrana en base al diseño definido. Posteriormente es sellada con máquinas de alta frecuencia. Al realizar este sello, las capas pasan a constituirse en un solo elemento resistente. Paralelo a esto, también se confecciona la estructura soportante y las fijaciones que se usarán, ya sean placas, ganchos, fijaciones encorvadas o cables de acero y grapa.

4) Fundaciones y anclajes: Una vez que se llega al terreno, se comienza con un trabajo de topografía el que indicará las excavaciones y fundaciones que se requiere realizar. Si las tensoestructuras se instalan en edificaciones ya existentes, se analiza si la

estructura es capaz de soportar las tensiones, si es así, se anclan directamente. Si los cálculos indican lo contrario, se deberán realizar fundaciones y enfierraduras especiales, para posteriormente fijar las placas de anclaje.

5) Armado de la estructura: Generalmente, la estructura soportante de la membrana, se arma tipo mecano, apertándola. Con la posibilidad de desarmarla en cualquier momento se convierte en un elemento temporal de edificación.

La estructura es relativamente liviana, por lo que el montaje se puede realizar rápidamente.

6) Instalación de membrana y tensado: Para realizar un montaje más eficaz, generalmente la membrana se divide en secciones, por ejemplo para una estructura de 45 m de largo por 20 m de ancho, lo ideal es dividirla en unidades de 15 m de ancho, de esta manera se vuelve más maniobrable. Las membranas generalmente se instalan a mano por cuadrillas de 4 a 20 personas dependiendo de sus dimensiones, sin embargo, hay casos en que se requieren grúas para armar la estructura y para subir la membrana. Antes de izarlas, se extienden en el suelo, previamente cubierto para no ensuciarlas. Una vez estiradas, se suben a la estructura a través de sogas que van de un extremo a otro. El perímetro de cada una de las membranas tiene un doblez donde se colocan ojillos de aluminio o acero inoxidable, por donde se pasan las cuerdas. En

de membranas estructurales.

1) Diseño: Todo comienza en un computador. Una vez que se recolecta datos como el objetivo de la tensoestructura, la ubicación, la extensión, el clima y las posibilidades de sujeción, se propone un diseño a través de programas computacionales especialmente diseñados para este uso. La primera etapa, conocida como form finding, es una de las más importantes, ya que es aquí donde se aplica toda la creatividad. Este diseño generalmente se va modificando en el tiempo,

EJEMPLOS DE ERRORES

Derecha. Baja pendiente y cables de acero mal calculados provocaron diques de agua, lo que generó el colapso del sistema.

Abajo. Mal cálculo de tensión de los cables de acero provocaron la ruptura de la membrana.



el perímetro de la estructura, donde se va a fijar la membrana, se colocan barras de acero, sobre las que se van a ceñir las cuerdas. Para lograr la tensión, cada vez que se pasan las cuerdas por el ojetillo hacia la barra de acero, se aplica una gran tracción, trabajando como un nudo corredizo que aumenta el esfuerzo. Con este mecanismo el esfuerzo se divide en diferentes partes, haciendo trabajar a la membrana completa. Como referencia, cada sección de 40 cm debiera tener entre 30 y 60 kilos de tracción por cada uno de los ojetillos. Esto puede variar dependiendo del tipo y tamaño de membrana, el tipo de ojetillo y el tipo de cuerda.

Con condiciones favorables de tiempo y una cantidad adecuada de trabajadores disponibles, se podrán instalar aproximadamente 1.500 m² diarios.



Los errores

Los errores que pueden repercutir en la vida útil de una membrana estructural

se pueden encontrar en todas las etapas, algunos suceden durante el diseño o cálculo de ingeniería y otros se cometen durante el proceso de fabricación de la estructura, cables o membranas o durante el montaje. Un posible error se puede manifestar en pequeños daños, que en un principio no son notorios, pero que después de soportar cargas externas como grandes vientos o cargas de nieve, puede llevar a una estructura al colapso. Con un buen diseño, comentan los expertos, esto se puede prever.

Otro posible error se puede encontrar en la aplicación imprecisa del nivel de tensión proyectado. Tanto una tensión por debajo de la proyectada o superior a ella, puede ser significativa en la estabilidad o vida útil de una tensoestructura. Si existe un mal diseño o mala confección, pueden quedar los centros flojos y por más tensión que se aplique en

los perímetros no se va a solucionar. Es en estos casos donde se producen apozamientos de agua.

En oportunidades se pueden lograr esfuerzos de 10 toneladas por cada esquina de la tensoestructura, por lo que es fundamental usar siempre anclajes, pernos y cables de materialidad y diámetros adecuados, según los cálculos del proyecto de ingeniería. Tener un orden y seguir a cabalidad las indicaciones del equipo que desarrolla el proyecto y los proveedores, evitará errores difíciles de remediar.

Sugerencias técnicas

El montaje de tensoestructuras es un trabajo complejo que requiere tomar algunas precauciones. Especialistas entregan sus recomendaciones:

- Si se trata de la instalación de la membrana en una obra que se encuentra en construcción, las fundaciones y anclajes deben realizarse en las primeras etapas de la obra. En cambio, el montaje de la membra-

Acercando a Chile el Mundo de la Arquitectura Textil

Telefono: (56 2) 777 0030 • Santiago • Chile • sergatex.ventas@sergatex.cl

 **SERGATEX**
TEXTILES TÉCNICOS
Distribuidor oficial membranas duraskin®

 **VERSEIDAG**
COATING AND COMPOSITE
Calidad Alemana Asesoría Profesional



Estructura de madera laminada con cubierta de tensomembrana.



Piscina temperada de la Municipalidad de Graneros. Año 2006.

na es conveniente realizarlo en las etapas finales. Es importante tener en cuenta que una vez instalada la membrana, no es posible hacer trabajos de soldadura en sus proximidades.

- Las telas se deben manipular como un material destinado a durar 20 años, teniendo especial precaución con las capas y barnices, evitando dañarlas por abrasión, con químicos u otros agentes nocivos. Si las membranas llegasen a mancharse, siempre se debe recurrir al fabricante antes de intervenirlas. Una vez instaladas, la limpieza debe realizarse solamente con agua y jabón neutro para no dañar las capas autolimpiantes que posee. No se debe descartar realizar eventualmente una re-tensión de la membrana cada cierto tiempo. De ninguna manera la estructura deberá quedar con puntas o quiebres que puedan dañar la membrana cuando se esté izando.

- Las condiciones climáticas de los días de



Detalle de corners y fijaciones de una tensoestructura.

GENTILEZA TECNOSPORT

montaje son claves. Lo que más complica a las tensoestructuras es el viento. Si éste surge de un momento a otro, y encuentra a las membranas sin anclaje, puede introducirse por debajo, transformándola en una verdadera vela que no hay cómo sujetarla. Lo ideal es contar con un poco de viento, ya que trabaja a favor al desplegarla. Especialistas recomiendan tomar todos los recaudos posibles, ya sea poniendo pesos sobre la membrana o conectando los sistemas de anclaje lo más rápido posible, evitando que queden puntas sueltas.

- Otro tema de preocupación es la tensión que hay que darle a la membrana en el montaje. Esto se realiza generalmente con el apoyo de gatas hidráulicas y si se supera la tensión admisible, existe la posibilidad de dañar la membrana o la estructura soportante. Es fundamental que la realización de esta etapa, se considere desde el diseño y sea ejecutada por profesionales con experiencia.

Los especialistas concuerdan en que un buen montaje se reconoce cuando no se observa ninguna arruga en la membrana, ya que esto demuestra que se diseñó, fabricó e instaló correctamente. Adicionalmente, se distingue una buena instalación cuando, bajo

cargas de viento, no se producen grandes vibraciones. Belleza y resistencia se unen para formar una tensión creativa.

EN SÍNTESIS

Las tensoestructuras o membranas estructurales son formas arquitectónicas creadas a partir de membranas tensadas, las que se convierten en cubiertas que otorgan las mismas prestaciones de las tradicionales, pero que tienen la ventaja de que son rápidas de instalar, permiten el paso de la luz, son térmicas, resistentes y duraderas. Especialistas recomiendan poner la mayor dedicación en el diseño, ya que es en esta etapa donde se deben prever posibles errores. En la etapa de montaje es fundamental tener precaución con el viento, especialmente cuando se despliega la membrana. Además es fundamental lograr una tensión adecuada.

COLABORADORES

- Jorge Roca, representante, Cidelsa Chile
- Marco Becerra, gerente general, Tecnosport Constructora
- Nelson Gazali, gerente general Sergatex
- Osvaldo Sotomayor, arquitecto, gerente general Desmontables S.A.



SEGURIDAD

La manipulación de grandes paños de tela en altura es un trabajo delicado que requiere considerar varias medidas de seguridad. Especialistas recomiendan el uso de zapatillas o zapatos livianos que brinden firmeza para desplazarse por los arcos que conforman la estructura. Además se debe utilizar casco y arnés de seguridad (idealmente un arnés tipo paracaídas de tres puntas) y cuerda de vida fijada a los marcos.

30 AÑOS
AVANZANDO JUNTOS.



Fira Barcelona

Recinto Gran Via
20-25 Abril 2009

Construmat es una referencia obligada para el sector de la construcción en Europa. Una cita que ofrece a su empresa una consolidada plataforma de negocio y proyección internacional. En el recinto Gran Via, uno de los más innovadores de Europa. Miles de profesionales de todo el mundo vendrán para seguir avanzando juntos.



CONSTRUMAT
BARCELONA

www.construmat.com

Aerolínea Oficial
clickair
vuela inteligente