



máster universitario

## TECNOLOGIA EN LA ARQUITECTURA

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D' ARQUITECTURA DE BARCELONA

**MÁSTER OFICIAL UNIVERSITARIO DE TECNOLOGÍA EN LA ARQUITECTURA**

LÍNEA DE CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA



### TESINA FINAL DE MÁSTER

“FACHADAS ACTIVAS”, ESTUDIO DE LA FACHADA CON MEMBRANA TEXTIL TENSADA COMO SEGUNDA PIEL

**AUTOR:**

ARQ. NATALIA BUBLIK ABUFON

**DIRECTOR:**

PROFESOR RAMON SASTRE I SASTRE



*“Todas las estructuras, propiamente entendidas, desde el sistema solar hasta el átomo, son estructuras tensegríticas. El Universo es integridad omnitemporal”*  
(Richard Buckminster Fuller 1975b, 700.04).

*“Yo, sencillamente, me encontré con que el Universo es comprensivamente discontinuo y traccionadamente continuo. La integridad estructural del Universo es tensional, tal como Kepler descubrió. Y le di a este fenómeno el nombre de “tensegridad”*  
(Richard Buckminster Fuller, 1982)

*Agradecimientos*

*a los profesores que de alguna manera estuvieron presente a lo largo de los estudios de del Máster compartiendo sus conocimientos,  
a Silvia Brandi, Josep Masbernat, Xavier Ferrés,  
Silvia Fitor, Juan Schneider,  
por su colaboración, aportando información  
y  
a mi familia  
por el apoyo incondicional*

**TABLA DE CONTENIDO**

Agradecimientos

**00. INDICE****01. PRESENTACIÓN**

01.1. Introducción

**02. OBJETIVOS GENERALES****03. OBJETIVOS ESPECÍFICOS****04. METODOLOGÍA**

04.1. Marco teórico

04.2. Ámbito de aplicación a un edificio

**05. ESTADO DEL ARTE**

05.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas, Forma - Estructura.

05.1.1 Estructuras Tensegritis

05.1.2 Estructuras Tensairitis

05.1.3 Estructuras Neumáticas

05.1.4 Membrana

05.1.5 Estructura de membranas tensadas

05.2 Estabilidad del Sistema Estructural

05.3 Clasificación Geométrica

05.4 Aplicación de textiles en la construcción de la Fachada actual.

**06 ANTECEDENTES PREVIOS**

06.1. Inconveniente actual y beneficio del material textil

06.2. Inconveniente actual y beneficio de la estructura con membrana textil tensada

06.3. Inconveniente actual y beneficio de la forma de la membrana textil tensada

**07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES**

- 07.1. **La materia prima**
- 07.2. **Fibras Vs Tejido Base**
- 07.3. **Material Vs Material de recubrimiento**
- 07.4. **Resistencia Vs Rotura / Desgarro**
- 07.5. **Rigidez Vs Deformación**
- 07.6. **Flexibilidad Vs Recuperación de pliegues**
- 07.7. **Monocapa Vs Bicapa, Tricapa**
- 07.8. **Transparencia Vs Opacidad**
- 07.9. **Peso Vs Ligereza**
- 07.10. **Densidad del tejido baja Vs Densidad del tejido alta**
- 07.11. **Tamaño Menor de perforaciones Vs Tamaño Mayor de perforaciones**
- 07.12. **Permeabilidad Vs Estanqueidad**
- 07.13. **El Blanco Vs el Color**
- 07.14. **Protección Solar Vs Confort Térmico**
- 07.15. **Durabilidad Vs Deterioro**
- 07.16. **Mantenimiento Vs Reparación / Reposición**
- 07.17. **Reciclado Vs Reutilizado**
- 07.18. **Reducción del Impacto Ambiental a partir del Reciclado**

**08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA**

- 08.1. **Clasificación de las estructuras tensadas en la fachada**
  - 08.1.1. **El soporte**
  - 08.1.2. **Bastidor Perimetral**
  - 08.1.3. **Panel Modular**
  - 08.1.4. **Soporte en los Extremos**
  - 08.1.5. **Sistema de Rastreles**
  - 08.1.6. **Estructura auxiliar o complementaria a la estructura del soporte textil**
- 08.2. **Condiciones de Bordes**
- 08.3. **Conexiones**
- 08.4. **Fijaciones**
- 08.5. **Uniones, Juntas**
- 08.6. **Anclajes**
- 08.7. **Resistencia, estabilidad y durabilidad**
- 08.8. **Cuadro resumen de los componentes estructurales.**

- 08.9. Estructuras dinámicas en la fachada (móvil)
- 09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA**
  - 09.1. La forma con membrana textil en la fachada actual
  - 09.2. Formas básicas planas /bidimensional
  - 09.3. Formas de doble curvatura positiva/tridimensional (sinclásticas)
  - 09.4. Formas de doble curvatura /tridimensionales (anticlásticas)
  - 09.5. Forma Vs puntos de fijación y anclajes
  - 09.6. Forma Vs separación de la fachada Vs Orientación
  - 09.7. Forma Vs uso
- 10. SÍNTESIS**
  - 10.1. Cuadro resumen de la clasificación y cualidades del material
  - 10.2. Cuadro resumen de la clasificación y cualidades de la estructura
  - 10.3. Cuadro resumen de la clasificación y cualidades de la forma
- 11. ESTUDIO PRÁCTICO**
  - 11.1. Presentación del Edificio
  - 11.2. Antecedentes previos
  - 11.3. Antecedentes constructivos
  - 11.4. Estudio de las Preexistencias Ambientales (clima, datos normativos)
  - 11.5. Estudio de Asoleamiento
  - 11.6. Estudio de la propuesta (observación del entorno, debilidades de la fachada)
  - 11.7. Propuesta (definición de límites, estudio de ventilación)
  - 11.8. Selección del material (comportamiento lumínico)
  - 11.9. Selección de la forma y estructura (diseño)
  - 11.10. Propuesta Final
- 12. CONCLUSIONES**
- 13. BIBLIOGRAFÍA**
- 14. ANEXO**
  - 14.1. Origen y evolución de las Estructuras Tensadas Textiles.
  - 14.2. Glosario

*“La arquitectura contemporánea sustituye la idea de fachada por la de piel: capa exterior mediadora entre el edificio y su entorno. No un alzado neutro sino una **membrana activa**, informada; comunicada y comunicativa. Más que muros agujereados, pieles técnicas interactivas. Piel colonizadas por elementos funcionales capaces de alojar instalaciones y servicios; capaces de captar y transmitir energías; pero también capaces de soportar otras capas incorporadas: solapadas más que adheridas”.*

GAUSA, Manuel.  
Diccionario  
Metápolis de  
arquitectura  
avanzada.

### 01.1. INTRODUCCIÓN

Las fachadas con membrana textil como segunda piel, según el criterio del presente estudio, se encuentran en un punto medio entre arquitectura textil y construcciones convencionales que dan una temporalidad a las estructuras incorporando textiles para la confección de toldos, carpas, pérgolas etc. Estos últimos, no se rigen por las características básicas que constituye una membrana textil tensada, en la cual está involucrado el tipo de material empleado, pretensado y la forma de doble curvatura.

Cubrir grandes áreas con membrana textil tensadas comienza a desarrollarse en términos tecnológicos a mediados del siglo XX, pero hace muy poco tiempo, este concepto se ha trasladado a la fachada. En este último caso, es utilizado como fachada ventilada logrando una regulación térmica, una disminución de los deslumbramientos generados por la luz solar, una ventilación adecuada, un control de la temperatura del aire y la humedad proporcionando unas condiciones confortables al interior del edificio y además un ahorro energético. En edificios en altura cubiertos de cristal, la segunda piel con fachada textil, entrega aún mayores beneficios ya que a mayor altura, las superficies vidriadas se encuentran sometidas a una mayor radiación solar.

Para que una superficie de protección textil tenga mayor efecto y durabilidad en la fachada, debe tener un recubrimiento específico. Para esto, se utilizan diversos **materiales** que entregan diferentes prestaciones a la membrana. Hoy por hoy, el mercado ofrece cada vez más alternativas de cualidades y precios que se ajustan a cada función. Por consiguiente, existen ciertos parámetros donde la combinación de materiales es crucial para lograr un buen resultado en cada caso.

Debido a la extrema ligereza y masa reducida del material, la **forma y la estructura** son determinantes para que una membrana textil mantenga su estabilidad. Es aquí el punto de partida para la concepción de la forma que se encuentra totalmente ligada a la estructura a través de sus vértices, bordes, anclajes etc.

De acuerdo a las formas y estructuras existentes, se han identificado tipologías formales y sistemas estructurales utilizados en fachadas textiles. El fin de esta recopilación de información clasificada, es entregar una mirada a la tecnología actual del sistema constructivo con la intención de direccionar al arquitecto de forma ordenada en relación a las pautas al momento de proyectar y a la vez facilitar los nuevos planteamientos que puedan derivarse a partir de este.

Como parte concluyente del estudio y a través de una propuesta, se aplican los conceptos de MATERIAL - ESTRUCTURA Y FORMA en un caso concreto de un proyecto de rehabilitación de fachada aplicando **Membrana Textil Tensada como segunda piel**.

**O2.** OBJETIVOS GENERALES

- A través del estudio de las tipologías de los sistemas constructivos de estructuras tensadas textiles convencionales, se quiere identificar los conceptos principales de estas, los cuales sean aplicables a la confección de una fachada con membrana textil tensada (fachada activa).
- Identificar los inconvenientes del material, estructura y forma de una fachada sin protección textil en comparación con los beneficios de una fachada que si la tiene.
- Clasificar los tipos de materiales textiles, de la estructura y de la forma, verificando los parámetros cualitativos de cada uno de ellos y que son utilizados en “fachadas activas”.

**O3.** OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una propuesta de diseño, seleccionando una tipología de acuerdo a la clasificación y cualidades del material, estructura y forma. De acuerdo a esto, se pretende aplicar una tipología de cada uno, a un caso concreto de rehabilitación de fachada.
- Determinar las ventajas y desventajas de la fachada textil propuesta a través de un estudio lumínico y de ventilación.



Cómo se define en el artículo elaborado por el Arquitecto *Luís Alberto Marroquín Rivera* (*Guía Básica de Diseño, Edición digital 2012*); es indispensable utilizar una metodología adecuada para resolver cada proyecto. Es por esto, que define las siguientes etapas para el origen del diseño y desarrollo de una **ESTRUCTURA LIGERA** como lo es la *Tensoestructura*:

#### 04. METODOLOGÍA

##### 04.1. Marco Teórico

Concepción espacial	Requerimientos Funcionales Formfinding, búsqueda de la forma óptima (diseño)
Acondicionamiento ambiental	Adaptación al Clima de la Región Evacuación de Aguas Lluvias Estudio de Viento Acústica Iluminación y Asoleamiento
Cálculo estructural	Dimensionamiento Estructural Normativa
Patronaje de membrana	Diseño de Plantilla Diseño de Bordes
Diseño de accesorios	Sistema de Fijación y Anclaje Desarrollo de Uniones
Desarrollo y fabricación	Estructura (Metálica o de Madera) Membrana Sellado de membrana - Corte de Membrana
Instalación y montaje	Traslado de Componentes y montaje de cobertura

Partiendo de esta base, en una fachada textil tensada se tomarán los mismos parámetros, ya que la diferencia de un edificio conformado por una estructura tensada y una cubrición de una fachada textil como segunda piel, es en primera instancia, la ubicación en el espacio, es decir, se ubica dispuesto de forma vertical con respecto a un espacio de cubrición como lo es la cubierta, que se sitúa mayoritariamente en el plano horizontal.

## Palabras claves:

**Material**  
**Estructura**  
**Forma**

A partir de las etapas que se requieren para la realización de una estructura tensada textil aplicada en una fachada como segunda piel; mi interés en la línea de investigación de la tesina, es desarrollar en el área de la CONCEPCIÓN ESPACIAL, una valoración cualitativa de las prestaciones que lleva consigo cada tipo de **Material Textil**. De acuerdo a estas premisas de clasificación, debería permitir analizar las diferentes **Tipologías formales** para la conformación de **la Estructura** de la fachada tomando en cuenta los aspectos de actuación medioambientales.

Un extracto de la Tesis de Magister en Arquitectura de Macarena Burdiles, realizada en la Pontificia Universidad Católica de Chile el año 2011, que habla sobre el concepto de membrana y sus posibilidades morfológicas nos dice que “La secuencia de desarrollo proyectual se acerca a la línea de pensamiento que plantea Neri Oxman en su artículo ‘Structuring Materiality: Design/Fabrication of Heterogeneous Materials’ (en Architectural Design 80 volumen 4 del año 2010). Gracias a las nuevas tecnologías de diseño y de fabricación material, los procesos proyectuales contemporáneos se han invertido, desde la tradicional secuencia ‘**forma – estructura – material**’, hacia un nuevo orden ‘**material – estructura – forma**’ en el cual, las cualidades de los materiales determinan el comportamiento de la estructura y como consecuencia de estos factores, se determina una forma arquitectónica ajustada.”

De acuerdo a esto, se plantea estudiar en este orden el desarrollo de los siguientes aspectos:

1. Clasificación y cualidades de los **materiales**
2. Clasificación y cualidades de la **estructura**
3. Clasificación y cualidades de la **forma**

Para el caso de una fachada Textil como segunda piel, se pretende determinar que la estructura y la forma están íntimamente ligadas, lo que llevará a comprobar que estos dos factores se deberían trabajar de forma paralela, quedando finalmente en el siguiente orden: MATERIAL - FORMA/ESTRUCTURA

#### 04.2. Ámbito de aplicación a un edificio

Con los resultados del estudio de recopilación, clasificación y evaluación, me permitirá tomar una tipología estudiada y aplicarla a un edificio existente.

*“Las estructuras generadas por sistemas de esfuerzos lineales de compresión y tracción, similar al de los árboles, se rigen también por los principios estructurales hallados en la naturaleza”<sup>1</sup>.*



Img.1 Árbol de hoja Caduca.

Fuente [Ulifyah.wordpress.com](http://ulifyah.wordpress.com)

<http://ulifyah.tumblr.com/post/22791276502/arbol-sin-hojas-ramas-de-arboles-en-lo-alto>

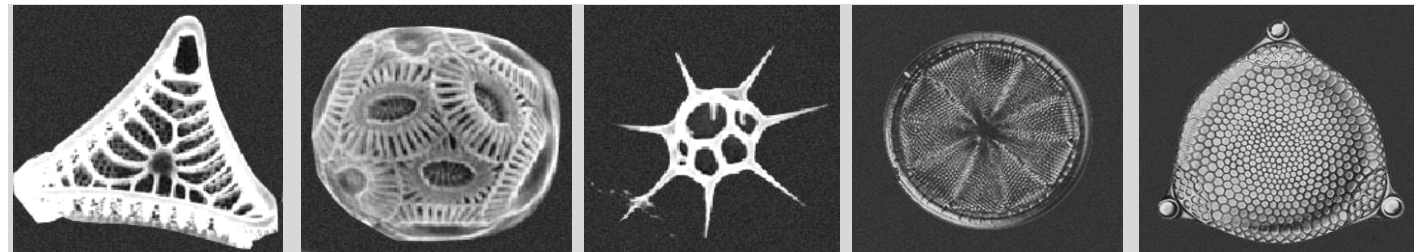
*“El arte de diseñar las estructuras de membrana, es el arte de controlar las condiciones perimetrales y la geometría de soporte de las mismas, de modo que se pueda generar y obtener la mejor forma para un fin concreto”<sup>1</sup>*

## O5. ESTADO DEL ARTE

### 05.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

### FORMA – ESTRUCTURA

Compartiendo la ideología de Frei Otto, se podría decir que los principios estructurales de las estructuras tensadas se inspiran en la naturaleza, debido a que rebajan el empleo del material al mínimo, tienen bajo peso y permiten la consecución de una obra más diáfana. Sus formas son generadas por un equilibrio tensado y el comportamiento de las superficies textiles está condicionado a su geometría. Es decir, estructura y forma están íntimamente relacionadas.



Img.2 Algas unicelulares microscópicas que viven en el agua dulce o marina llamadas Diatomeas. Fuente A & A Minerales <http://www.absorcat.com.ar/informacion-complementaria.php>

El proceso de diseño de los sistemas de membranas difiere sustancialmente de los convencionales, el análisis estructural está integrado al diseño formal donde se establece el equilibrio. Posteriormente se calculan los valores del pretensado que deben ser suficientes para mantener todas las partes de la membrana en tensión bajo cualquier estado de carga.

1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P.43-46.
2. Javier Tejera Parra. *Construir con Membranas*. ©TECTÓNICA N°36: *Arquitectura Textil*. ATC Ediciones, S.L. (Octubre 2011) P.9-12
3. Stephanie Castro, Roger Cera, Hernán Díaz. *Tenso-Estructuras*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Arquitectura y Urbanismo/ <http://es.scribd.com/doc/44231231/TENSO-ESTRUCTURAS>. Edición Digital 2010. Fecha consulta 19.07.12
4. Frei Otto. A Gaudì. Buckminster Fuller. Edición Digital. Fecha de consulta 19.07.12 [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei\\_Otto/\\_A.\\_Gaud%C3%AC/\\_Buckminster\\_Fuller#FREI\\_OTTO/](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei_Otto/_A._Gaud%C3%AC/_Buckminster_Fuller#FREI_OTTO/)



Img.3 Tela de araña. Fuente pág. Web El hereje Gnóstico. <http://elherejagnostico.blogspot.com.es/>

<sup>3</sup>“La tela de araña representa un excelente modelo de eficiencia estructural basado en el esfuerzo a la tracción. La delgada fibra con la cual está construida, posee propiedades mecánicas resistentes superiores al acero y a la vez con mayor elasticidad que la obtenida en el nylon, ambas propiedades le permiten absorber y disipar gran cantidad de energía”<sup>3</sup>

### 05.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

FORMA – ESTRUCTURA

<sup>3</sup>Las estructuras tensadas se pueden clasificar dentro de 4 tipologías:

#### Tensegrity - Tensairity - Estructura Neumática - Membrana Tensada<sup>3</sup>

El común denominador de las **Membranas Tensadas y Tensegrity**, es el esfuerzo a la tracción como estrategia en la configuración de la estructura ya sea por doble curvatura de la superficie o sistema de tracción de cables. En cambio, Los sistemas de **Estructuras Neumáticas y Tensairitis** se configuran a través de la presión de aire en la membrana.

Las estructuras estabilizadas por tracción se denominan “tensostáticas” y las estructuras estabilizadas por presión de aire se denominan “presostáticas”.

<sup>2</sup>Ambos sistemas tensostáticos y presoestáticos, basan su estabilidad en conservar su forma y un cierto nivel de pretensado en la membrana por medio de la tensión de los bordes, vértices o anclajes interiores<sup>2</sup>.

Las membranas tensadas y tensegritis forman superficies **Anticlásticas** (fig. A, B, C y D), esto quiere decir, que están conformadas por curvaturas en direcciones opuestas (positivo y negativo), la cual genera una estabilidad dimensional. Las membranas tensadas también pueden incorporar elementos rígidos como mástiles que trabajan a la compresión y puntos de anclaje que soportan y mantienen la tensión de los elementos. De esta manera se forma un sistema basado en tensión y flexibilidad.

Las estructuras neumáticas y tensairitis forman superficies **Sinclásticas** (fig. E, F, G y H) las cuales tienen doble curvatura en un solo sentido. Su estabilidad estructural se genera con la presión de aire la cual mantiene su forma y pretensado.

1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P.43-46.

2. Javier Tejera Parra. *Construir con Membranas*. ©TECTÓNICA N°36: *Arquitectura Textil*. ATC Ediciones, S.L. (Octubre 2011) P.9-12

3. Luís Alberto Marroquín Rivera. *Guía Básica de Diseño*. <http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras/>. Edición digital 2012. Fecha consulta 19.07.12

4. Stephanie Castro, Roger Cera, Hernán Días. *Tenso-Estructuras*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Arquitectura y Urbanismo/ <http://es.scribd.com/doc/44231231/TENSO-ESTRUCTURAS>. Edición Digital 2010. Fecha consulta 19.07.12

Forma Anticlástica, silla de montar.  
Big Nazareth. Nazareth-Israel  
2009. Estructura de acero,  
Membrana de PES cubierto de PVC.  
Arquitecto Ami Korren.

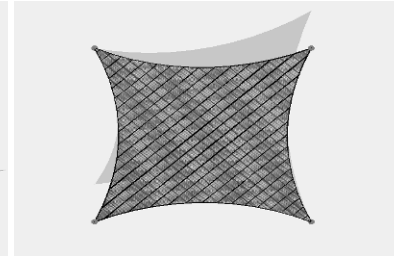
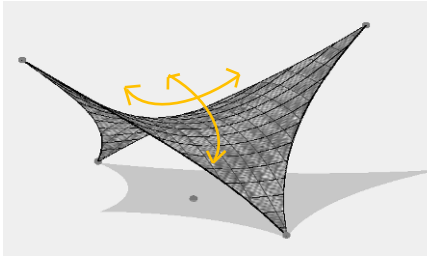


Fig. A

Forma Anticlástica, Arco, Bank de  
América Pavilion Boston – USA  
2006. Estructura de acero,  
Membrana de PVDF.

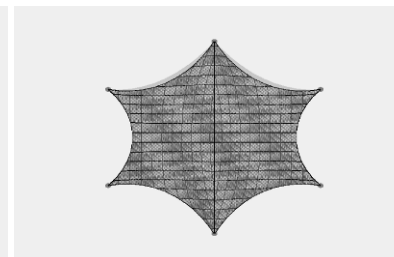
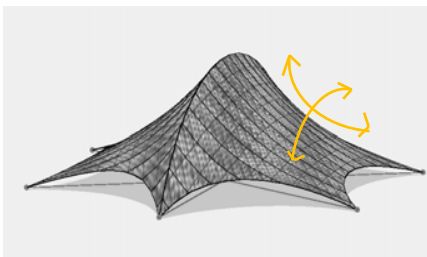


Fig. B

Forma Anticlástica, Cono, Heureka  
Science Exhibition Pavilion, Zurich –  
Switzerland, 1991 - Estructura de  
membrana tensada recubierta de PVC.

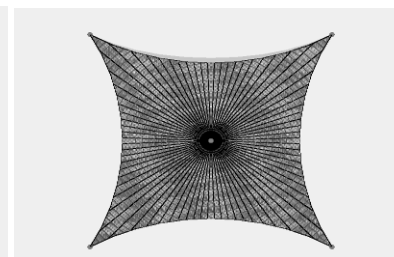
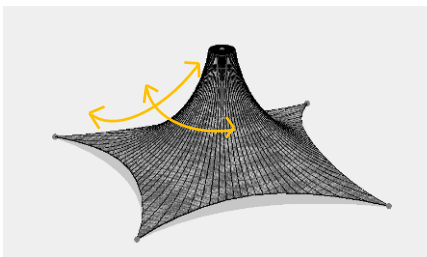


Fig. C

Forma Anticlástica, silla de montar.  
Palma Aquarium Shark Pool. Palma  
de Mallorca-España 2007. Estructura  
de acero, Membrana de PES cubierto  
de PVC. Arquitecto Ami Korren.

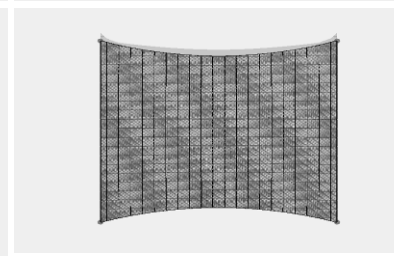
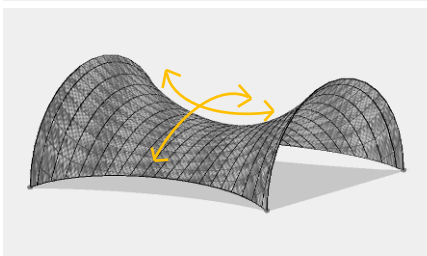


Fig. D

Construcciones realizadas con membranas de geometría anticlásticas. Al lado derecho, Esquema tipo de geometrías anticlásticas. A partir de estas formas, se realizan variantes que permiten obtener infinitas soluciones.

Imágenes. Generadas por el Programa Formfinder. Aplicación ProjectFinder./http://apps.formfinder.at/pf-mainplayer/. Fecha consulta 20.07.12.

Figuras. N. Bublik. Modelos realizadas con Programa Formfinder. Aplicación Formfinder Catalogue. Fecha realización 20.07.12.

Forma sinclástica, Domo, Command Performance Travel Theatre 3. Australia 1980. Estructura Textil Neumática, Membrana recubierta de PVC. Arquitecto Geodome Space Frames Pty Ltd.

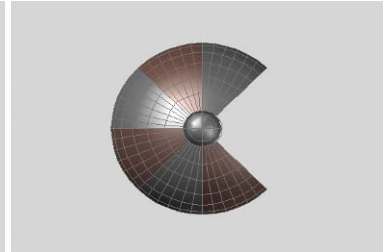
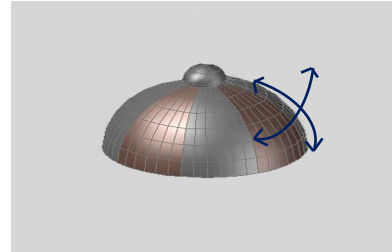


Fig. E

Forma Sinclástica, Arco, Fraunhofer Experimental Laboratory, holzkirchen - Germany 2006. Estructura Neumática, Membrana de ETFE.

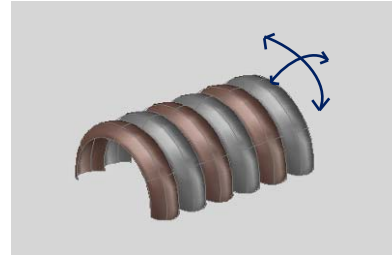


Fig. F

Forma Sinclástica, Big Nazareth. Nazareth-Israel 2009. Estructura de acero, Membrana de PES cubierto de PVC. Arquitecto Ami Korren.

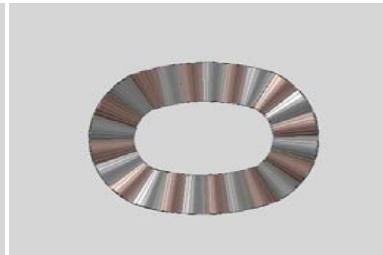
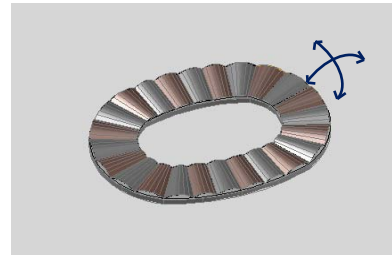


Fig. G

Forma Sinclástica, Elipsoide, iGuzzini Illuminazione, Sant Cugat, Barcelona-España 2011. Sub-estructura de aluminio, Membrana de Poliéster recubierto de PVC. Arquitecto MiAS Architects.

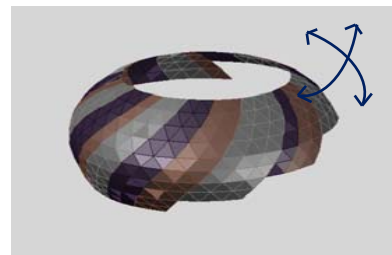


Fig. H

Construcciones realizadas con membranas de geometría sinclástica. Al lado derecho, esquema tipo de geometrías sinclásticas. En el caso del Edificio Iguzzini, la geometría es generada por una sub-estructura de aluminio, sin embargo su forma final es sinclástica.

Imágenes. Generadas por el Programa Formfinder. Aplicación ProjectFinder Standard./http://apps.formfinder.at/pf-mainplayer/. Fecha consulta 20.07.12./ Edificio Iguzzini. Fotografía N. Bublik. Figuras. N. Bublik. Modelos realizadas con Programa AutoCAD. Aplicación 3D, Modelado de Malla y Superficies. Fecha realización 20.07.12. Edificio lauzzini. Mias Architects. Realizado con Proarama AutoCAD. Aplicación 3D.



Img.4 Needle Tower. Fuente  
pág.web

[www.pbase.com/qleap/image/52265074/original](http://www.pbase.com/qleap/image/52265074/original)



Img.5 Needle Tower. Fuente  
Fotografía por kimberlyfaye  
tomada 21 de octubre 2008

### 0.5.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

Palabras Claves:

Tensión - Compresión - Pretensado - Cable - Barra - Snelson - Fuller

#### 05.1.1 ESTRUCTURAS TENSEGRITIS

El término Tensegridad, proviene del inglés "Tensegrity" y es un término arquitectónico acuñado por Buckminster Fuller de la contracción del término *Tensional integrity*. Estas estructuras fueron exploradas por el artista Kenneth Snelson produciendo esculturas como Needle Tower de 18 metros de altura ubicada fuera de el Hirshhorn Museum and Sculpture Garden Washington DC, construida en 1968.

La Tensegridad es un principio estructural basado en el empleo de componentes aislados comprimidos que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los miembros comprimidos (generalmente barras) no se tocan entre sí y están unidos por medio de componentes traccionados (habitualmente cables) que son los que delimitan espacialmente dicho sistema.

La escultura diseñada por Snelson (Img. 4 y 5), está compuesta por tubos de aluminio de calidad aeronáutica y de cables de acero inoxidable. Los tubos se mantienen unidos en perfecto equilibrio por los cables que va enhebrando cada tubo a través de pequeños agujeros en sus extremos. La torre se apoya únicamente en los extremos de los 3 tubos inferiores manteniendo su equilibrio.

Con los avances tecnológicos y la ayuda de modelos virtuales, las tensegritis (estructuralmente eficiente), pasan de ser sólo elementos esculturales a ser elementos de mayor escala que además cumplen una función, como lo es su aplicación en el ámbito de la construcción.

Este es el caso del Kurlipa Bridge (img. 6), que fue diseñado con los principios de tensegridad. En la Imagen se visualiza el puente en estado de construcción, el cual posee una sección transversal mínima.



Img. 6 Kurlipa Bridge, Brisbane Australia.  
[www.flickrriver.com/photos/stephenk1977/3330220100/](http://www.flickrriver.com/photos/stephenk1977/3330220100/)

1. Luís Alberto Marroquín Rivera. Guía Básica de Diseño. <http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras/>. Edición digital 2012. Fecha consulta 19.07.12



Ima. 7 Puente Militar. Fuente



Img.8 Puente de 52mts de luz, en Val Cenis, Francia 2006.

Fuente [www.airlight.biz](http://www.airlight.biz)



Img.9 Cubierta estacionamiento en estación ferroviaria de 28mts de luz, Montreux, Suiza 2004. Fuente

[www.tensinet.com](http://www.tensinet.com)

### 0.5.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

Palabras Claves:

Tensión - Compresión - Pretensado - Cable

### 05.1.2 ESTRUCTURAS TENSARITIS

Es el nombre comercial con el que se hizo conocido un novedoso sistema estructural desarrollado por la empresa Suiza "Airlight". Este principio está basado en la interacción sinérgica entre una viga tubular neumática y cables de acero enrollados de forma helicoidal a lo largo de la viga, lo que se traduce en un componente estructural muy resistente y ligero a la vez.

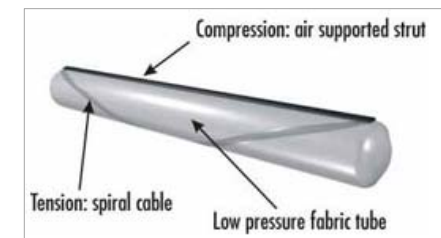
**Tensairity® = Tensión + Air + Integrity**

La presión del aire es totalmente independiente de la sensibilidad y la esbeltez de los elementos constitutivos. Es decir, permite la construcción de estructuras muy ligeras con una expectativa de uso a largo plazo. La carga de la capacidad portante es tan alta que con una presión de 200mbar ya es posible construir puentes temporales incluso adecuados para transportes pesados. El Sistema tensairity necesita sólo un 1% de la presión del aire. Con la presión tan baja, las pérdidas de aire son fácilmente compensadas. Los materiales en que se fabrican pueden ser de PVC, fibra de vidrio-silicona, fibra de vidrio PTFE o lámina de ETFE.

El potencial de aplicación y desempeño estructural de las tensairitis está siendo canalizado principalmente hacia la construcción de vigas para puentes ultraligeros con gran capacidad de carga. Un ejemplo es para el uso militar y transporte de maquinaria pesada en minería (img.8). La capacidad de carga de Tensairity ® es, por órdenes de magnitud superiores a las de la viga de aire tradicional (estructuras neumáticas).

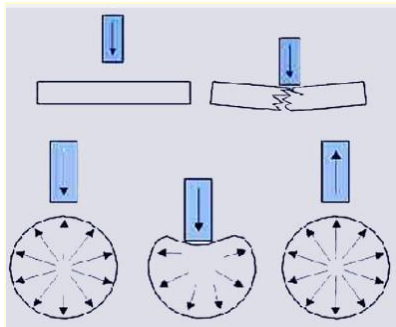
Como concepto general del sistema, se puede traducir en que son <sup>3</sup>vigas construidas con membranas presurizadas reforzadas mediante un cordón superior más rígido que aporta resistencia a compresión, uno inferior que aporta resistencia a la tracción y eventualmente se le colocan cables pretensados que conectan ambos transmitiendo las cargas entre sí reduciendo la flexión<sup>3</sup>.

En cuanto a la presión del aire, es sólo un elemento estabilizador, la presión del aire no lleva ninguna carga, las cargas son transportadas por cables y puntales y la presión del aire reemplaza los puntales verticales.

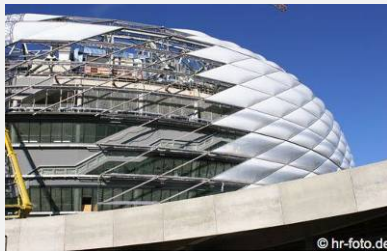


1. Luís Alberto Marroquín Rivera. Guía Básica de Diseño. <http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras/>. Edición digital 2012. Fecha consulta 19.07.12
2. Airlight. Tensairity. <http://www.airlight.biz/default.aspx?sld=12/>. Edición digital. Fecha consulta 26.07.12
3. Javier Tejera Parra. Construir con Membranas. ©TECTÓNICA N°36: Arquitectura Textil. ATC Ediciones, S.L. (Octubre 2011) P. 7





Img.10 Comportamiento de una viga convencional Vs elemento neumático. Fuente [www.pneumocell.com](http://www.pneumocell.com)



Img.11 Fachada con cojines ETFE en forma de diamante



Img.12 Allianz Arena en Munich, Germany. 2005. Fuente <http://debatefootball.com>

0.5.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

FORMA – ESTRUCTURA

Palabras Claves:

Tensión - Presión - Compresión - Frei Otto

05.1.3 ESTRUCTURAS NEUMÁTICAS

<sup>1</sup>Las primeras construcciones neumáticas aparecieron a inicios del siglo pasado, principalmente se utilizaba para el uso de tiendas de campaña militares. La primera patente de este tipo de estructuras está registrada en 1917 por el ingeniero Frederick William Lanchester, pero después de su muerte es cuando se realizan aplicaciones formales de su idea<sup>1</sup>.

La estabilidad de estas estructuras livianas, está basado en las diferencias de presión de aire comprimido generado entre el interior de una membrana y el entorno exterior, efecto que produce una tensión en la delgada membrana que le otorga rigidez y firmeza.

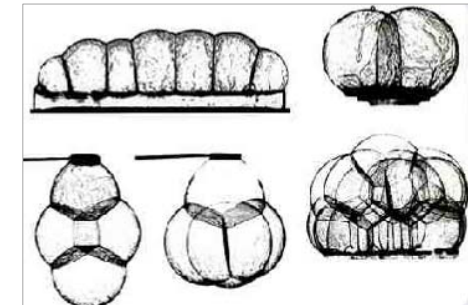
Las ventajas del sistema, es poder lograr obtener grandes luces sin apoyos internos a un bajo coste y un menor tiempo de montaje respecto a los sistemas constructivos convencionales. Además su doble capa hace que tengan un nivel de aislamiento térmico.

Su desventaja es la dependencia de los dispositivos mecánicos que regulan la presión de aire y que constantemente se tiene que monitorear su funcionamiento.

Las estructuras presostáticas se pueden dividir en dos subtipos:

<sup>2</sup>Las cubiertas de una sola capa estabilizadas presurizando a baja presión el ambiente interior y las estructuras construidas mediante cojines neumáticos de dos o más capas que mantienen una presión mayor en su interior, liberando espacio cubierto de dicha sobrepresión<sup>2</sup>.

Aparte de la ingeniería civil y la arquitectura, la tecnología neumática es aplicable a otros campos como estructuras flotantes, equipos de deporte, aeronáutica e inclusive aplicaciones aeroespaciales.



Img.13 Frei Otto realiza estudio de los principios naturales de agrupación de formas con películas de jabón. Fuente [www.pneumocell.com](http://www.pneumocell.com)

1. Luís Alberto Marroquín Rivera. *Guía Básica de Diseño*. <http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras/>. Edición digital 2012. Fecha consulta 19.07.12
2. Javier Tejera Parra. *Construir con Membranas*. ©TECTÓNICA N°36: *Arquitectura Textil*. ATC Ediciones, S.L. (Octubre 2011) P. 9 y 14



Img.14 Membrana sin pretensado. Fuente issuu.com



Img.15 Membrana pretensada plana. Stand en Viena, Austria  
Fuente www.formfinder.at

En los casos de membrana sin pretensado y membrana pretensada plana, no se podrían considerar parte del sistema de estructuras tensadas ya que en ambos casos, al estar sometidas a cargas de viento, pueden invertir su curvatura o también oscilar o vibrar, es decir, la estabilidad de la estructura se consigue con elementos auxiliares y no por su forma.

### 0.5.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

### FORMA – ESTRUCTURA

Palabras Claves:

Pretensado - Tensión - Cables - Flexión

#### 05.1.4 MEMBRANA

<sup>2</sup>Una membrana es una lámina semejante a una piel, sin rigidez a la flexión. Las membranas pueden estar hechas en base a mallas, hojas delgadas y telas. Estas solo pueden ser solicitadas por esfuerzos de extensión, que actúan en la superficie de las mismas y originan las llamadas tensiones de membrana<sup>2</sup>.

Una cubierta colgante es la forma más característica de una membrana tensada, donde se puede distinguir la estructura soportante y el material de cubierta.

Existen varias posibilidades de configuración de una estructura para cubrir un espacio o cerramiento con membrana y va a depender del pretensado y la forma de esta misma.

<sup>2</sup>Una **membrana sin pretensado**, es la forma más simple y está compuesto por una lámina curvada en una sola dirección siguiendo una catenaria; como la tela de una silla de descanso, cuelga libremente de dos líneas de apoyo. Esta membrana puede obtenerse de una lámina originalmente plana. Existe una carga uniformemente repartida y sólo existen tensiones de membrana en la dirección de máxima curvatura<sup>2</sup>. (fig. 14)

<sup>2</sup>La **membrana pretensada plana** se puede configurar con la forma de un polígono cerrado y rígido contenido en un plano tensando la membrana a la manera de un tambor. Como resultado tendremos una membrana plana y pretensada.

Pretensada quiere significar que, aún cuando esta membrana no esté sometida a carga alguna, en su interior se desarrollan y trabajan ciertas tensiones llamadas tensiones iniciales. Estas tensiones iniciales son independientes de la fuerza de gravedad, se mantienen siempre y se superponen a las tensiones producidas por las cargas. Una membrana plana y pretensada ha de deformarse mucho bajo las cargas para que pueda considerarse como un sistema espacial, y las deformaciones deben ser elásticas para que el pretensado se conserve. Para que las membranas planas no se deformen demasiado, deben someterse a un fuerte pretensado<sup>2</sup>. (fig. 15)

1. *Luís Alberto Marroquín Rivera. Guía Básica de Diseño.* /<http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras/>. Edición digital 2012. Fecha consulta 19.07.12

2. *Frei Otto. A Gaudì. Buckminster Fuller.* Edición Digital. Fecha de consulta 19.07.12  
[http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei\\_Otto/\\_A.\\_Gaud%C3%AC/\\_Buckminster\\_Fuller#FREI\\_OTTO/](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei_Otto/_A._Gaud%C3%AC/_Buckminster_Fuller#FREI_OTTO/)



Img.16 Estructura Membrana Tensada doble curvatura (+ y -)  
Centro Comercial Glòries.  
Barcelona, España. Fuente N. Bublik



Img.17 Detalle Mástil Membrana  
Fuente Fotografía N. Bublik



Img.18 Estructura Membrana Tensada doble curvatura (+ y -)  
Fuente formfinder.com

### 0.5.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

Palabras Claves:

Tracción - Pretensado - Tensión - Cables – Flexión

### FORMA – ESTRUCTURA

La **membrana curva** puede ser pretensada en todas las direcciones en el caso de que su forma esté “contracurvada”, es decir, en una dirección positiva y otra negativa, la cual conforma una estructura espacial de gran rigidez y resistencia.

### 0.5.1.5 ESTRUCTURA DE MEMBRANAS TENSADAS

<sup>1</sup>La estabilidad de este sistema, es dado por la canalización de esfuerzos a través de la forma de la superficie llamada membrana. Los elementos rígidos (mástiles, postes, arcos y puntales) trabajan a compresión unificándose con los elementos flexibles que trabajan a tracción (cables y membranas)<sup>1</sup>. Interactúa además el peso propio de la membrana, vientos, nieve etc. El resultado formal debe aproximarse o coincidir lo más posible con el flujo natural y equilibrado de las fuerzas que actúan en toda la superficie<sup>1</sup>. Los bordes de la membrana juegan un papel importante ya que son los puntos de apoyo de la estructura, configura la forma y le da estabilidad.

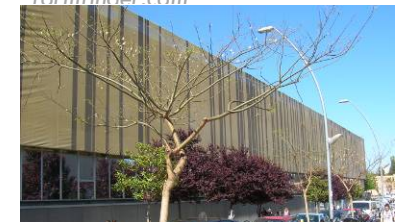
Las estructuras tensostáticas se pueden dividir en dos subtipos:

- Las membranas tensadas, en la cual, la estructura y el cerramiento es la misma membrana, y las mallas de cables cumplen la función estructural. (fig.19)
- Por otra parte, está un material adicional a la estructura principal compuesto por una membrana que configura una subestructura auxiliar que cumple la función sólo de cerramiento, como por ejemplo una fachada o cubierta ventilada. (fig.20)

Este estudio aborda el segundo subtipo, específicamente al cerramiento de fachadas con membranas tensadas sin ser parte de la estructura del edificio.



Img.19 Centro de Investigación Química, Venafro, Italia. Fuente formfinder.com



Img.20 Universidad en Barcelona, España. Fuente N. Bublik

- Luís Alberto Marroquín Rivera. Guía Básica de Diseño. <http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras/>. Edición digital 2012. Fecha consulta 19.07.12
- Javier Tejera Parra. Construir con Membranas. ©TECTÓNICA N°36: Arquitectura Textil. ATC Ediciones, S.L. (Octubre 2011) P. 9
- Frei Otto. A Gaudi. Buckminster Fuller. Edición Digital. Fecha de consulta 19.07.12 [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei\\_Otto/\\_A.\\_Gaud%C3%AC/\\_Buckminster\\_Fuller#FREI\\_OTTO/](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei_Otto/_A._Gaud%C3%AC/_Buckminster_Fuller#FREI_OTTO/)

## 0.5.1. Tipologías de las Estructuras Tensadas

Palabras Claves:

Tracción - Pretensado - Tensión - Cables – Flexión

## 05.2. ESTABILIDAD DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

1. *Modelo 1.* Muestra cómo se constituye un sistema de dos hilos: atravesando un hilo sobre el que se pretende estabilizar, con curvatura inversa y anclándola a la superficie base. Se considera que ambos están contenidos en planos verticales y perpendiculares entre sí. Esta disposición permite estabilizar el punto de intersección de ambos hilos.
2. *Modelo 2.* Si se considera que a partir de estos dos hilos se diseñará una estructura de cubierta de cables, deberán agregarse, en principio, dos cables estabilizadores más a 90° con respecto al primero, paralelos al segundo y contenidos todos en planos verticales.
3. *Modelo 3.* Se agregan hilos según la primera dirección, anclados en los que se tendieron en segundo término, y unificando el anclaje de los segundos, se obtiene una superficie “facetada”, en la que en cada punto de la misma se cruzan dos cables de curvatura opuesta, una hacia arriba y la otra hacia abajo. Ambos cables ejercen presión, cada uno sobre el otro.
4. *Modelo 4.* Si se quiere que la superficie sea continua, es necesario agregar más y más cables, hasta generar un “tejido”. Cuando se tensa cada uno de los cables de la red, se incrementa la presión en cada nudo.

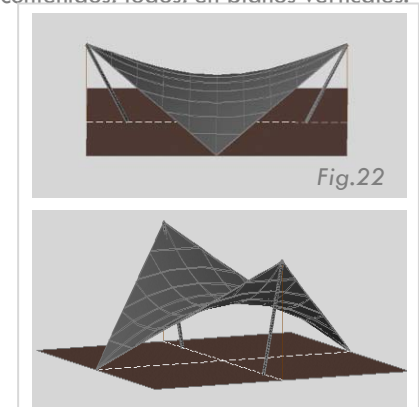
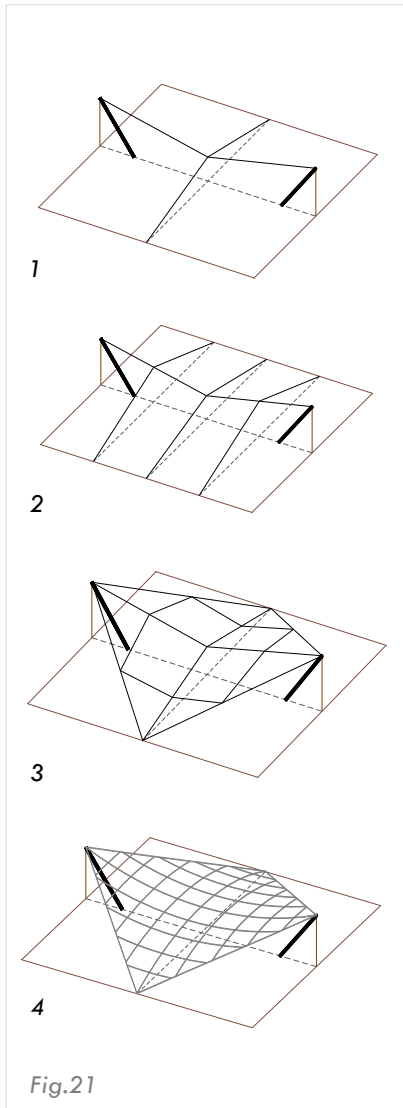
La tensión inicial más alta, o “pretensión necesaria”, será la que establezca la red de cables

ante la acción de las cargas. La pretensión produce, sobre los hilos tensiones, que brindan la seguridad que subsistirán los esfuerzos de tracción se cual sean las cargas exteriores, las que nunca llegarán anular el esfuerzo de tracción inicial en ningún punto de la superficie. Las redes de los hilos de conforman la doble curvatura en el espacio, son rígidas y poco deformables ante las acciones de cargas accidentales de intensidad alta.

*Fig.21* Estabilización de la Estructura basado en la Ilustración de Horst Berger, *Light Structures, Structures of Light*, Berlín 1996.

*Fig .22* N. Bublik. Forma tipo “silla de montar” realizada con Programa AutoCAD. Aplicación 3D, Modelado de Malla y Superficies.

1. *María Rosa Sánchez de Colacelli. Parte 1: De las Tiendas a las Membranas Pretensadas. La Forma en las Cubiertas de Membranas. Documento digital. PDF 2005. Fecha de consulta 31.07.12. <http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/antiores/Nro26/PDF/p50-54.pdf>.*



TIPOLOGÍAS

05.3. Clasificación Geométrica

Palabras Claves:

Geometría - Pretensado - Bordes – Anclajes

Las formas geométricas aptas para aplicar pretensión, es decir, capaces de sustentar estas membranas, son las formas anticlásticas (modelo 4, fig.21).

Las unidades formales, que independientemente o combinadas definen una cubierta de membrana pretensada, corresponden a superficies intersectadas por planos, los cuales determinan los bordes de las superficies. Estos bordes pueden ser rígidos, flexibles, curvos o rectos.

La geometría de bordes de la membrana, define los elementos de anclaje y pretensado. Se prefieren los bordes curvos ya que los rectos, trabajando a la flexión pueden introducir deformaciones adicionales y en proximidad a esos bordes se pierde la anticlasticidad.


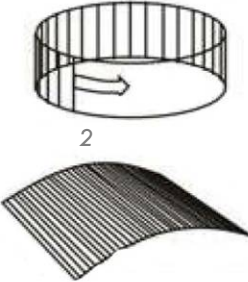


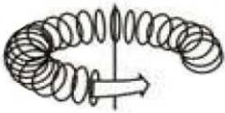
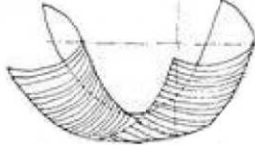


 <p>1</p>	 <p>2</p>	<p><b>SUPERFICIES DE SIMPLE CURVATURA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cono</li> <li>2. Cilindro</li> <li>3. Superficies Cilíndricas</li> </ol>
 <p>1</p>	 <p>2</p>	<p><b>SUPERFICIES DE DOBLE CURVATURA POSITIVA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Paraboloide Circular</li> <li>2. Esfera</li> <li>3. Toro Circular Truncado</li> <li>4. Paraboloide Elíptico</li> </ol>
 <p>1</p>	 <p>2</p>	<p><b>SUPERFICIES COMBINADAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Toro Circular</li> <li>2. Paraboloide Parabólico</li> <li>3. Domo Elíptico</li> </ol>
 <p>1</p>	 <p>2</p>	<p><b>SUPERFICIES DE DOBLE CURVATURA POSITIVA Y NEGATIVA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hiperboloides de una Hoja</li> <li>2. Paraboloides Hiperbólicos</li> </ol>

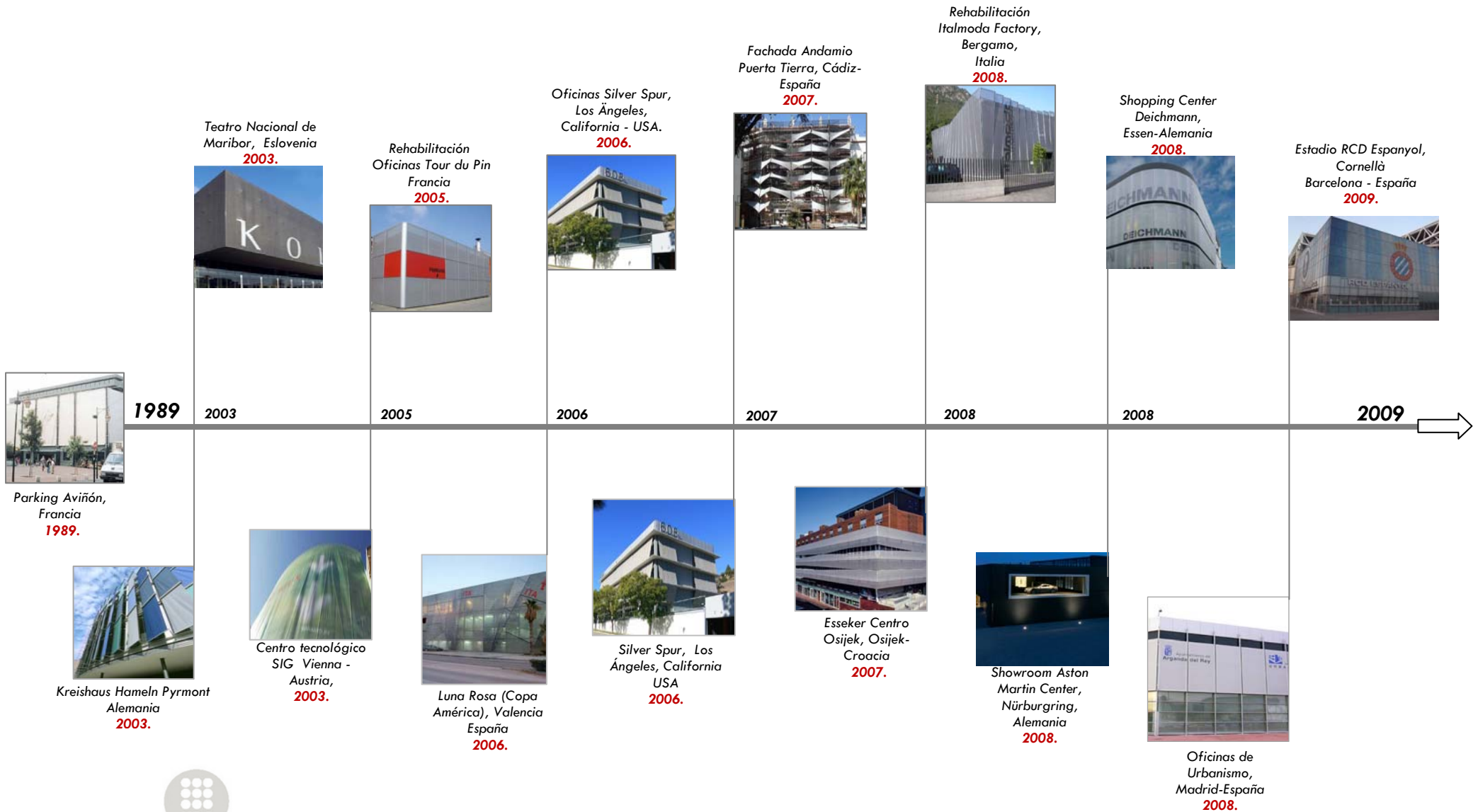
Fig.23 Cuadro de clasificación general de superficies aptas para sustentar cubiertas de membranas tensadas. Fuente M. Sánchez de Colacelli. Parte 1: De las Tiendas a las Membranas Pretensadas. La Forma en las Cubiertas de Membranas.

1. María Rosa Sánchez de Colacelli. Parte 1: De las Tiendas a las Membranas Pretensadas. La Forma en las Cubiertas de Membranas. Documento digital. PDF 2005. Fecha de consulta 31.07.12. <http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/antiores/Nro26/PDF/p50-54.pdf>.

**05. ESTADO DEL ARTE**

05.4. Aplicación de Textiles en la Construcción de la Fachada Actual

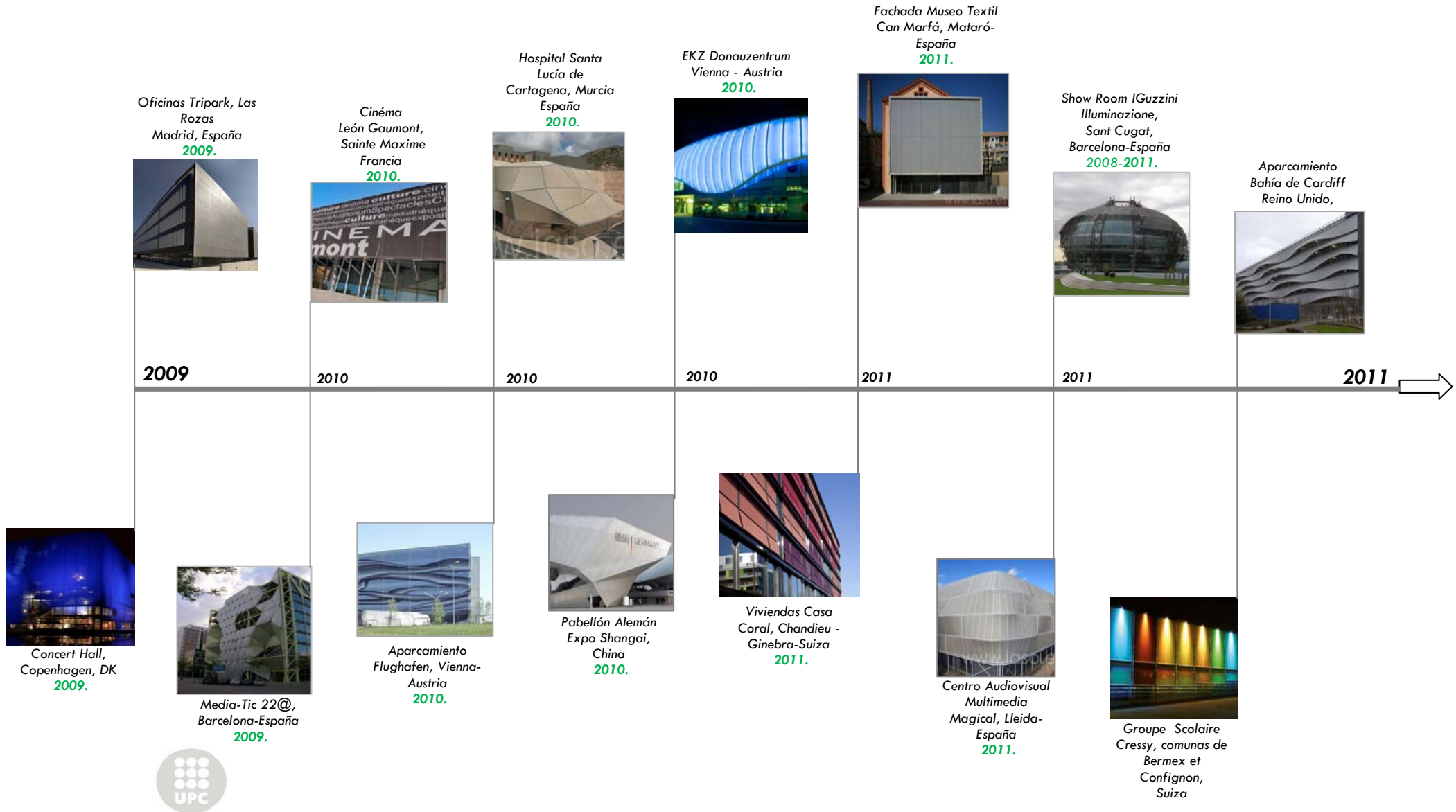
ORDEN CRONOLÓGICO



**05. ESTADO DEL ARTE**

05.4. Aplicación de Textiles en la Construcción de la Fachada Actual

ORDEN CRONOLÓGICO



## 05. ESTADO DEL ARTE

05.4. Aplicación de Textiles en la Construcción de la Fachada Actual

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE FACHADAS CON MEMBRANA TEXTIL TENSADA



Nota: Ubicación geográfica de Edificios Estudiados.





**COATS COAT COAT STORE  
AS NOVEL SALES SCHEME**

**O**VERSTOCKED with a large supply of men's spring and winter coats, a clothier in Copenhagen, Denmark, adopted a unique sales scheme. He erected a scaffolding around his store building and completely covered it from roof to sidewalk with more than a thousand overcoats. The novel display attracted prospective customers in such droves that police were summoned. Although the police ordered the proprietor to remove the display, he succeeded in selling all the overcoats.

*Img.24 Primera Fachada Textil:  
1936, Tienda Troelstrup en  
Copenhague.*

Fuente Conexión Moda Beta.  
www.conexionmoda.com/site/news/1979  
. Edición digital 2012. Fecha consulta  
02.08.12

**05. ESTADO DEL ARTE**

**05.4. Aplicación de Textiles en la Construcción de la Fachada Actual**

El primer indicio de textiles en fachada, se realiza en 1936 como concepto publicitario, he aquí el ejemplo:

**PRIMERA FACHADA TEXTIL, "PELAJE PELO CAPAS TIENDA COMO NUEVO SISTEMA DE VENTAS".**

Debido a una mudanza, la tienda TROELSTRUP de Copenhague decidió colgar todo su stock en un andamio alrededor de la tienda creando la primera fachada textil, por lo visto fue un éxito, y la tienda aún existe en la actualidad.

La insólita pantalla de abrigos atrajo la atención de la gente y con, ella, a cientos de potenciales clientes que se reunieron en masa frente a la tienda. Tal fue así que tuvo que acudir hasta la policía a poner orden.

Ante el revuelo formado, la policía conminó al titular de la tienda a retirar los abrigos, pero su idea cosechó tanto reclamo que terminó liquidando todas las existencias de abrigos.

Posteriormente, se han visto ejemplos de utilización de textiles para fines publicitarios, representaciones

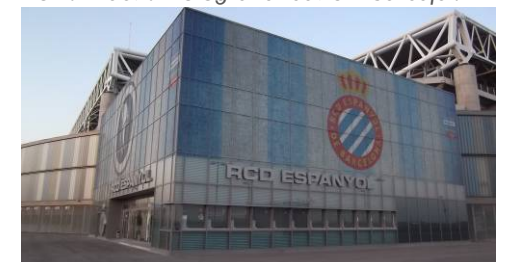
artísticas, o como protección de fachada mientras el edificio se encuentra en proceso de construcción y o rehabilitación. En este último caso, cumple dos funciones (publicitaria y de protección). Imagen Derecha, Instalación artística "Woven Pótico", Londres, de Nicolás Feldmeyer.



*Img. 24 Fotografía Publicada en 1936 y muestra un Comercio en Copenhague en Período de Entreguerras. Allí, en Dinamarca, un fabricante de ropa adoptó un esquema de venta inusual para dar salida a lo abarrotado de gente en sus Almacenes.*



*Img.25 Vista diurna Times Square en New York. 2007. Fotografía Javier Carbajal.*



*Img.26 Estadio RCD Espanyol Cornellà- El Prat, Cornellà de Llobregat. Barcelona. Fotoarafia N. Bublik.*



*Img.27 Publicidad mediante una pantalla textil en edificio en rehabilitación. Barrio de Gracia, Barcelona-España. Fotografía N. Bublik.*



Img. 28 Parking Aviñón, Francia  
1989. Fuente SergeFerrari

“La primera fachada textil aplicada como material de construcción fue instalada en 1989 para un parking al aire libre en Aviñón. Doce años después de su instalación, su resistencia mecánica residual sigue siendo un 90% en urdimbre, y un 80% de trama respecto a sus características originales. El tejido ha conservado todas sus propiedades de su clasificación al fuego M2. El tejido presenta sus dos caras diferente, una nacarada-metalizada y una cara mate nacarada que refleja la luz en todas las direcciones<sup>23</sup>”

## O5. ESTADO DEL ARTE

### 05.4. Aplicación de Textiles en la Construcción de la Fachada Actual

Palabras Claves:

Fachada Activa - Ligera - Dinámica

La envolvente arquitectónica es un factor importante en un edificio, ya que es la cara expuesta al exterior, la cual es afectada constantemente por los agentes externos y por otra parte, entrega una imagen al medio en que se encuentra inserta.

Con la Incorporación del material textil en la fachada, han pasado de ser elementos con un comportamiento **casi estático** a ser capaces de reaccionar y variar su relación con el entorno en base a las condiciones diversas que afectan una construcción a lo largo del tiempo. Es por esto, que se llamará al sistema **“Fachadas Activas”**, el nombre de este estudio.

Para poder obtener una solución adecuada en cada caso, poco a poco se han ido desarrollando nuevas tecnologías aplicadas al textil combinando fibras con recubrimientos de diversos compuestos químicos.

Como parte de una construcción ligera, también se desarrolla en el mercado textil, sistemas modulares prefabricados que dan soporte a las membranas textiles y permiten dar diversos usos como fachada ventilada, protección solar, térmica o simplemente como envolvente arquitectónica entre otras. Como respuesta a esto, se desarrollan sistemas estandarizados como “Texo System”<sup>®</sup> que garantiza el mantenimiento de la tensión textil que distribuye uniformemente al no existir concentración de esfuerzos puntuales.

Este tipo de sistemas se explican más adelante en paneles modulares.



Img. 29 Fachada Envolvente. Concert Hall, Copenhagen, DK.  
Arquitecto Jean Nouvel. Fuente SergeFerrari.



Img.30 Fachada Envolvente en Construcción. Concert Hall, Copenhagen, DK. Fuente SergeFerrari.

El recubrimiento de fachada con un textil permite obtener diferentes beneficios a la vez. A pesar de la ligereza del tejido, la convierte en un auténtico escudo resistente a fuertes vientos y lluvia, todo esto, va de acuerdo con el tensado textil en la estructura de soporte. De esta manera, el textil permite cualidades como: Ligereza y solidez, vanguardia y durabilidad, sobriedad en las líneas, juegos de luces y sombras, transparencia y opacidad, polimorfismo, resistencia a la lluvia, impermeabilidad, transpirable y eficiencia energética.

Fuente Catálogo *Stamisol FT*  
SergeFerrari

**05. ESTADO DEL ARTE**

05.4. Aplicación de Textiles en la Construcción de la Fachada Actual

REHABILITACION DE LA FACHADA



Img.31 Edificio Silver Spur antes de la Rehabilitación, ubicado en Los Ángeles California - USA. "Tras la reforma y la Instalación de la fachada textil, los Gastos Energéticos se redujeron en un 64% además de experimentar un incremento en la ocupación de las oficinas". Fuente, Serge Ferrari.



Img. 32 Edificación Industrial, Rehabilitación Italmoda Factory 2008, Bergamo-Italia con TEXO. Fuente Catálogo *Stamisol* SergeFerrari.

1. David Martínez. *La Innovación en el ámbito de las fachadas: Tendencias y Nuevas Tecnologías. Arquitectura Textil - Texo Innovación. Revista Espacio. Editorial Espazio, (Junio 2012 #1) P. 30-31. Referencia, editorialespazio.com*
2. *Catálogo Stamisol FT 381 & Color* SergeFerrari *Architecture Fachada. Octubre 2010.*



Img.33 Fachada Iluminada, compuesta por una doble piel. La piel externa de cristal y la piel interior textil. Comunas de Bermex et Confignon Suiza. Arquitectos Devanthery & Lamunière. Fuente Catálogo ES\_SergeFerrari\_The Architecture Book. P 41

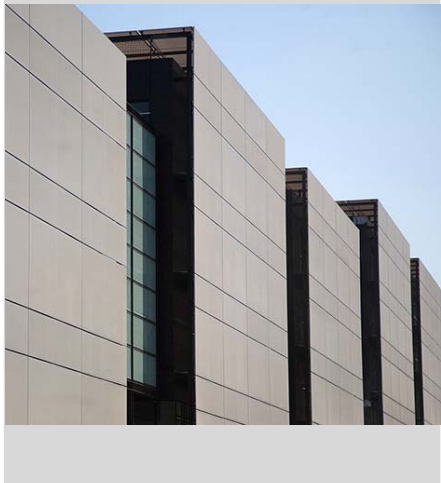
**05. ESTADO DEL ARTE**

05.4. Aplicación de Textiles en la Construcción de la Fachada Actual

REHABILITACION DE LA FACHADA



Img.34 Fachada de doble piel, su piel exterior está conformada por una estructura textil tensada plana. La imagen transmite un mensaje. Se utilizó el producto Stamisol FT. Arquitecto Jean Pascal CLEMENT. Fuente Fotografía Catálogo Stamisol FT 381 & Color SergeFerrari Architecture Fachada. Octubre 2010. P 11



Img.35 Aparcamiento Flughafen, Vienna – Austria. Arquitecto Kogler. Fuente Catálogo Stamisol FT 381 & Color SergeFerrari Architecture Fachada. Octubre 2010. P 23

Img. 36 Edificio de Oficinas Tripark Las Rozas, Obtiene Certificación Leed Gold, gracias a la Fachada Textil BATenso de BATSpain, que reduce el Consumo Energético en Climatización mejorando la Eficiencia Energética del Edificio. Se utilizó Lonas de Poliéster y PVC Tensados sobre Bastidores de Aluminio en Fachada. Empresa Moñita realiza Transporte, Instalación de los Bastidores, Herrajes y Accesorios de Anclaje. El ahorro estimado de 120.000 euros al año y reducción de emisiones de CO2, equivalente a plantar 750 árboles. Fuente: <http://buscaclima.wordpress.com>

## 06. ANTECEDENTES PREVIOS

### SOBRE LOS MATERIALES

---

#### 06.1. INCONVENIENTE ACTUAL

La piel de un edificio que está recubierta en su totalidad o parte de ella por cristal o muro cortina; la cara más expuesta a la radiación solar, viento o lluvia, se verá más afectada ya sea por el desgaste de los materiales en la cara exterior de la fachada o también en la calidad de vida al interior de este. Esto se debe al sobrecalentamiento que afecta esa zona a medida que aumenta la altura del edificio. También se ve afectado por el contacto directo de la lluvia en este.

Por este motivo, se hace necesario algún tipo de protección de fachada que hoy en día se resuelve con protecciones tipo celosías, una doble piel o una fachada ventilada.

Por el exceso de T° interior, se recurre a un mayor consumo en climatización lo que provoca un mayor gasto energético y por ende mayor coste.

#### 06.1. BENEFICIO

El material textil permite una filtración lumínica evitando deslumbramientos al interior del edificio pasando a ser un material totalmente opaco o dar grados de transparencia al exterior desde el interior.

En épocas donde el clima ofrece las temperaturas más altas, el material textil según donde se ubique, puede actuar como fachada ventilada disminuyendo la temperatura al interior del edificio generando una disminución en el gasto energético generado por el uso excesivo de climatización. Las membranas pueden tener varias capas, lo que le permite dar mayor durabilidad, protección a los rayos ultravioleta, impedir el desgarro y evitar acumulación de hongos.

La tela puede reducir el coste de mantenimiento de una fachada en cuanto a su limpieza. Por un lado existen telas que favorecen propiedades auto limpiantes y por otra parte al ser un elemento de menor coste que otros materiales, es más fácil su recambio. El reciclado es un factor que también se debe tener en cuenta al reemplazar algunos materiales, en este caso el textil permite este proceso.

## **06. ANTECEDENTES PREVIOS**

### **SOBRE LA ESTRUCTURA**

---

#### **06.1. INCONVENIENTE ACTUAL**

Para generar una segunda piel en un edificio se necesita una estructura auxiliar o sub estructura que lo sustente. También se puede utilizar la misma estructura del edificio, pero este requerimiento aumenta los costos de construcción. Los sistemas constructivos de doble fachada son muy rígidos y generalmente limitan las vistas. Esto se evita colocando sistemas móviles, que implican un sistema más sofisticado o de mayor coste y mayor impacto ambiental.

#### **06.2. BENEFICIO**

La ligereza del material textil permite que las estructuras de soporte o auxiliares tengan una menor sección y peso reduciendo al límite la cantidad de material constructivo. Al reducir su masa, es menos vulnerable al colapso en zonas sísmicas. El material textil puede cubrir grandes luces disminuyendo los puntos de apoyo y es de fácil colocación y mantenimiento.

La estructura trabaja con esfuerzos a la tracción y se configura con una geometría de doble curvatura de la membrana, o un sistema de tracción de cables o por presión de gases. Lo que le entrega una estabilidad de todo el conjunto.

### **SOBRE LA FORMA**

---

#### **06.3. INCONVENIENTE ACTUAL**

Las formas que se pueden lograr en con una protección de fachada con los materiales convencionales es muy rígida incorporando elementos de apoyo y generalmente tienen una geometría plana. Para lograr formas más complejas, aumenta el coste de fabricación y montaje.

La entrada de luz está regulada y limitada por las aberturas o trama que la pantalla o protección tenga.

#### **06.3. BENEFICIO**

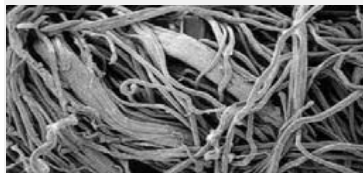
La geometría de doble curvatura permite a la membrana cubrir distancias más grandes desde 20mts a 100mts de luz libre y mayor flexibilidad de la forma.

Se pueden disminuir los puntos de fijación de los anclajes y también prescindir de una sub estructura.

En el sentido estético las formas que se pueden lograr son mucho más dinámicas que con los materiales convencionales.

Las formas dinámicas pueden permitir una mejor regulación del viento y direccionar la ventilación donde se requiera.

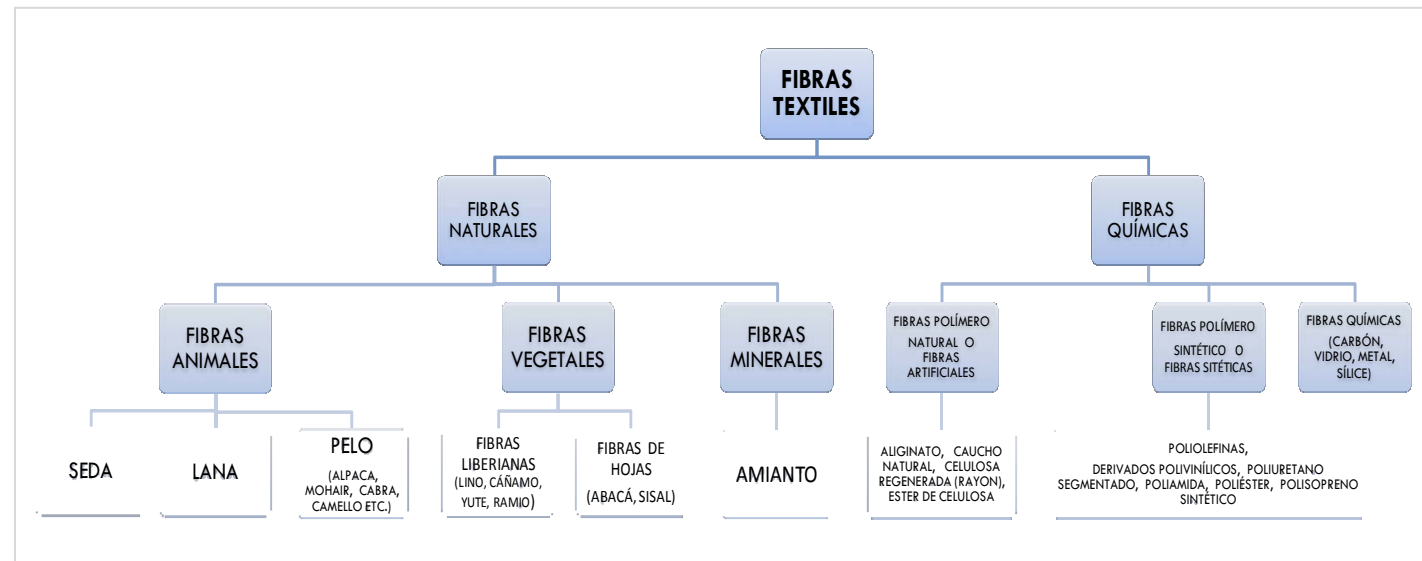
Las materias primas que se utilizan para la fabricación de textiles, se dividen en dos ramas principales, las fibras naturales y las fibras químicas, sin embargo, en el ámbito de la construcción, específicamente en estructuras con membranas tensadas, se utilizan sólo estas últimas debido a que las fibras naturales necesitarían la incorporación de componentes químicos que minimicen su degradación en el tiempo o sean afectados por organismos vivos.



## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.1. La materia prima

#### MATERIA PRIMA UTILIZADA PARA TEXTILES



Las **Fibras Artificiales** o de polímero natural, son el resultado de la modificación química del polímero natural y absorben mucha humedad. En cambio las **Fibras Sintéticas** o de polímero sintético, es el resultado de la síntesis de productos químicos, suelen ser derivados del petróleo y absorben muy poca humedad.

1. Materia Prima para la fabricación de Textiles. Datos Obtenidos de Empresa Textil Serge Ferrari.

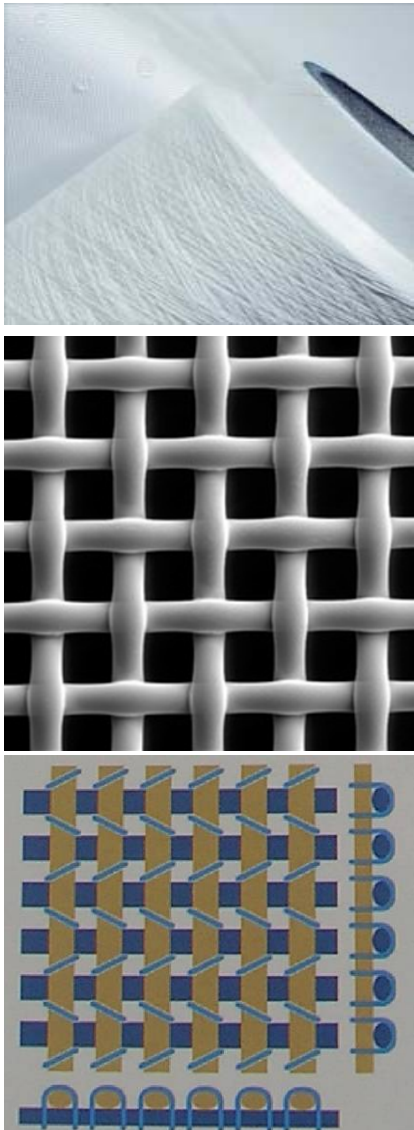


Fig. 37. Figura superior. Fuente SEFAR, figura inferior, hilos de trama y urdimbre unidos con una fibra adicional, no entrelazados. Fuente Tectónica 36.

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.2. Fibras (hilo) Vs Tejido base

El material del textil está conformado por una materia prima, o hilo base y se compone de un número de fibras de longitud infinita y de diámetro pequeño entre 3 y 25 micras. Si se unen dos o más hilos, retorciéndolos, se obtiene un hilo de resistencia superior<sup>1</sup>.

Las fibras se obtienen por medio del hilado por extrusión de los materiales fundidos de vidrio, poliéster y arámida (poliamida aromática) que es una fibra sintética fabricada mediante el corte de una solución del polímero a través de una hiladora. Los tejidos más utilizados son:

1. Los tejidos entrelazados
2. Tejidos laminados
3. Las láminas. (no tejidos)

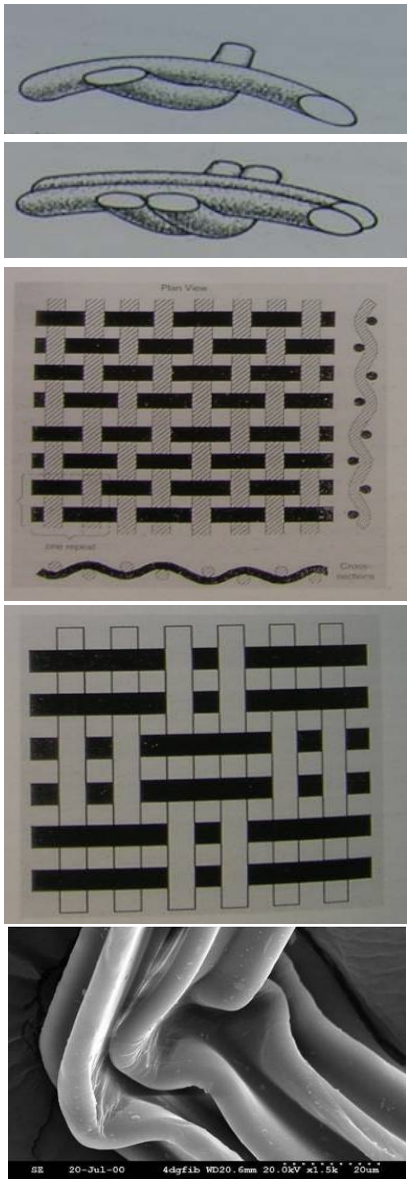
El hilo del tejido, se diferencia uno de otro de la siguiente manera:

- Número de fibras básicas
- Densidad lineal o medida en tex (g/km), dtex o denier (g/9000m)
- Diámetro de la fibra
- Números de giros por metro, en dirección S o Z (S para el giro a izquierdas y Z para giro a la derecha de los hilos)
- Tratamiento de acabado.

El **tejido base** se configura en hiladas superpuestas o entrelazadas en dos direcciones a 90° formando dos capas llamadas trama y urdimbre. La urdimbre sigue la dirección longitudinal del tejido y la trama sigue la dirección transversal. Para el caso de superficies tensadas, con una geometría anticlástica, esta generada por elementos en tracción en forma de arco en oposición a elementos colgados.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P.27, 186, 188 y 189.





## 07.2. Fibras (hilo) Vs Tejido base

Existen varios tipos de tejidos, pero los más utilizados en membranas son los tejidos lisos o tejidos 2-2 también llamada Panamá. Los tejidos se diferencian uno de otros respecto a su peso por superficie ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), número de hilos por cm en la urdimbre y la trama, por tipo de tejido, por las ondas de los hilos en la trama y la urdimbre, su factor de protección (o porosidad) y por sus propiedades mecánicas y físicas.

A diferencia de la urdimbre entrelazada, la urdimbre sobrepuesta, es un proceso de cosido por puntos en que se unen los hilos de la trama y la urdimbre sin entrelazarlos. La malla de hilos de la trama y la urdimbre se superponen una sobre otra, y se cosen entre sí con un hilo muy fino. Las ondas de los hilos son muy bajas, reduciéndose la resistencia a la deformación del tejido. Estando listo el tejido, se le incorpora una capa de protección, que está compuesta por una fina capa que hace aumentar las compatibilidades físicas y químicas entre el tejido y el primer recubrimiento. Es decir, entrega una buena humidificación de las fibras por la resina líquida en la fase del procesado y una buena adhesión entre la fibra y la resina. Esta capa de protección es una capa de resina en forma de pasta.

Los Materiales más utilizados en tejidos para una membrana de cobertura de fachada son el **Poliéster y Fibra de Vidrio**.

### 1. EL POLIESTER ( $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$ )

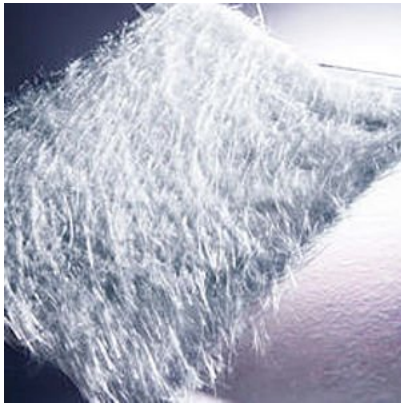
También llamado poliéster sintético (plástico), perteneciente a la categoría de elastómeros. Este material existe en la naturaleza y es proveniente del petróleo.

El poliéster termoplástico es el resultado de un proceso de polimerización del estireno y otros productos químicos donde se obtiene la fibra.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P.27, 186, 188 y 189.

2. El Poliéster. / <http://es.wikipedia.org/wiki/Poli%C3%A9ster> / Fecha consulta 16.07.12

3. *Img.38*. Arriba, tejido simple y tejido de 2-2, abajo el poliéster vista bajo microscopio.



Img 39. Fibra de vidrio. Fuente <http://cmcmotilla34.blogspot.com.es/2010/06/fibra-de-vidrio.html>



Img 40. Fibra de Vidrio biaxial con puntada. Fuente <http://www.chinafrp.es/6-3-glass-fiber-fabrics.html>

**Ventajas:** es muy resistente a la humedad, a los productos químicos y a las fuerzas mecánicas.

El estiramiento de los hilos, proporciona valores mayores del módulo de elasticidad y tenacidad. La fibras de alta tenacidad tiene una resistencia a la tracción de al menos 0.7 N/tex.

**Desventajas:** las propias fibras son de tipo “brillante” o “semi brillante”, lo que significa que no contiene pigmentación o es muy limitada, haciendo que sean sensibles a los rayos UV.

Otro punto débil del poliéster que es muy sensible a la hidrólisis. (*Reacción química en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química. Esta reacción puede producir que el agua actúe como disolvente*).

**Mejoras:** revestirla con PVC ya que los componentes absorben la suficiente energía UV como para garantizar una buena vida a la tela. Una posibilidad de mejoramiento es la pigmentación o estabilización del poliéster ante los UV.

## 2. LA FIBRA DE VIDRIO tipo E (53-54 % SiO<sub>2</sub>; 14 -15 % AL<sub>2</sub> O<sub>3</sub> ; 20 -24% CaO, MgO; 6.5 -9% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Es una fibra mineral elaborada a partir de sílice, cal, alúmina y magnésita. A estas materias se le añaden diversos óxidos y se trituran finamente consiguiendo una masa homogénea, luego se introducen al horno a 1.550°C. El vidrio fundido se extruye y estira, aplicándole un ensimaje consiguiendo así el filamento.

Su resistencia va a depender de diámetro de las fibras debido a la distribución de las mismas.

**Ventajas:** es resistente a altas temperaturas y puede aguantar la temperatura de aplicación **del PTFE**; es resistente a los UV y a las inclemencias atmosféricas, tiene una fluencia baja y una buena estabilidad dimensional.

**Desventajas:** las capas exteriores se enfrían más rápidamente que el núcleo debido a que es un material que se obtiene por fundición; provocando una pretensión.

Pierde resistencia si se pliega o flexiona.

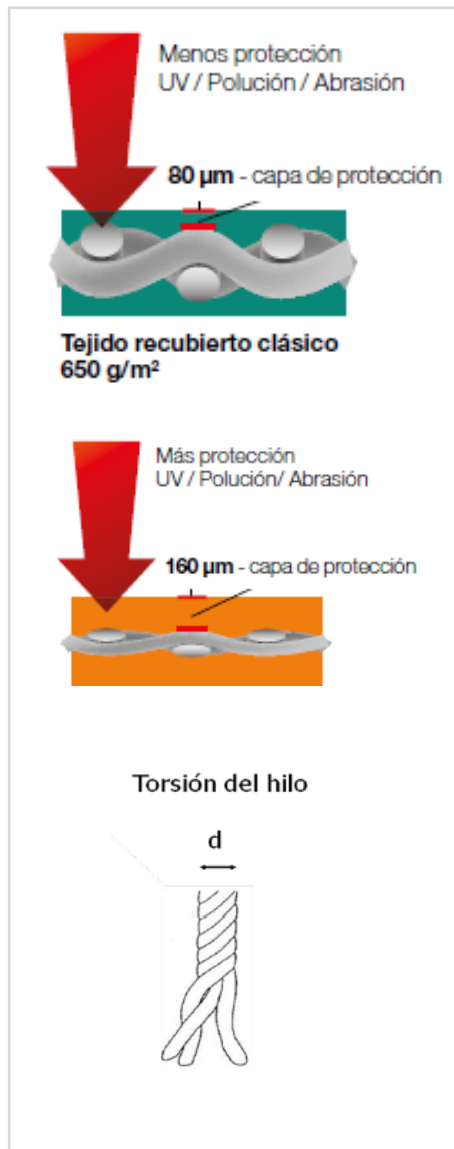
La fibra de vidrio es sensible a la humedad y a daños en la zona exterior.

**Mejoras:** para evitar ser afectada por la humedad o agentes atmosféricos, se protege recubriéndola con PTFE o silicona.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P.27, 186, 188 y 189.

2. Catálogo ES\_SergeFerrari\_ The Architecture Book. *Fachada Textil, Nuevas Soluciones*. P 9.

3. Fibra de Vidrio. *Manual de Fibras de uso Técnico*. AITEX Octubre 2005/ <http://www.textil.org/extranet/inf/Revista18/pag19.pdf> / Fecha consulta 16.07.12



Img. 41

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.3. Material Vs Material de Recubrimiento

Para que el material textil tenga un mejor rendimiento a los agentes medio ambientales, una mayor resistencia y durabilidad; el tejido industrial debe ir recubierto con materiales impermeables, pasando de ser un textil convencional de una sola capa a ser UNA MEMBRANA. Esta está conformada por varias capas de diferentes materiales que se combinan con el tejido logrando cumplir con los estándares de seguridad y requerimientos que la normativa internacional exige.

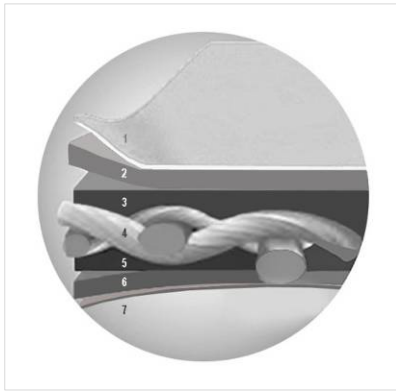
La aplicación de un textil sin recubrimiento en una fachada o una estructura tensada expuesta al exterior, sin duda, tendrá una notoria disminución en la vida útil de esta y un mal funcionamiento en relación a su estabilidad estructural.

Una protección adecuada del textil, tomando en cuenta las condiciones climáticas en la cual la membrana se encuentra inserta, se pueden conseguir los siguientes beneficios:

1. Durabilidad y longevidad en óptimas condiciones.
2. Resistencia al rasgado.
3. Seguridad contra incendio con materiales anti flama.
4. Tratamiento de la superficie contra aparición de hongos.
5. <sup>1</sup>Proteger los hilos de los daños ultra violeta, abrasión, inclemencias atmosféricas.
6. Impermeabilizar la membrana contra la lluvia y humedad atmosférica.
7. Estabilizar un tejido que presenta una geometría inestable disminuyendo la deformación y dando una estabilidad dimensional.
8. Proporcionar material para las uniones selladas por calor.
9. Mejorar el mantenimiento simplificando la suciedad y el polvo.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 185.

2. *Img. 41 Catálogo SergeFerrari*.



Img. 42 Capas Membrana

1. Superficie de sellado
2. Segundo recubrimiento de la capa superior
3. Primer recubrimiento de la capa de imprimación
4. Tela
5. Primera capa (capa de imprimación)
6. Segunda capa (capa superior)
7. Punto final

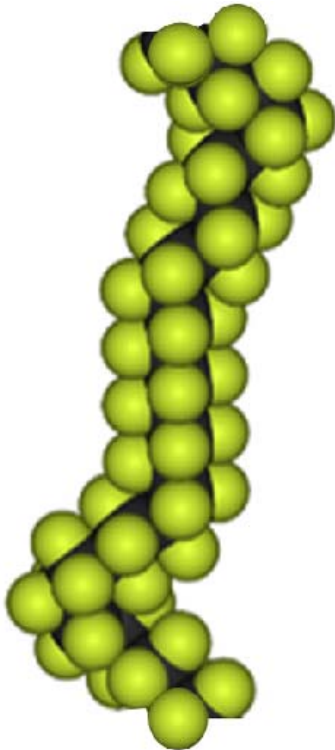
### 07.3. Material Vs Material de Recubrimiento

EN UNA MEMBRANA SE PUEDEN DISTINGUIR 3 CAPAS PRINCIPALES

- A. Capa de protección principal
  - B. Capa exterior
  - C. Capa de tratamiento de superficie para el sellado o la impresión
- A. **CAPA DE PROTECCIÓN PRINCIPAL:** le corresponde la función principal y está protegida a su vez por una fina capa externa químicamente diferenciada.
- B. **CAPA EXTERIOR:** debe estar de acuerdo a la naturaleza química del revestimiento para posibilitar la unión y sellado de los patrones de la tela gracias a la compatibilidad química de los componentes (y impresión cuando es necesario). Los materiales de recubrimiento más utilizados en la Arquitectura Textil, son los TEJIDOS DE POLIÉSTER con revestimiento de PVC y los tejidos de FIBRA DE VIDRIO con revestimiento de PTFE. Sin embargo, entre estos dos materiales, el más usado es de resina de poliéster revestida en PVC debido a que en términos generales tiene un menor coste, mayor durabilidad. Entre otros tipos de recubrimientos se encuentran:
- Tejido de FIBRA DE VIDRIO revestido en SILICONA,
  - Tejido de PTFE revestido con PTFE,
  - Láminas de ETFE revestidos con PTFE,
  - Láminas de ETFE,
  - Poliamida aromática llamada ARAMIDA (fibra), Polímero de cristal líquido basados en poliéster aromático llamado LCP.
- C. **CAPAS DE SUPERFICIE:** están compuestas de materiales poliméricos, como acrílicos, fluoruro de polivinilideno (PVDF), o fluoruro de polivinilo (PVF) para tejidos de poliéster revestidos de PVC y fluoretilenopropileno (FEP) para tejidos de fibra de vidrio revestidos de PTFE.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 185.

Representación de la  
molécula de Teflón



### 07.3. Material Vs Material de Recubrimiento

#### 1. PVC (cloruro de polivinilo)

Es un termoplástico, conformado por combinación química de hidrógeno, cloro y carburo. Sus componentes provienen de la sal en un 57%, y del petróleo en un 43%.

Su gran concentración de emulsionantes tiene un gran impacto en las propiedades térmicas, en la limpieza y en el aspecto de la superficie.

**Ventajas:** a través de la incorporación de fosfatos y productos clorados le dan la propiedad de plastificante al recubrimiento. Los fosfatos además tienen una buena compatibilidad con el PVC y los hace irremplazables en la formulación del PVC blando.

La **resistencia al fuego** se la dan los fosfatos y resiste aún más si se le aumenta la cantidad de grupos acrílicos, óxido de aluminio o hidratos de aluminio que son aditivos retardadores que permiten cumplir con los criterios de inflamabilidad.

**Desventajas:** los fosfatos son susceptibles de ataques biológicos y funcionan como depósito alimenticio para bacterias y hongos. También son susceptibles a la hidrólisis.

Las Parafinas cloradas que le dan la propiedad de plastificante, aportan una resistencia al fuego pero con una fuerte tendencia a que se acumule mucha suciedad específicamente en la superficie.

**Mejoras:** para superar las inclemencias atmosféricas y la acumulación de suciedad, el revestimiento de PVC se trata con moléculas que actúan como estabilizadores térmicos de la oxidación, de la luz y de los UV.

#### 2. PTFE (politetrafluoretileno)

También llamado teflón, es un polímero con propiedades que no pueden obtenerse con la mayoría de los demás polímeros, y que están estrechamente relacionados con la estructura molecular. El compuesto de flúor y carbono tiene una energía de disociación de 460K/Mol y representa uno de los enlaces más resistentes de la química orgánica.

**Ventajas:** tiene bajo coeficiente de rozamiento, no reacciona frente a otras sustancias químicas gracias a la protección de átomos de flúor sobre la cadena carbonada.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 185.

2. Politetrafluoretileno, Alias PTFE, / <http://es.wikipedia.org/wiki/Politetrafluoroetileno/> Fecha consulta 17.07.12

3. Politetrafluoretileno, Alias PTFE, / <http://www.general-aislante.com.ar/teflon.htm/> Fecha consulta 17.07.12

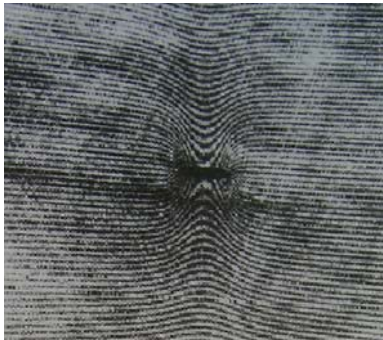


Fig.43 Comportamiento de la propagación del desgarro de una membrana con pretensado biaxial. Fuente Europea de diseño de las estructuras Superficiales tensadas.



Img 44. Ensayo Biaxial de la membrana. Fuente Tensinet Symposium 2010.

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.4 Resistencia vs Rotura / Desgarro

La resistencia a la tracción del tejido está dada por la resistencia de los hilos, específicamente por la resistencia de unidad de anchura del tejido, no por un hilo individual. Cuando se fabrica el tejido, los hilos reducen su resistencia. Se puede decir que la onda de los hilos en cada cruce también reduce la resistencia del tejido en las dos direcciones debido a la fuerza que introduce el hilo que lo cruza. Esta reducción no se produce en el caso de los tejidos superpuestos. En el proceso de fabricación y de aplicación del revestimiento se puede averiguar el grado de protección que aportan a los hilos individuales. Sin embargo, las fichas técnicas de los fabricantes demuestran la resistencia del material acabado que finalmente es lo que interesa para el desarrollo de un proyecto y no la resistencia durante el proceso de fabricación.

Los hilos de la trama y la urdimbre tienen diferentes propiedades, esto es debido a que su revestimiento es diferente en cada capa y están sujetos a cargas diferentes debido al “salto de trama”.

Al estar sometido el textil bajo una carga, se puede conocer como se alarga el material. Para esto, se deben estudiar las propiedades del textil con un análisis estructural tomando en cuenta la rigidez en la dirección de la trama, rigidez en dirección de la urdimbre, el alargamiento transversal y rigidez de la deformación angular.

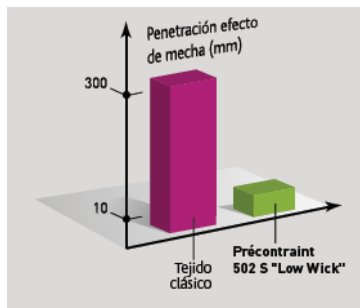
La resistencia también se reduce después de tener cargas a largo plazo llamada “resistencia residual”, que dependerá de la duración y tamaño de la carga. Esto limita la tensión operativa permitida de la membrana pretensada.

Uno de los cambios que puede experimentar la tela al momento de fabricación, es el desgarro, produciéndose un alargamiento en las fibras y pudiendo aumentar mucho más con las cargas aplicadas exteriormente. Sin embargo, aún no está claro cómo especificar mediante un cálculo de cuánto más podría aumentar su alargamiento. Sólo se puede indicar la longitud de desgarro inicial llamado “longitud de desgarro crítico”.

A la propagación de un desgarro en una membrana con pretensado biaxial puede producir el rasgado que toma forma de elipse y se propaga según las leyes de la termodinámica., si la energía utilizada para la creación de una nueva superficie es menor que la energía de deformación liberada en la propagación del rasgado.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 198.

**Hongos:** cuando el material de recubrimiento no ha penetrado bien en la tela o tiene poros, puede provocar "wicking", que es una filtración de agua entre los filamentos, causando la aparición de bacterias y hongos. Este fenómeno produce motas y líneas amarillentas y marrones por toda la tela produciendo una reducción de las propiedades de adhesión del material, pudiendo causar problemas en las uniones y pelado del revestimiento. Una opción para evitar este problema es utilizar hilos hidrofugados, conocidos como hilos LOW WICK.



## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.4. Resistencia Vs Rotura / Desgarro

Si los hilos de la trama y urdimbre no se obstaculizan el uno al otro, la resistencia al desplazamiento lateral la proporciona únicamente el revestimiento; esto continúa hasta que los hilos de la trama y urdimbre se amontonan. Cuando esto sucede, la resistencia frente a las deformaciones aumenta significativamente.

Con el material de recubrimiento se pueden incrementar diversos factores de resistencia a los tejidos como las propiedades de resistencia al fuego, resistencia química, resistencia a la tracción, resistencia a la erosión, resistencia a rayos UV, resistencia a la lluvia, resistencia a la humedad, resistencia a los hongos y resistencia a la soldadura, etc.

**Resistencia a la Temperatura:** Los efectos de la temperatura sobre el comportamiento estructural en general y el análisis de las cargas son menos significativos en las estructuras textiles que en las estructuras rígidas. El cambio de temperatura se manifiesta en variaciones pequeñas del pretensado. Sin embargo, los efectos de temperaturas son más importantes en las mallas de cables de acero<sup>1</sup>.

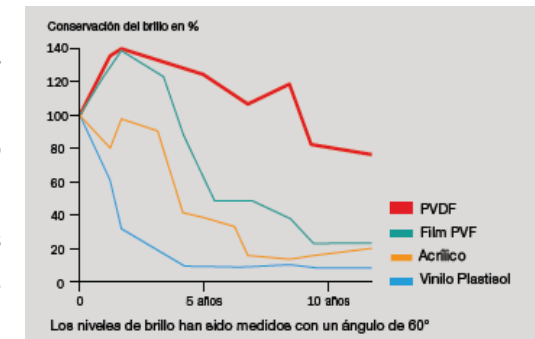
**Humedad:** hay textiles más resistentes a la humedad que otros, este es el caso del poliéster el cual se endurece a la temperatura ordinaria y es muy resistente a la humedad, a los productos químicos y a las fuerzas mecánicas.

Algunos materiales permiten limitar la entrada de la humedad por los hilos principalmente la franja expuesta a la soldadura. La resistencia al rasgado de la membrana también puede aumentar por la degradación del medioambiente o por defectos en la fabricación. En este caso, la resistencia del tejido recubierto debe ser lo suficientemente grande para que los pequeños desperfectos y desgarrones no sobrepasen las cargas de cálculo máximas.

**Resistencia a la Suciedad:** con tratamientos de PVDF y agentes endurecedores, permite una resistencia a la suciedad y permite una limpieza eficaz.

**Brillo:** con el tratamiento de flúor conserva el 80% de su brillo original al cabo de 10 años. Otros revestimientos no superan el 20%.

**Seguridad contra incendio:** los textiles se fabrican conforme a las normas internacionales de reacción al fuego. Estas normas conciernen a la seguridad de las personas y de los bienes exigiendo la auto extinción de los materiales, la débil propagación de las llamas y la ausencia de caídas de partículas encendidas entre otras normas.



1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 158,195
2. Figs. 45 Catálogo ES\_SergeFerrari. *The Architecture Book. Fachada Textil, Nuevas Soluciones*. P 58. Imágenes SergeFerrari.

La rigidez que se necesita para un textil, va a depender de la forma que se quiere lograr con la membrana, es por esto, que la rigidez a la deformación de un material es un factor importante en la confección de una superficie curva. Por tanto, para este caso la rigidez tiene que ser baja. Las estructuras de membrana tensada no son rígidas y cambian de forma bajo la influencia del viento y de la nieve. La forma geométrica responde ante las cargas aplicadas deformándose, al hacer esto, desarrolla radios más pequeños en las direcciones de las cargas generando una forma más eficaz para cada caso en concreto.

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.5. Rigidez Vs Deformación

Una superficie curva se puede realizar con un textil sin recubrimiento, pero tendrá poca durabilidad. En el caso de estar recubierto, tiene una baja rigidez a la deformación en comparación con una rigidez más alta en la dirección de los hilos.

Por lo tanto, lo primero a determinar es la rigidez a la deformación.

La estructura de un material puede ser isotrópico o anisotrópico. En el caso de que el material sea isotrópico, las dos direcciones primarias de la trama y urdimbre de los tejidos con revestimiento son simétricas. Cuando se le aplica una tensión, su deformación será idéntica. En cambio, para un material anisotrópico la deformación va a ser asimétrica.

La **pretensión** es un factor importante que le da rigidez a la membrana; además la forma que se le puede dar con una superficie curva, interacciona para retener las deformaciones típicas de superficies planas o cilíndricas. En el caso de una superficie plana, los únicos parámetros para controlar la deformación es la pretensión y la rigidez. Si existen niveles de pretensado inferior a lo indicado, pueden aparecer irregularidades o arrugas por no estar todas las fibras de la superficie lo suficientemente tensadas. La pretensión y la forma adecuada evita el embolsamiento conformando la estructura de modo que tenga buen drenaje en todas las áreas. La pretensión se le puede dar en una o en ambas direcciones de la membrana.

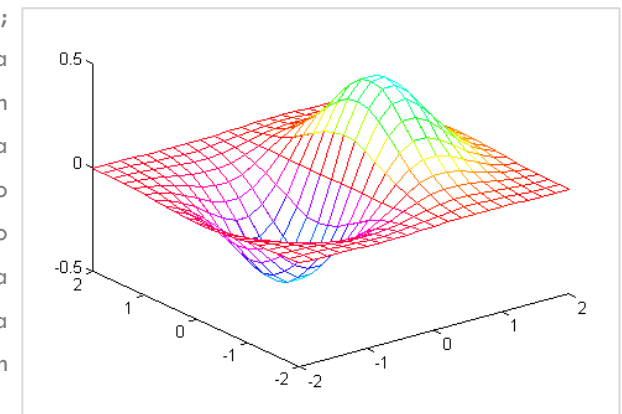


Fig. 46

**Patronaje:** los tejidos con revestimientos utilizados en proyectos de estructuras de membrana no pueden soportar deformaciones angulares prolongadas. Por tanto, la disposición de las telas debe realizarse de modo que las tensiones principales de la membrana coincidan con las direcciones del tejido. Para formar curvas, el tamaño de cada tela debe ser menor a diferencia de las formas planas que permiten la utilización de paños más grandes.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 77,160, 163,195.

2. Fig. 46 Catálogo Book SergeFerrari.



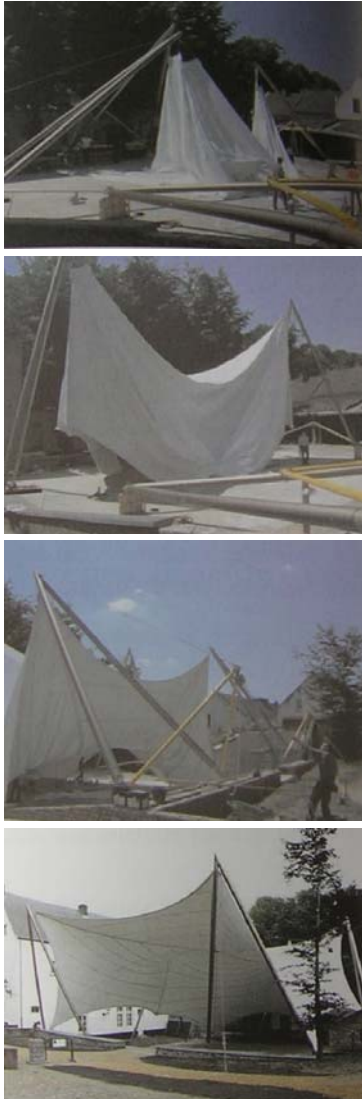


Fig. 47

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.6. Flexibilidad Vs Recuperación de pliegues

<sup>2</sup>La membrana textil es un material estructural que permite una diversidad de líneas, curvas esbeltas o de geometría minimalista. Es desmontable, transformable y reciclable. La doble curvatura inversa permite la estabilidad sin pesadas estructuras portantes<sup>2</sup>.

La flexibilidad de las estructuras tensadas permite gran desplazamientos sin deformación permanente. Esto le permite soportar sin degradación irreversible las diferentes fases de obra o los períodos movidos de renovación. El grado de cambio y de respuesta va a depender de la elasticidad del material y del nivel de pretensión de la membrana y la estructura.

El revestimiento de la tela contribuye en gran medida en la flexibilidad de la membrana, por lo tanto, cada material de protección al tener un comportamiento diferente, su flexibilidad varía entre cada uno de ellos. Como por ejemplo, la fibra de vidrio tiene menor flexibilidad que el poliéster debido a que su alargamiento es más bajo.

La mayoría de los materiales empleados en membranas tienen una buena recuperación a los pliegues cuando se pliegan o flexionan. En el caso de los tejidos de fibra de vidrio con revestimiento en PTFE pierden su resistencia teniendo una recuperación de pliegues baja. También existen materiales que permiten plegados sin que haya fracturas o desgarros. Los cuales permiten el tipo de edificaciones con estructuras móviles.

1. Rainer Blum, Heidrun Bögner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 77.
2. Catálogo ES\_SergeFerrari\_The Architecture Book. *Fachada Textil, Nuevas Soluciones*. P 58.
3. Img. 47 Proceso de Montaje de Estructura Tensada. Fuente Tensinet Symposium 2010.

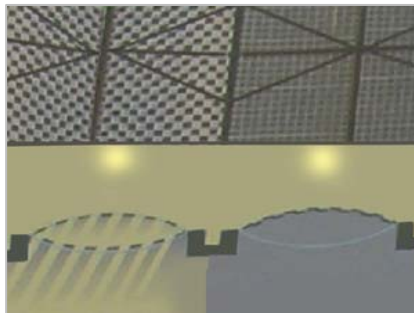


Fig. 48 y 49.

La utilización de una o más capas está dada por la función y prestaciones que se le quiere dar a la fachada, donde la forma juega un papel clave en la solución final.

<sup>2</sup>Cuando se utiliza una membrana de una sola capa, normalmente se hace una geometría de doble curvatura y las aplicaciones de la monocapa dependen del pretensado mecánico, llevando las cargas a la estructura primaria.

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.7 Monocapa Vs Bicapa, Tricapa

En el caso de una doble capa, una membrana tensada pasa a ser parte de un sistema que está constituido generalmente por dos láminas de ETFE cerradas en el perímetro conformando un cojín que puede estar fijado al anclaje perimetral.

Este sistema precisa un sistema de inflado de aire seco, a baja presión, que se produce mediante una unidad compuesta por ventiladores y red de distribución controlado por un sistema inteligente.

Generalmente los materiales multicapas entregan ventajas que la membrana de una sola capa no puede entregar, como por ejemplo dar un mejoramiento acústico. Si bien es cierto, este ámbito no está muy investigado y se tiende a utilizar las técnicas de tratamiento acústico para edificios tradicionales, las cuales no son aptas para las estructuras ligeras.

La doble capa permite una disminución de ruidos externos como ruido aéreo o tráfico vehicular, como también reduce las fugas de ruidos interiores al exterior (para el caso de edificios de cerramiento hermético con membrana). El punto desfavorable en este caso, es que la doble capa está sellada formando un cojín. Esta forma actúa como efecto tambor producido por la lluvia fuerte o granizo deteriorando así la acústica al interior del edificio.

Según “La guía Europea de diseño de las estructuras tensadas”, <sup>1</sup> dice que la reducción de ruido que se puede lograr con membranas de doble capa podría estar entre 5 y 10dB para frecuencias por debajo de 500Hz, esto quiere decir, que la protección es poca frente a sonidos externos<sup>1</sup> en relación al cristal que puede reducir hasta 40dB o un poco más.

<sup>1</sup>En un trabajo experimental, ha mantenido la hipótesis que, con la colocación de pequeños pesos adicionales en la membrana se puede mejorar el aislamiento a las bajas frecuencias, con un incremento de 5 a 11dB con un impacto mínimo en la transmisión de luz.

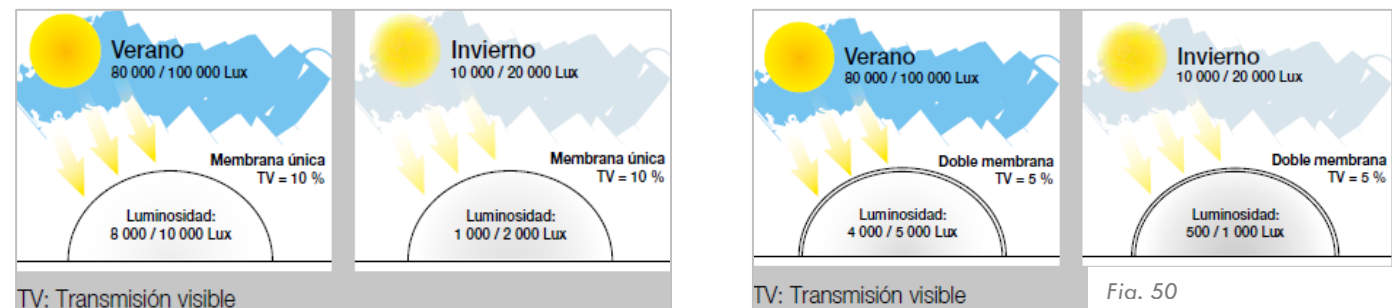


Fig. 50

1. Rainer Blum, Heidrun Bögner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura

Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 115.

2. Catálogo IASO, Soluciones en Arquitectura Transparente. Construmat 2011.

3. Fig. 50 Esquemas de estructura hinchable de Iona, permite el paso de un 10% de luz. Fuente Catálogo Book SergeFerrari.



Fig. 51

### 07.7. Monocapa Vs Bicapa, Tricapa

Otros de los beneficios por incrementar el número de hojas en la fachada es para reducir al calor a través de la piel del edificio, para reducir el riesgo de condensación sobre la superficie de la piel interior, para controlar el incremento solar, para proporcionar protección ignífuga, resistencia al fuego y controlar la ventilación o el ambiente térmico interior.

### 07.8. Transparencia Vs Opacidad

La cualidad principal de una protección textil en fachada, es entregar una cantidad de luz diurna al interior del edificio contribuyendo a la eficiencia energética del edificio. También ofrece grandes posibilidades estéticas en el diseño arquitectónico mediante el uso de la luz natural y artificial. Por la noche, la traslucidez de la membrana transforma la estructura en una escultura de luz.

Las membranas textiles con recubrimiento pueden ser translúcidas y opacas. Las membranas translúcidas transmiten una parte significativa de radiación solar al espacio interior. A diferencia del vidrio que refleja hacia afuera una gran proporción de radiación solar incidente del 70%, absorben cerca del 15% y la luz transmitida es difuminada por el material.

<sup>1</sup>La traslucidez de los tejidos va a depender del tipo de fibra que forma la base estructural, el material y el color de la protección del tejido. La traslucidez de la membrana estándar varía entre un 10% y 20%; otros materiales pueden llegar a tener 40% de traslucidez. Esto puede variar si se le incrementan impresiones o protecciones pigmentadas. También se pueden experimentar otros cambios con el tipo de luz artificial desde el interior y de la luz directa o difusa desde el exterior.

En algunos casos, se puede incorporar una membrana con varias hojas donde se combina una membrana con materiales de aislamiento translúcido. Este sistema es más utilizado en cubiertas que en fachadas.

El grupo Serge Ferrari ha creado herramientas de medida y control (VSU SERVICES) de la transparencia de los tejidos. Estas herramientas son particularmente útiles para garantizar la homogeneidad entre los lotes, así como la posibilidad de ensamblaje de tejidos de producciones distintas. (Fig. 51).

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 77, 90, 94,95.

Fig. 51 Catálogo Book SergeFerrari.

El peso de una tela varía según el incremento del número de hilos, donde el peso propio de la membrana oscila normalmente entre 0,7 y 2,0 Kg/m<sup>2</sup>. La membrana con la estructura incorporada, tiene un peso promedio de 5kg/m<sup>2</sup> (peso del bastidor incluido), en comparación con otros materiales ligeros que llega a tener un peso aproximado de 30kg/m<sup>2</sup>.



Fig. 52 Densidad del tejido

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.9. Peso Vs Ligereza

En el caso de la búsqueda de la forma (geometría inicial), no se suele incluir el peso propio, pero si en el caso de membranas pesadas y poco tensadas donde hay que introducirlo en los estado de carga.

Las estructuras tensadas son ligeras porque su estabilidad estructural se debe a la forma pretensada más que a la masa de los materiales utilizados. Estas características las hace más ligereas que las estructuras convencionales.

Este sistema es la combinación de una masa baja que permite cubrir grandes espacios.

### 07.10. Densidad del tejido Baja Vs Densidad del tejido Alta

Existen varias unidades de medidas para definir la densidad de un tejido, algunas de ellos son el denier y tex g/km.

El denier es utilizado para medir la masa lineal de una fibra y se define como la masa en gramos por cada 9.000 metros en fibra. Las fibras compuestas por varios filamentos se distinguen por:

Denier de filamento: es un filamento

Denier total: es el total de filamentos que componen una sección de la fibra.

Este sistema de medición se usa para fibras de uno o dos filamentos. Una fibra se considera microfibra si es de un denier o menos. El denier define la opacidad del tejido.

La otra unidad de medida es el Tex utilizado para medir la densidad o masa lineal de una fibra. Y se define como la masa en gramos por cada 1.000 metros de fibra.

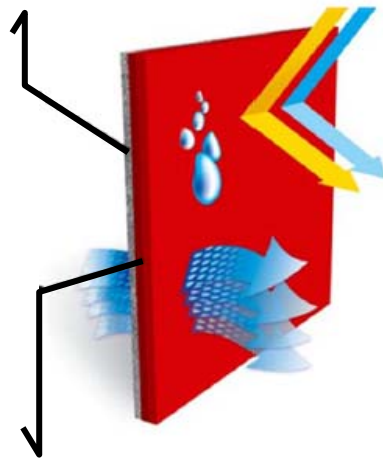
Pero la medida más usada es el dtex, que es la masa en gramos por cada 10.000 metros de un único filamento.

El Tex se utiliza para medir el tamaño de muchos productos como hilos y tejidos.

Con estas unidades de medidas antes mencionadas, se puede definir si la densidad del tejido es baja o alta comparándolos resultados obtenidos de cada tela. Como por ejemplo el poliéster de alta tenacidad tiene una densidad menor de 1.38 g/cm<sup>3</sup> en comparación con la fibra de vidrio que tiene una densidad de 2.6 g/cm<sup>3</sup>.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 77, 165.

Tejido-no tejido  
Poliéster/fibra de vidrio



Poli-acrílico

**No tejido**, compuesto por poliéster/fibra de vidrio que asegura una resistencia mecánica y estabilidad dimensional.

**Poli-acrílico**, 3 capas que garantizan resistencia frente a los rayos UV, longevidad e impermeabilidad a la lluvia y transpirabilidad.

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.11. Tamaño Menor de perforaciones Vs Tamaño Mayor de perforaciones

En las membranas tejidas, el tamaño mayor o menor de las perforaciones está relacionado al tipo de tejido y la densidad que tengan las fibras. Este factor influye en la visibilidad que se tiene desde el interior del edificio como también la permeabilidad y la transpirabilidad de la superficie de protección de fachada.

### 07.12. Permeabilidad Vs Estanqueidad

Los cerramientos de membranas textiles funcionan como estructura y como cerramiento del edificio a la vez; sin embargo, una fachada compuesta de materiales tradicionales con una segunda piel exterior conformada por un material textil, pasa a ser considerada **un filtro** antes los agentes atmosféricos externos. Todo esto, debido a su extrema ligereza y traslucidez.

La permeabilidad y estanqueidad va a depender de la estructura de la superficie del compuesto textil. Existen **textiles planos**, resultantes del entrelazamiento de hilos de trama e hilos de urdimbre con un ángulo aproximado de 90°. Otros **tejidos de punto**, resultantes del entrelazamiento de un único grupo de hilos entre sí y **Tejidos de punto por urdimbre** que es el tejido resultante del entrelazamiento de hilos de urdimbre entre sí. Pero también existen **los no tejidos** que se componen de una estructura plana flexible, constituida por velos o mantas de fibras, orientados direccionalmente y consolidadas por un proceso mecánico, químico y térmico como por ejemplo ETFE, que es una lámina sintética.

En el caso de la membrana plana no tejida, la estanqueidad va a depender de las uniones y bordes que compongan la estructura, en cambio en los tejidos, la estanquidad va a depender la densidad del tejido y el material de recubrimiento. Existen algunos tejidos que tienen la cualidad de ser **transpirables e impermeables** asegurando aislamiento y ventilación a la vez. Una membrana con estas características ofrece una protección contra la lluvia, al viento, evacuación de la humedad residual al exterior y aislamiento térmico.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 89.
2. Universidad Nacional de Ingeniería Química Textil. *Sistemas Formadores de Tejidos Especiales*. Profesor Ingeniero Rigoberto Marin Lira.
3. Catálogo ES\_SergeFerrari\_The Architecture Book. *Fachada Textil, Nuevas Soluciones*. P 60.
4. Img. 53 Catálogo SergeFerrari.

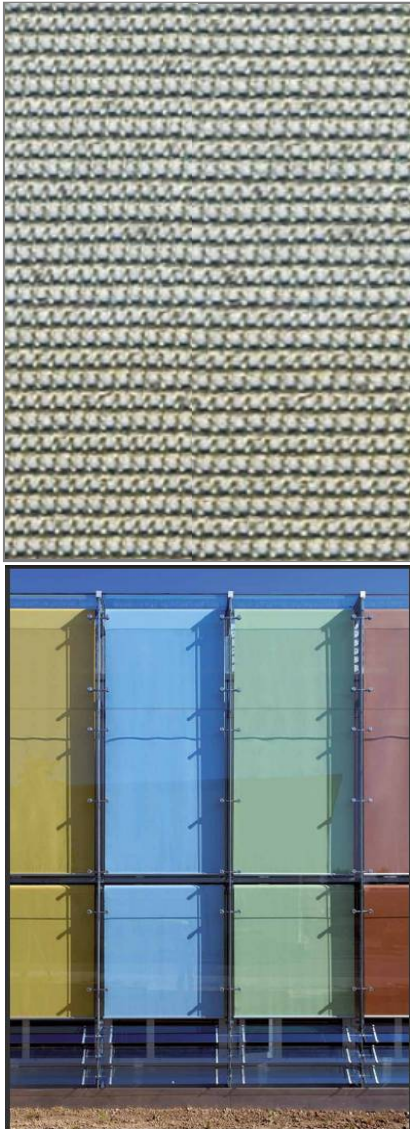


Fig. 54

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.13. El Blanco Vs el Color

Los colores en las membranas ejercen una influencia determinante en las prestaciones que pueden entregar. Hoy en día, existen en el mercado una gran variedad de colores repartidos en varias familias, entre ellos los tonos pasteles y los colores puros. Para crear reflejos, se utiliza un barniz ligeramente nacarado, brillante que permite obtener un aspecto metalizado suave que se adapta a las nuevas tendencias arquitectónicas que conjugan las prestaciones térmicas y luminosas.

La radiación UV es una de la principal causa de la degradación del color; sin embargo, en el mercado ya existen pigmentos mejorados y formulaciones colorimétricas optimizadas del recubrimiento que entregan una garantía de una solidez de color a largo plazo.

El color, en conjunto con las perforaciones del textil permite filtrar diferentes ambientes al interior del edificio, que van desde una gran luminosidad a una exposición de luz más controlada y más fresca. Los textiles de colores oscuros entregan mayor transparencia visual desde el interior del edificio al exterior durante el día. Por el contrario, los colores cercanos a tonalidades claras, hacen perder la claridad visual al exterior. La percepción visual desde el exterior de un edificio también varía durante el día y la noche. Si el edificio se encuentra iluminado artificialmente por el interior, este se hace visible desde fuera, de modo que el interior define la imagen de la fachada.

También existen soluciones constituidas por un sistema de dos membranas unidas, en la cual se utiliza una membrana aislante de color adherida a la fachada y otra exterior como un textil de paramento que protege contra los choques, granizo y nieve. El efecto de transparencia y la gama de color permiten crear múltiples efectos con una gama de color coordinada.

1. Catálogo ES\_SergeFerrari\_The Architecture Book. Fachada Textil, Arquitectura Textil. P 77-81,83.
2. José María Gonzales. Capítulo 240. Casting a shadow. Selective Membrane. Josep Miàs. Iguzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición año 2012). P 244.
3. Img. 54 Textil con la degradación de color. / Fachada textil por el interior.

**Normas:** La norma Europea 14501EN define clasificaciones relativas al grado de prestaciones térmicas y visuales de los textiles de protección solar. Permite comparar productos con bases de referencia idénticos para todos los países europeos.

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.14 Protección Solar Vs Confort Térmico

Las membranas tensadas utilizadas como estructura y único cerramiento de un edificio, hacen la función de filtros más que barreras antes los agentes atmosféricos externos. Esto pasa principalmente porque a diferencia de las construcciones tradicionales más pesadas, las estructuras tensadas poseen ligereza, traslucidez y una piel con espesor milimétrica que ofrece poca amortiguación térmica, entregándole un carácter temporal a la construcción. Con estas premisas, es difícil mantener un confort térmico al interior de la edificación. Sin embargo, la tecnología actual y la estrategia de diseño adecuada aplicada al material textil, puede controlar y mejorar las condiciones de protección solar, transmisión solar y térmica permitiendo así que este tipo de solución constructiva se haga efectiva para edificaciones definitivas. Las diferentes soluciones que se realizan hoy en día, es la utilización de membranas con aislamiento, doble capa y tratamientos superficiales, como por ejemplo las protecciones de baja emisividad para evitar el efecto de la radiación.

Pero en el caso de un **recubrimiento con membrana textil como segunda** piel en la fachada de un edificio convencional, se pueden conseguir nuevas mejoras y aportaciones que con otros materiales no pueden lograr de la misma manera.

El vidrio es uno de los materiales más representativos en la arquitectura moderna, siendo este, uno de los más utilizados como cerramiento de fachada y como parte de un sistema de envolvente tipo “muro cortina”, donde se intenta vincular el espacio interior con el exterior y viceversa. Por tanto, grandes superficies acristaladas se encuentran afectas a la radiación solar, viento y lluvia en mayor o menor medida dependiendo del clima donde se encuentre inserto el edificio.

1. J.Chilton, R.Blum, Thibaut, Devulder, P.Rutherford. Capítulo 4. Ambiente Interior. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 89.
2. Jaume Avellaneda. Capítulo 220. Looking through. The invisible Shell. Josep Miàs. *Iguzzini Barcelona Corporate Building*. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición 2012). P 220.
3. *Img. 55 Transferencia de Calor*. Catálogo Saint-Gobain Glass. *El Vidrio y el Aislamiento Térmico* [www.laveneciana.sggs.com/la\\_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20termico\(1\).pdf](http://www.laveneciana.sggs.com/la_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20termico(1).pdf) / Fecha consulta 14.07.12



#### 07.14 Protección Solar Vs Confort Térmico

La pared acristalada separa dos ambientes que se encuentran a temperaturas diferentes, por tanto, se produce una transferencia de calor del ambiente más cálido hacia el más frío. Pero además, al ser una superficie transparente permite la incidencia de la radiación solar directa aportando calor.

Los intercambios térmicos se producen en tres formas de propagación llamadas por **conducción, convección y radiación**, donde el vidrio tiene alta conductividad térmica ( $1 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ), esto quiere decir, que es la transferencia de calor dentro de un mismo cuerpo o dos cuerpos que están en contacto directo. Esta transferencia depende de la diferencia de temperatura entre dichas caras y de la conductividad térmica del material.

Con todo, lo que se produce finalmente es un efecto invernadero (un sobre calentamiento) al interior del edificio por medio de la radiación de onda larga emitida por los materiales precalentados y por la radiación infrarroja que no se disipa nuevamente hacia afuera a través del vidrio.

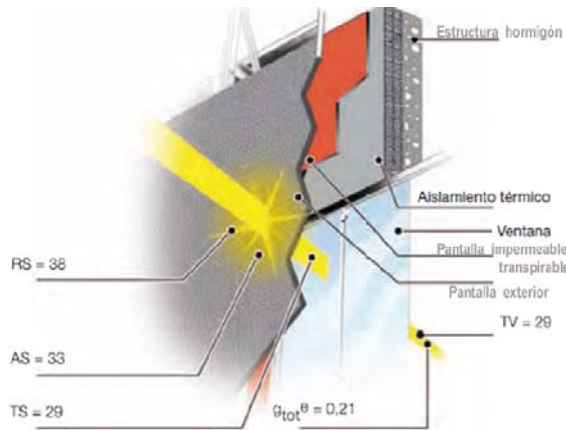
Existen algunas soluciones para mejorar el aislamiento térmico del vidrio, como la incorporación de doble acristalamiento con una cámara de aire entre ellos. Esto limita los intercambios térmicos por convección aprovechando la baja conductividad térmica del aire. De todas formas, para lograr una temperatura de confort adecuada al interior del edificio, generalmente se necesita más de una medida. La solución más recurrente es la utilización de sistemas de aire acondicionado a expensas de un uso excesivo de recursos, de hecho, el control de la temperatura del aire y la humedad no puede compensar la influencia de la radiación solar para proporcionar unas condiciones confortables.

Otra de las soluciones habituales es la incorporación de materiales para el revestimiento de fachadas mediante el uso de una pantalla plana y porosa. Esto nos lleva a la monotonía visual y a la existencia de una cavidad vertical constante entre la pared de cerramiento y la piel exterior.

1. Catálogo Saint-Gobain Glass. *El Vidrio y el Aislamiento Térmico (Img.55)*  
[www.laveneciana.sggs.com/la\\_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20termico\(1\).pdf/](http://www.laveneciana.sggs.com/la_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20termico(1).pdf/) Fecha consulta 14.07.12
2. Jaime Avellaneda. Capítulo 220. *Looking through. The invisible Shell.* Josep Miàs. Iguzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición 2012). P 220.
3. Ramon Sastre. *Parametric Surface Approach to Textile Facade Cladding for Sustainable Buildings.* Tensinet Symposium 2010, *Tensile Architecture: Connecting Past and Future.* (Edición 2010). P 177-179.



El calor directo se ve detenido en un 71%, a razón de un 33% por absorción de tejido, y en un 38% de reflexión. El aporte de calor-externo al edificio no sobrepasa el 21%.



Img. 56 Sección fachada con Protección textil, por el exterior e interior.

#### 07.14. Protección Solar Vs Confort Térmico

Sin embargo, como se explica en el artículo "Parametric Surface Approach to Textile Facade Cladding for Sustainable Buildings" <sup>3</sup> una superficie paramétrica ha sido llevado a producir una fachada con un diseño de estampado de manera que la cavidad vertical entre la fachada y la pantalla se puede cambiar, ofreciendo diferentes formas de ventilación, más precisamente en respuesta a la dirección del viento, y en la misma tiempo, dar la libertad estética de "vivir en la fachada"<sup>3</sup>. Con la tecnología actual de los materiales textiles y el diseño mediante la utilización de softwares se pueden diseñar formas que cumplan estos propósitos.

- Con todo explicado anteriormente, se pueden entender diferencias en las prestaciones de un material textil con respecto a uno convencional.
- La flexibilidad del material permite que la segunda piel de la fachada se adapte a una geometría compleja donde la apariencia exterior cambia entre el día y la noche. De día es opaco, se define la textura, color y forma. De noche la forma interior y la iluminación pasan a ser los protagonistas.
- <sup>2</sup>La transparencia del material beneficia el aprovechamiento solar en climas fríos permitiendo una visión clara al exterior y a la vez optimiza la luz natural al interior<sup>2</sup>.
- En climas cálidos, una membrana con propiedades de baja emisividad, refleja gran parte del calor hacia el exterior y a la vez genera sombra al interior. Otra forma de manejar el sombreado es con una mayor separación de la segunda piel contra la fachada.
- Con la separación de la segunda piel se puede generar una cámara ventilada, lo que produce que los flujos de aire que se generen, enfríen la superficie de la piel interior y que la radiación de calor al interior sea menor. Con un buen estudio de la forma, se puede evitar el problema de succión y presión del viento que afecta a las superficies.

1. J.Chilton, R.Blum, Thibaut, Devulder, P.Rutherford. Capítulo 4. Ambiente Interior. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 89.
2. José María Gonzales. Capítulo 240. Casting a shadow. Selective Membrane. Josep Miàs. *Iguzzini Barcelona Corporate Building*. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición 2012). P 242-244.
3. Ramon Sastre. *Parametric Surface Approach to Textile Facade Cladding for Sustainable Buildings*. Tensinet Symposium 2010, *Tensile Architecture: Connecting Past and Future*. (Edición 2010). P 177-179.
4. Catálogo ES SeraeFerrari *The Architecture Book. Fachada Textil. Textiles de Protección Solar*. P 82-83.



*Textil con partículas externas acumuladas en el tejido que denotan suciedad y corrosión en las conexiones con la estructura.*

## CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.15 Durabilidad Vs Deterioro

Principalmente el tipo de material más el recubrimiento es lo que le dará la durabilidad a la membrana. En el caso de los tejidos de poliéster, la durabilidad se evalúa teniendo en cuenta el nivel de pretensado y contaminación donde está situada la membrana. El PTFE y la silicona son materiales que tienen buena durabilidad química respecto a los parámetros medioambientales, los cuales juegan a favor en el deterioro del textil.

También existen materiales de protección que favorecen la auto limpieza, este es el caso de los componentes fluorados que se encuentran en la superficie de la membrana aumentando el período de vida de esta.

Las condiciones de uso también influyen en el envejecimiento causando la pérdida de resistencia en comparación con un nuevo tejido. Hoy en día, la expectativa de vida del material textil ha ido aumentando en el tiempo con la calidad y tecnología de los materiales. El fabricante entrega una garantía de 5 a 15 años dependiendo el material. Sin embargo, la durabilidad estimada es tres veces más que su garantía y tiene un rango de 5 a 50 años dependiendo del diseño (forma), la función, el uso y mantenimiento.

### 07.16 Mantenimiento Vs Reparación / Reposición

Existen membranas textiles que pueden estar libre de mantenimiento y otras que necesitan de un mantenimiento medio. La limpieza en sí, no alarga la expectativa de vida del material, pero si puede reducirla. Sin embargo, en el proyecto de diseño debe estar contemplado un plan de mantenimiento, dejando espacios para equipos de limpieza y montaje. Por otro lado, se recomienda una revisión visual anual e inspecciones en el caso de condiciones atmosféricas extremas.

Los factores que afectan la acumulación de suciedad en un textil, son los niveles de frecuencia de precipitaciones, contaminación con partículas aéreas, hojas otoñales, polen pegajoso, excremento de pájaros, telas de araña, poca pendiente permaneciendo la suciedad después de la evaporación (en el caso de cubiertas). La limpieza de la tela se debe realizar de tal forma que no dañe el fino revestimiento superficial utilizando productos no abrasivos o cepillos duros. Los productos en polvo pueden dañar o cortar el tejido.

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 210, 211.

### 07.16 Mantenimiento Vs Reparación / Reposición

---

Las estructuras textiles, en áreas de poca inclinación, pueden sufrir un embolsamiento debido a la carga de nieve o el agua acumulada que puede causar fallos en el tejido. Para evitar este problema, se le puede incorporar a la estructura canalones o desagües que permitan el escurrimiento adecuado del agua. En el caso de no existir los canalones, el agua acumulada deba ser retirada inmediatamente.

Otro problema que se puede generar, es la corrosión de la estructura de soporte o los cables, especialmente donde penetran los accesorios del anclaje y conexiones. La única forma de evitar esto, es aplicar anticorrosivos superficiales al acero, sin embargo, las conexiones de pernos con corrosión hay que retirarlas y cambiarlas por nuevas. En el caso de que la tela se encuentre en contacto directo con los cables o conexiones afectados por la corrosión, no afecta su durabilidad pero sí se visualiza un cambio de color.

Durante la vida útil de la estructura tensada, el pretensado va variando, esto se puede prever con el cálculo donde se tiene en cuenta la relajación y la fluencia del material durante la vida útil con una pretensión inicial mayor durante el montaje o incorporar un retensado después de un cierto período de tiempo. En algunos casos el pretensado no es posible.

La reparación de los tejidos con recubrimiento se puede realizar si los daños son pequeños. Estos daños pueden generarse durante el montaje, por vandalismos o accidentalmente. Los daños como pequeños rasgados o agujeros de hasta 5cm se pueden reparar con parches soldados directamente sobre la parte externa del tejido teniendo en cuenta que el área de soldadura no tenga polvo, grasa ni aceite. Para parches pequeños los fabricantes recomiendan usar pegamentos. Para la reposición de la tela, se debe tener en cuenta una revisión previa y limpieza de los componentes de la estructura y tener en cuenta si la anchura del rollo original está disponible. En caso contrario, se debe replantear una nueva forma con la estructura existente.

---

1. Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 211,



Img. 57. Fuente SergeFerrari.

## 07. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LOS MATERIALES

### 07.17. Reciclado Vs Reutilizado

Según el artículo de la revista electrónica Toldo indica que, <sup>1</sup>el PVC es uno de los plásticos más antiguos que existen y se ha convertido en poco más de 60 años de historia en uno de los materiales más usados por su seguridad, su adaptabilidad y su respeto al medio ambiente. Hoy en día la demanda mundial de resinas de este material sobrepasan los 25 millones de toneladas anuales.

El sector de los tejidos técnicos está creciendo en todo el mundo, especialmente en el sector de la construcción donde las membranas textiles forman parte de la estructura o bien en el sector de la protección solar. Las lonas también han encontrado aplicaciones en la industria de la impresión de gran formato y de la publicidad donde producen unas 300.000 toneladas anuales<sup>1</sup>.

Pero en los procesos de recuperación, es donde el PVC demuestra una de sus grandes virtudes. La firma Francesa Serge Ferrari ha creado un sistema de recogida y reciclado que permite volver a utilizar las fibras del material de los productos terminados que han llegado a término de su vida útil.

<sup>1</sup>Este proceso, llamado Taxyloop®, incluye tres pasos importantes: la recogida de los materiales, su clasificación, preparado y finalmente su tratado en la planta de reciclaje<sup>1</sup>. El primer paso, es hacer la distinción entre los distintos tipos de materiales (poliéster, poliamida, vidrio u otros). El segundo paso es clasificar los materiales según su formulación, esto arroja tres tipologías: materiales blancos, resistentes al fuego, materiales de colores entre otros<sup>1</sup>.

En la planta de preparación los desechos se identifican, se les retiran las partes metálicas y se los apila en lotes de unas 30 toneladas. Una muestra representativa de cada lote se lleva al laboratorio para su identificación. Los lotes permanecen en espera hasta que se hayan identificado completamente<sup>1</sup>.

1. Revista Toldo. Noticias. Nuevo Proceso de recuperación del PVC/[www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24](http://www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24) / Fecha consulta 11.07.12
2. Taxyloop. Una Industria en Circuito Cerrado /[www.taxyloop.com](http://www.taxyloop.com) / Fecha consulta 11.07.12



Img. 58 Productos con Material Reciclado y Ciclo de vida del material.

### 07.17. Reciclado Vs Reutilizado

<sup>1</sup>El proceso de reciclaje Tedyloop® está basado en el proceso Vinyloop®, esto significa que su composición química se mantiene inalterada durante el tratamiento. Tedyloop® convierte tejidos revestidos de PVC en fibras, manteniendo muchos de sus aditivos, y en un compuesto que se puede usar para la realización de productos de alta calidad<sup>1</sup>.

El proceso se basa en una disolución del compuesto a reciclar con disolvente, seguido de un filtrado para separar el PVC de otros materiales y la eliminación del disolvente mediante el evaporado por ebullición. Otros pasos adicionales permiten añadir, a los materiales a reciclar, compuestos blancos o de colores así como de propiedades ignífugas. La aplicación principal de las fibras producidas se destina a los tejidos “no tejidos” por su alta tenacidad<sup>1</sup>.

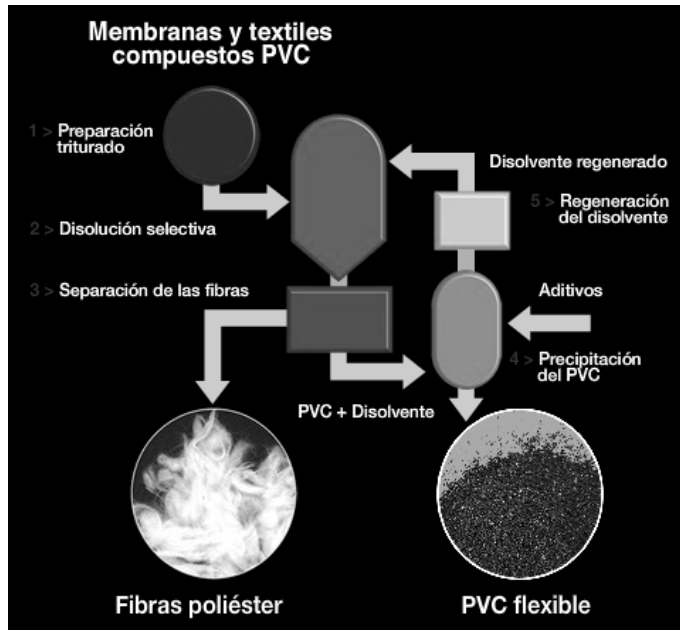
La reutilización de la nueva generación de materias primas a partir del proceso de reciclado (granza de PVC y fibras de poliéster), aún no es aplicado en la construcción de estructuras tensadas propiamente tal, pero si algunos materiales de construcción como membranas filtrantes, membranas de estanqueidad y no tejidos para aislamiento. Otros productos obtenidos a partir del reciclado son cordones, para-choques, suelas, cordones, tubos y tela para aplicación de mobiliario entre otros.

### 07.18. Reducción del Impacto ambiental a partir del reciclado

<sup>2</sup>Los análisis de los ciclo de vida (ACV) demuestran que la mayoría de los impactos (con una media del 80%) están generados por la extracción y producción de materias primas. El sistema de reciclaje Tedyloop® evita la extracción y la producción de materias primas vírgenes; por este motivo, se reducen los impactos ambientales<sup>2</sup>. El análisis del ACV de los productos que realiza la empresa, está respaldada por organismos independientes reconocidos a nivel Internacional como EVEA (Francia), CIRAIG (Canadá).

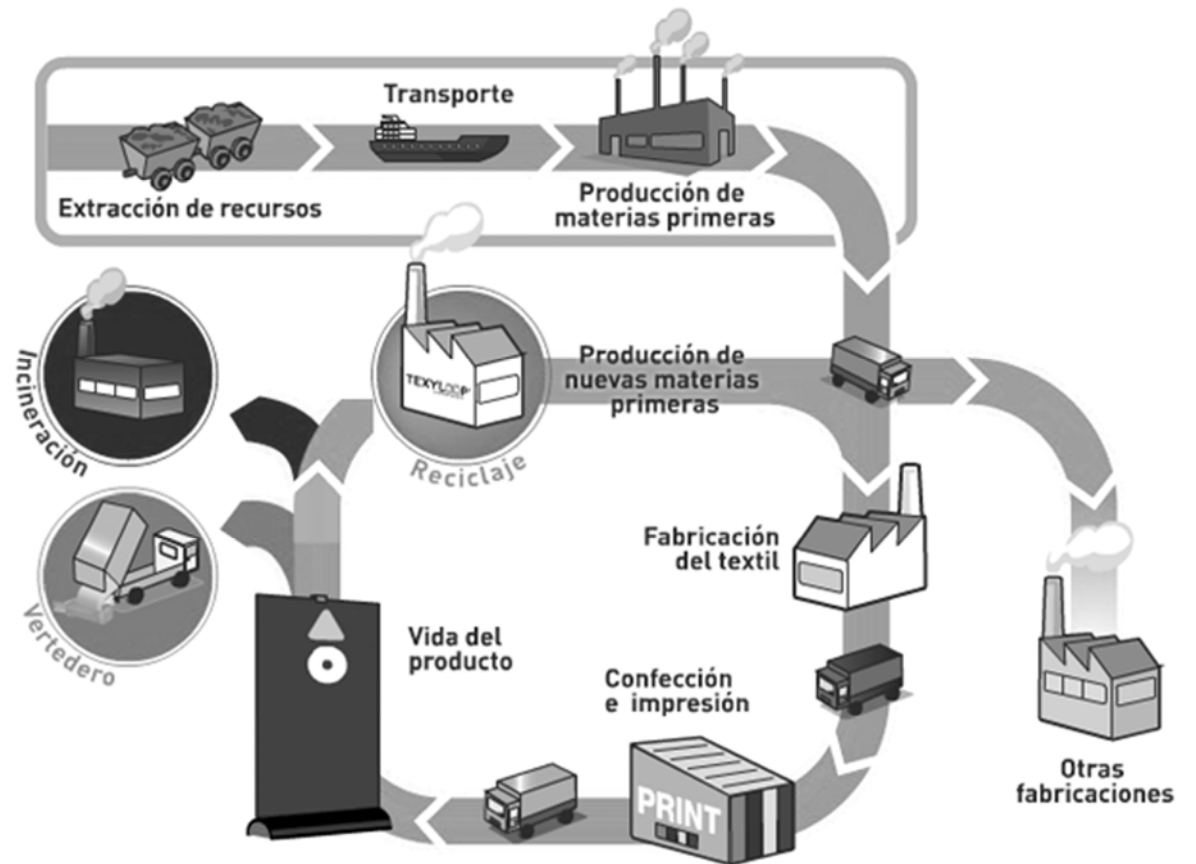
(Definición de ACV en anexo).

1. Revista Toldo. Noticias. Nuevo Proceso de recuperación del PVC/[www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24](http://www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24) / Fecha consulta 11.07.12
2. Tedyloop. Una Industria en Circuito Cerrado /[www.tedyloop.com](http://www.tedyloop.com) / Fecha consulta 11.07.12
3. Catálogo ES\_SergeFerrari\_The Architecture Book. Fachada Textil, Nuevas Soluciones. P 60.



Fia. 59

Este proceso puede evitar la incineración y el vertedero entregando una segunda vida al producto, y se traduce en la utilización posterior de hasta el 90% del textil reciclado.



1. Revista Toldo. Noticias. Nuevo Proceso de recuperación del PVC/[www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24/](http://www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24/) Fecha consulta 11.07.12
2. Texyloop. Una Industria en Circuito Cerrado /[www.texyloop.com/](http://www.texyloop.com/) / Fecha consulta 11.07.12
3. Img. 59 Proceso de Reciclado. Catálogo ES\_SergeFerrari\_The Architecture Book. Fachada Textil, Nuevas Soluciones.

La estrategia para la configuración de la estructura tensada radica en el esfuerzo a la **tracción** y el **equilibrio** es el principal concepto para su estabilidad.

**Palabras claves:**

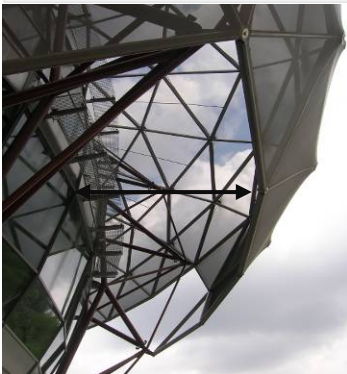
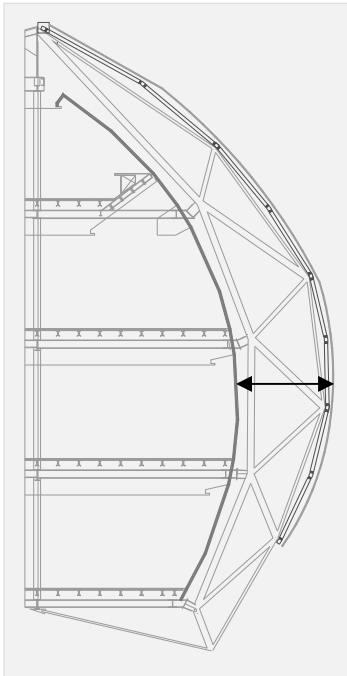
**Ligereza**  
**Equilibrio**

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

Los tecnologías aplicadas en fachadas textiles como segunda piel no cumplen precisamente el concepto de estructuras textiles tensadas, debido a que para que se puedan catalogar de esta manera, tienen que poseer una doble curvatura en el plano, ya sea en el sentido positivo o en el sentido positivo y negativo, que le permita obtener una estabilidad dimensional con su propia forma en combinación con la tensión.

Por otra parte, en el mercado se han desarrollado pocas alternativas que se basan en configuraciones planas o bidimensionales.

Los ejemplos de formas tridimensionales, generalmente utilizan una estructura auxiliar como es el caso del Edificio Iguzzini ubicado en Sant Cugat del Valles, 08 Barcelona-España.



Img.60 Arriba, Sección Fachada Edificio Iguzzini, Fuente MIAS Architects. Abajo, Fotografía Fachada Edificio. Fuente N. Bublik

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.1. Clasificación de las estructuras tensadas en la Fachada

ESTRUCTURA - PIEL INTERIOR

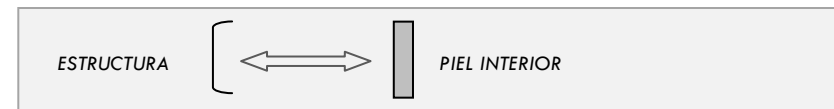
Palabras claves:

Forma - Piel interior - Soporte

Las estructuras tensadas con membranas textiles aplicadas en cubiertas, permiten una infinidad de soluciones estructurales, las cuales, las hace adaptable a cualquier necesidad, dando como resultado una solución óptima a la función requerida. Dentro de estas funciones se encuentra transmisión diurna, protección de lluvia, protección de sol, elemento definidor de espacio, que puede ser adaptable o no y también se puede definir la duración de del uso (permanente, temporal e itinerante).

Si nos referimos a las **estructuras tensadas en fachadas**, las posibilidades estructurales siguen siendo amplias, con las mismas cualidades, pero va estar determinada en función de la forma de la piel interior del edificio (fig.60).

**De acuerdo a lo anterior, se puede decir que esta relación ESTRUCTURA – FORMA/PIEL INTERIOR son la clave para el diseño (Formfinding) de Fachadas de Membranas Tensadas.**



#### 08.1.1. EL SOPORTE

Las superficies que conforman el diseño de fachada, necesitan de una tensión y un soporte a lo largo de todo el perímetro formando un “continuo superficial” y cada uno de sus bordes puede verse como un “continuo lineal”.

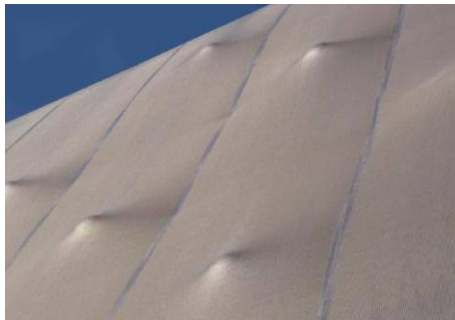
<sup>1</sup>“El sistema de soporte tiene que ser lo suficientemente fuerte como para reunir todas las fuerzas de reacción de la membrana tensada, las de las cargas de pretensado y las cargas externas”<sup>1</sup>. Las membranas pueden ser rectas, curvas, rígidas o flexibles, dependiendo del diseño.

<sup>1</sup>La forma y el trazado del soporte del borde de la membrana van influir sobre el tipo y el nivel de esfuerzos que actúan en el interior<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Cada soporte debe tener una configuración mínima según el flujo de esfuerzos y expresar claramente su función estructural. La composición de puntos elevados y bajos en una geometría tridimensional de una membrana influye en su forma y en la concentración de esfuerzos que hay que transferir a los puntos de anclaje<sup>1</sup>.

En una fachada textil, el principal esfuerzo externo es el de succión, dado por la respuesta a los empujes horizontales producidos por el viento y a diferencia de las cubiertas, estas estructuras no son afectadas por las cargas de nieve o embolsamiento de agua.

1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 51- 54.





Img.61 Fachada Textil del Teatro Nacional de Maribor – Eslovenia. Fuente Fotografías Catálogo Stamilol FT. Las barras horizontales que separan las dos pieles son elementos rígidos parte del sistema estructural, los cuales permiten contrarrestar los empujes horizontales. Las barras Tubulares por el centro de la malla trabajan a compresión.

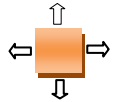
## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.1. Clasificación de las estructuras tensadas en la Fachada

Palabras claves:

Marco – Perimetral - Pantalla

#### CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS UTILIZADOS EN FACHADAS TEXTILES



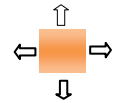
#### 08.1.2. BASTIDOR PERIMETRAL

La estructura se configura como un bastidor perimetral que bordea la fachada completa. El bastidor está compuesto por un marco prefabricado en taller, por el cual se fija una membrana textil mediante encolados o pletinas y tornillos. La tela es tensionada en las direcciones de urdimbre y trama en toda la periferia. La urdimbre se ubica en el sentido longitudinal y el tensado es realizado en obra o en fábrica si es de un tamaño transportable. Las formas que se pueden realizar son diversas, y se configuran en un solo plano donde sus bordes se catalogarían como rígidos. Generalmente la estructura es de aluminio anodizado o lacado debido a su ligereza y durabilidad al ambiente exterior.

El textil, es confeccionado y pretensado en fábrica formando paños de una anchura máxima de 5 metros dependiendo del tipo de tela, diseño y cálculo estructural. Los textiles son unidos mediante soldadura o adhesivos y en algunos casos, la junta es utilizada como parte del diseño de la fachada.



Img. 62  
Imagen Showroom  
Aston Martin Test  
Center,  
Nürburgring,  
Germany.  
Fuente  
SergeFerrari,  
producto Stamilol  
FT.



Img. 63 Proyecto de Rehabilitación de Oficinas año 2005 con Panel Modular. La instalación consiste en colocar unos rastreles en la fachada existente, donde se fijan los paneles prefabricados de Taller. 180m2 de Fachada, con una duración de dos días en la instalación. Ubicación en La Tour du Pin- Francia. Sistema Texo. Fuente Fotografía. Catálogo Stamisol V2 de Serge Ferrari.

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.1. Clasificación de las estructuras tensadas en la Fachada

Palabras claves:

Panel - Módulo – Prefabricado - Pretensado

#### CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

#### UTILIZADOS EN FACHADAS TEXTILES

### 08.1.3. PANEL MODULAR

Este sistema se compone por un marco perimetral, generalmente de aluminio extrusionado y una membrana textil, la cual es pretensada al marco en taller o en obra. Estos paneles son fijados al edificio o a una estructura existente mediante soportes. Dentro de los paneles modulares, existen alternativas de paneles móviles deslizantes y de lamas, como las que ofrece la empresa IASO con su tecnología i-tensing. Los paneles móviles pueden incluir un sistema motorizado, el cual regula el control solar de la estancia en función de las condiciones exteriores de uso. (Img. 68). Otras empresas ofrecen también paneles plegables o abatibles



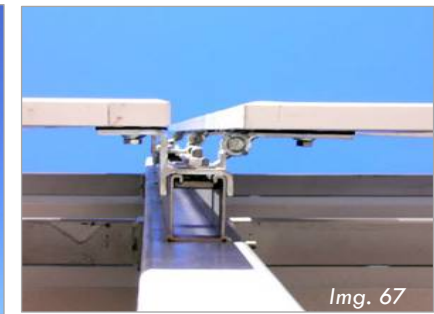
Img. 64



Img. 65



Img. 66



Img. 67



Img. 68. Panel Modular Fijo, Panel Modular Deslizante, Panel Modular Lama

Img. 64-65. Fachada Textil, Edificio de Oficinas Gerencia de Urbanismo, Madrid-España Sistema Tenso de Bat Spain.

Img. 66 Sub Estructura de Soporte que recibe los Paneles.

Img. 67 Detalle de Fijación del Panel a la Sub Estructura. Fuente Catálogo Online Bat Spain.

[http://www.batspain.com/fachada\\_textil.html](http://www.batspain.com/fachada_textil.html). Fecha Consulta 15.08-12



Img. 69 Edificio Oficinas Tripark Las Rozas. Madrid-España, año 2009. De Geometría Ceroclástica. Fuente: www.batspain.com

08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

08.1. Clasificación de las estructuras tensadas en la Fachada

Palabras claves:

Módulo - Prefabricado - Pretensado - Postensado

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS UTILIZADOS EN FACHADAS TEXTILES

El soporte del sistema de panel modular, se fabrica en diferentes formas siguiendo una estructura perimetral. Sin embargo, actualmente la mayoría de fachadas textiles, utiliza una geometría “ceroclástica” y para crear una curva, se deben utilizar paños de menor tamaño y lograr así la curva deseada, dando como resultado la utilización de mayor cantidad de material en la subestructura. Por otro lado, esa geometría forma parte de la intención de diseño del arquitecto.



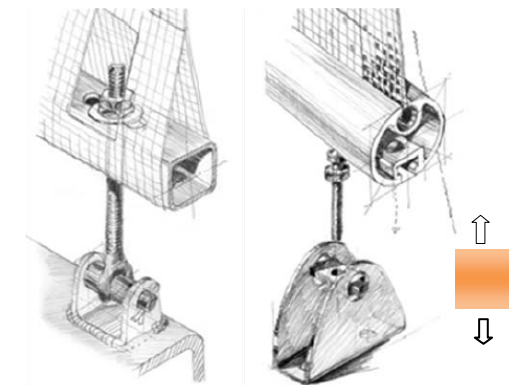
Img. 70 Fachada Shopping Center Deichmann. 2008, Essen - Germany. Fuente Fotografías Catálogo Stamisol FT, Serge Ferrari.

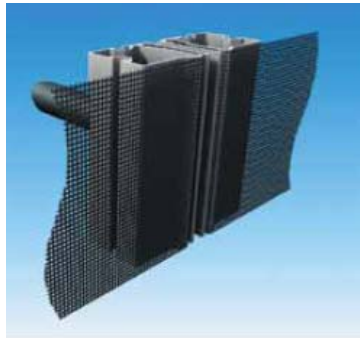
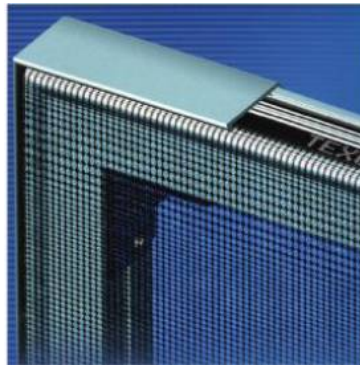


Img. 71 Mallas microperforadas. La separación de la piel interior, facilita la cobertura de redes de la edificación y minimiza el ruido desde el exterior.

08.1.4. SOPORTE EN LOS EXTREMOS

Este sistema se basa en fijar la tela en dos extremos, en el sentido Longitudinal (Superior e inferior). Los paños no pueden ser de Anchuras muy grandes ya que en tal caso, habría que aumentar la tensión de la tela en el sentido longitudinal para evitar deformaciones. El tensado de la membrana es realizado en obra.





Img. 72. Detalles perfiles Aluminio de Texo. Fuente. [www.texo.co.nz](http://www.texo.co.nz)

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.1. Clasificación de las estructuras tensadas en la Fachada

Palabras claves:

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS UTILIZADOS EN FACHADAS TEXTILES

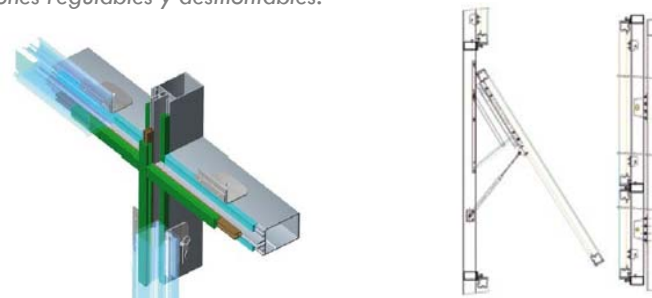
#### 08.1.5. SISTEMA DE RASTRELES (TEXO®)

Está compuesto por un sistema modular, que se basa en la unión de una membrana textil (de diversas composiciones) a un elastómero. Esta unión permite que todas las fuerzas longitudinales y transversales aplicadas sobre el panel sean absorbidas. Las características del elemento elastómero permite que, una vez finalizado el esfuerzo puntual (como puede ser una carga de viento o de impacto), aquél vuelva a su estado original. Esto hace que se reduzcan las cargas transmitidas a la estructura del edificio.

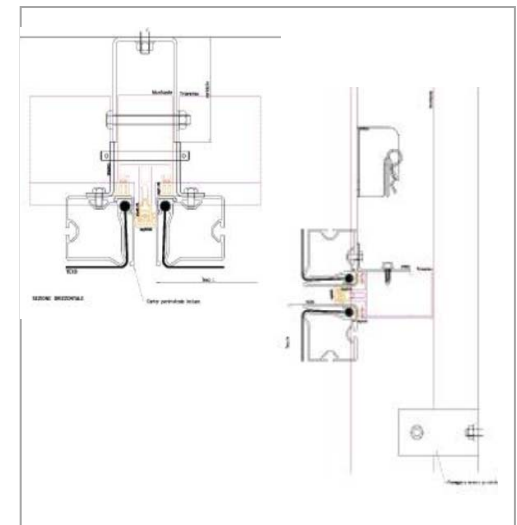
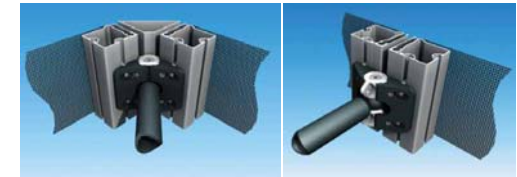
**Resistencia al fuego:** La resistencia al fuego es variable en función a los materiales elegidos para la membrana, estando comprendido en el rango M1-M0, por lo que todas las variedades son no propagadoras del fuego y, por supuesto, no emisoras de gotas ni de humos nocivos.

**Estructura:** compuesto por perfil de aluminio extruido, el tamaño máximo es de 2,5mx13,5m por lo que es de fácil transporte.

Existen variedades tipológicas en este sistema que permite aberturas, y fijaciones regulables y desmontables.



Panel - Módulo – Prefabricado - Pretensado



1. Catálogo digital Architectural Textile Systems, con Tensoforma. [www.architecturaltextiles.com.au](http://www.architecturaltextiles.com.au), / [www.texo.co.nz](http://www.texo.co.nz)
2. Imgs. 73 Detalles Estructura. Catálogo Digital Architectural Textile Systems, con Tensoforma. [www.architecturaltextiles.com.au](http://www.architecturaltextiles.com.au), [www.texo.co.nz](http://www.texo.co.nz)



Img. 74 Fijación Puntual de la membrana a la estructura auxiliar.  
Fotografías N. Bublik



## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

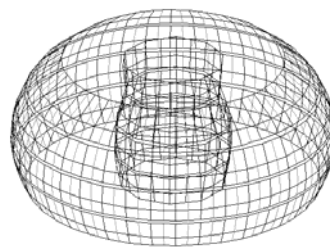
### 08.1. Estructura auxiliar o complementaria a la estructura del soporte textil

Palabras claves: Membrana - Fijación Puntual - Fijación Perimetral - Subestructura – Postensado

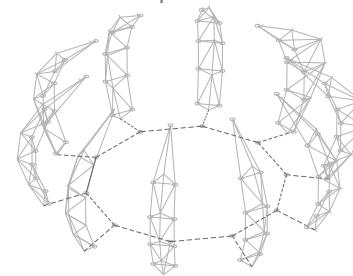
#### CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS UTILIZADOS EN FACHADAS TEXTILES

##### 08.1.6. SISTEMA ABIERTO CON ESTRUCTURA AUXILIAR

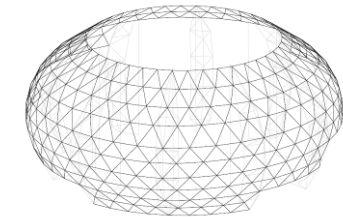
En este caso, las de estructuras utilizadas son muy variadas, pudiendo llevarse a cabo formas simples o complejas. En el sistema abierto, se pueden identificar dos subtipos que se diferencian por el tipo de fijación de la membrana a la subestructura. El primer subtipo es por fijación puntual a la subestructura (Fig. 74), y el segundo subtipo es una fijación perimetral independientemente de la conexión con los anclajes a la estructura del edificio. (Fig. 79)



Img. 75 Piel Interior del Edificio con Muro Cortina, con Rotura de Puente Térmico realizado en perfiles de Acero y Cristal



Img. 76 “Bananas”, perfiles de acero tubular como Estructura Principal de soporte de la malla espacial. Fuente Imágenes 75-77, MiAS Architects.



Img. 77 Estructura Auxiliar en Aluminio para el soporte Textil. La Malla Espacial es Anclada a los vértices de las bananas.



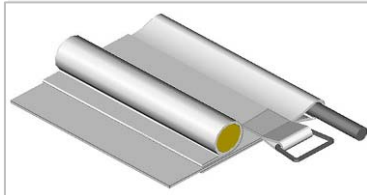
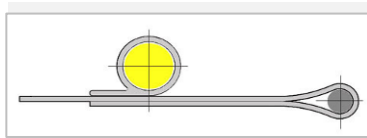
Img. 78 Fachada tipo Muro Cortina con Membrana Textil, Edificio Iguzzini. Fuente N.Bublik



Img. 79 Uniones entre paños Textiles Configuran el diseño de la fachada. Luna Rosa (Copa América), 2006, Valencia-España. Arq. Renzo Piano. Fuente Tríptico TEXO Innovation.



Img. 80 Muro Cortina Textil de Forma Tridimensional. La membrana es fijada perimetralmente a la subestructura. Fuente S. Ferrari



Figs. 81 Borde Genérico

<sup>2</sup>Borde flexible con cable interior a dobladillo de tela con elemento de protección para canalizar las aguas de lluvia. En el extremo posee una hebilla para unir a un tensor que evita arrugas en el borde<sup>2</sup>

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.2. Condiciones de Borde

### SISTEMAS EN ESTRUCTURAS TENSADAS

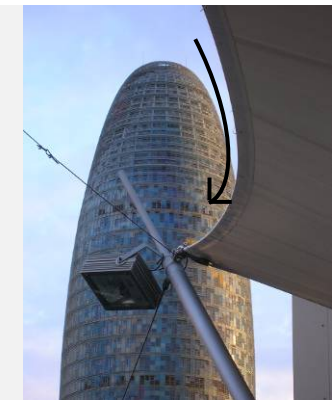
Palabras claves:

Refuerzo - Borde - Flexible

En las membranas tensadas existen dos modos de definir la estructura de soporte:

#### a) REFUERZOS DE BORDES FLEXIBLES DE MEMBRANA (LINEALES CURVOS)

<sup>1</sup>Cubren el espacio entre dos puntos de soporte donde la flexibilidad permite que se adapte a la forma de la membrana pretensada.



Img. 82 Vista Refuerzo con Borde Flexible con cable interior entre 2 puntos. Centro Comercial Glòries. Barcelona, España. Sistema Tradicional en Estructuras Tensadas. Fuente N. Bublik

La solución ideal y la más natural en la membrana de borde, es un refuerzo continuo hecho con la fibra textil del propio tejido, creando una estructura textil característica, en la que la superficie tensada y el refuerzo de borde se comportan en un método elástico compatible<sup>1</sup>.

1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 54, 55.
2. Fig.81 J. Llorens & R. Irigoyen. Base de Datos sobre Detalles de Arquitectura Textil. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC. Cataluña, España. Doc. Digital. <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/reerca/tensilestruc/webdetalles/index.html> / Fecha Consulta. 7.08.12

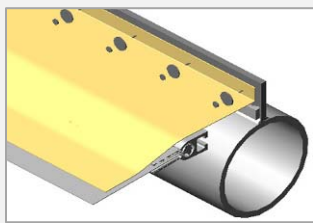


Fig. 83

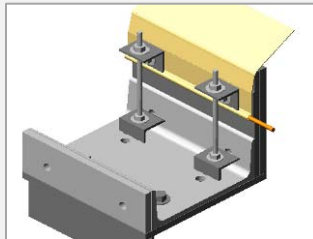


Fig. 84

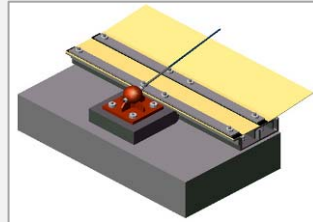


Fig. 85

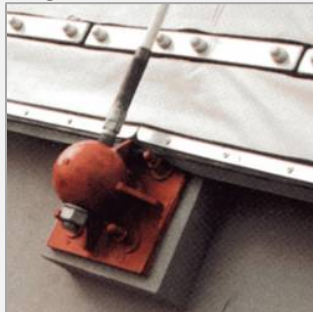


Fig. 86 Bordes Rígidos

## 08.2. Condiciones de Borde

Palabras claves:

## SISTEMAS EN ESTRUCTURAS TENSADAS

Refuerzo - Borde - Rígido

### b) REFUERZOS DE BORDES RÍGIDOS DE MEMBRANA

Los bordes rígidos son los más utilizados en Membranas Tensadas para Fachadas, este tipo de solución proporciona mayor libertad en el trazado que los bordes flexibles, debido a que se puede ajustar su forma y dimensión continuamente dando resistencia y rigidez para absorber los esfuerzos procedentes de la membrana.

Estos bordes pueden ser curvos o poligonales, que se configuran como estructuras continuas o discontinuas a lo largo del perímetro de la membrana. <sup>1</sup>En combinación con los soportes de membrana internos, los bordes rígidos pueden disponerse en un plano libremente configurado como pórtico cuadrado o curvo<sup>1</sup>.

(Fig. 83), es un <sup>2</sup>borde rígido con perfil de guía. La membrana utilizada es de poliéster con PVC. El borde se compone por un tubular, un sistema de tensión y una guía rígida de aluminio que recibe el borde de la tela.

Sistema de tensión: la membrana termina en un cable de borde, al cual envuelve, y está fijada por dos planchas que rigidizan su llegada. Esta terminación llega a una pieza especial metálica tipo guía. El sistema de tensión está formado por una pieza que recibe una barra roscada por la parte posterior del perfil guía, de este cabezal giratorio sale un tornillo vertical del perfil tubular que se encuentra con la aleta vertical del perfil tubular y es apertado a través de un sistema de tuerca y contratuerca<sup>2</sup>.

(Fig. 84), es un <sup>2</sup>borde rígido con pletina y mecanismo de tensión y la (Fig. 85-86), muestra un borde rígido formado por unas planchas de aluminio Al 10x60 sobre una tira de Neopreno que rigidizan el borde de la membrana, tanto la cinta de neopreno como la tela se extiende hasta un segundo perfil cubriendo el sistema de tensión para impedir la filtración de agua al interior<sup>2</sup>. La plancha, neopreno y membrana están unidos entre sí y sujetos al anclaje por medio de tornillos.

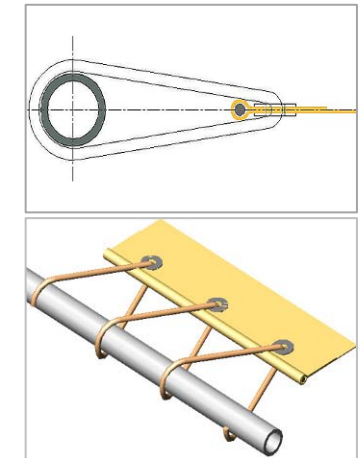


Fig. 87 <sup>2</sup>Borde Rígido Acordonado a Barra<sup>2</sup>  
Arquitecto Alluin & Mauduit

1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 56.
2. Fig.83-87 J. Llorens & R. Irigoyen. *Base de Datos sobre Detalles de Arquitectura Textil*. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC. Cataluña, España. Doc. Digital. <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/reerca/tensilestruc/webdetalles/index.html> /Fecha Consulta 7.08.12.

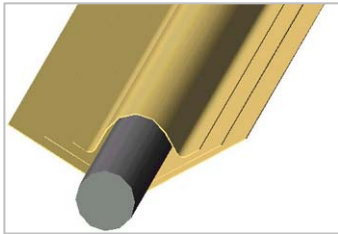


Fig. 88 Línea Interior con cable interior. Detalle Cubierta Camp de Mart, 1933. Arq. Stefano Bertino

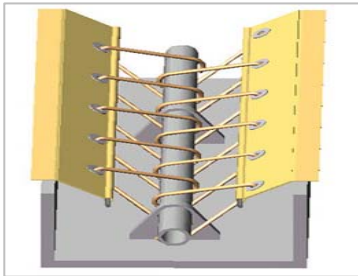


Fig. 89 Línea Interior Acordonada. Detalle Aeropuerto Salzburg, Austria, 1994. Arq. Michael Rhomberg

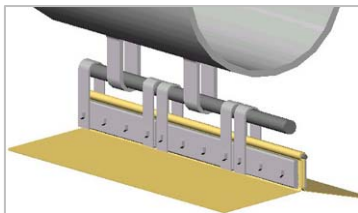


Fig. 90 Línea Interior con Cable Exterior. Detalle Centro de Eventos en Edimburg. Fibra de Vidrio con protección PTFE. Arq. Michael Hopkings & Partner

## 08.2. Condiciones de Borde

Palabras claves:

SOPORTES INTERMEDIOS

Líneas de Fuerza - Cables

### c) LÍNEAS DE FUERZA

En las estructuras tensadas <sup>1</sup>Los elementos de conexión a la estructura reciben indistintamente **membranas y cables** procedentes de diferentes planos y con diferente orientación angular<sup>1</sup>. En cambio, en Fachadas Textiles es más frecuente encontrar diseños bidimensionales donde el tensado es en un solo plano. Sin embargo, es posible realizar en la fachada textil de diseño tridimensional incorporando elementos de borde o anclajes en diferentes planos. En ambos casos, <sup>1</sup>la formación de arrugas y los malos resultados estructurales, son consecuencias de los detalles basados en una geometría errónea<sup>1</sup>.

### d) CABLES

<sup>2</sup>Los cables y cordones de fibra se utilizan como

Relingas lineales flexibles de la membrana	-	Cables de anclajes
Refuerzos lineales internos de membrana	-	Soporte aéreo de puntos individuales <sup>2</sup>

Los cables deben incorporar accesorios y elementos de conexión dirigidos hacia los puntos de anclaje y/o a los puntos de suspensión, de modo que permitan ajustes de tolerancias y movimientos de estructura bajo las cargas externas y durante el montaje.

También se pueden crear grandes superficies con un borde perimetral plano utilizando un sistema alternativo de cables o cordones de **crestas y valles** con soporte interno. Esos refuerzos son lineales, flexibles y se diferencian por paños de membrana. <sup>1</sup>La propiedad de "crestas y valles" es la dirección de doble curvatura donde la forma ondulada es creada por los cables, en paralelo uno con otro<sup>1</sup>. (fig. 93). Con arcos lineales utilizados en diferentes orientaciones entre sí, se producen diferentes formas superficiales. (fig. 92)

1. Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 125,134
2. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 53, 55, 59.
3. Fig.88-90 J. Llorens & R. Irigoyen. Base de Datos sobre Detalles de Arquitectura Textil. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC. Cataluña, España. Doc. Digital. <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/reerca/tensilestruc/webdetalles/index.html> / Fecha Consulta. 7.08.12





08.2. Condiciones de Borde

Palabras claves:



Img. 92. Arcos Lineales en diferentes direcciones, configuran formas heterogéneas. Porte Cochere, New York. 2010. Fuente Formfinder.com

CABLES - CONEXIONES

Líneas de Fuerza - Cables



Img. 93. Soportes Lineales, Cables en los Valles y Elementos de Cresta Rígidos dan una forma ondulada a una fachada o cubierta.



Img. 91 Arco de la Defensa, París-Francia. Fuente Pablo Ferreira. Junio 2007

²En algunos casos, la estructura de una membrana puede ser parte de un edificio y tener un sistema de soporte únicamente por cables. El ejemplo más claro es la cubierta ubicada bajo el “El Arco de la Defensa” en París. La estructura externa es un edificio rígido, en el cual se encuentra suspendida una lona de 2.500 m² mediante el uso de cables de acero². (Img. 10).

Este concepto también se podría llevar a la fachada con la diferencia que la estabilidad dimensional dada por la forma, anclajes y elementos de borde se deben organizar en sentido opuesto.

08.3. CONEXIONES

Las conexiones son las intersecciones generadas por las líneas de fuerzas compuestas por Cables (flexibles) o elementos rígidos con los elementos de borde o líneas de fuerza que conectan con los anclajes. Existen diversas alternativas para dar solución a eso. En la figura 10 y 20 muestra dos tipologías.

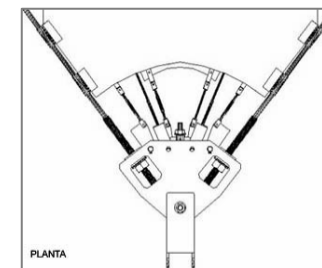


Fig. 94 Conexión de doble membrana Int. y Ext. anclaje.

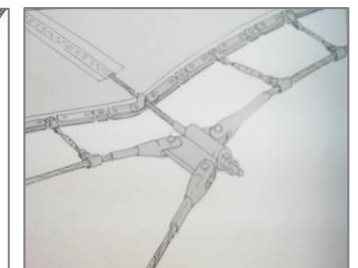
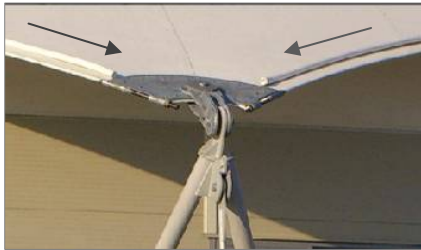
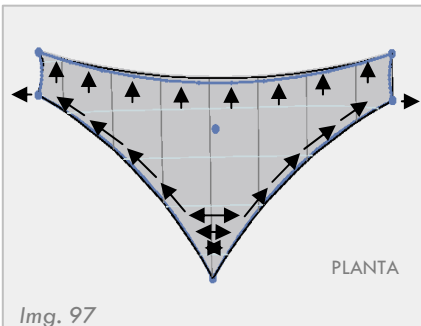


Fig. 95 Conexión de Cable de Valle a Cable Perimetral.

1. Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 134.
2. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 59



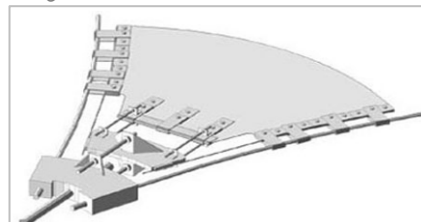
Img. 96



Img. 97



Img. 98



Img. 99

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.4. Fijaciones

### PUÑOS

Palabras claves:

Esfuerzos → Cables de Borde → Puños → Estructura de Soporte

### PUÑOS

<sup>1</sup>Los Esfuerzos de la membrana fluyen a los cables de borde, que a su vez se transmiten a los puños y estos los transfieren a la estructura de soporte<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Es importante que existan conexiones flexibles para que haya un grado de libertad suficiente durante la instalación porque la membrana no está en su posición final, y al comienzo de la instalación su posición está determinada por la gravedad; lo que puede causar una rotación de 180° durante el montaje de la tela.<sup>1</sup>

La unión entre los puños y la estructura de soporte una vez instaladas, cumple las siguientes funciones:

- Transferencia de fuerzas de borde:** la membrana debe transmitir las fuerzas a través de los cables de borde que las transfieren luego a los puños. (Img. 96, Detalle Puño. Centro de Exposiciones de Pécs - Hungría, año 2005. Fuente ProjectFinder).
- Transferencia de fuerzas tangenciales:** la membrana de doble curvatura tiene tensiones en dos direcciones (trama y urdimbre). La tensión perpendicular al borde se transfiere al elemento de borde. La tensión opuesta, discurre a lo largo del borde y es necesario que se acumule en cada extremo como por ejemplo en puños. (Img. 97, Fuente dibujo en programa FormFinder).
- Compatibilidad geométrica:** los esfuerzos acumulados en los puños deben discurrir a lo largo de las líneas del sistema, para evitar excentricidad y concentración de tensiones en los puños, que a largo tiempo puede causar fallos en la conexión.
- Precisión en la conexión:** su fabricación debe ser correcta, de lo contrario, la inexactitud puede causar los problemas mencionados en el punto C. (Img. 98, Conexión con el sistema de soporte mediante tensores. Centro de Eventos en Edimburgo).
- Sistema de ajuste:** para ajustar de la membrana durante la instalación, o en algunos casos pretensar la membrana, deben suministrarse puños con sistemas de ajuste. (Img. 99, Esquina recortada con mecanismo de Pretensión. Cubierta Auditorio Camp de Mart, Tarragona - España).

- Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 136.
- Fig. 96-98-99 J. Llorens & R. Irigoyen. Base de Datos sobre Detalles de Arquitectura Textil. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC. Cataluña, España. Doc. Digital. <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/recerca/tensilestruc/webdetalles/index.html> ∟ Fecha Consulta. 7.08.12

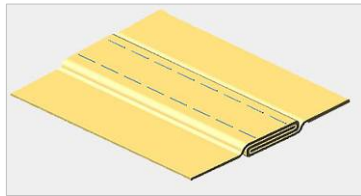


Fig.100 Cosido Lineal, Junta con Solape Doble.

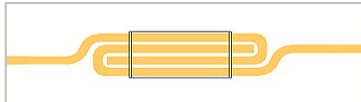
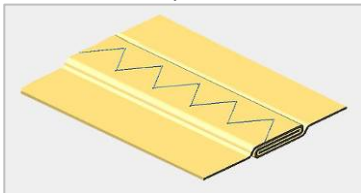


Fig.101 Cosido Zig - Zag, Junta con Solape Doble.

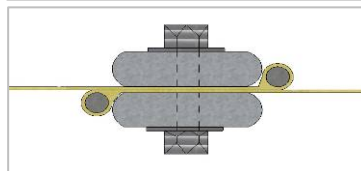
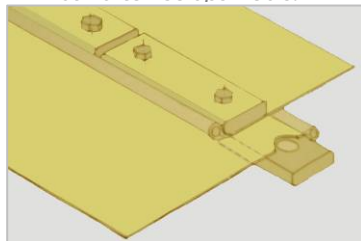


Fig.102 Unión Prensada con Pletinas atornilladas con ollaos para permitir la Pretensión de la Tela.

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.5. Uniones - Juntas

### TEXTILES

Palabras claves:

Cosido – Flexible- Conexión Mecánica

<sup>1</sup>Los tejidos se fabrican con anchuras que varían entre 2 a 5 metros, por lo cual, se debe realizar la membrana a partir de varias piezas conformadas individualmente y unidas entre sí <sup>1</sup>. La unión más utilizada es la unión de solape soldado simple.

Para ello, existen diferentes técnicas de unión de textiles dependiendo del tipo de material. Las técnicas utilizadas en fachadas son con **soldaduras y adhesivos**. Las Juntas en **taller** pueden ser cosidas, soldadas y en **obra** pueden ser encoladas, acordonadas, empresilladas y soldadas. Sin embargo, la tendencia actual, consiste en confeccionar cubiertas en una sola pieza.

### UNIONES COSIDAS

<sup>1</sup>El cosido es el método más antiguo, donde el operario tiene mayor control en la calidad del trabajo. Al coser se crea un entrelazado mecánico de las dos telas contiguas lo que las hace flexibles y utilizables para membranas plegables. En este caso, las telas deben estar impregnadas o protegidas para que puedan ser impermeables<sup>1</sup>. (Fig. 100 y 101)

<sup>2</sup>El cosido en las estructuras tensadas textiles, sólo se utiliza para conexiones de partes específicas y se adopta esta solución si no se dispone de otra<sup>2</sup>. <sup>2</sup>Se puede utilizar para cargas altas, es resistente a los Rayos UV y pueden alcanzar casi un comportamiento A2, al fuego. Sin embargo es muy costoso<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>Las uniones cosidas son adecuadas para esfuerzos bajos o para cargas perpendiculares al plano de la membrana. (sistemas hinchables). Los parámetros que afectan la resistencia de las costuras son: 1. La distribución de las puntadas (Nº puntadas por cm). 2. Tensión del hilo (depende de la resistencia del hilo). 3. Disposición o modelo del cosido (Zig-Zag o recto). Mediante ensayos se puede determinar el mejor tipo de cosido. (Información en Norma ISO 4915 y ISO 4916).

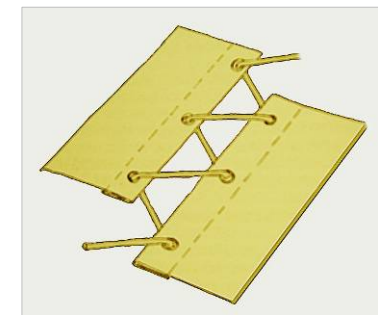
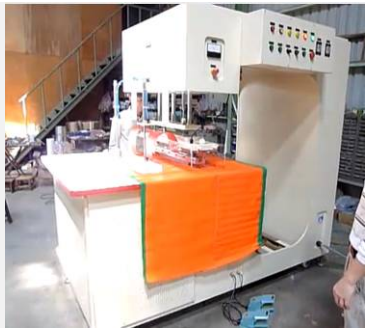
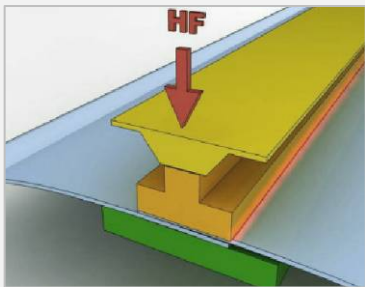


Fig.103 Unión con lazos desmontables.

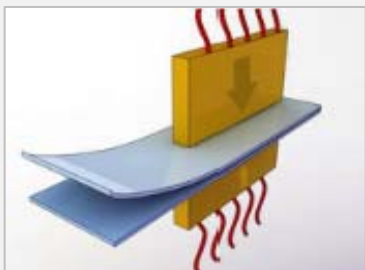
1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 54.
2. Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 127
3. Fig.100-103 J. Llorens & R. Irigoyen. Base de Datos sobre Detalles de Arquitectura Textil. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC. Cataluña, España. Doc. Digital. <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/recerca/tensilestruc/webdetalles/index.html> / Fecha Consulta. 7.08.12



Img.104 Soldadura por Alta Frecuencia.



Img.105



Img.106

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.5. Uniones- Juntas

### TEXTILES

Palabras claves:

Soldadura – Adhesivo

#### UNIONES DE SOLDADURA

Esta técnica, es la más usada en construcciones con membrana textiles de Fachadas y cubiertas. La ventaja de la soldadura, es que es una solución estanca para el conjunto. <sup>1</sup>La soldadura usual, es mediante un simple solape de los patrones, donde la anchura del solape determina la anchura de la soldadura<sup>1</sup>.

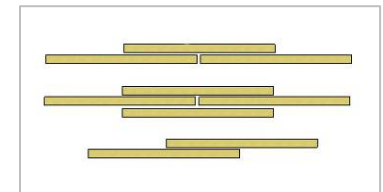
La soldadura se conecta indirectamente ya que lo que suelda es el revestimiento, no el tejido y depende de la adherencia entre el revestimiento y las fibras. La resistencia de una unión soldada depende también de estos factores, más la anchura del solape.

Los textiles de **poliéster** con protección de **PVC** utilizan:

- Soldadura de alta frecuencia (sólo en taller). Es la más utilizada por su resistencia, durabilidad y impermeabilidad.
- Soldadura de borde caliente (sólo en taller).
- Soldadura por aire caliente (Taller y obra) no recomendado en estructuras permanentes.

Los textiles de **fibra de vidrio con** protección de **PTFE** utilizan:

- Soldadura por calor (sólo en taller).
- Planchas calientes a mano para aplicación de parches (en obra).



Img.107 Tipos de uniones soldadas

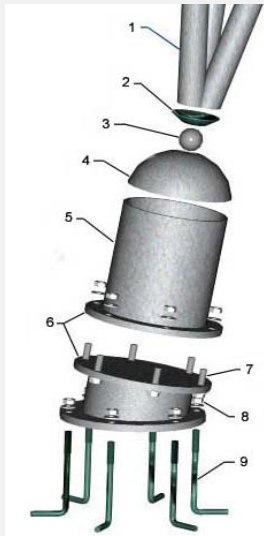
La **soldadura de alta frecuencia** (HF), se basa en la generación de calor en un campo eléctrico alterno rápido a través de la presión de diodos metálicos sobre los materiales termoplásticos a soldar en la cobertura (PVC, nylon, poliuretano, y polímeros compatibles). El campo dinámico hace oscilar las moléculas en los termoplásticos generando calor y una soldadura óptima (fusión de las membranas) que permite tener una continuidad estructural muy resistente para la cobertura. (Fig.104, 105 y 106. Fuente <http://issuu.com>).

Para tejidos revestidos con silicona se deben unir con adhesivos, mientras que los protegidos con elastómeros se unen por vulcanización. Las uniones pegadas en estructuras textiles se sólo se utilizan para reparaciones con parches en membranas protegidas en PVC.

1. Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 127



Img. 108 Anfitriente Olimar,  
Uruguay 2008. Fuente  
FormFinder.com



Img. 109 Base de Mástil  
desmontable para Estructura  
Temporal. Pabellón en Frankfurt.  
1996.

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.6. Anclajes

ACTIVOS - PASIVOS

Palabras claves:

Tracción - Pretensión permanente - Carga muerta

<sup>1</sup>En estructuras tensadas, los anclajes son cimentaciones para fuerzas de **tracción**. La mayoría de los anclajes contemporáneos se pueden encontrar en la naturaleza; por ejemplo, en las raíces de las plantas que proporcionan resistencia al arrancamiento contra el viento al movilizar la reacción de un gran volumen de suelo. También identificamos los “anclajes marinos” que sujetan los barcos al lecho marino<sup>1</sup>.

Los anclajes pueden ser **Activos** (pretensados) o **Pasivos** (de carga muerta) dependiendo si están o no sujetos a pretensados permanentes.

#### ANCLAJES ACTIVOS

<sup>1</sup>Tienen un pretensado inicial contra una placa de carga de acero, o con un contrapeso de hormigón. El nivel de pretensado presupone un porcentaje de la carga de trabajo del proyecto. Cuando el pretensado se carga externamente, se comporta como un elemento mucho más rígido que un anclaje de peso muerto. (fig. 108)

#### ANCLAJES PASIVOS SUPERFICIALES

<sup>1</sup>Actúan contra el suelo sólo cuando llevan carga. Tienen mayor movimiento que los anclajes activos, pero son más sencillos y suponen menos problemas de relajación y durabilidad. Se dividen en dos grandes grupos: Si llegan hasta la superficie del terreno o si están enterrados<sup>1</sup> (fig. 109 Placa de Anclaje)

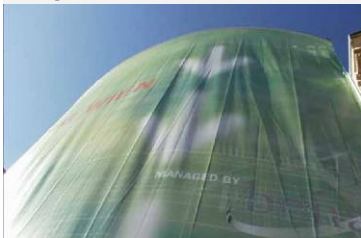
(Fig. 90) 1. Tubo de acero de 133mm de Ø, 10mm espesor. 2. Plato de acero con perforación para el anclaje de la esfera de acero (3). 3. Esfera de acero de 85mmde Ø. 4. Pieza metálica soldada a tubo de la base. 5. tubo de acero de 510mm de Ø. 6. Placa circular perforada. 7. Pernos de unión. 8. Tuercas y arandelas. 9. Espigas roscadas.

1. Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 142.

2. Fig.10-14 J. Llorens & R. Irigoyen. Base de Datos sobre Detalles de Arquitectura Textil. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC. Cataluña, España. Doc. Digital. <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/recerca/tensilestruc/webdetalles/index.html>. / Fecha Consulta. 7.08.12



Img. 110.



Img. 111.



Img. 112.



Img. 113.

## 08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

### 08.7. Resistencia, estabilidad y durabilidad

### INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

Palabras claves:

Precisión – Integración geométrica – Flexibilidad – Sistema de seguridad

Para que la estructura en una fachada o cubierta responda como un sistema integrado al material textil, se deben tomar en cuenta los parámetros de **resistencia, estabilidad y durabilidad**. Es por ello, que se deben contemplar los siguientes aspectos:

- <sup>1</sup>La calidad de los detalles garantiza un buen comportamiento estructural. Como la membrana es de carácter “suave”, los detalles deben proyectarse de manera que permitan un comportamiento flexible de la tela, incluido sus refuerzos. Por otra parte, Se deben integrar de forma fluida a la geometría del sistema<sup>1</sup>. (Img.110 Geometría Anticlástica, Paraboloide. Edificio Delegación del Gobierno en Las Palmas de Gran Canaria, España. 2007. Fuente Bat Spain. [http://www.batspain.com/arquitectura\\_textil.html](http://www.batspain.com/arquitectura_textil.html)).
- <sup>1</sup>Se debe evitar la discontinuidad de los esfuerzos de la membrana en condición de sólo-pretensado, así como en estado de deformación porque pueden causar fatiga estructural, especialmente en los bordes rígidos<sup>1</sup>. (Img.111 Fachada Centro Tecnológico en Vienna, Austria. Fuente ProjectFinder. <http://apps.formfinder.at/pf-mainplayer/>).
- <sup>1</sup>Los detalles y puntos de anclajes deben seguir exactamente la geometría lineal del sistema de los puntos de suspensión, donde estos son parte de la curvatura de la estructura. Por tanto, se deben evitar elementos rígidos, como pletinas de acero o limitar al máximo su uso de modo que la membrana se aproxime lo más posible a los puntos de anclaje<sup>1</sup>. (Img.112 Detalle de Borde exterior, conectado a pletina de borde mediante grapas en U. Cercano a los vértices, se instalan unas bridas que bloquean el deslizamiento a lo largo del cable, absorbiendo la tensión tangencial. Fuente Tectónica 36, pág. 15).
- Los detalles de estructuras deben ser flexibles, sencillos y con una configuración mínima a diferencia de otros sistemas constructivos.
- Los Cerramientos Textiles son susceptibles al vandalismo, debido a que su espesor es mínimo (1mm). Es por esto, que los diseños tienen que estar previstos para que en caso de fallo de uno o más partes, no colapse todo el sistema. Es por esto, que se deben añadir elementos de seguridad al sistema. Generalmente en cubiertas, esto se resuelve con sistema de **cables**. (Img.113 Estructura apoyada por sistema de cables. Fuente ProjectFinder)

1. Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 125,134.

08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA

08.8. Tipologías de los componentes estructurales

CONEXIONES

/Refuerzo - Borde - Flexible / Refuerzo - Borde - Rígido / Líneas de Fuerza Internas - Cables / Cables de Borde / Puños / Estructura de Soporte/  
 /Anclajes (Tracción) - Pretensión permanente - Carga muerta / Precisión - Integración geométrica - Flexibilidad - Cables de Seguridad /

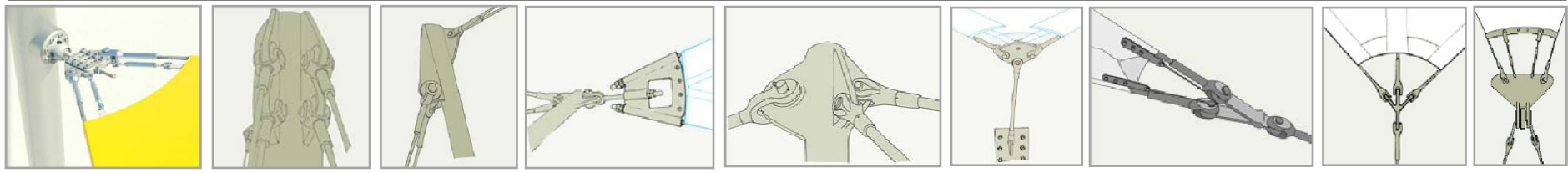


Fig. 114. Detalles de conexión de líneas de Borde a los Puños.

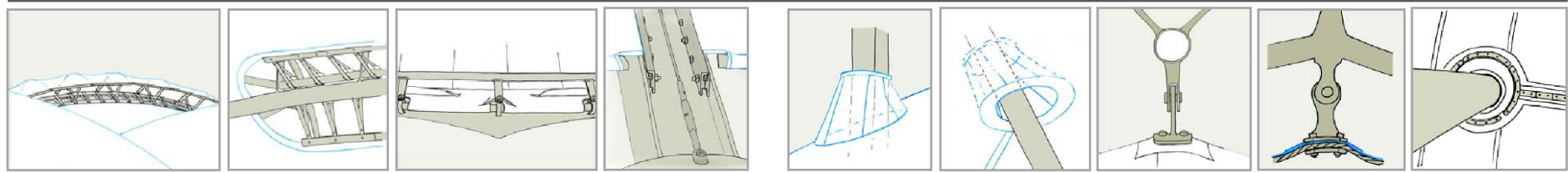


Fig. 115. Detalles de Líneas Fuerzas Internas de Unión entre cada Paño.

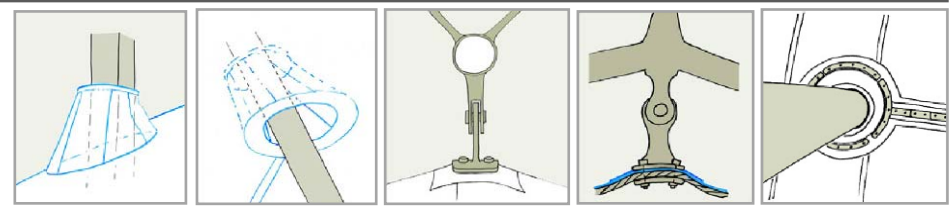


Fig. 116. Detalles de Elementos y conexiones para la Suspensión de la Membrana.

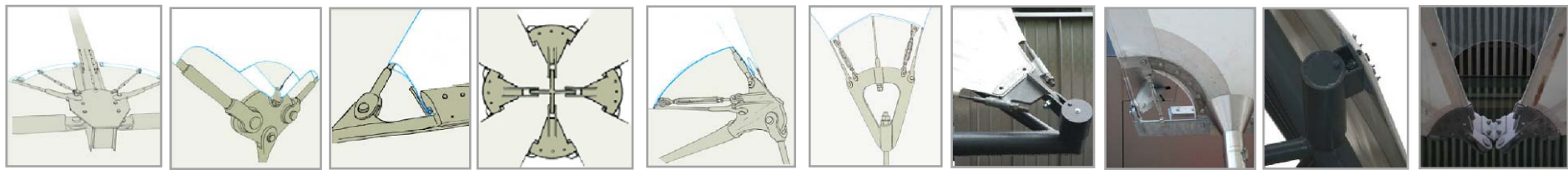


Fig. 117. Detalles de conexión con bordes o Esquinas.

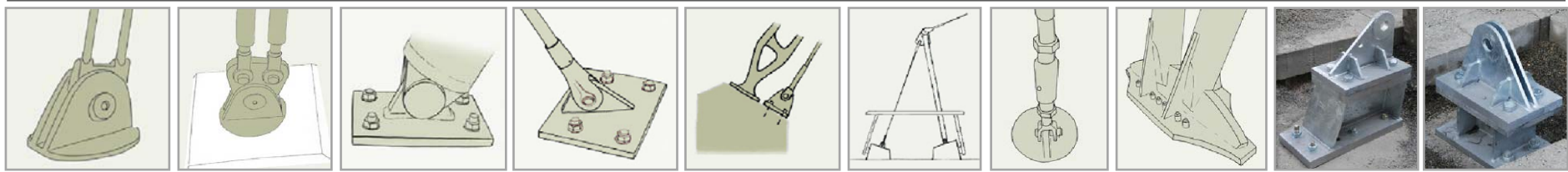


Fig. 118. Detalles de Anclajes

Nota. En Placas de Anclaje, es favorable que estén Articuladas para facilitar el Montaje y para no Transmitir Momentos a la Cimentación.

1. Figuras e Imágenes extraídas del Programa FormFinder. Aplicación Dialogue Details. <http://tomcat.formfinder.at/ff21/content/ff/details.html/>. Fecha Consulta. 9.08.12

**DINÁMICO**

1. Perteneciente o relativo a la fuerza cuando produce movimiento.
2. Parte de la mecánica que trata de las leyes del movimiento en relación con las fuerzas que lo producen.
3. Sistema de fuerzas dirigidas a un fin.

**DINAMISMO**

1. Energía activa y propulsora.

Fuente Diccionario de la Real Academia Española. Vigésima, Segunda Edición.



Img. 119 -120 Kreishaus Hameln - Pymont. Fachada con Protección Textil Móvil de Estructura de Aluminio. Año construcción 2003. Fuente <http://www.hascherjehle.de>



Img. 121 Kreishaus Hameln - Pymont. Cortina exterior enrollable Fuente Catálogo ES\_SergeFerrari. The Architecture Book. Fachada Textil, Arquitectura Textil. P 37.

**08. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA ESTRUCTURA****08.9. Estructuras dinámicas en la Fachada****CONCEPTO**

Palabras claves:

Movimiento - Fuerza - Dinamismo

El “dinamismo” en la arquitectura se puede entender de diferentes formas; donde el concepto dinámico se incorpora en las propiedades de los materiales, los patrones de uso, elementos mecánicos, edificios inteligentes e inclusive en la evolución tecnológica de la construcción, que cada vez avanza más rápido, entre otras.

Las fachadas textiles como segunda piel (exterior), pueden interpretarse como “Pantallas Inteligentes Ambientales” que regulan lo que pasa al interior del edificio, en conjunto con el consumo energético; como también pueden ser una interface para la comunicación pública al exterior de éste, o ambas. Con ello, existe una poética de movimiento emergente en la periferia<sup>1</sup> como búsqueda de una estética latente (activa). Esta relación la puede entregar una fachada dinámica que da respuesta al estímulo exterior e interior.

Si lo vemos en el punto de vista de **los materiales**, “lo dinámico”, es dado por la elección de las propiedades adecuadas de un material para un buen comportamiento al ambiente, enfocado a lo que se desea obtener de él. (estanqueidad, aislación, material auto limpiable, etc.). La fuerza que produce el dinamismo, es el estímulo exterior e interior.

Desde el punto de vista **mecánico**, lo dinámico está relacionado con la función que cumple un espacio o objeto, pudiendo

1. Jules Moloney. Prólogo, Part I, N°1. Movement at the Periphery. Jules Moloney. Designing Kinetics for Architectural Facades, State Change. Edition Taylor & Francis e- Library (año 2011). P 3-8.





Img. 122-123



Img. 124-125

### 08.9. Estructuras dinámicas en la Fachada

CONCEPTO

Palabras claves:

Movimiento - Fuerza - Dinamismo

tener una o más funciones en distintos tiempos. Un ejemplo, es un toldo retráctil que protege del sol a un balcón durante días soleados y por la noche es plegado debido que ya cumplió su función. Por otra parte, en un día nublado, el toldo plegado permite mayor entrada de luz al interior del edificio. Una tercera función sería proteger de la lluvia y del viento.

Desde el punto de vista estético, permite obtener tener una dualidad de lenguaje, es decir, una fachada completamente acristalada y cerrada a la vez. Por otra parte, permite también cambiar el mensaje que se quiere transmitir.

El diseño de movimiento es típicamente fuera de dominio de la arquitectura, y si bien hay muchos prototipos de la tecnología de acoplamiento, no hay un mínimo de "contenido"<sup>1</sup>. En otras palabras, esto quiere decir, que falta una mejor expresión cinética.<sup>1</sup> Esto desafía hacia un nuevo campo de investigación muy poco explorado. Aquí se muestran algunos ejemplos:



Img. 126



Img. 127



Img. 128

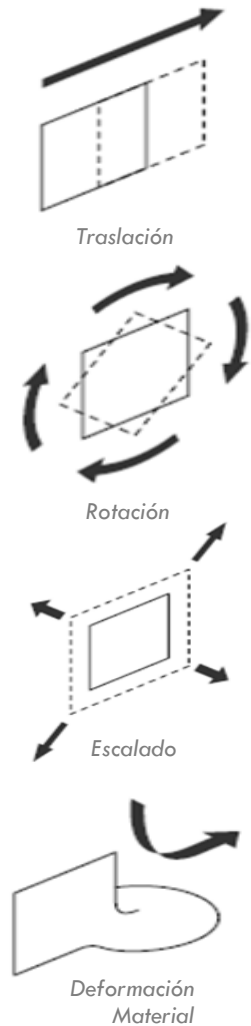
La Imagen 128, muestra un estudio de **cinética de pared interactiva**, donde se utilizan programas informáticos para controlar y cambiar de una forma recta a un espiral por medio de una rotación de cuerda entre dos placas (superior e inferior). Las placas son impulsadas por servomotores para girar. Para este experimento, se utilizaron tiras de seda.

1. Jules Moloney. Prólogo, Part I, N°1. *Movement at the Moloney. Designing Kinetics for Architectural Facades, State Change*. Edition Taylor & Francis e- Library (año 2011). P 3-8.

2. Imágenes 122 y 123. Fachada Retráctil automatizada. Salón de Exhibición Técnica Kiefer en Bad Gleichenberg, Austria. Arquitecto Giselbrecht. Fuente <http://interiorismodecoracion.blogspot.com.es/> Fecha consulta. 12.08.12

3. Imágenes 124,125, 126 y 127. Fachada Móvil de cristal Serigrafiada, Contiene un sensor en el techo que intensifica el movimiento con el viento. Hotel Landich 19. Budapest-Hungría. Año 2007. Autor Szövetség '39. Fuente [http://www.lanchid19.blogspot.com.es/2007\\_03\\_01\\_archive.html](http://www.lanchid19.blogspot.com.es/2007_03_01_archive.html).

## LA GEOMETRÍA



Img. 129 Transformaciones geométricas en el espacio. Fuente N°1

## 08.9. Estructuras dinámicas en la Fachada

Palabras claves:

Una de las formas de abordar el tema, es dando énfasis a través de la exploración de la multiplicidad de formas geométricas permitidas dentro de los límites de una geometría primaria. Esto podría llamarse “movimiento en la periferia”.

Steadman estudia este concepto, quien señala que “el objetivo del estudio morfológico está en la configuración de la transformación geométrica en el espacio, independiente de la escala física o materialidad”. Las dimensiones de las piezas móviles o el tamaño total de la fachada no son decisivas para la morfología del **modelo cinético**.

En el caso del modelo cinético, el estudio elaborado por Moloney Jules, realiza una distinción entre cinética y otros métodos de movimiento del tiempo en la teoría y práctica arquitectónica; en la cual, señala que en la fachada cinética no existen distinciones de tiempo, **sólo geométricas**. Y las transformaciones geométricas en el espacio las divide en cuatro tipos:

<sup>1</sup>Traslación – rotación - escalado y el movimiento a través de la deformación del material<sup>1</sup>. (Img. 129)

**<sup>1</sup>Traslación:** movimiento con dirección en un solo plano.

**Rotación:** movimiento de un objeto alrededor de cualquier eje

**Escalado:** movimiento por la expansión o contracción de tamaño.

**Deformación:** movimiento en la micro-escala, referente a cambios en las propiedades del material como la masa o su elasticidad lo cual permite la deformabilidad<sup>1</sup>.

Dentro de los métodos de la teoría y práctica arquitectónica se encuentran:

Transformación a través del caso de la ocupación, movimiento físico del ocupante, una sensación de movimiento debido a los efectos ópticos de los cambios en la luz o la presencia de la humedad, el desgaste de los materiales y los efectos de la descomposición, la representación del movimiento a través de las superficies que aparecen dinámicos pero son estáticas, entre otras.

**En el caso del estudio de fachadas textiles, lo dinámico se enfoca un movimiento geométrico que vaya en función con la necesidad de la comunicación y adecuación al entorno, el cual el dinamismo permita mejorar las condiciones internas y externas del edificio.**

## CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Morfología – Movimiento - Cinético

1. Jules Moloney. Prólogo, Part I, N°1. Movement at the Moloney. Designing Kinetics for Architectural Facades, State Change. Edition Taylor & Francis e- Library (año 2011). P 7.



### 08.9. Estructuras dinámicas en la Fachada

Palabras claves:

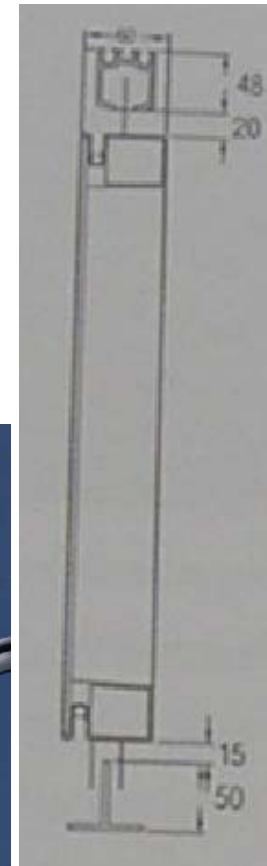
Los mecanismos de plegados que se emplean para efectuar cerramientos de fachadas, necesitan estar ligeramente tensados para su estabilidad y aspecto. Es por ello, que necesitan de un soporte para poder incorporar el mecanismo de movimiento, y este puede ser parte de la estructura de la piel interior del edificio como también un marco adicional o simplemente elementos de anclaje en puntos aislados.

Las dimensiones del tipo de sistema de corredera, está determinado por las cargas de viento. Tiene 1m de ancho por 3.2m de alto compuesto por un marco de aluminio que queda invisible desde el exterior. El tejido puede ajustarse al bastidor desde el interior tanto vertical como horizontal para resolver la potencial pérdida de tensión.



### CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Morfología – Movimiento - Cinético



Img.130 Fachada Casa CORAL, Edificio de vivienda con pantallas textiles exteriores enrollables tipo sombrillas.

Fuente

<http://www.dezeen.com/2011/03/30/coral-house-by-group8/>

*“Para innovar en el campo de la arquitectura ligera, debe estar el deseo de encontrar detalles y formas que sean eficaces y sencillas que sigan la lógica y los principios de las estructuras mínimas, con sus características de esfuerzos internos mínimos y de masa constructiva y energía reducida”<sup>1</sup>. Una fachada con una doble piel, es sin duda una forma de protección a los agentes atmosféricos, contaminación y radiación solar. Esta cualidad, se la puede entregar cualquier material en menor o mayor medida; sin embargo, Las membranas textiles permiten **mayor libertad de formas** Vs menor masa y estructura de soporte, por lo cual, esto no se consigue tan fácil con otros materiales. Un ejemplo son las mallas metálicas, donde una de las diferencias principales, es que la membrana tiene mayor flexibilidad y ligereza con respecto al otro material; además de que formas complejas son más fáciles de conseguir, utilizando menos recursos y por ende, menos gasto energético.*

### 09.1. La forma con membrana textil en la fachada actual

CONCEPTO

Palabras claves: Platicidad - Ligereza - Forma compleja - Forma simple - Menos Recursos –Reducción de Gasto Energético



Img. 131-132 Proyecto Centro Audiovisual Multimedia Magical en Lleida-España, utiliza Membrana de Fibra de Vidrio PTFE y Fibra de Vidrio Silicona. Formas complejas de doble curvatura. Fuente IASO.es.

Ima. 133-134 Edificio Mercado Municipal de Rubí. Barcelona-España. Formas complejas con Malla Metálica. Fotografías N. Bublik

1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial (año 2009). P 47.



Img. 135. Fachada Edificio Media-Tic 22@, Barcelona-España. Fuente N. Bublik

<sup>1</sup>La forma siempre va a depender de la estructura en la cual se fija, por ello, la estructura y la forma están íntimamente ligadas.

Cuando se realizan superficies mínimas, se crea un contrapunto de luz y sombra y además pueden proporcionar protección.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Se pueden proyectar translúcidas y en algunos casos transparentes<sup>1</sup>.

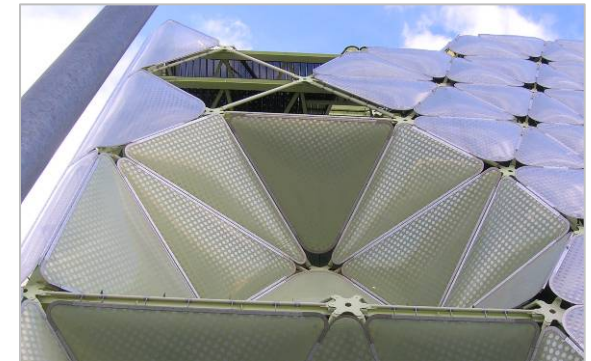
## 09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

### 09.1. La forma con membrana textil en la fachada actual

### CONCEPTO

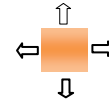
P. claves: Trazado de área – Soporte Internos y Externos – Condiciones de Borde – Estabilidad estructural – Modelo Virtual  
Para poder comenzar a crear una forma con una membrana textil tensada en fachada o cubiertas, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- <sup>1</sup>Proyectar **el área** que se va a cubrir<sup>1</sup>.
- Definir el método de configuración de la forma. Este puede ser formando una sola superficie fijada a la estructura del edificio o estructura auxiliar, o bien, definiendo una modulación que necesitará una subestructura para cada módulo.
- <sup>1</sup>Definir la disposición de los **soportes externos e internos** que tendrá la membrana.
- **Condiciones de borde** que va a dar el equilibrio a la superficie de membrana y que dará **una forma** en particular.
- (El número de formas posibles es tan variable como el número de las distintas disposiciones de los límites y de las condiciones de soporte internas). Con cambios que impliquen condiciones de **borde rígidas o elásticas** se obtendrá un nuevo cambio de forma<sup>1</sup>.
- Si la forma es curva, **proporciona estabilidad estructural y rigidez** en las membranas tensadas. A mayores radios, esfuerzos más grandes, lo cual es también válido para esfuerzos de los cables perimetrales.
- A **mayor curvatura, menor esfuerzo**, se desarrollará como resultado de las cargas aplicadas. Con **menores esfuerzos**, se obtienen **estructuras más ligeras**<sup>1</sup>. (tomar en cuenta los cargas de viento horizontales, que afectan mayormente a las fachadas).
- <sup>1</sup>La continua tridimensionalidad hacen que sea imposible su diseño simple con papel y lápiz. Los **métodos físicos cómo numéricos** son importantes ya que ofrecen cualidades diferentes<sup>1</sup>.
- El proceso de construcción de un **modelo por ordenador** es el siguiente:
- <sup>1</sup>Maquetación, por el trazado de las **condiciones de borde**.
- **Modelo 3d**, generado por proceso numérico interactivo.
- La **forma de equilibrio** conseguida será la base para el desarrollo posterior del proyecto. Con finos ajustes en las condiciones de borde, se conseguirá la forma final de la membrana.
- Los datos obtenidos se pueden utilizar para la confección de la membrana después del cálculo de ingeniería estructural<sup>1</sup>.



Img.136 Detalle Estructura y Forma, Media-Tic 22@. Fuente N. Bublik

1. Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial (año 2009). P 43, 45-46



## 09.2. Formas básicas planas

Palabras claves:

Con una membrana tensada plana, se pueden obtener formas **simples o complejas**. Todo esto, depende de la geometría de los bordes, de los soportes y la ubicación de los anclajes. Las formas planas pueden contener figuras rectangulares, triangulares, cuadradas, circulares etc. En este caso, la forma básica primaria de la membrana es similar a la resultante. Para que se genere una forma plana, la membrana debe tener los bordes planos y ser tensada en los extremos o perímetro.

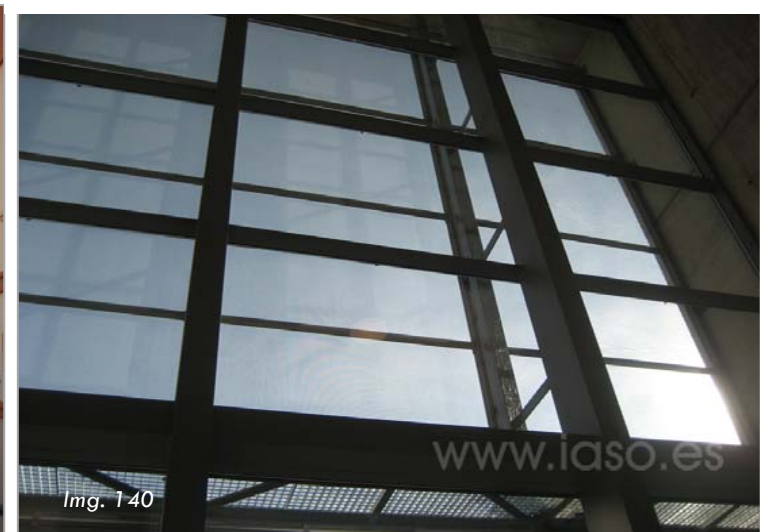
a) FORMA PLANA SIMPLE figura plana situada en el plano vertical.



Img. 138



img. 139



Img. 140

BIDIMENSIONAL

Rectangular – Triangular – Cuadrada – Circular

Img.137 Detalle Módulo Rectangular con despiece textil:

La membrana está configurada por cuatro paños textiles de forma cuadrada que forman un módulo final rectangular.

En el plano frontal de la fachada, los 18 módulos regulares, que se distribuyen en dos filas, una superior y otra inferior de 9 módulos cada uno.

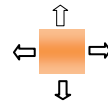
El conjunto de estos módulos, se encuentran insertos a su vez en un área rectangular que conforma la fachada principal.

El sistema estructural utilizado en este caso, es de tecnología i-tensing mencionada en el capítulo anterior.

“La dirección del tejido, con la urdimbre en el sentido longitudinal de cada pieza y la trama en el transversal, son dictadas por el patronaje, aunque la forma final de la superficie la determina el pretensado específico de esas direcciones”. Fuente M. Barnes, I. Gründing, E. Moncrieff

Img. 139-140 Fachada textil de doble piel. Museo Textil Can Marfá, Mataró Barcelona-España. Utiliza tejido Ferrari Stamisol FT 381 /Soltis 86. La Fachada interior tiene paneles textiles en el interior de las ventanas, para el control solar de las salas de exposición. (fig.100) Fuente [www.iaso.es](http://www.iaso.es).

<http://www.iaso.es/iaso/es/arquitecturatextil/fachadastextiles/canmarfa.php>. Fecha consulta 16.08.12



BIDIMENSIONAL  
Poligonal

09.2. Formas básicas planas

Palabras claves:

b) FORMA PLANA COMPLEJA

La forma plana compleja, igualmente que la forma simple, se define a través del perímetro o aristas de la subestructura, pero se sitúa en diferentes ángulos en el espacio (horizontal, vertical, inclinado); pudiendo ser también la combinación de cada uno ellos. En este caso, los límites ubicados en diferentes ángulos dentro de un mismo paño, dan continuidad a la forma produciendo una curvatura en el material textil (fig. 141). Aquí la forma primaria experimenta un cambio en la tensión, diferente a formas que se generan en un mismo plano, el cual es más homogéneo.

Debido a la complejidad de las formas, el tensado de las membranas se realiza en obra durante el montaje, a menos que se utilice un sistema modular.



Img. 141



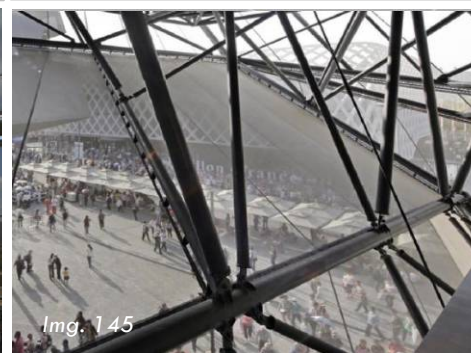
Img. 144



Img. 142



Img. 143



Img. 145

Pabellón Alemán en Expo Shangai 2010. Arquitecto Chmidthuber und Kaindl. Fachada plana generada en diferentes planos. En su conjunto forman una figura irregular. Al igual que la fachada del Hospital de Cartagena, se subdivide por paños. Las juntas de las membranas intentan seguir una geometría coherente a la del perímetro. Fotografías Catálogo Stamisol FT. SeraeFerrari.

Img. 141-143. Fachada Textil de trazado geométrico irregular subdividido por paños. Utiliza una estructura auxiliar que se fija a la fachada y en otras zonas se ancla a la cimentación del terreno. Las uniones de la membrana se disponen de forma horizontal con respecto al plano vertical. El Textil es Ferrari Stamisol FT 381. Fotografías de www.iaso.es



Img.146 Detalle de la Estructura de los Módulos de forma Sinclástica.

Dentro de las formas sinclásticas en fachada, se encuentran las estructuras neumáticas sujetas a presiones de hinchado interno. Este sistema ofrece diversidad de geometrías. El bajo peso de las láminas y del sistema de fijación, hacen que se utilice menos estructura de soporte.

## 09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

### 09.3. La formas de doble curvaturas

TRIDIMENSIONAL

Palabra clave:

Sinclástica

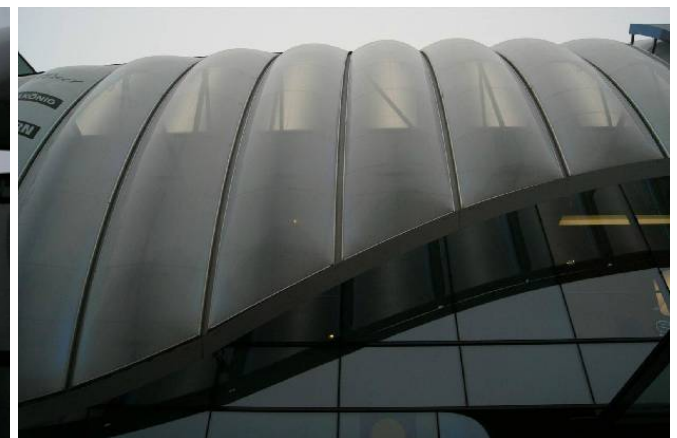
La forma sinclástica en la fachada, está compuesta por una superficie de doble curvatura en el mismo sentido.



Img. 147-148-149 Fachada Textil en Edificio Comercial EKZ Donauzentrum 2010, Vienna Austria. Fuente Fotografías ProjeTFinder.

Las superficies de membranas forman módulos de doble curvatura que están insertos en un soporte de estructura rígida perimetral.

Cada módulo tiene una subestructura de acero de perfil tubular que se fija al soporte perimetral.





Aquí dos ejemplos de fachadas con geometría anticlástica.

La estabilidad dimensional está dada por las aristas y bordes rígidos o flexibles, que mantienen la forma de la membrana.

Las formas pueden ser variables, al igual que los sistemas de soportes externos e internos y anclajes.

La imagen inferior muestra dos operarios fijando la membrana a un mástil como estructura de soporte y anclaje.



Img. 150 "Fachada Andamio Puerta Tierra".  
Fotografía  
www.batspain.com

09.4. Formas de doble curvatura

Palabra clave:

TRIDIMENSIONAL

Anticlásticas

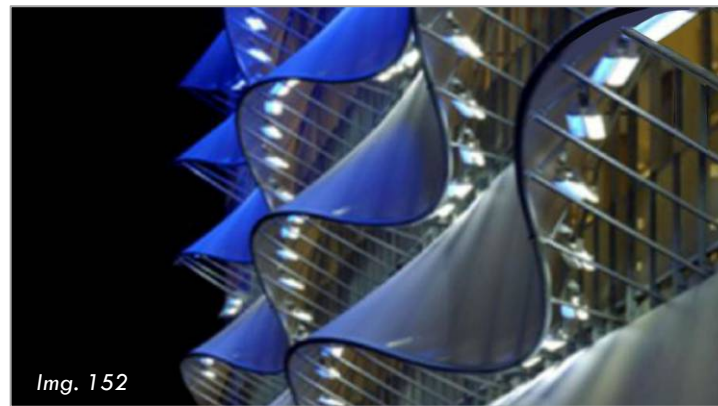
La forma anticlástica en la fachada, está conformada por una superficie de doble curvatura en sentidos opuestos.



Img. 151



Img. 153



Img. 152



Img. 154

Img 151-152 Fachada Textil Aparcamiento Bahía de Cardiff en Reino Unido. Utiliza forma de doble curvatura anticlástica. Fuente Catálogo Stamisol FT de Serge Ferrari.

Img. 153-154 "Fachada Andamio Puerta Tierra" 2007 Cádiz-España. Fachada Textil con forma de Paraboloides (Anticlástica). La Estructura de Membrana es anclada a una estructura de Andamio. Se adiciona Iluminación Puntual para atenuar el impacto visual de obras de Rehabilitación de Fachada. Fotografías www.batspain.com



Img. 155



Img. 156

Para fachadas moduladas, Los Anclajes son variables de acuerdo al a la forma de cada proyecto. Puede ser un bastidor para placas fijas, móviles o rebatibles, en el cual, un perfil perimetral es el soporte de la membrana. También o se le pueden incorporar ojales a la membrana por los cuales se coloca una soga que se va trenzando a su vez a un tubo estructural perimetral.

## 09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

### 09.5. La forma Vs puntos de fijación y anclaje

Palabras claves:

### ANCLAJE SISTEMA MODULAR

Montaje - Anclaje puntual - Anclaje perimetral

Hoy en día las fachadas textiles utilizan en algunos casos un sistema combinado, entre anclajes utilizados en estructuras textiles tensadas y los sistemas de anclajes convencionales de fachadas de doble piel o muro cortina. Sin embargo, existe sin duda una disminución de masa en los materiales.

La Fotografía inferior izquierda, muestra un soporte perimetral de la membrana y anclajes puntuales que se ubican siguiendo la forma de modulación de fachada. El bastidor es fijado con cuatro puntos de apoyo, dos superiores y dos inferiores.

La fotografía inferior derecha, utiliza un sistema abierto con anclajes puntuales que van formando triangulaciones. Es decir, cada triángulo, es configurado con tres puntos de apoyo.



Img. 157 Instalación de Fachada Textil por Empresa Moñita, Miembros de la Asociación Tensinet (Empresas de Arquitectura Textil). Fuente <http://www.toldosmoñita.com/fachada-textil.html>

Img. 158-159 Montaje Fachada Textil Edificio iGuzzini, mediante anclajes puntuales, los cuales son atornillados a la estructura auxiliar de soporte. Fuente imágenes pág. Web [www.miasarquitectes.com](http://www.miasarquitectes.com)



Img. 158



Img. 159

09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

09.5. La forma Vs puntos de fijación y anclaje

EDIFICIO "CIELO" IGUZZINI ILLUMINAZIONE

Palabra clave:

Anclaje Puntual

En el caso del edificio "Cielo" de iGuzzini Illuminazione; el diseño del proyecto, fabricación de la membrana, diseño-cálculo de piezas de anclaje y montaje, lo realizaron distintas empresas especializadas en cada uno de estos campos.



Img. 160

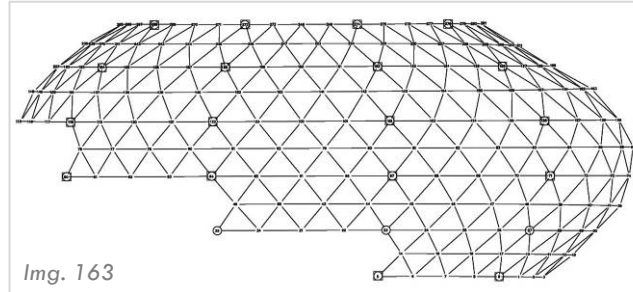


Img. 161

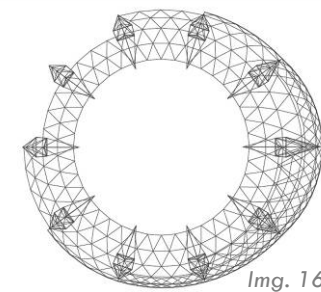


Img. 162

Img. 160-162 Maquetas de Estudio Geométrico. Edificio iGuzzini, realizadas en Alambre. Fotografías N. Bublik



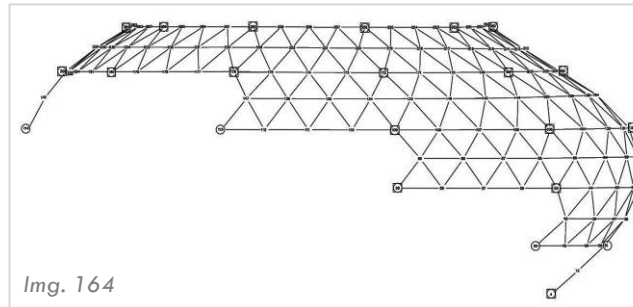
Img. 163



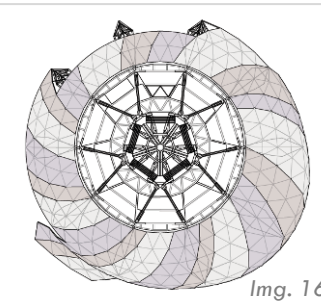
Img. 165

Img. 163-164

Los alzados que muestran la ubicación de nudos, donde son fijados los anclajes de la malla espacial de aluminio a la estructura de soporte (nervaduras exteriores).



Img. 164



Img. 166

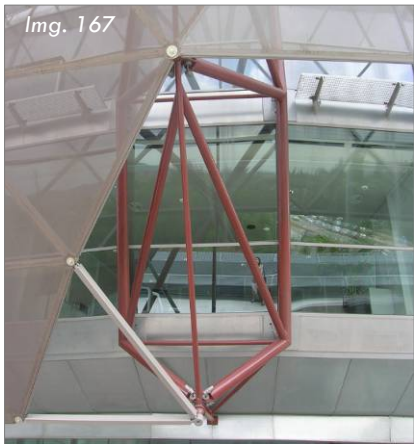
Img. 165-166

Planta Estructural y Planta Cubierta, que muestra los cinco mástiles del pilar central donde convergen los diez soportes del techo.

Fuente Fig. MiAS Architects.

A cargo del proyecto, el despacho de arquitectura MiAS ARCHITECTS, realizó varios estudios de la geometría que tendría la estructura de soporte de membrana, definiendo así, la forma por medio de maquetas de alambre. En la primera propuesta, el material de protección exterior sería de acero; esta idea fue descartada debido a un alto coste. Definida la forma, se introduce el modelo a diferentes programas por ordenador, que facilitan el trabajo en el cálculo estructural, en la fabricación de cada pieza y en la ubicación de los anclajes que debe ser muy precisa; facilitando así el montaje de la membrana que es confeccionada independientemente a la estructura de anclaje.

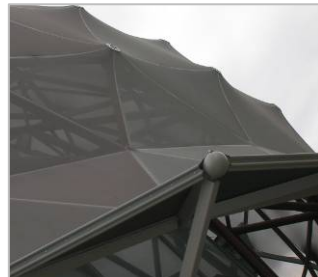
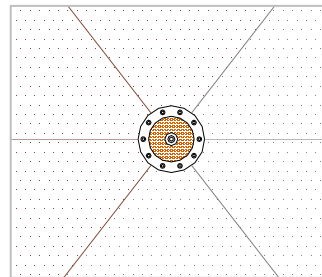
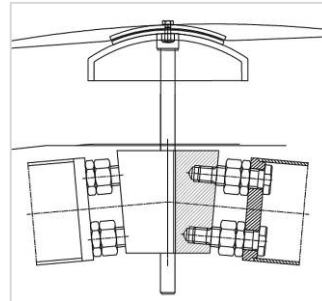
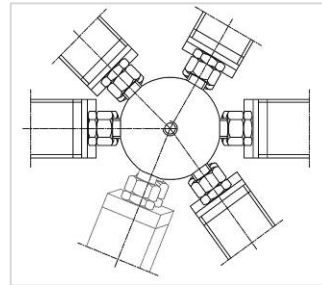
<sup>1</sup>En el proyecto definitivo, la membrana es fijada a las diez nervaduras exteriores (bananas), que están estructuralmente relacionados con diez soportes del techo, que a su vez están unidos a cinco mástiles del pilar central. Desde el punto de vista geométrico, las nervaduras exteriores están integradas a la modulación de la fachada acristalada y la triangulación de la protección solar<sup>1</sup>. (1. Building The Spatial Structure. Josep Miàs. Iguzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición 2012). P 252-254).



09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

09.5. La forma Vs puntos de fijación y anclaje

Palabra clave:



Imgs.170

EDIFICIO "CIELO" IGUZZINI ILLUMINAZIONE

Anclaje Puntual

<sup>1</sup>En la estructura de la piel exterior, se utilizó una sola capa. La característica fundamental de una estructura monocapa es que, debido a su forma, e incluso cuando es extremadamente delgada, puede cubrir grandes luces, lo que hace innecesario un gran número de elementos estructurales, y dando protección con un aspecto ligero y la máxima transparencia.

El protector solar se desarrolla como una superficie esférica de aproximadamente 40m de diámetro y de 18m de alto y cubre una superficie de 1.574 m<sup>2</sup><sup>1</sup>.

Durante el proceso de diseño de forma, se desarrolla un "Estudio de Asoleamiento" del edificio, el cual influye en los sectores que se necesita más protección solar. Es por esto, que en la fachada norte no se coloca membrana textil.

Con el programa de computación Lanik, específicamente diseñado para este tipo de estructuras, se estudiaron las cargas que afectan la piel y las dimensiones de los tamaño de tubos, tornillos etc. Las piezas se fabrican en taller, El montaje se realiza a través de grúa y los nudos se fijan Mecánicamente.

1. .Building The Spatial Structure. Josep Miàs. iGuzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición 2012). P 252-255).

Imgs. 170 Detalle del Nudo de Anclaje de la Malla Especial y la Estructura de Soporte. Fotografías N. Bublik.

Figuras. Fuente MiAS Arquitects.

La separación de fachada exterior con respecto a la interior, depende de varios factores y está en función de la orientación de la fachada que es protegida con una doble piel:

El control solar  
Estrategia de ventilación  
Estrategia térmica  
Condensación  
Estrategia acústica  
Espacio destinado a mantención  
Estrategia visual  
Protección contra la lluvia  
Paso de instalaciones  
Sistema Estructural y  
Método de Montaje.

## CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

### 09.6. La forma Vs separación de fachada Vs orientación

USO

Palabras claves:

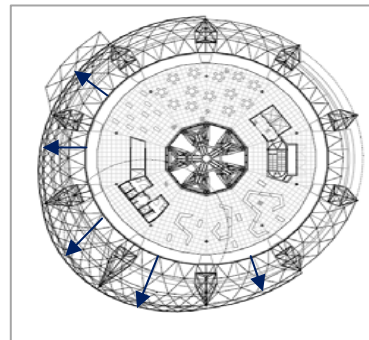
**Control solar:** la forma de la membrana en conjunto con la separación de la fachada exterior respecto a la interior, permite el manejo de sombras como se plantea en el edificio de iGuzzini (explicado más adelante). A mayor separación, permite proyectar sombras en zonas de mayor incidencia lumínica.

**Estrategia de ventilación:** una protección textil al exterior, protege del viento a la edificación y además permite regular la circulación de aire evitando los problemas de condensación de la fachada.

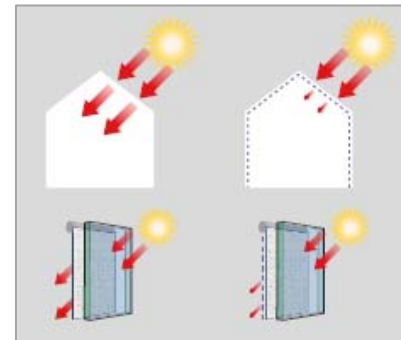
**Estrategia térmica:** con las propiedades de recubrimiento se puede obtener una barrera térmica. Esto se puede lograr con la aplicación calibrada de un tratamiento aluminizado sobre la tela y no se pierde el nivel de translucidez de la tela.

La radiación de calor en verano se puede controlar con la colocación de una membrana de baja emisividad. Al colocarla al interior, se calienta pero no remite (o bastante menos) su calor hacia el interior. Esta solución es utilizable para envolver edificios como para aplicación de estores.

**Emisividad:** propiedad de la superficie del material de 0 a 1. Es la capacidad de un material para reflejar y emitir calor. Donde 0 no experimenta intercambio de calor y refleja todo lo que recibe. Al contrario 1, es de fuerte emisividad.



Img. 171. Planta Edificio iGuzzini. Fuente MiAS Architects.



Img. 172. Catálogo SergeFerrari. Protección con tratamiento de baja emisividad por el interior.

*En una protección de fachada textil, no se puede dejar de lado al usuario y la función que cumplirá la edificación.*

*A partir de esto, se pueden distinguir los siguientes factores de uso:*

*Función interior.*

*La percepción interior-exterior.*

*Uso de una doble piel por fines estéticos.*

*Un espacio de estar intermedio al exterior.*

## 09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

### 09.7. La forma Vs uso

USO

Palabras claves:

Función - Confort térmico - Luminosidad adecuada - visibilidad

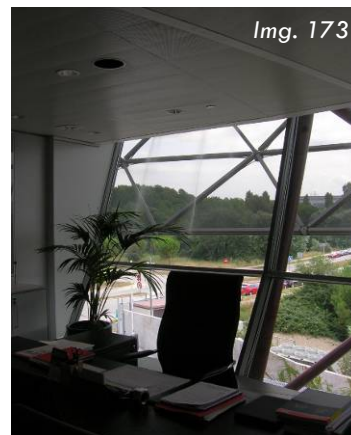
#### FUNCIÓN INTERIOR

La función del edificio está dada por las actividades que ahí se realizan. Cada una de estas funciones, necesitan diferentes actuaciones que sean adaptables a las necesidades del usuario y dependerán de la orientación del edificio.

La membrana textil tensada como doble piel es aplicable a muchas funciones, por lo cual, existe una variedad de soluciones, como por ejemplo, es factible el control de incidencia de luz al interior del edificio en una superficie acristalada mediante un textil con menor densidad, tanto como una con mayor protección de luz con un textil de mayor densidad. En este último caso, aún así permite el ingreso de luz debido a la composición del material y además porque es un tejido.

Es por esto, que podemos ver ejemplos de fachadas textiles en edificios de uso de oficinas, show rooms, estadios, fábricas, viviendas, aparcamientos, hospitales, edificios comerciales etc.

De acuerdo a los edificios que se han citado en capítulos anteriores, el mayor porcentaje, es de uso de oficinas. Esto demuestra que en espacios de mayor permanencia, donde se necesita mayor confort térmico, adecuada luminosidad y un valor agregado de buena visibilidad, son factores claves en la membrana textil, siendo aplicable a otras funciones con menor permanencia.



*Interior Oficinas Edificio iGuzzini.*

*Img. 173. Malla Textil como protección exterior de la superficie acristalada. Disminuye en menor medida la visibilidad y entrada de luz.*

*Img. 174. Al mismo tipo de protección exterior, se le adiciona una pantalla textil interior. Se experimenta una reducción de visibilidad y disminución de ingreso de luz. Sin embargo, la vista al exterior permanece, pero más difusa.*

*Fotografías N. Bublik*

**PERCEPCIÓN**

*Acción y efecto de percibir.*

*Sensación interior que resulta de una impresión material hecha en nuestros sentidos.*

*Conocimiento, idea.*

*Fuente Diccionario de la Real Academia Española. Vigésima, Segunda Edición.*

*Existen varios tipos de percepciones, tales como las del movimiento de fachada a través de una textura (dinamismo estático), como las de percepción visual al exterior-interior por medio del color, percepción de la Incidencia de luz, etc., sin embargo, en este capítulo se hablará de las percepciones obtenidas con la incidencia de la luz a través de la estructura de membrana textil tensada desde el interior.*

**09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA**

**09.7. La forma Vs uso**

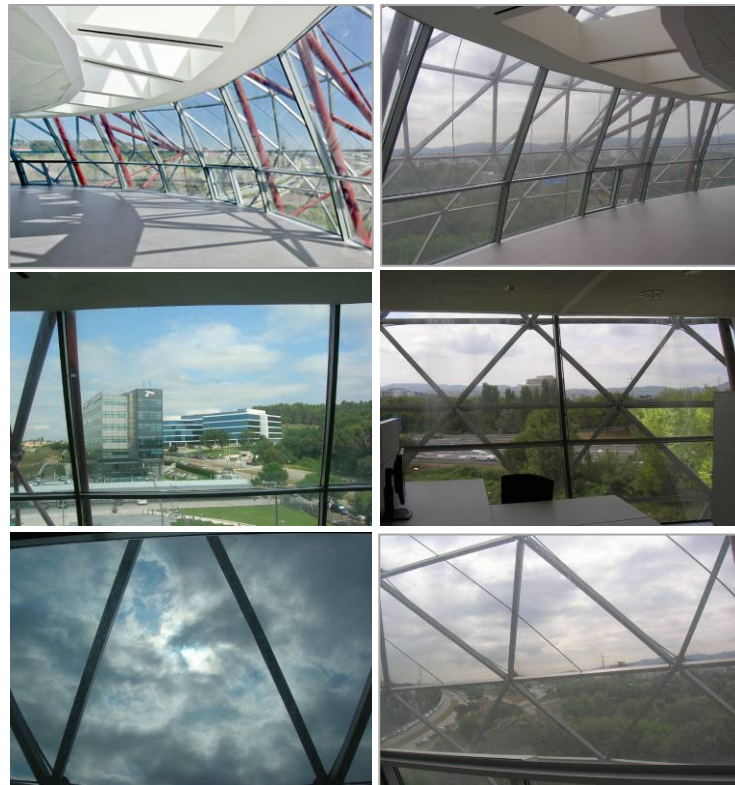
**PERCEPCIÓN**

Palabras claves:

Nitidez - Luz difusa - Luz tenue - Pantalla reflejada - Sombra estructura de soporte

**PERCEPCIÓN INTERIOR – EXTERIOR**

De acuerdo a las observaciones realizadas en el mes de julio (verano) entre las 11:00AM y 13:00PM, un día soleado y nublado en el edificio “Cielo” de iGuzzini, en las plantas tercera y cuarta (últimas dos plantas), de la zona habilitada para oficinas, se obtuvieron las siguientes percepciones:



*Img. 175. Día soleado sin pantalla textil como protección interior, se percibe el ingreso de luz como si no existiera una barrera de protección. Sólo se proyecta la sombra de las estructura auxiliar. Fotografía www.miasarquitectes.com*

*Img. 176. Día nublado, la luminosidad al interior no disminuye, sólo se hace más difusa. Fotografía N. Bublik*

*Img. 177. Día soleado sin membrana textil exterior, se percibe nitidez visual, pero los reflejos generados desde el exterior (edificios acristalados, automóviles, elementos metálicos) producen deslumbramientos en las personas al interior de las oficinas, produciendo una molestia a la actividad laboral.*

*Img. 178. Día nublado con membrana textil, se percibe una pérdida de nitidez en las vistas hacia el exterior y luz tenue.*

*Img. 179. Día soleado con algo de nubes y membrana textil, se percibe que es reflejado al interior el color de fondo blanco azulado y la entrada de luz interior es difusa.*

*Img. 180. Día nublado, con membrana textil, se percibe que la pérdida de nitidez es debido a las nubes que generan una pantalla blanca de fondo. Para estos casos, se selecciona un textil de color oscuro, minimizando estos efectos.*

**Datos:** material de recubrimiento exterior Stamisol® FT 381 de Serge Ferrari (Tejido de poliéster recubierto con PVC por ambas caras). Es una textil transparente con visibilidad hacia el exterior. El proyecto combina tres colores metal, marrón chocolate y negro pizarra. Fuente Skin Tests. Josep Miàs. iGuzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Ed, 2012). P 263.

Según la orientación de las oficinas, se utilizan distintos tipos de vidrio, todos ellos con cámara de aire. En zonas de menor y mayor asoleamiento, el coeficiente de Transmisión Lumínica del cristal varía entre el 65% y 70%. En cuanto a la percepción visual del cristal, no se percibe variación de color.



### USO DE LA DOBLE PIEL POR FINES ESTÉTICOS

*La opción de una doble piel por razones estéticas se puede dar por varias razones:*

*Cuando un edificio existente requiere un cambio o renovación de imagen, es decir, un proyecto de rehabilitación de fachada.*

*Cuando el edificio requiere la incorporación de un mensaje publicitario o representación de una marca comercial.*

*Cuando representa una imagen Institucional o corporativa.*

*Cuando se opta por una forma compleja, que con materiales convencionales resulta muy costoso debido a la cantidad de material utilizado.*

*O simplemente cuando se opta por un edificio más sostenible y compatible con el medio ambiente.*

## 09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

### 09.7. La forma Vs uso

Palabras claves:

### DOBLE PIEL – ESPACIO INTERMEDIO

Piel interior – Uso intermedio - Piel exterior

#### UN ESPACIO DE ESTAR INTERMEDIO AL EXTERIOR

Es inevitable que en una fachada de doble piel exista un espacio residual entre la piel interior y exterior; por consiguiente, es labor del arquitecto dar un propósito a aquel espacio, el cual es necesario, ya sea para dar cabida a la estructura, dejar espacio a las instalaciones, espacio para mantenimiento, espacio para una fachada ventilada etc. Sin embargo, en algunos casos es factible dar un uso espacial intermedio entre las dos pieles.

Un espacio de “uso intermedio” puede contribuir a mejorar una estrategia bioclimática mejorando el ahorro energético de la edificación.

La separación requerida para un espacio intermedio, se encuentra en directa relación con el tipo de uso del espacio.

Si se trata de un espacio habitable, de contemplación o de circulación; debe tener las dimensiones adecuadas para tal efecto. Si se le da un uso habitable o de contemplación, las medidas necesarias pueden ser asimiladas con las de un balcón. En cambio, si es de circulación, se podría asimilar a la de un pasillo perimetral.

De Acuerdo a los 4 factores de uso analizados anteriormente, el día 21 de junio se realizó una encuesta a 20 personas que trabajan en la primera planta del Edificio “Cielo” iGuzzini. Con 8 preguntas, debían responder cómo percibían el habitar este edificio con una protección textil exterior, en un horario diurno. Las preguntas fueron las siguientes:

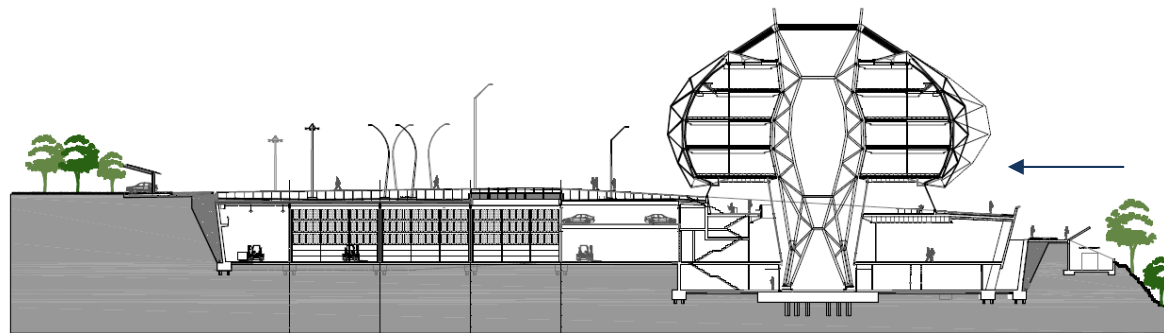


Fig. 181 Sección Longitudinal Edificio “Cielo” de iGuzzini. Fuente MiAS Arquitects.



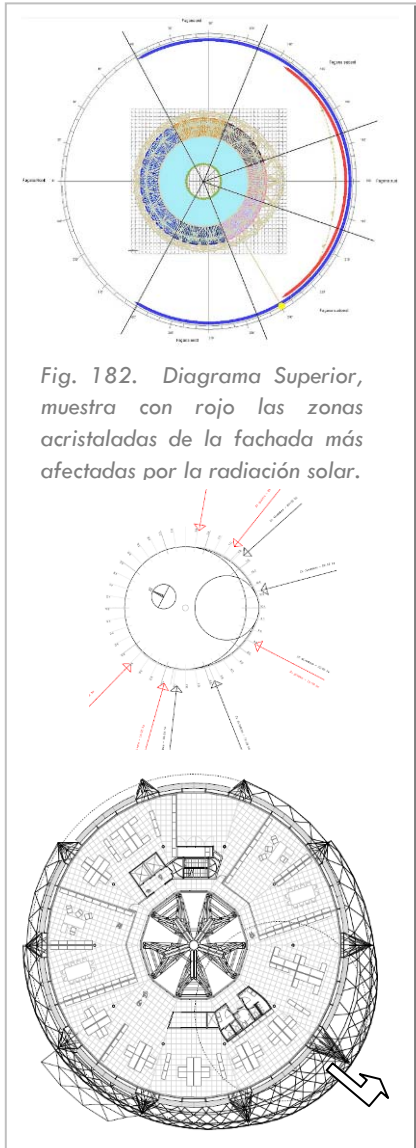


Fig. 182. Diagrama Superior, muestra con rojo las zonas acristaladas de la fachada más afectadas por la radiación solar.

## 09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

### 09.7. La forma Vs uso

### ENCUESTA DE USO

Las preguntas se realizaron a personas que trabajaban cercano a la fachada, donde existía una protección textil exterior. Estas zonas son sur, sur-este, sur-oeste, mayormente afectadas por el asoleamiento entre las 9:00AM y 18:00PM del día.

- Para trabajar, ¿Prefiere vista al exterior o una protección visual para que no exista distracción?
- ¿Le molesta la luz con la membrana textil exterior?
- ¿Siente el sonido de la lluvia cuando golpea la membrana textil exterior desde su lugar de trabajo?
- ¿Siente el sonido del viento desde su lugar de trabajo?
- ¿Percibe movimiento de la estructura y/o membrana exterior con un temporal de viento y lluvia?
- ¿Preferiría que existiera un espacio intermedio habitable o de circulación entre la fachada acristalada y la exterior?
- ¿Cuándo incide la luz directamente a su espacio de trabajo, que es lo que percibe?
- ¿En qué orientación del edificio preferiría ubicar su estación de trabajo?

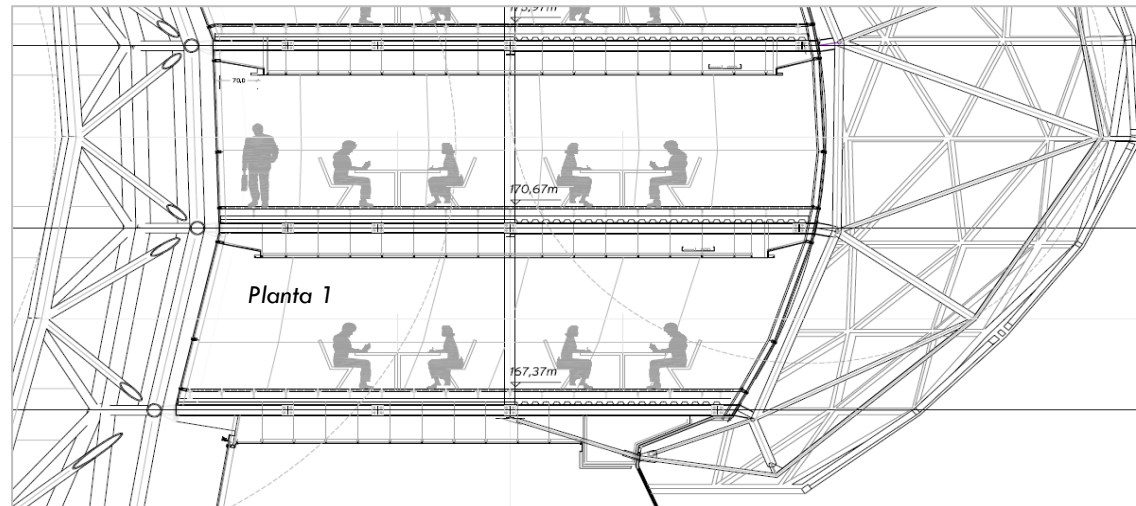


Fig 184. Detalle Sección Longitudinal Planta Primera, donde el Asoleamiento es mayor que en otras zonas. La distancia de la membrana respecto a la piel interior va aumentando de acuerdo a la mayor Incidencia Lumínica.

Fig 183. Planta Primera. Fuente MiAS Architects.

RESULTADOS

No se realizaron preguntas sobre el confort térmico, debido a que el edificio posee sistema de aire acondicionado.

CONCLUSIONES

Como primera valoración, las personas que permanecen en el edificio, prefieren un lugar de trabajo que brinde una buena vista al exterior y a la vez tener un elemento de protección que le permita controlar los deslumbramientos o brillos producidos por elementos externos al edificio o por la incidencia directa del sol.

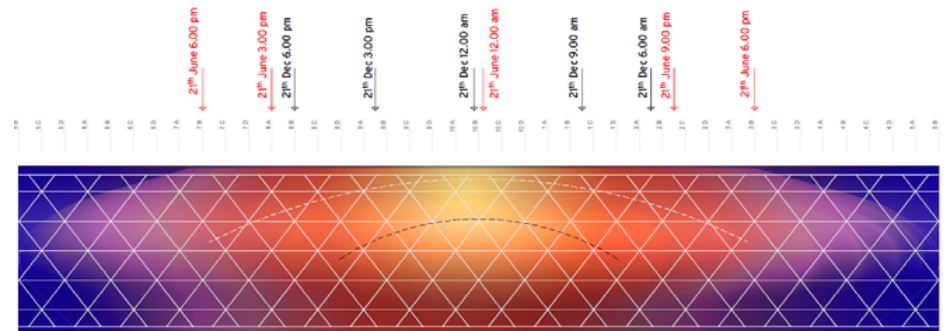
Los ruidos que pueda generar la instalación no son relevantes. Se prefiere la orientación norte donde exista incidencia lumínica indirecta durante todo el día.

09. CLASIFICACIÓN Y CUALIDADES DE LA FORMA

09.7. La forma Vs uso

- a) El 99% de las personas si prefiere vista al exterior y no le distrae al realizar su trabajo. El 1% le distrae observar el movimiento de fuera, pero solo en casos puntuales.
- b) El 70% si le molesta la luz cuando el sol incide directamente ya que genera reflejos en la pantalla del ordenador, teniendo que incorporar una pantalla textil interior. El 30% le agrada trabajar en un lugar iluminado y no incorpora la protección adicional.
- c) El 90% No siente el sonido de la lluvia cuando pega contra la membrana. En cambio el 10% dice percibir un ruido agradable.
- d) El 80% si percibe el ruido del viento. El 20% no lo siente, a menos que se trate de un temporal. Se percibe más fuerte ruidos externos.
- e) El 100% de las personas no percibe movimiento de la estructura auxiliar o membrana en un temporal de viento y lluvia. En el caso de la lluvia, el 10% de ellos, la percibe desplazarse como una cascada de agua a través de la membrana (aunque esta sea perforada).
- f) El 60% no prefiere un espacio intermedio, debido a que el edificio ofrece una vista privilegiada, en cambio el 40% si prefiere un lugar ventilado como por ejemplo ventanas practicables y no tan hermético. En el primer caso, si el edificio no ofreciera una buena vista, preferirían un espacio exterior habitable.
- g) El 70% si le incomoda el sol directo por los reflejos, el 30% percibe deslumbramientos, pero esto sucede debido a que su protección textil no está cubriendo toda el área del cristal. El 100% percibe proyección de sombra de la estructura al interior del edificio, pero en días soleados.
- h) El 20% prefiere una zona donde no incida la luz directa, pero donde existan vistas, el 80% prefiere la zona norte una zona donde se mantenga la luz indirecta todo el día.

Fig 185. Espectro Solar en el día 21 de junio, obtenido del estudio de Asoleamiento al Edificio iGuzzini, realizado a la fachada sur y sur-este por PGI engineering. Sobre la base de este estudio, el edificio logra excelentes calificaciones energéticas. Optimiza el rendimiento mediante el tipo de acristalamiento y la adición de un protector solar de alto rendimiento. Con esto, se obtiene un ahorro del 62% en el consumo de energía, asociado al control de temperatura del edificio. Fuente MiAS Arquitects.

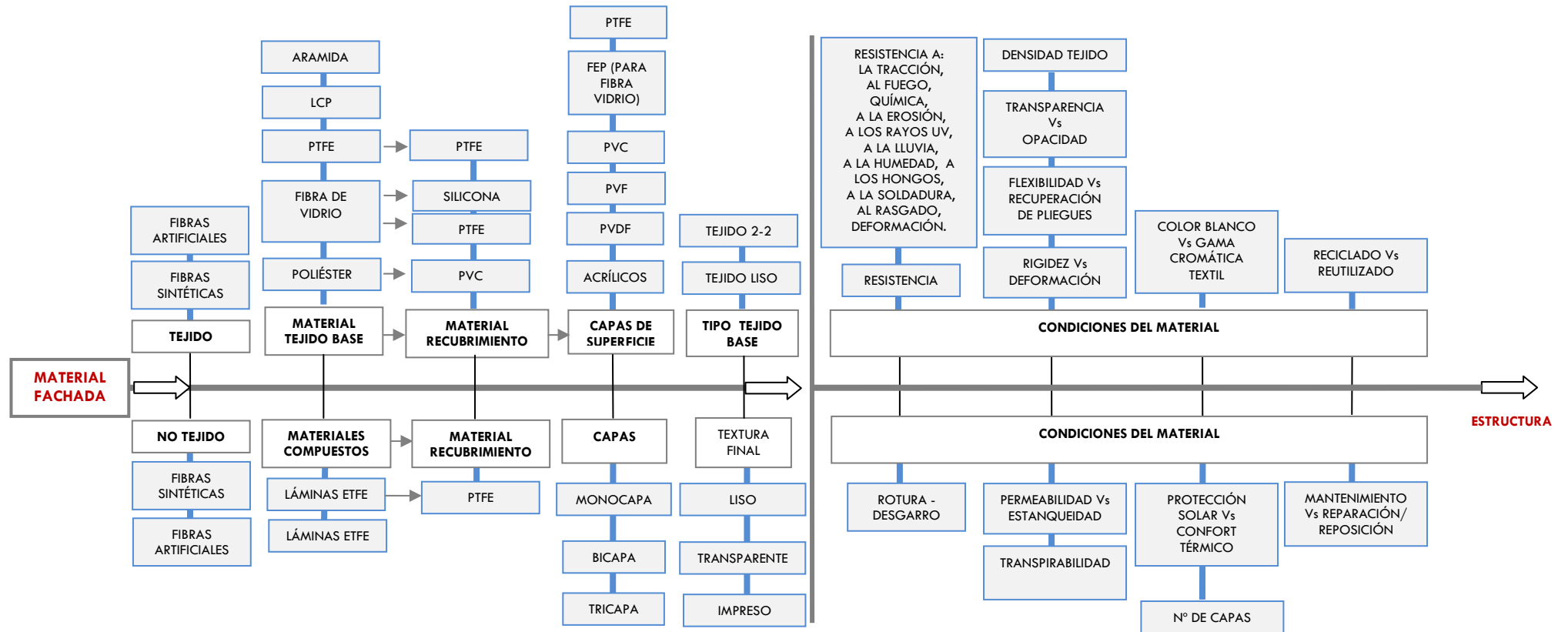


RESULTADOS

10. CUADRO RESUMEN FACHADAS ACTIVAS

10.1. Clasificación y Cualidades

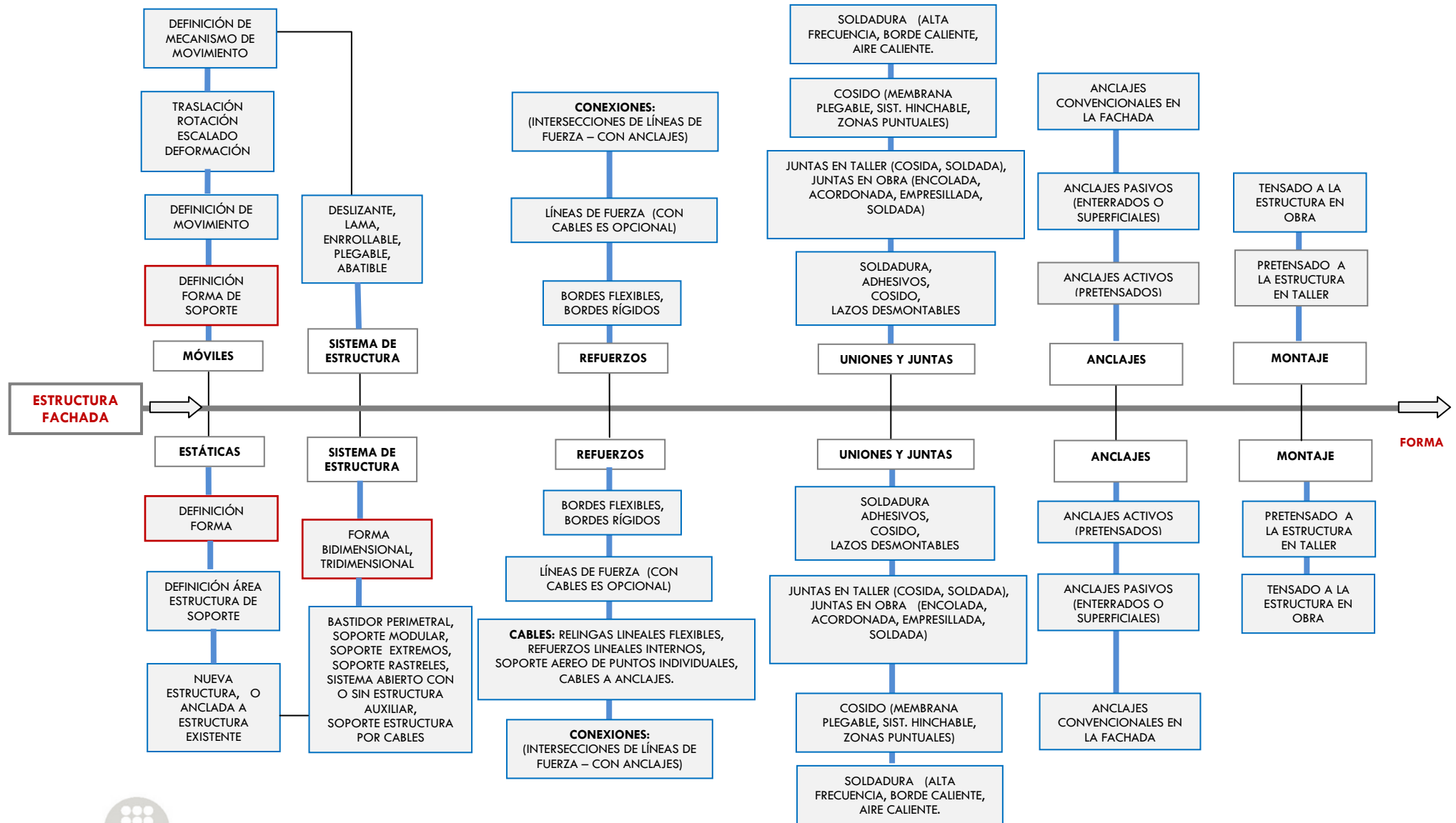
MATERIAL – ESTRUCTURA - FORMA



11. CUADRO RESUMEN FACHADAS ACTIVAS

10.2. Clasificación y Cualidades

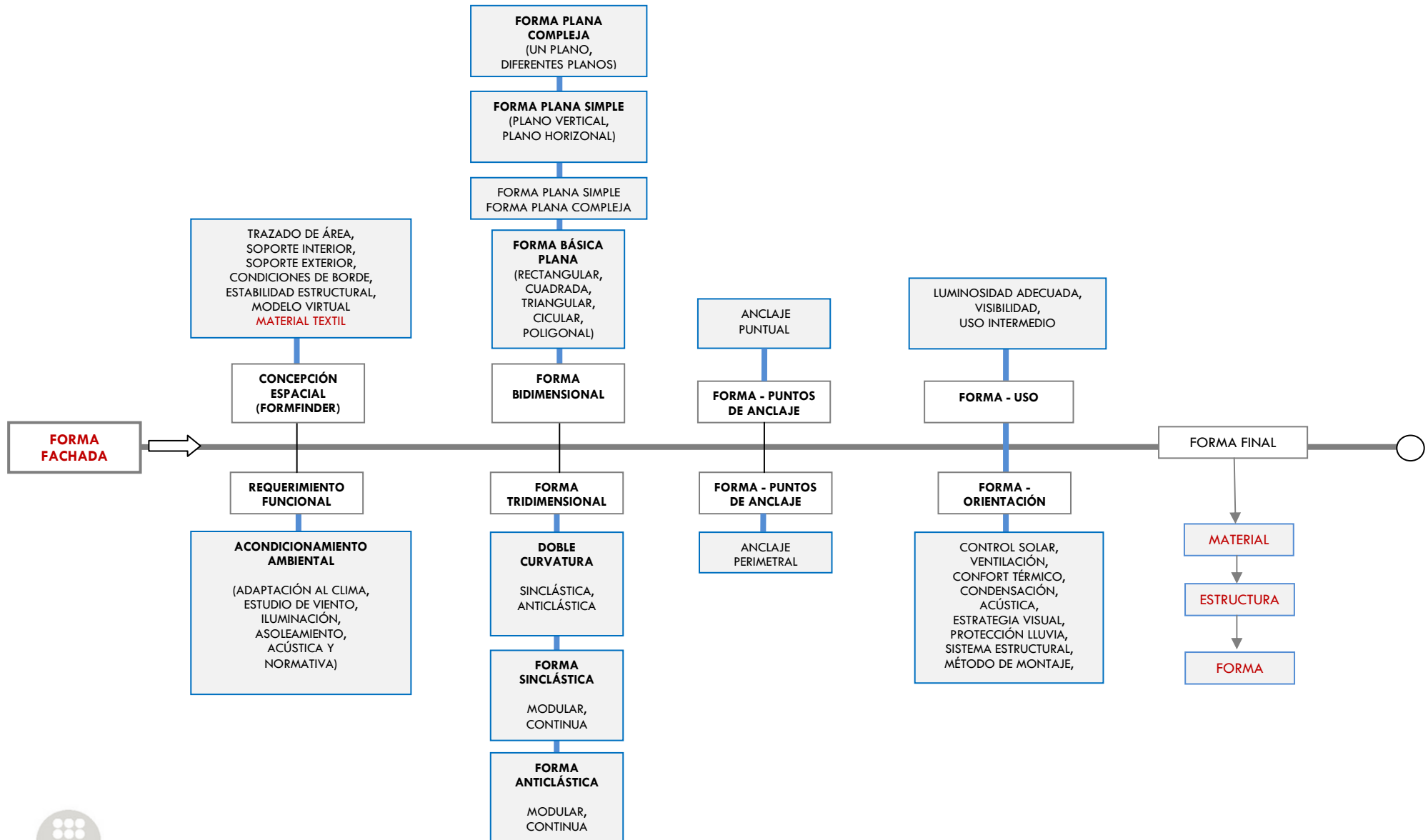
MATERIAL - ESTRUCTURA - FORMA



10. CUADRO RESUMEN FACHADAS ACTIVAS

10.3. Clasificación y Cualidades

MATERIAL - ESTRUCTURA - FORMA



El objetivo del *Estudio Práctico* que se desarrolla en este capítulo, consistió en seleccionar un edificio ubicado en la ciudad de Barcelona – España, el cual posea una fachada acristalada de forma plana y orientada al sur para desarrollar una propuesta con membrana textil tensada en la fachada que tiene mayor incidencia de radiación solar. Con esto, se pretende dar una solución adecuada en relación a los conceptos estudiados.

## 11. ESTUDIO PRÁCTICO

### 11.1. Presentación del edificio

### EDIFICIO DIAGONAL 640

Tomando en cuenta los tres conceptos estudiados de clasificación y cualidades de:

EL MATERIAL – LA ESTRUCTURA – LA FORMA

Se evalúa el material indicado para dicho edificio, se selecciona el tipo de estructura y forma adecuada, que conforma la propuesta de acuerdo las preexistencias medioambientales de la zona.

#### DATOS GENERALES

El edificio seleccionado, fue construido en los años 1992-93, está ubicado en la Avenida Diagonal N°640 más conocido por el nombre de “Caja Madrid” y se sitúa ocupando casi una manzana completa de forma poligonal de 4 lados, entre las calles Avenida Diagonal al sur-este, calle d’Entença al nor-este, calle d’Agustina Saragossa al sur-oeste y Avenida Sarrià al norte-este.

El edificio de mediana altura, fue proyectado por el arquitecto José María Fargas Falp en 1990-91 y los arquitectos Enrique Tous Carbo, Juan M. Flores Casas, Eloy Diez Fernández, Daniel R. Loureiro, Carlos Pereira Castro. La solución constructiva del muro cortina de la fachada, estuvo a cargo de el arquitecto Xavier Ferrés Padró.

Actualmente (año 2012), la construcción se encuentra en proceso de rehabilitación, a cargo del estudio de Arquitectura BASS de Jordi Badía.



Img.186. Fuente fotografía [www.baas.cat/es/equipamientos/diagonal-640](http://www.baas.cat/es/equipamientos/diagonal-640)



**ANTECEDENTES PROYECTO DE REHABILITACIÓN**

El encargo es solicitado a BAAS para mejorar la eficiencia energética, reducir los costes de mantenimiento, conseguir una certificación Leed y actualizar su imagen pública.

“La intervención consiste en la sustitución completa de las maquinas de clima, y actuaciones puntuales en la fachada y los espacios comunes, especialmente el acceso y el lobby.

La estrategia del proyecto plantea la eliminación de todos los elementos añadidos al proyecto original durante estos años, para conseguir espacios más diáfanos, luminosos y confortables gracias



Img187 Propuesta Rehabilitación Acceso www.baas.cat/es/equipamientos/diagonal-640. Fecha Consulta 24.08.12

**11. ESTUDIO PRÁCTICO**

11.2. Antecedentes previos

EDIFICIO DIAGONAL 640

El proyecto de rehabilitación contemplaba la incorporación de una membrana textil en la fachada sur, con la intención de un cambio de imagen y ahorro energético, sin embargo, esta propuesta finalmente fue descartada.

ANTECEDENTES



Img 188-189. Proceso constructivo del muro cortina de la Fachada Sur. Años 1992-93. Fuente Ferrés Arquitectos y C.



Img 190-191. Muro Cortina Terminado Fachada Sur. Año 1993 Fuente Estudio Ferrés Arquitectos y Consultores.

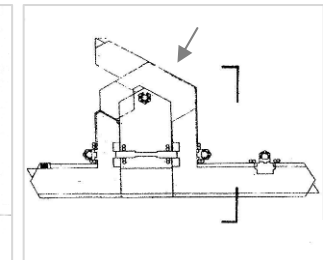
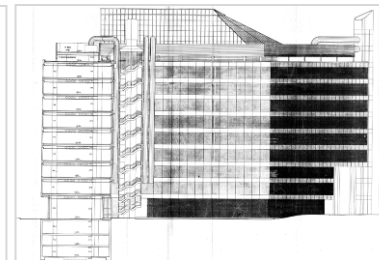
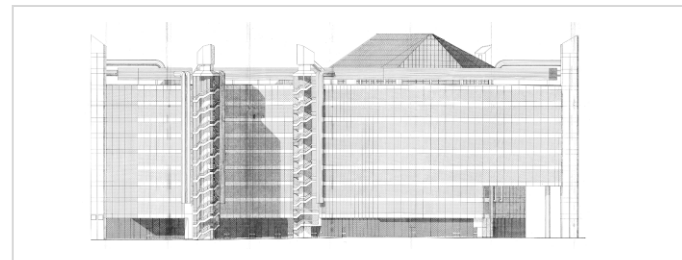
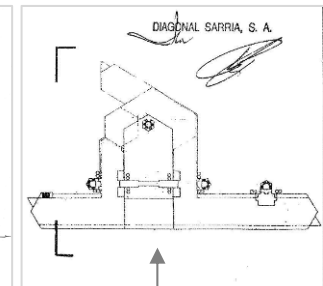
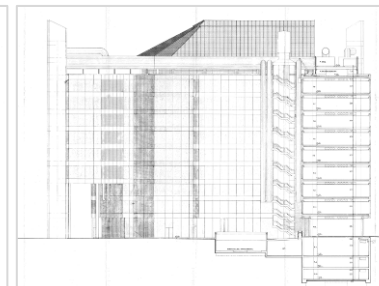
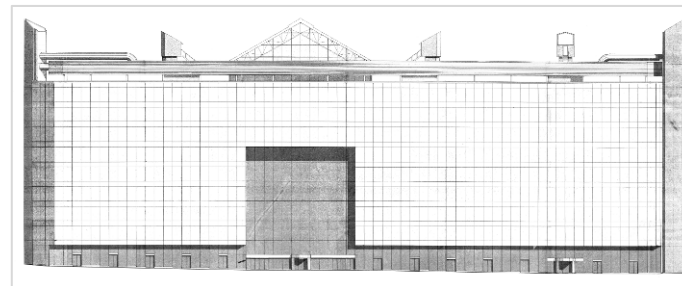
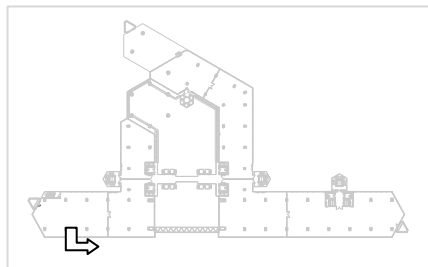
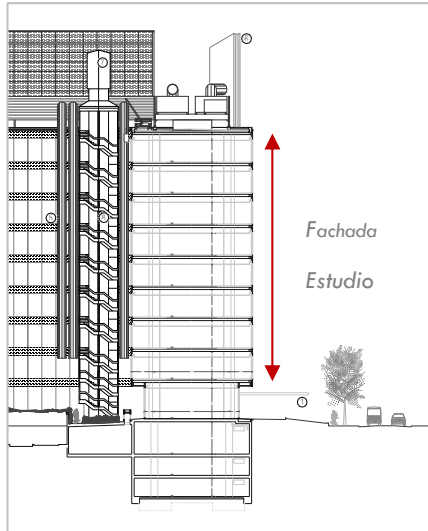


Fig. 192

- Proyecto de Rehabilitación Edificio Diagonal 640/www.baas.cat/es/equipamientos/diagonal-640. / Fecha consulta 24.07.12
- Fig. 192 Planos Proyecto Diagonal 640, Plano Superior Fachada Sur-Este, Imagen Inferior Fachada Nor-este. Planos de la derecha Secciones. Planos J.M. Fargas año 1992, Fuente Xavier Ferrés P.

MURO CORTINA  
Fachada Sur



Img.193 Planta General

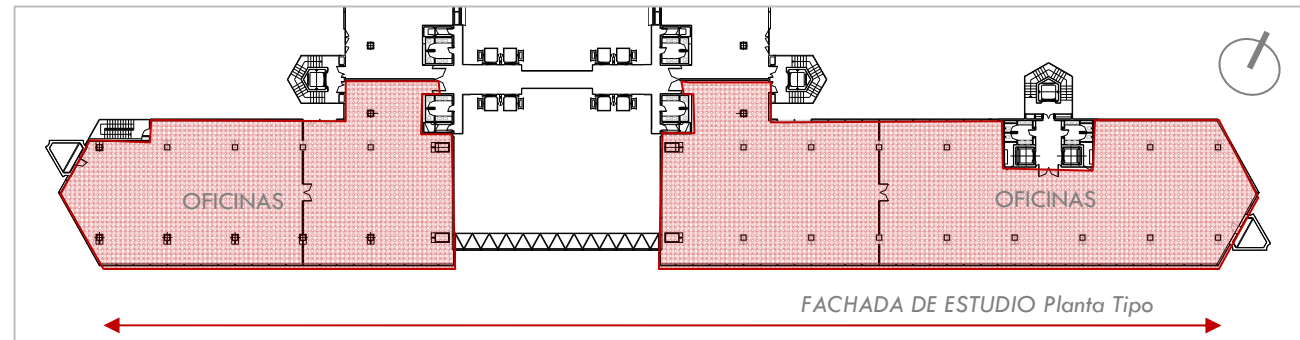
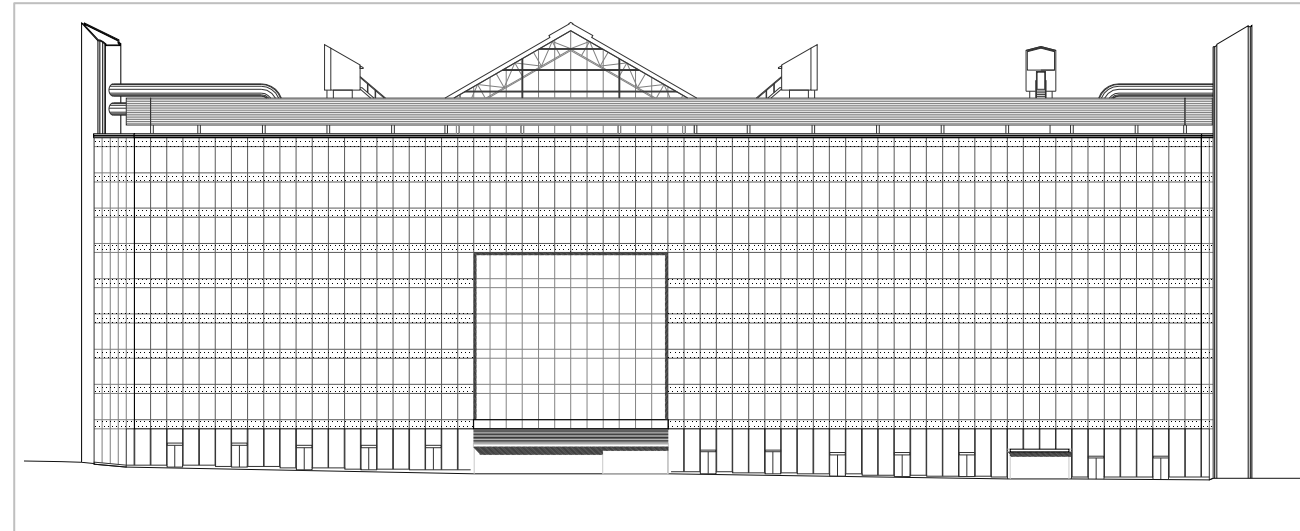


11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.2. Antecedentes previos

EDIFICIO DIAGONAL 640

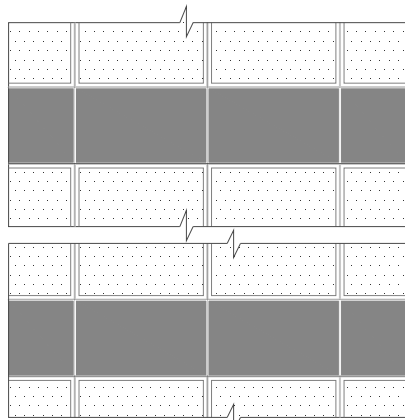
ANTECEDENTES PROYECTO Y ZONA A INTERVENIR



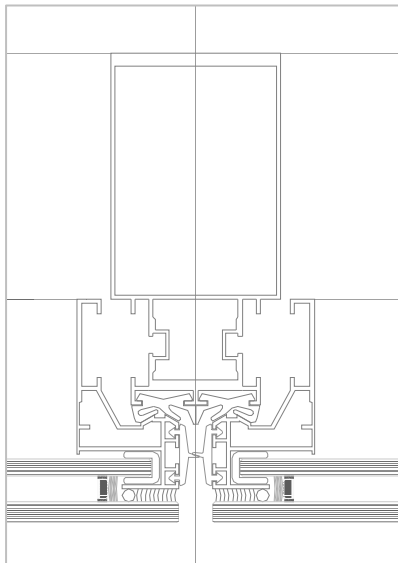
Img.194 Planos Generales Edificio Diagonal N°640. Fuente Xavier Ferrés P.

Se plantea intervenir la fachada de las oficinas, debido a su uso permanente y se descartan las zonas de uso temporal.





Img.195 Detalle Alzado Muro Cortina, Modulación de Vidrio y Panel de Chapa Aluminio Anodizado.



Img.196 Detalle Unión entre cada panel de vidrio con Perfil Aluminio A.

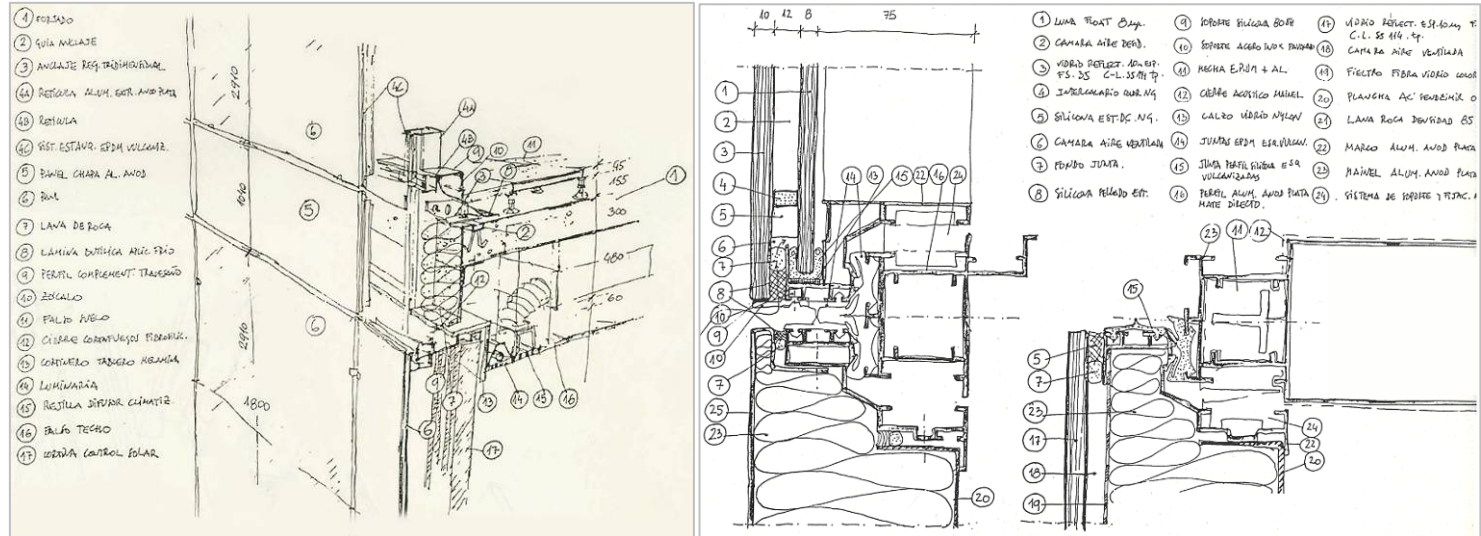
11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.3. Antecedentes Constructivos

EDIFICIO DIAGONAL 640

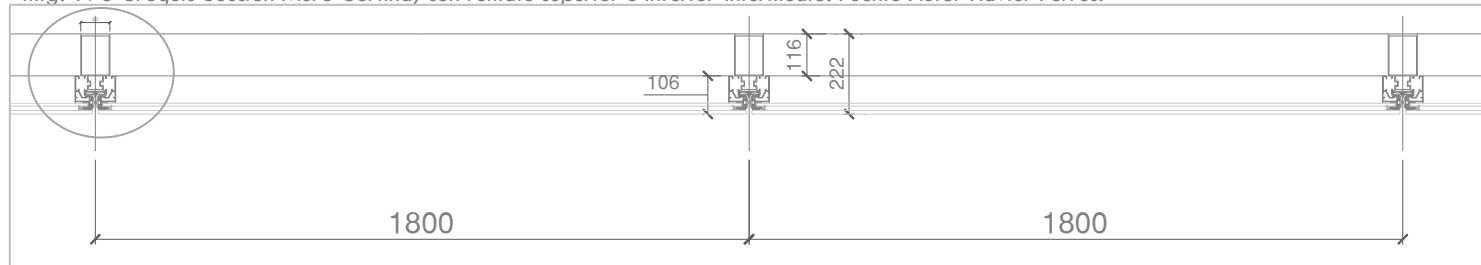
Muro Cortina

SISTEMA CONSTRUCTIVOS



Img. 197 Croquis Muro Cortina, compuesto por Panel de doble vidrio tipo reflectante al exterior, con cámara de aire ventilada, Medidas de 180x291cm de alto y Panel de Chapa Aluminio Anodizado de 180x104cm de alto, con doble aislante Lana de Roca de espesor total 95,5mm. Carpintería oculta (al exterior) en Perfil aluminio anodizado color plata mate con rotura de puente térmico.

Img. 198 Croquis Sección Muro Cortina, con remate superior e inferior-intermedio. Fuente Autor Xavier Ferrés.



Img.199 Planta Detalle Muro Cortina de Doble Vidrio y Cámara de Aire. Fuente Ferrés Arquitectos y Consultores.

DATOS CLIMATOLÓGICOS  
BARCELONA-CATALUÑA

El edificio en estudio, se encuentra situado en España, en la ciudad de Barcelona a 41°23'20" Latitud Norte y 02°09'32" Longitud Este.

El clima de Barcelona, es de tipo mediterráneo húmedo. La temperatura media anual es de 16°C. La temperatura mínima en invierno es de -2°C y una temperatura máxima de 35°C

en verano con una humedad relativa alta.

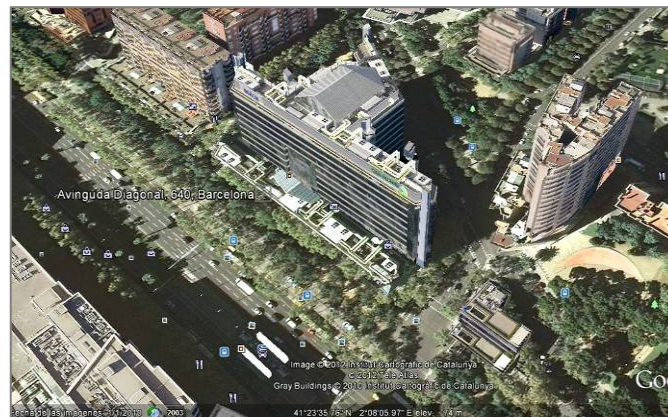
El mes de agosto es el más caluroso, las temperaturas oscilan entre los 25° y 35°C, llegando hasta los 40° en algún momento del día.

11. ESTUDIO PRÁCTICO

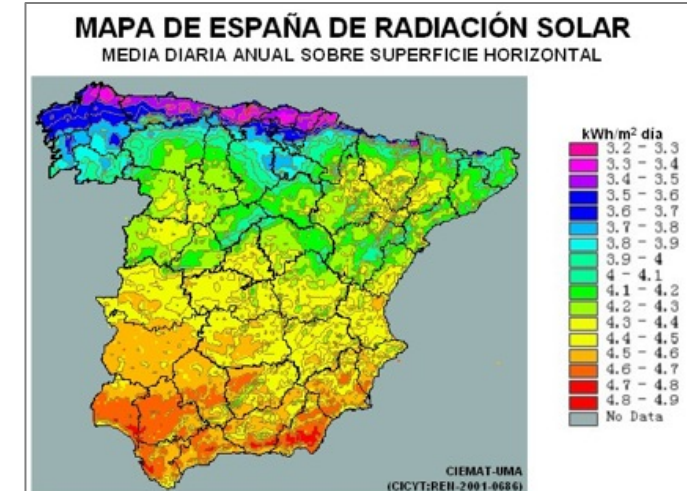
11.4. Estudio de las Preexistencias Ambientales

VIENTO, SOL, LLUVIA

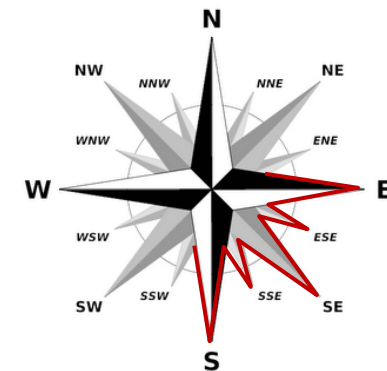
DATOS CLIMATOLÓGICOS



Img. 200 Vista aérea. Fuente Google Map y  
Img. 201 Vista 3D Fuente Google Earth.



Img. 202 Fuente  
(www.protermosolar.com/boletines/boletin22.html#14)

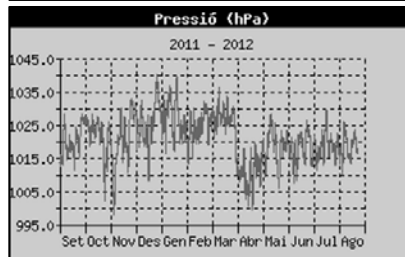
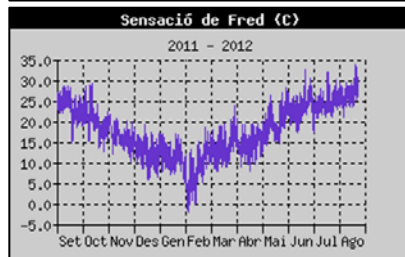
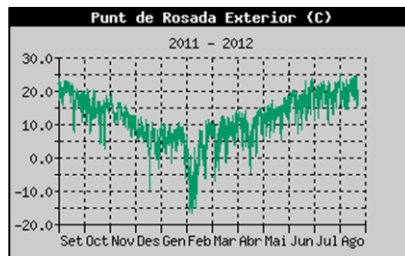


Dirección Predominante del Viento  
SUR-ESTE

DATOS HISTÓRICOS DE  
BARCELONA, CATALUNYA  
(años 2011-2012)

Obtenidos en Darrera S.A.

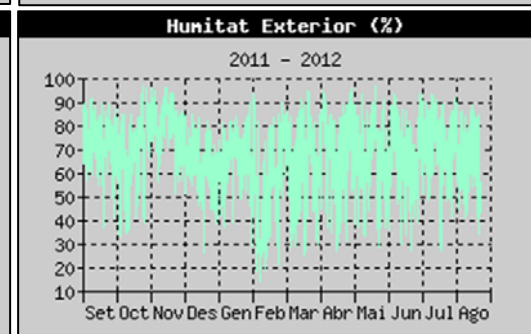
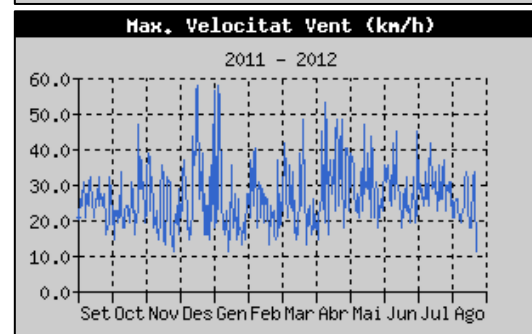
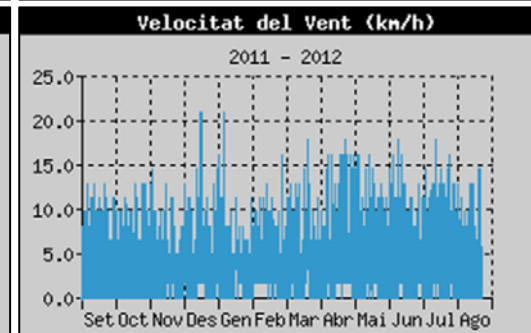
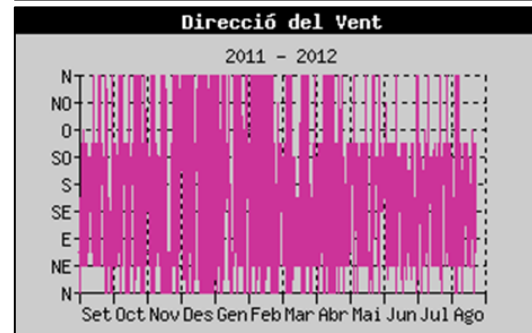
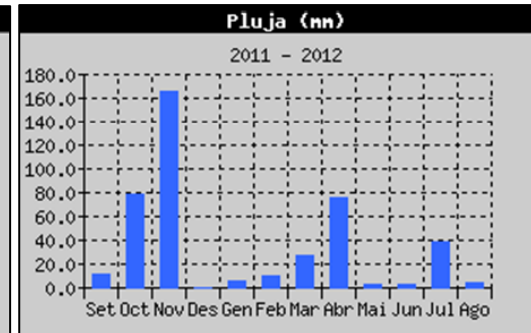
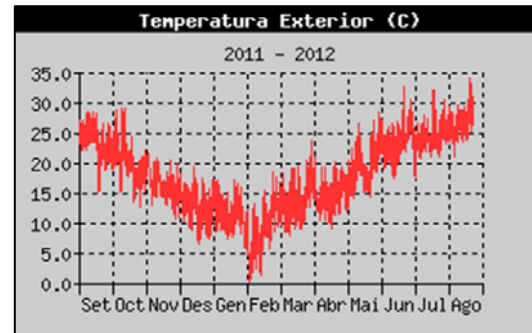
Fuente  
<http://www.baylina.com/meteo/pastis/any.htm>  
(Fecha consulta 25.08.12)



11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.4. Estudio de las Preexistencias Ambientales  
ESTADÍSTICA CLIMATOLÓGICA

VIENTO, SOL, LLUVIA



CUADRO RESUMEN

Tº MAX. 34°C  
a las 14:00hrs. 20.08.12

Tº MIN. 0.2°C  
a las 09:41hrs. 03.02.12

PUNTO DE ROCÍO MÁX.  
**24.8°C** a las 17:41hrs  
19.08.12

PUNTO DE ROCÍO MIN.  
**-17.7°C** a las 21:43hrs  
07.02.12

HUMEDAD MÁX.  
**97%** a las 23:31hrs  
18.04.12

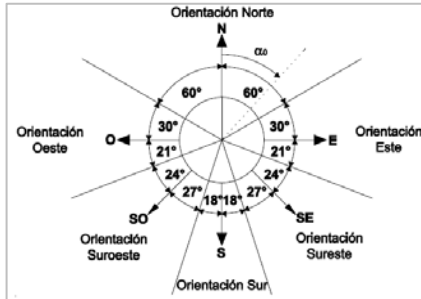
HUMEDAD MÍN.  
**13%** a las 14:20hrs  
07.02.12

VIENTO MÁX.  
**57.9km/h** a las 22:29hrs  
05.01.12

ÍNDICE DE CALOR MÁX.  
**31.3°C** a las 11:00  
23.08.12



ORIENTACIONES DE LA FACHADA



<b>Norte</b>	$\alpha < 60; \alpha_0 \geq 300;$
<b>Este</b>	$60 \leq \alpha_0 < 111$
<b>Suroeste</b>	$111 \leq \alpha_0 < 162$
<b>Sur</b>	$162 \leq \alpha_0 < 198$
<b>Suroeste</b>	$198 \leq \alpha_0 < 249$
<b>Oeste</b>	$249 \leq \alpha_0 < 300$

Fuente CTE DBH1.

11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.4. Estudio de las Preexistencias Ambientales

ORIENTACIÓN FACHADA Y FACTOR DE SOMBRA

Tabla E.14 Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos

	CASO A		Tejido opacos $\tau=0$		Tejidos translúcidos $\tau=0,2$	
	$\alpha$		SE/S/SO	E/O	SE/S/SO	E/O
	30		0,02	0,04	0,22	0,24
	45		0,05	0,08	0,25	0,28
60		0,22	0,28	0,42	0,48	

	CASO B		Tejido opacos $\tau=0$		Tejidos translúcidos $\tau=0,2$			
	$\alpha$		S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O
	30		0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87
	45		0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
60		0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48	

Tabla E.13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas

		ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\beta$ )		
		0	30	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/OESTE	0,57	0,45	0,27

		ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\sigma$ )						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	SURESTE	0,48	0,53	0,56	0,56	0,47	0,40	0,30
	ESTE	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE	0,44	0,52	0,58	0,63	0,50	0,41	0,29
	SUROESTE	0,38	0,44	0,50	0,56	0,53	0,48	0,38

NOTAS: Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación igual o inferior a 1. El ángulo  $\sigma$  debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose posición en dirección horaria.

TERMINOLOGÍA

**Absortividad:** Fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. La absortividad va de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).

**Bienestar térmico:** Condiciones interiores de temperatura, humedad y velocidad del aire establecidas reglamentariamente que se considera que producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes.

**Cerramiento:** Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

**Componentes del edificio:** Se entienden por componentes del edificio los que aparecen en su envolvente edificatoria: cerramientos, huecos y puentes térmicos.

**Emisividad:** Capacidad relativa de una superficie para radiar calor. Los factores de emisividad van de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%)<sup>1</sup>.

1. Fig. 203 Fuente Documento Básico HE Ahorro de Energía, CTE DBHE1

TERMINOLOGÍA

<sup>1</sup>**Envoltente edificatoria:** Se compone de todos los cerramientos del edificio.

**Envoltente térmica:** Se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

**Espacio habitable:** Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética<sup>1</sup>.

1. Fuente Documento Básico HE Ahorro de Energía, CTE DBHE1

11. ESTUDIO PRÁCTICO

E

11.4 Estudio de las Preexistencias Ambientales  
DATOS NORMATIVO

ZONA CLIMÁTICA BARCELONA - TERMINOLOGÍAS

ZONA CLIMÁTICA C2

**Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno**  $U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$   
**Transmitancia límite de suelos**  $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$   
**Transmitancia límite de cubiertas**  $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$   
**Factor solar modificado límite de lucernarios**  $F_{Llim}: 0,32$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

<sup>(1)</sup> En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada  $U_{Mm}$ , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52  $\text{W/m}^2\text{K}$  se podrá tomar el valor de  $U_{Hlim}$  indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

**Factor de sombra:** Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.

**Factor de temperatura de la superficie interior:** Es el cociente entre la diferencia de temperatura superficial interior y la del ambiente exterior y la diferencia de temperatura del ambiente interior y exterior.

**Factor solar:** Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.

**Factor solar modificado:** Producto del factor solar por el factor de sombra.

**Muro parietodinámico:** Cerramiento que aprovecha la energía solar para el precalentamiento del aire exterior de ventilación. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y una hoja exterior acristalada o metálica que absorbe la radiación solar. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada.

**Muro trombe:** Cerramiento que aprovecha la energía solar para el calentamiento por recirculación del aire interior del edificio. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y un acristalamiento exterior. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada. También se denomina muro solar ventilado<sup>1</sup>.

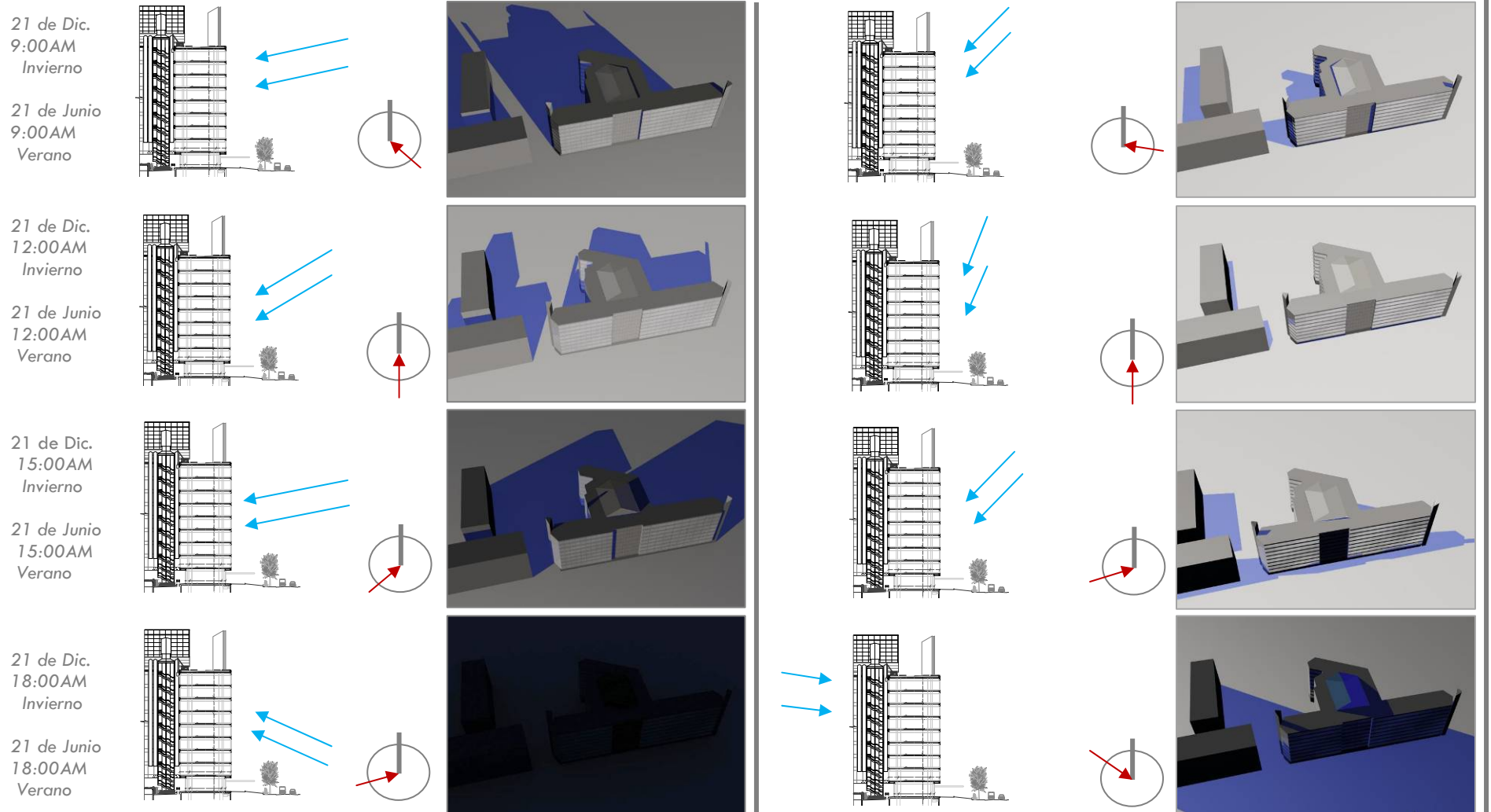


11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.5. Estudio de Asoleamiento

INVIERNO

VERANO



## 11. ESTUDIO PRÁCTICO

### 11.6. Estudio propuesta

ALCANCES

#### 1) OBSERVACIÓN DEL ENTORNO

En la fachada sur-este no se observa mayormente elementos o edificios de gran altura que den sombra. Como se visualiza en el estudio volumétrico de asoleamiento, la sombra que recibe la fachada, es generada en verano a partir de las 15:00hrs a través del edificio lateral más cercano.

#### DEBILIDADES DE LA FACHADA

La ausencia de elementos externos de protección solar en el muro cortina tales como lamas, celosías, toldos etc., la hace muy susceptible a las variaciones climáticas durante el año. Esto dificulta lograr en un lugar de trabajo una iluminación adecuada, por lo cual, se debe recurrir a protección solar interior.

El acristalamiento, carece de ventanas practicables, lo que impide la ventilación natural del edificio entregando todo el trabajo a los equipos de climatización y aumentando el coste energético.

#### 2) PROPUESTA

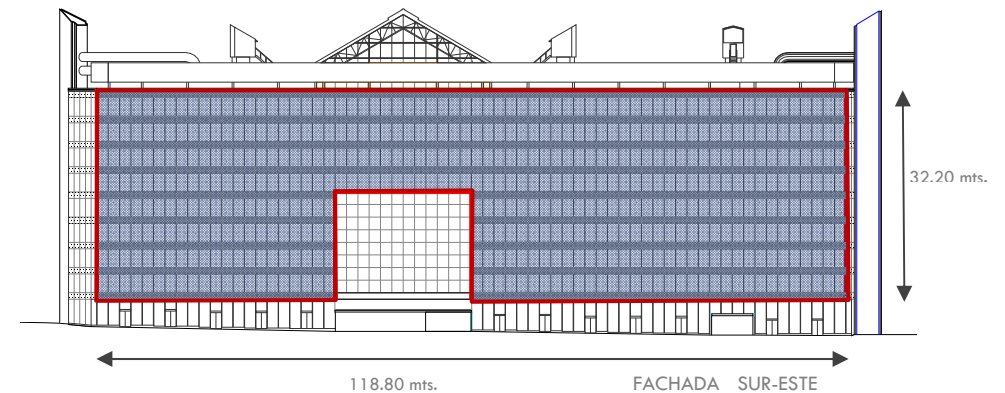
Para efectos de este estudio, la propuesta del **material, la estructura y la forma** de la fachada textil, tomará en cuenta los factores de asoleamiento y ventilación natural dando respuesta a las debilidades señaladas anteriormente.

#### DEFINICIÓN DE LÍMITES

El área a intervenir es de 118.80mts de largo por 32.20mts de alto, correspondientes a 8 pisos de 4mts. de altura cada uno.



Img.205 Fachada General Sur-.este

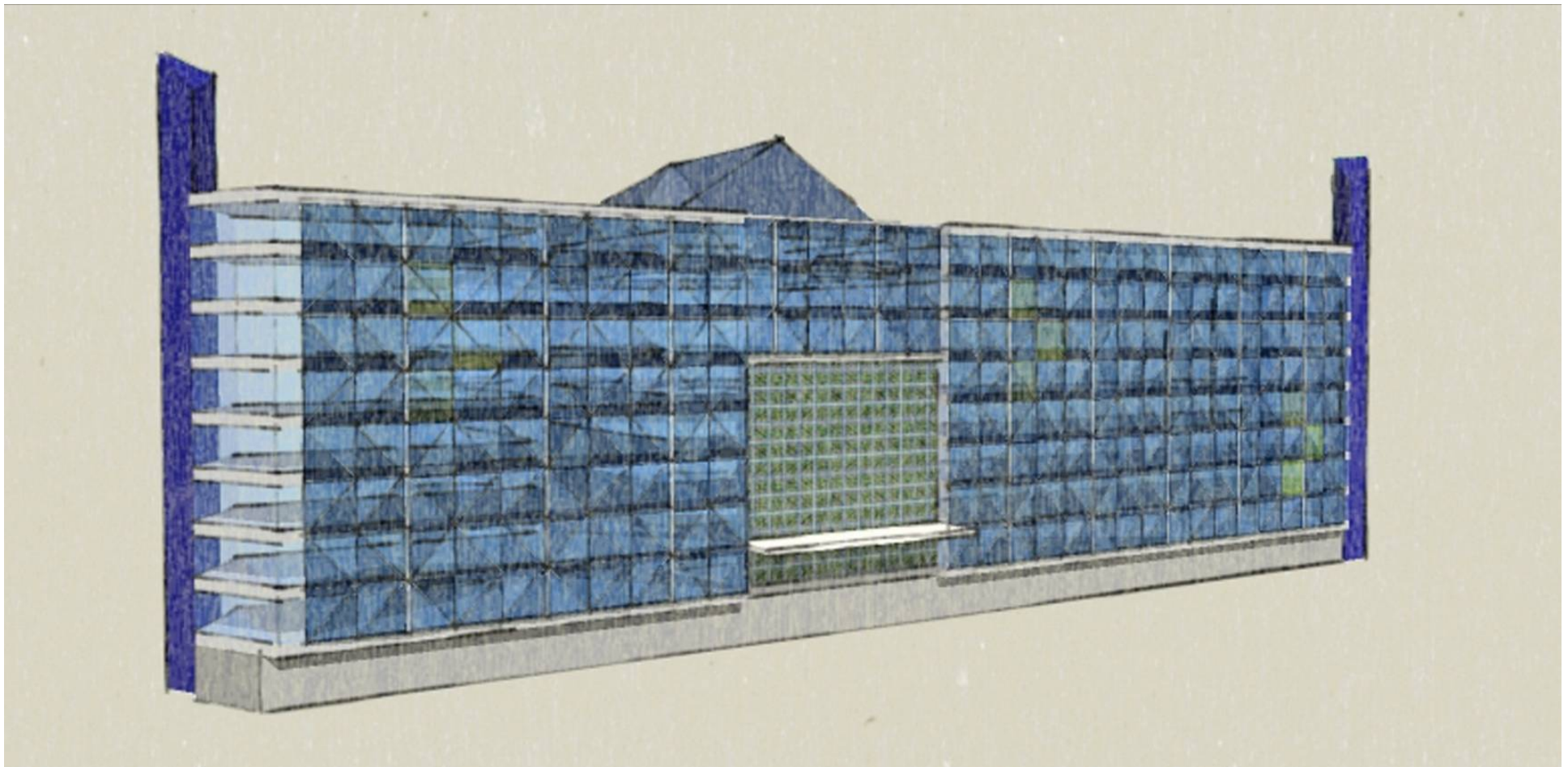


Nota: en la Propuesta se tomó como Referencia el Edificio Diagonal N°640, Sin embargo algunas especificaciones del proyecto son modificadas para cumplir el objetivo del estudio.

## 11. ESTUDIO PRÁCTICO

Propuesta

PROYECTO REHABILITACIÓN DE FACHADA

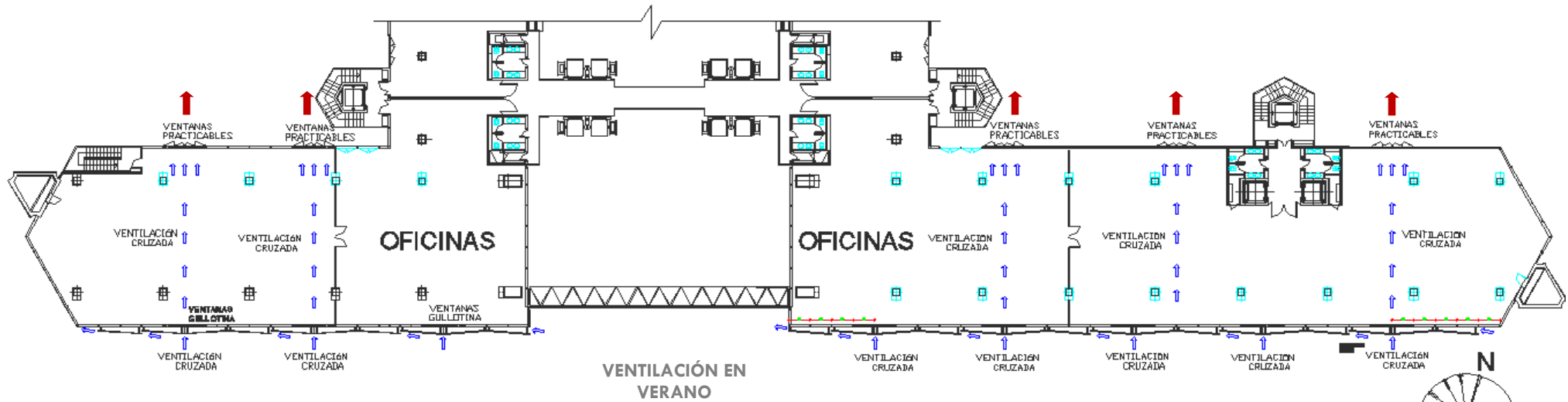




11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.7. Desarrollo de la Propuesta

VENTILACIÓN NATURAL



VENTILACIÓN EN VERANO

FACTOR VIENTO

El viento se desplaza de zonas de **alta presión** a zonas de **baja presión**.

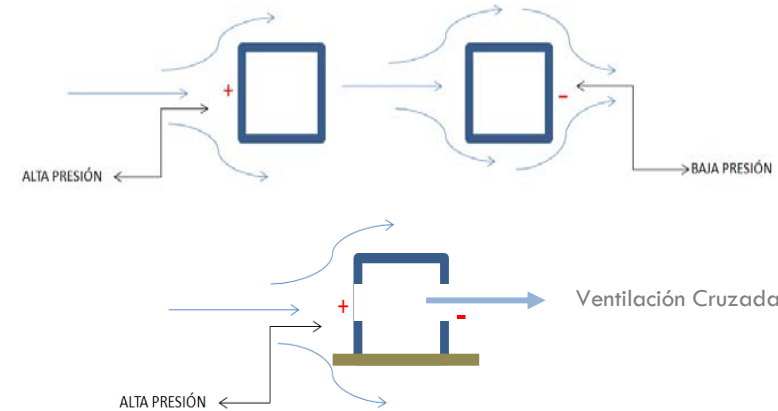
El flujo de aire a través de una edificación es inducido por diferencias de presión que provienen por 2 fuentes:

**a) Efecto térmico:** cuando la  $T^\circ$  del aire exterior no es igual a la  $T^\circ$  del aire interior, se crea una diferencia entre sus densidades y un gradiente de presiones que también difiere entre el exterior e interior. El aire se desplaza de una zona de calor a una fría.

**b) Efecto de velocidad del viento:** es la presión que crea exteriormente el flujo del viento.

Si el viento sopla hacia un edificio, se interrumpe y se desvía alrededor de él, la presión en los lados que dan hacia el viento (**barlovento**), se eleva sobre la presión atmosférica y en las caras situadas a **sotavento** se reduce, creándose una depresión negativa. De esta forma se crean diferencias de presión alrededor de la edificación que inducen a la ventilación por efecto de la velocidad del viento.

DIRECCIÓN VIENTO PREDOMINANTE SUR-ESTE



11. ESTUDIO PRÁCTICO

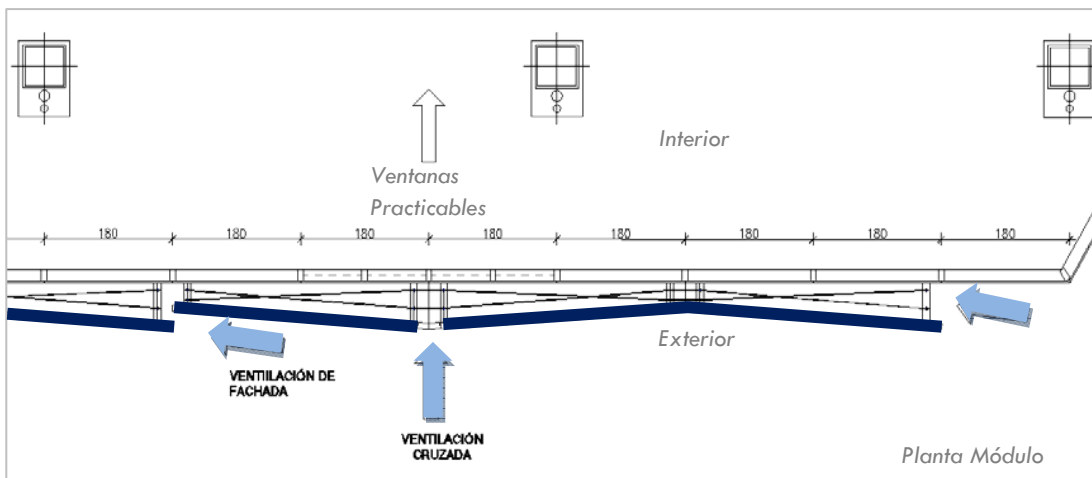
11.1. Propuesta

La propuesta plantea incorporar una doble piel mediante membrana textil pretensada de una capa, separada a 35 y 60cm desde la fachada interior con respecto a la exterior; dando un resultado similar a el funcionamiento de lo que se conoce como “fachada ventilada”, sin llegar a serlo.

La principal diferencia, es que una fachada ventilada generalmente está hecha con materiales opacos y sólidos, es hermética para permitir la circulación del aire de forma vertical (efecto chimenea).

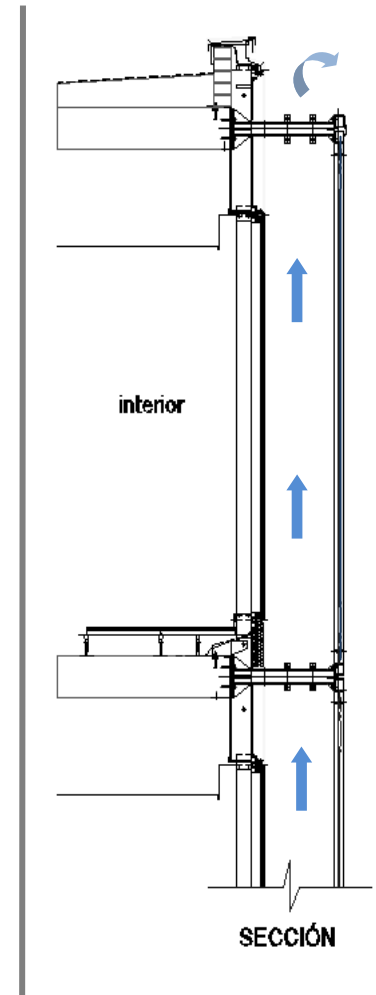
En invierno, la existencia de la membrana ayuda a evitar que los vientos predominantes (dirección sur-este) no afecten directamente al cristal actuando como un elemento de protección respecto al ambiente exterior.

En cambio en verano, la forma del panel exterior permite el direccionamiento del viento. Para esto, se determinan módulos compuestos por tres bastidores verticales girados en dos ángulos diferentes unos respecto a los otros. Por consiguiente, tomando en cuenta la dirección predominante del viento (perpendicular a la fachada), se dejan aberturas para favorecer la ventilación y encausarlo hacia el interior (ventilación cruzada). Por tal motivo, se plantea cambiar en esas zonas las ventanas fijas por unas practicables en los sentidos opuestos (fachada sur-este y fachada nor-oeste).



MÓDULO  
COMPUESTO  
POR 3 BASTIDORES

VENTILACIÓN NATURAL



VERANO



11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.2. El material

ILUMINACIÓN NATURAL

Propiedades técnicas	STAMISOL® FT 381	Normas
Superficie derecho	Metálica o nacarada	
Superficie revés	Mate	
Hilo	1.100 Dtex PES HT	
Peso	600 g/m <sup>2</sup>	EN 1848-1
Espesor	1,1 mm	EN ISO 5084
Ancho	267 cm	(-1 mm/+1 mm)
Resistencia a la rotura (urdimbre/trama)	330/330 daN/ 5 cm	EN 12311/EN13859-2
Resistencia al desgarro (urdimbre/trama)	65/65 daN	EN 1875-3/DIN 53356
Test impermeabilidad	-	EN ISO 20811
Espesor de una capa de aire equivalente SD	-	EN 1931
Resistencia a la difusión del vapor 1/KD	-	EN 1931
Permeabilidad al vapor	-	EN 1931
Adherencia	9 daN/ 5 cm	EN ISO 2411
Porosidad	28%	
Pérdida de carga	(DE) P= 3.500 Q2 (DE) P en Pa Q en m <sup>3</sup> /s	ANSI/AMCA 210/85
Reacción al fuego	M1/NFP 92-507 • Test 2/NFPA 701 • B1/DIN 4102-1 • BS 7837 • VKF 5.3	
Euroclase	Bs2d0/EN 13501-1	
Temperaturas extremas de uso	-30 °C/+70 °C	
Garantía	10 años	
Sistema de gestión de calidad	Sí	ISO 9001
Sistema de gestión medioambiental	Sí	ISO 14001

AS: Absorción solar en %  
 TS: Transmisión solar en %  
 RS: Reflexión solar  
 TS+RS+AS = 100% de energía incidente

TV: Transmisión de luz visible en %

g<sub>tot</sub><sup>e</sup>: Factor solar exterior



Visibilidad hacia el exterior



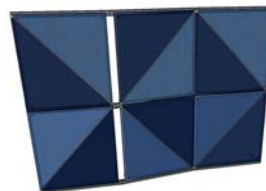
Confort visual



Resistente frente a los UV



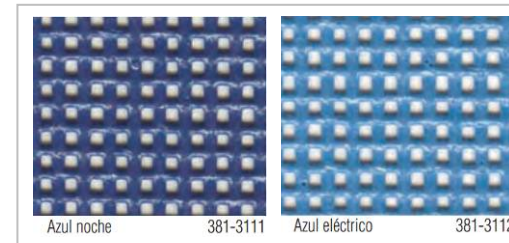
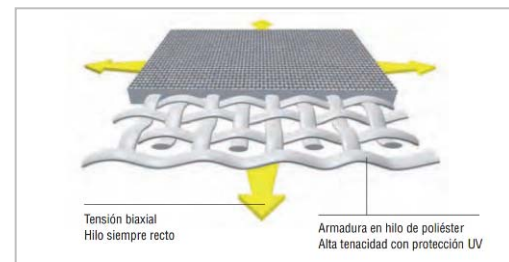
Garantía 10 años



Combinación de colores de dos módulos



De acuerdo a lo estudiado en el presente trabajo, se selecciona un tejido abierto tipo rejilla para permitir la transpirabilidad y visibilidad al exterior. El material está compuesto por un tejido de fibra de poliéster recubierto con PVC de 1,1mm de espesor. La tecnología utilizada es llamada Précontraint®, que consiste en que el tejido es sometido a una tensión equilibrada tanto en la urdimbre como en la trama, lo que se traduce en un alargamiento similar en ambos sentidos. Para el módulo se escoge un color relativamente oscuro llamado por el fabricante “azul noche”, el cual reduce las reflexiones y evita mayores deslumbramientos en horas que el sol incide directamente. Este color es combinado con un azul eléctrico que tiene propiedades similares al primer color.



Propiedades solares y luz (según EN 14501)

Ref.	RS	TS	AS	g <sub>tot</sub> <sup>e</sup>	TV
381-3101	27	30	43	0,22	28
381-3102	30	31	39	0,22	30
381-3103	39	32	29	0,23	32
381-3104	10	28	62	0,21	24
381-3105	19	29	52	0,22	29
381-3107	19	31	50	0,23	30
381-3108	10	27	63	0,21	27
381-3109	36	29	35	0,21	29
381-3110	33	30	37	0,22	30
381-3111	21	30	49	0,22	29
381-3112	24	33	43	0,24	33
381-3113	8	23	69	0,19	23
381-3116	23	33	44	0,24	32
381-3117	25	26	49	0,19	25
381-3118	33	33	34	0,23	31
381-3119	39	31	30	0,22	30
381-3120	6	28	66	0,22	28
381-3121	31	28	41	0,20	28
381-3122	12	32	56	0,24	31
381-3123	34	28	38	0,20	28
381-3124	28	27	45	0,20	27
381-3125	20	28	52	0,21	28
381-3126	43	28	29	0,20	27
381-3127	26	34	40	0,24	34
381-3128	38	29	33	0,21	29
381-3129	8	27	65	0,21	27
381-3130	27	29	44	0,21	29

11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.8. El material

ILUMINACIÓN NATURAL

Con las propiedades de los tejidos seleccionados en relación con las propiedades del cristal existente en la fachada, se determinó el porcentaje de **Transmisión solar** que incide en la fachada con/sin membrana textil de protección:

**Textil Color azul noche**

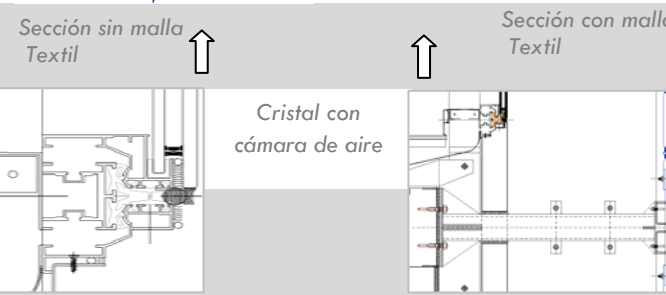
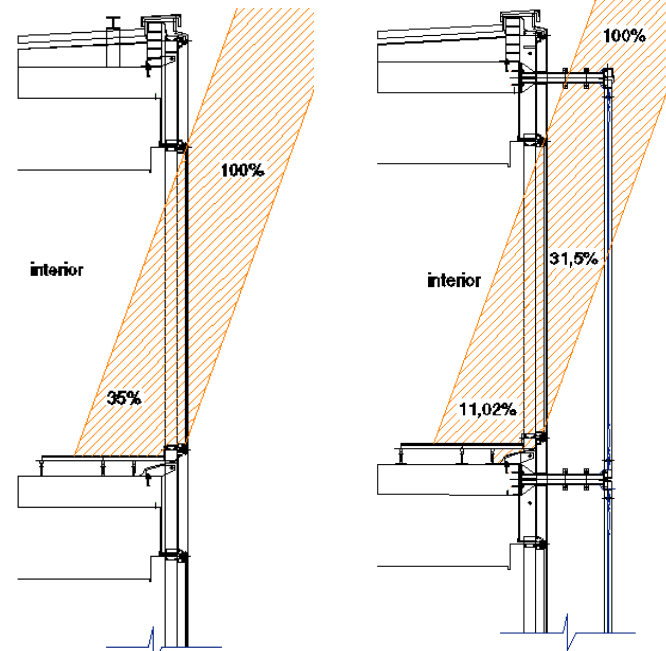
Transmisión Solar:	30%
Absorción solar	49%
Reflexión Solar:	21%

**Textil Color Azul Eléctrico**

Transmisión Solar:	33%
Absorción solar:	43%
Reflexión Solar:	24%

**Cristal Fachada Interior**

Factor Solar:	35
Vidrio Reflectante:	10mm exterior +12mm cámara de aire+8mm interior.



Vistas desde el interior sin protección textil.  
Fuente J.Ferrés.

Para calcular el porcentaje de **transmisión solar** incidente en la fachada, se realizó un promedio del factor de Transmisión solar del material de acuerdo a los colores del tejido seleccionado. Esto se debe a que cada módulo contiene dos colores.

Como conclusión, las ventanas sin membrana textil tienen una incidencia de luz del 35% respecto al exterior y la fachada con protección solar la reduce a un 11,02%.

Esta reducción lumínica es favorable en invierno ya que según el estudio de asoleamiento realizado, existe una mayor incidencia lumínica en este período, generando una molestia visual en las áreas de trabajo.

A pesar de que la membrana reduce la luz, se conserva la vista al exterior. En verano no existen mayores problemas ya que la incidencia lumínica es menor.

La **reflexión solar** de la gama de colores existentes varía entre un 5% y un 72%, de acuerdo a esto, podemos decir que las reflexiones de los colores seleccionados (promedio de 22,5%) son relativamente bajas. Esto permite evitar deslumbramientos al interior del edificio, al contrario de un color claro que lo aumenta.

En cuanto a la **absorción solar**, los colores de la membrana seleccionada tienen una absorción media con respecto a los otros colores que varían entre 29% y 69%. La absorción solar promedio del material es de 46%. El beneficio térmico en este caso no se produce ya que la membrana no tiene mayor masa, por lo cual no transmite calor hacia el interior. El beneficio térmico del material textil se puede aprovechar para otro tipo de soluciones de fachada, como por ejemplo donde se coloca un textil no tejido transpirable sin perforaciones adosado a un material aislante por el exterior de la piel interior del edificio, y luego se coloca otro textil tejido perforado por el exterior.



## 11. ESTUDIO PRÁCTICO

## 11.9. Forma y Estructura

## MÓDULO

## FORMA

Según la clasificación de formas estudiadas anteriormente, la geometría propuesta es **bidimensional plana** con forma simple.

## ESTRUCTURA

El módulo está compuesto por 3 bastidores de 358,4cm de ancho por 391cm de alto en acero galvanizado, repintado y prefabricado desde taller con perfiles tubulares cuadrados.

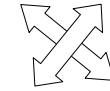
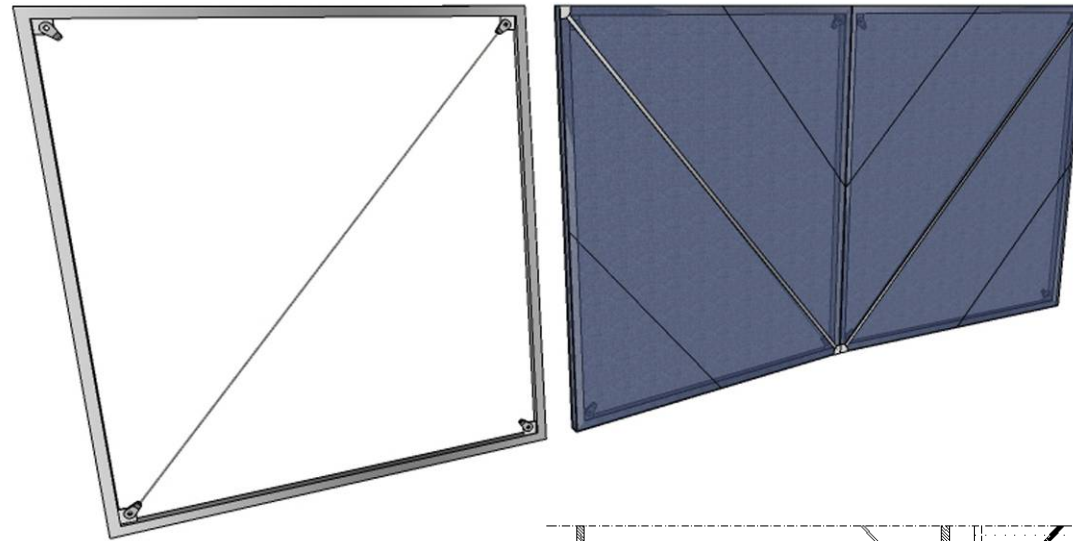
Los bastidores tienen un tensor diagonal para la protección de la tela del viento.

## MEMBRANA TEXTIL

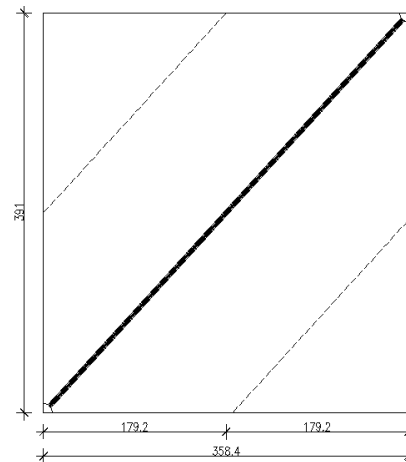
En la cara externa de cada bastidor, se fija la membrana que es pretensada en el sentido de la urdimbre y la trama (horizontal y vertical) hacia la estructura perimetral.

## PATRONAJE

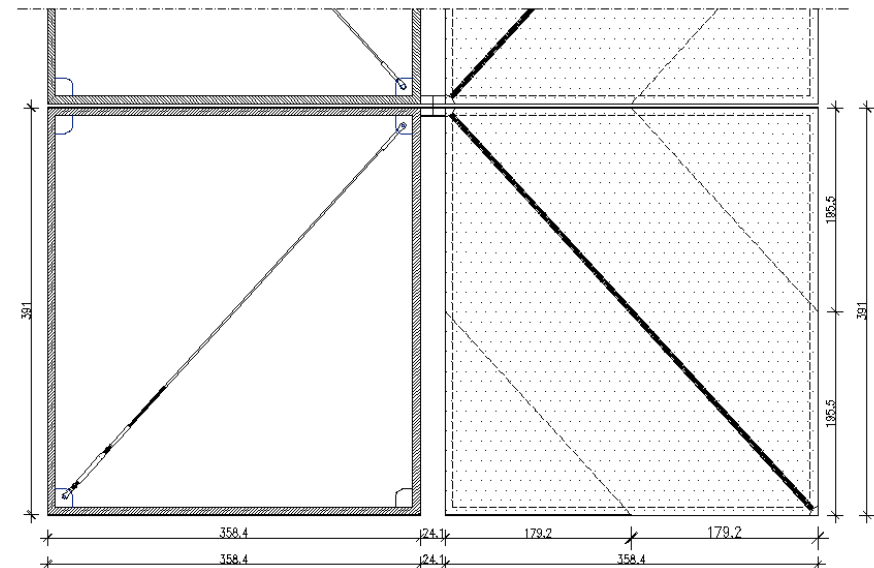
Cada bastidor contiene 4 paños de 179.2cm de ancho con un largo variable ubicados de forma diagonal coincidente con los tensores de acero.



Pretensado a los extremos del perímetro



GEOMETRÍA TEXTIL



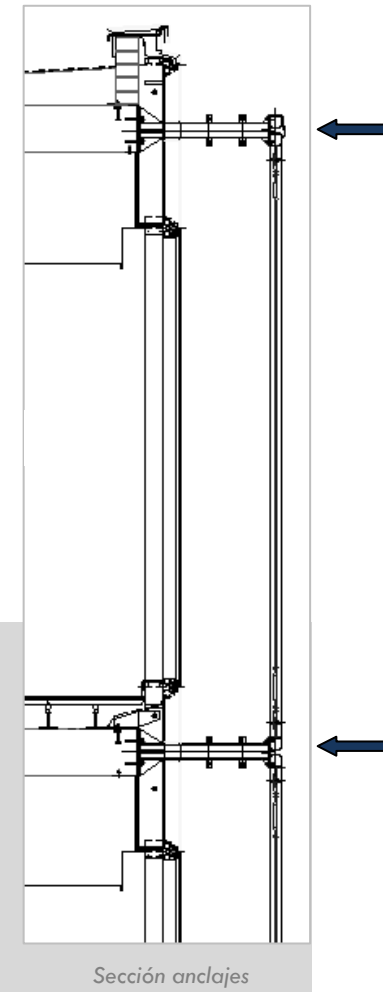
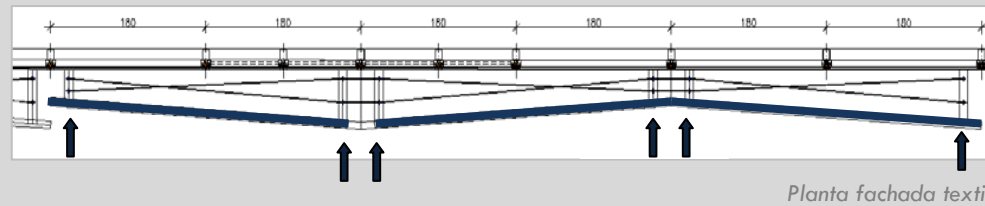
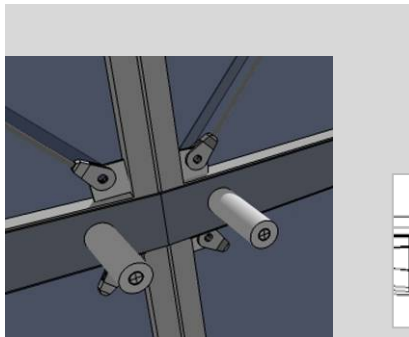
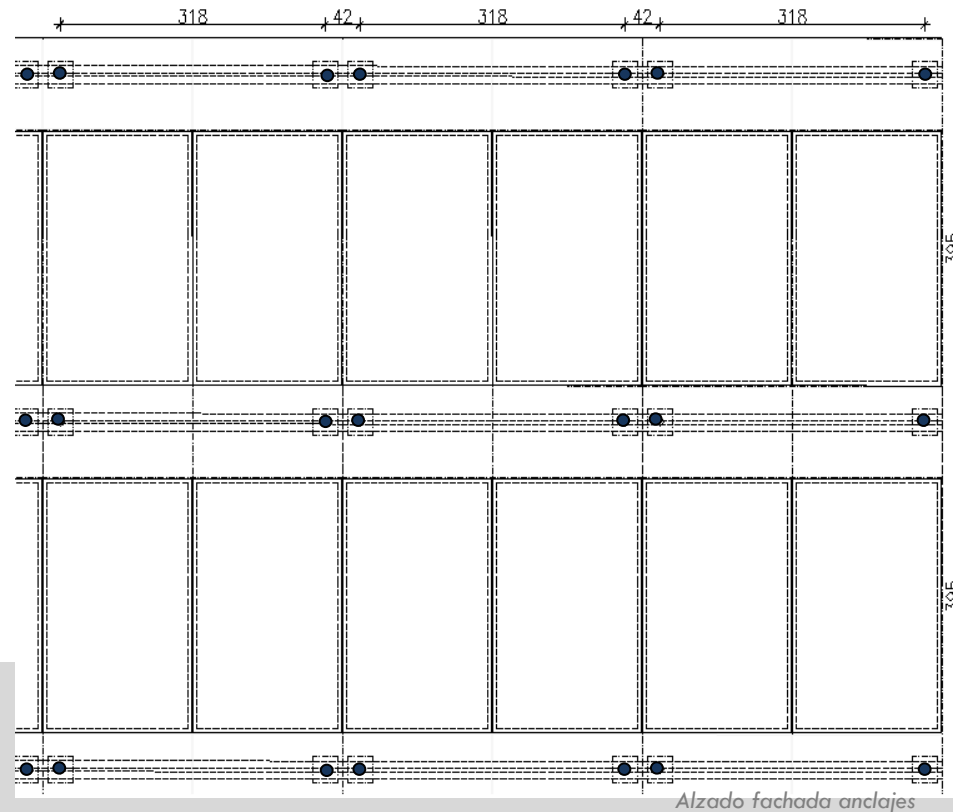
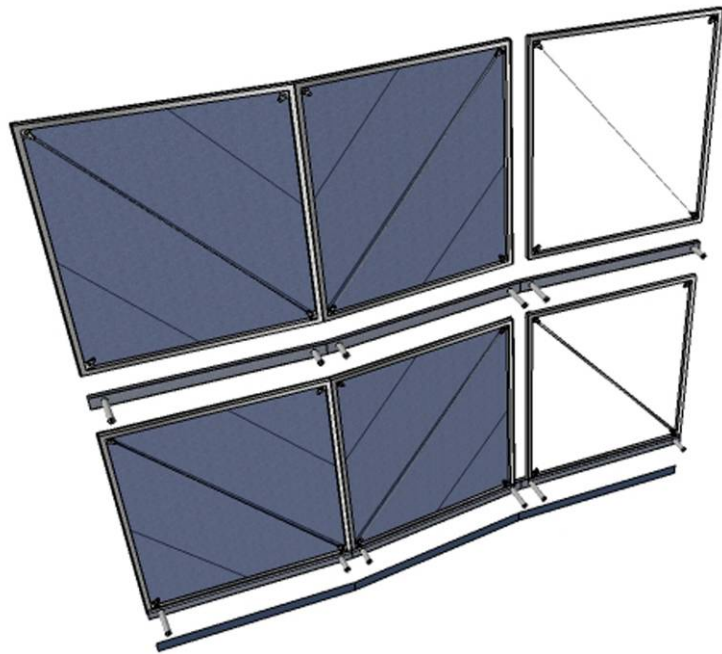
ESTRUCTURA BASTIDOR

PATRONAJE TEXTIL TIPO

11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.3. Forma y Estructura

ANCLAJES PUNTUALES

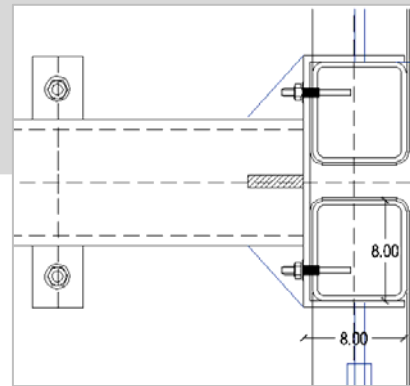
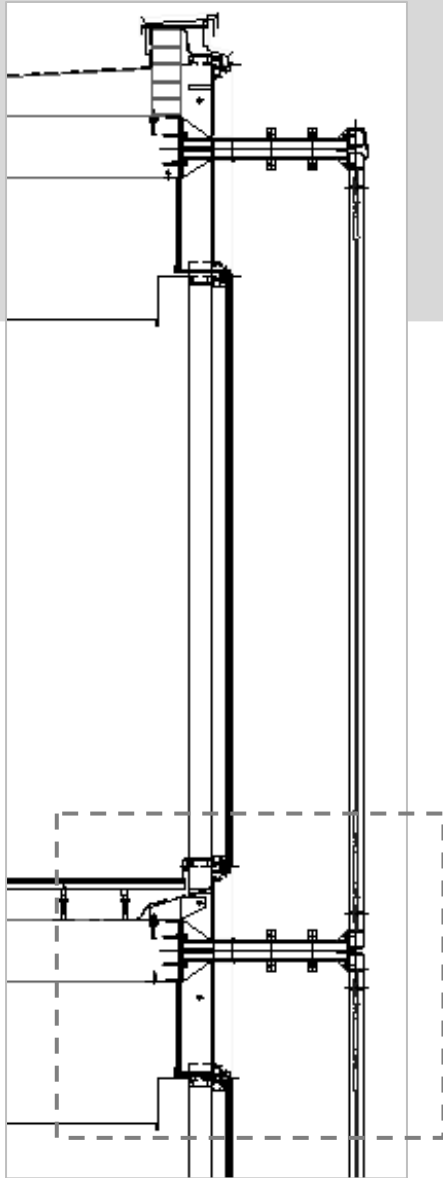


Se proyectan anclajes puntuales de barras horizontales anclados al forjado de la estructura del edificio existente. Estos se componen por perfiles de acero tubular redondo. (Los anclajes se encuentran independizados de la estructura de aluminio que sustenta el muro cortina de cristal). Los bastidores prefabricados desde taller, en obra son fijados mecánicamente a un perfil guía horizontal de forma "C" que a su vez esta soldado a los anclajes puntuales.

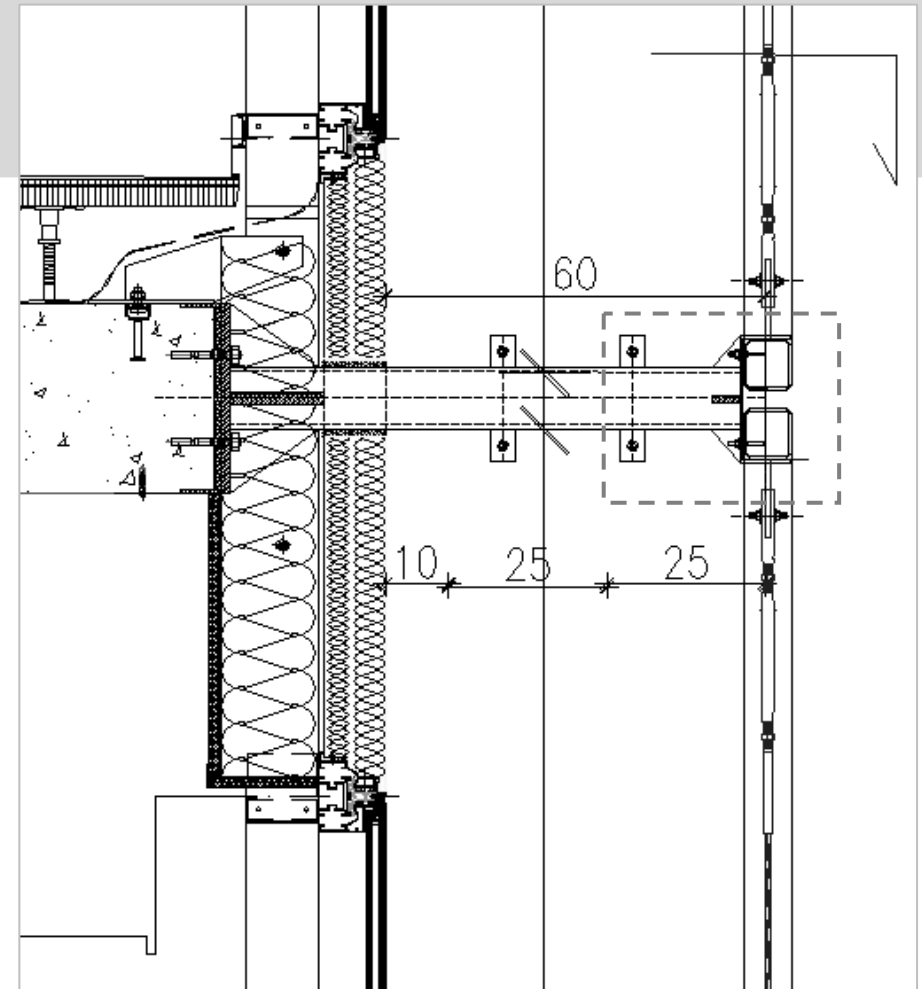
## 11. ESTUDIO PRÁCTICO

## 11.9. Estructura

## DETALLES ANCLAJES



Detalle tornapunta con perfil guía que sustenta los bastidores.

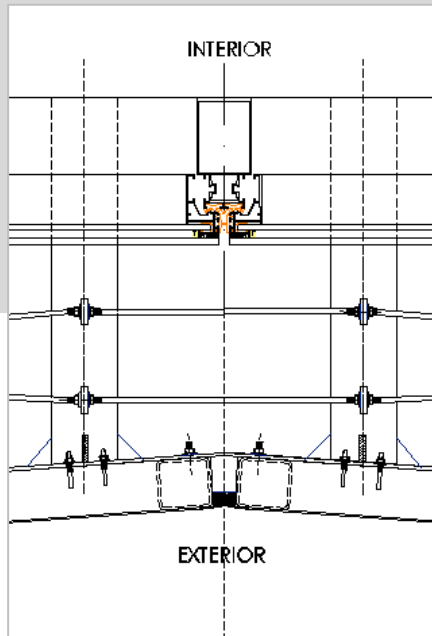


Detalle sección anclaje

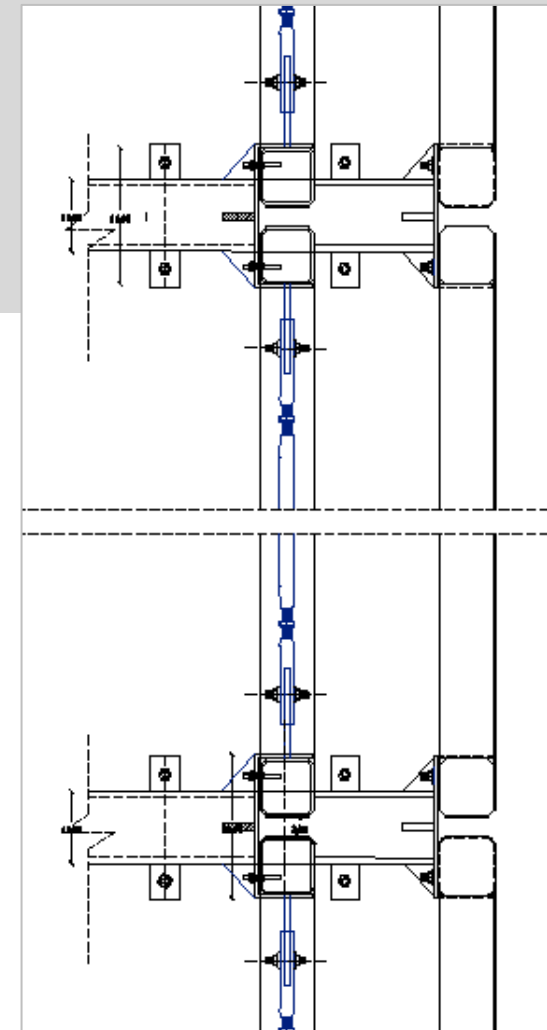
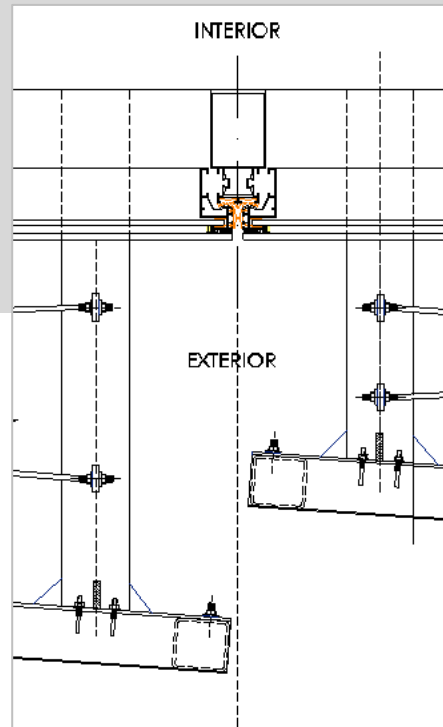
11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.9. Estructura

DETALLES ANCLAJES



Planta anclajes 1 y 3



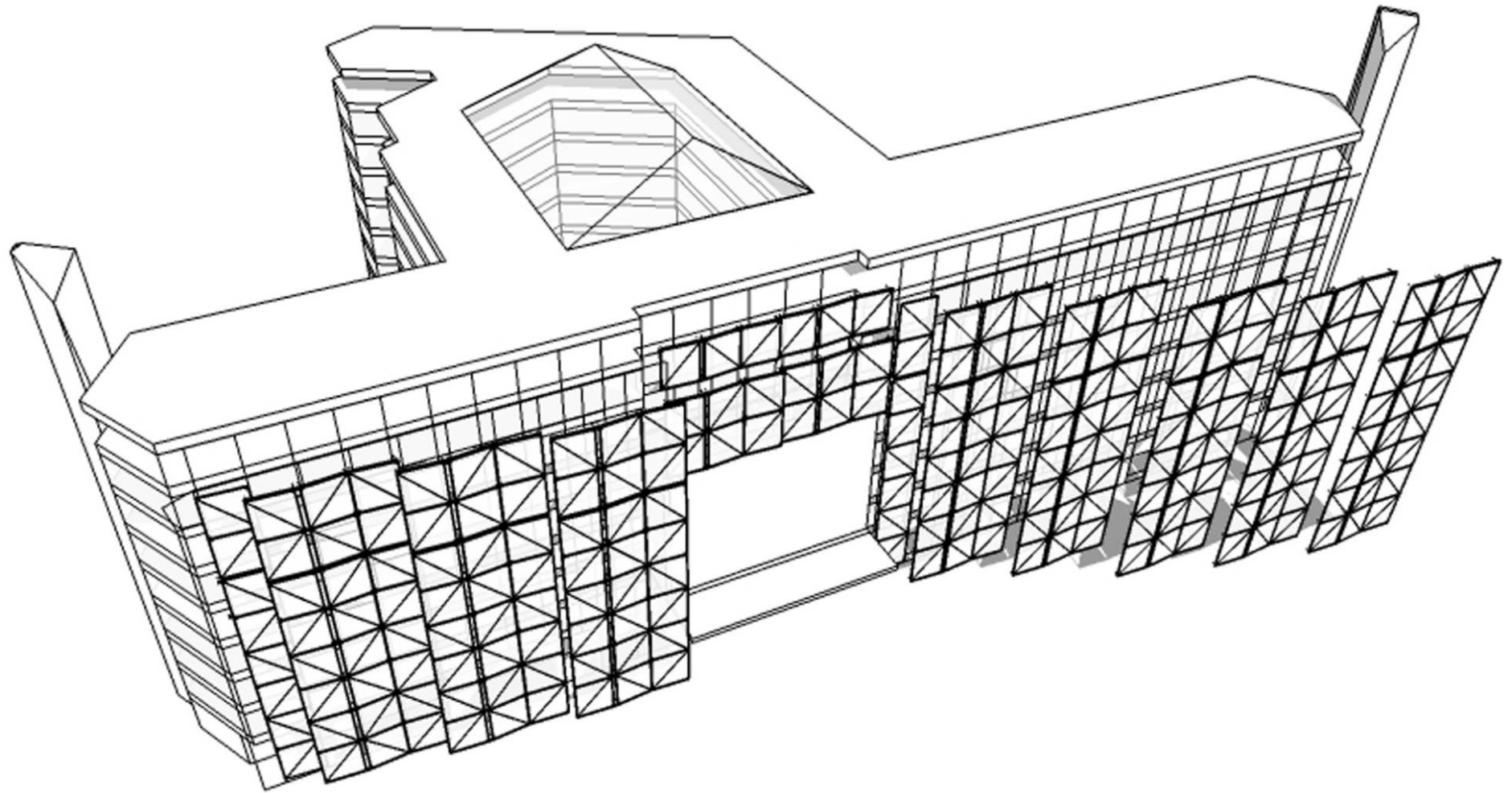
Sección anclaje 2



**11. ESTUDIO PRÁCTICO**

## 11.9. Forma y Estructura

## MONTAJE

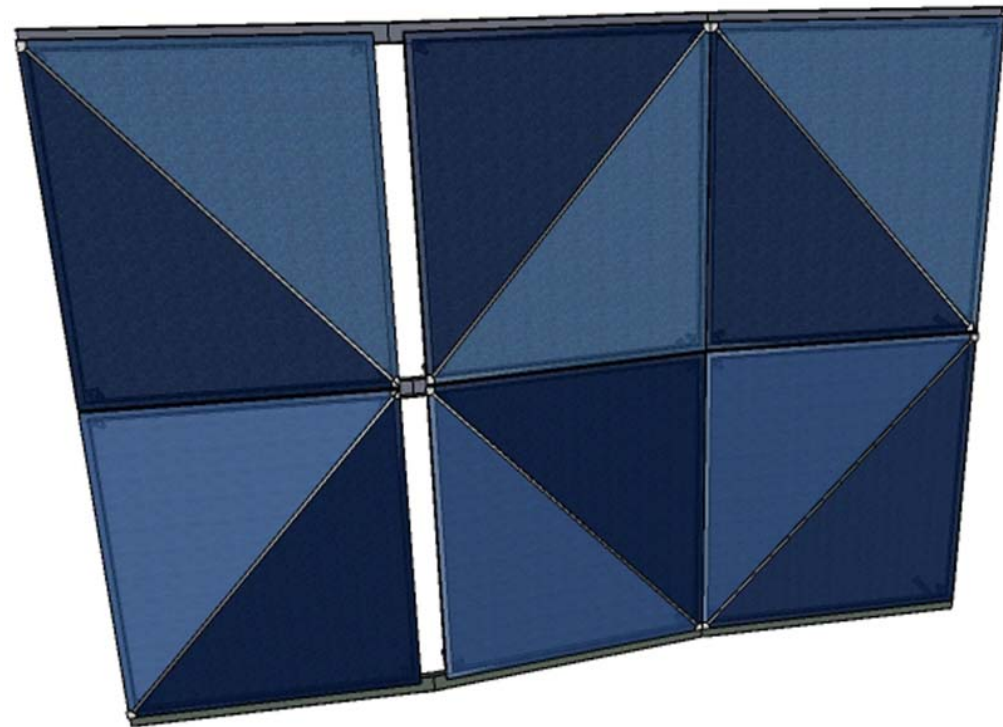
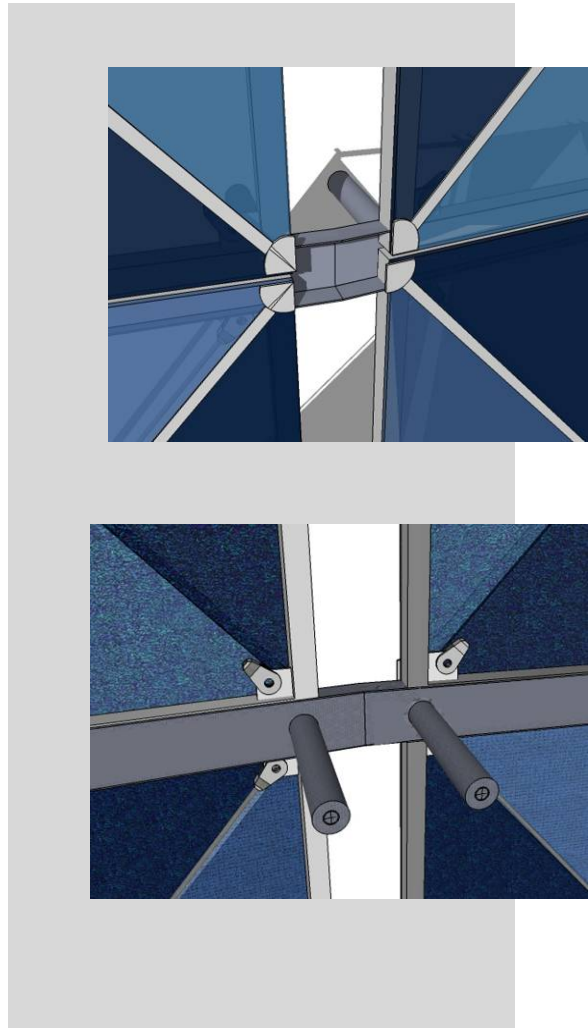


La fachada de protección textil tensada es formada por paños de 8 módulos alineados verticalmente. Una vez instalados los anclajes, el montaje de los bastidores consiste en fijarlos mecánicamente a los rastreles horizontales. Esta tarea se debe realizar mediante grúa.

## 11. ESTUDIO PRÁCTICO

## 11.9. Forma y diseño

## COMPOSICIÓN DE LA FACHADA



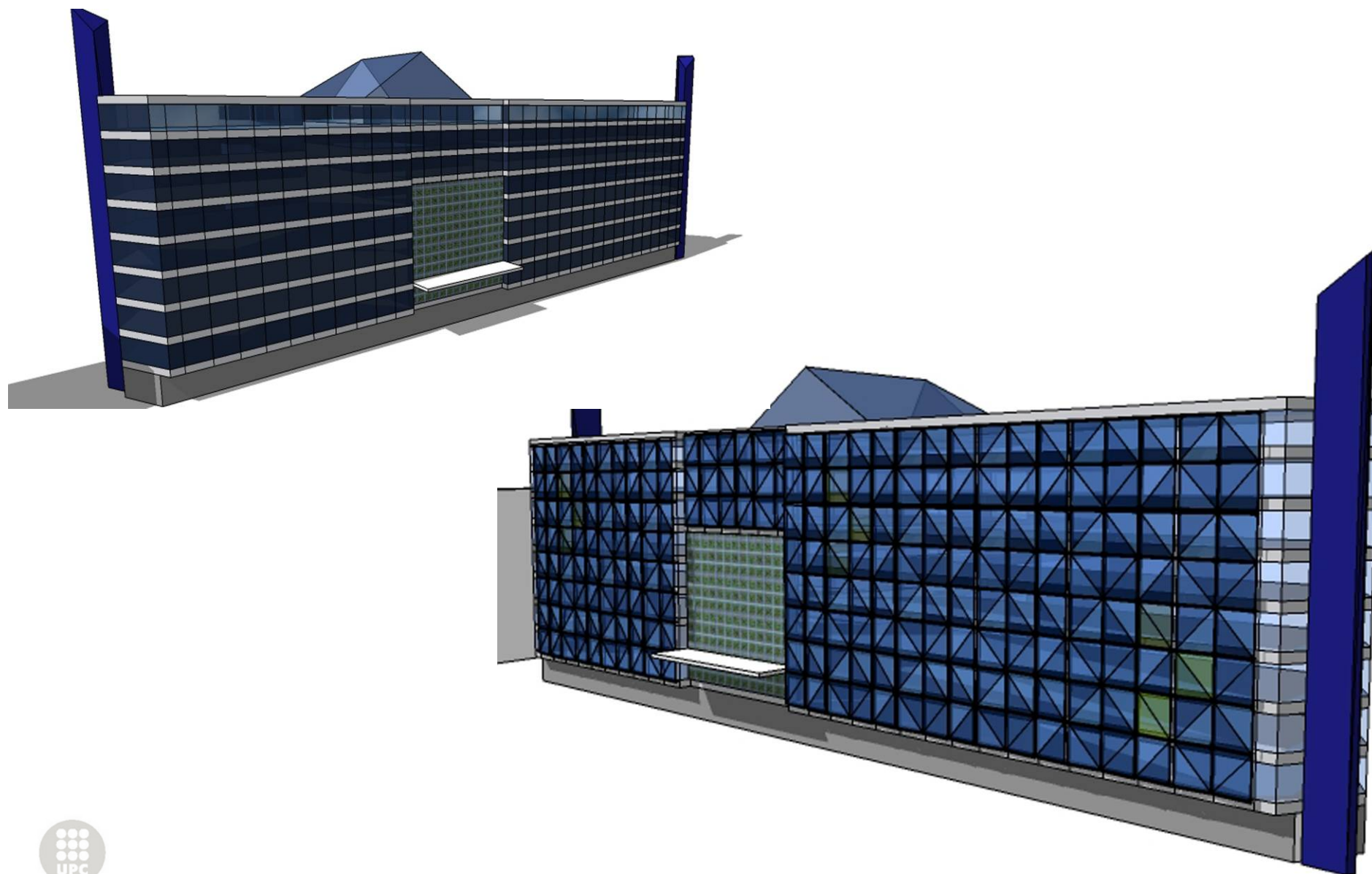
El diseño de fachada está compuesto por dos colores que se van alternando. Esta variación de color, pero dentro de la misma gama, permite un juego de sombras heterogéneo al interior del edificio.

Las juntas de cada paño son soldadas desde taller. Además se contempla una pletina central ubicada desde el exterior en el sentido del tensor estructural que es visible desde el exterior

## 11 . ESTUDIO PRÁCTICO

## 11.10. Propuesta Final

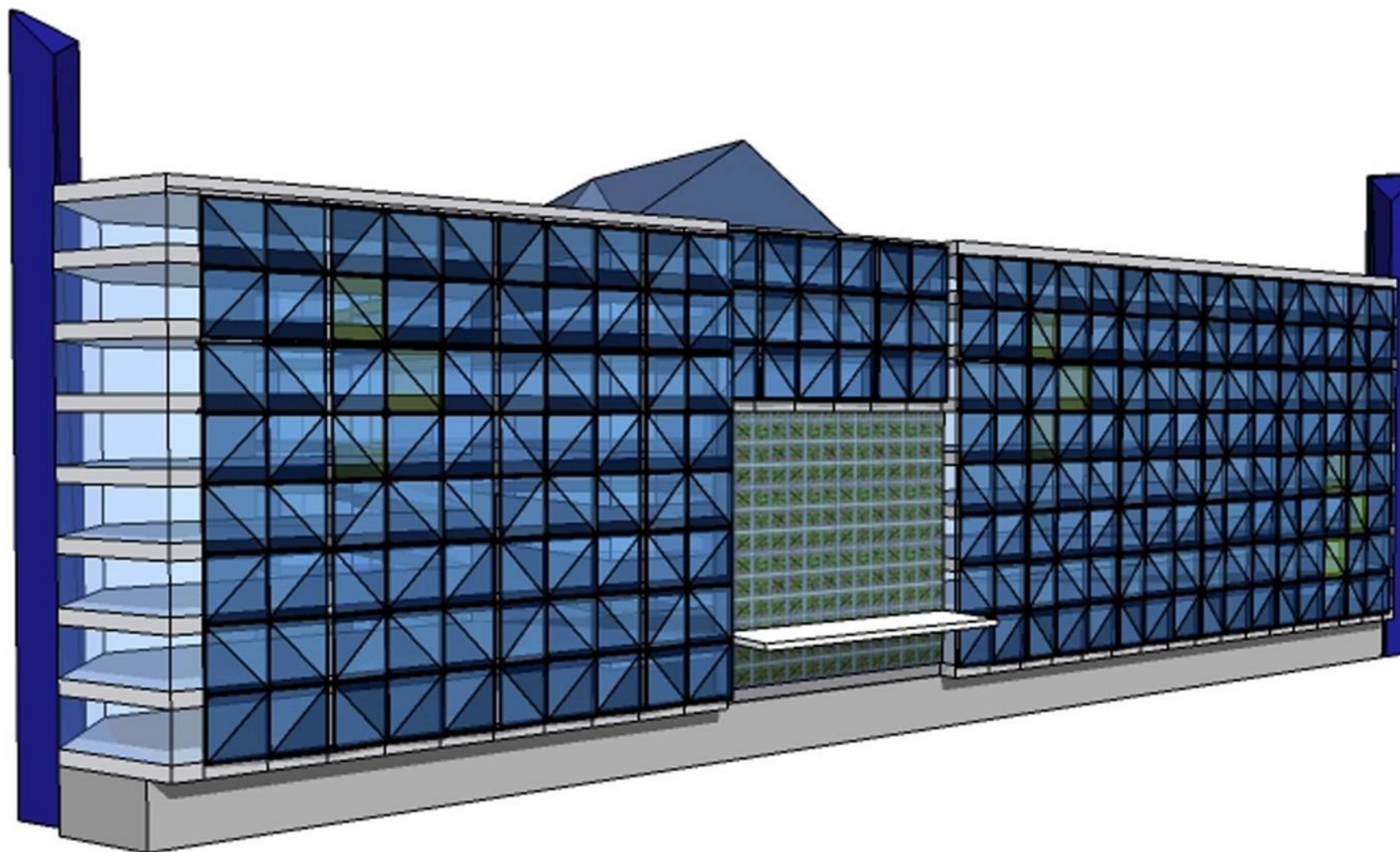
IMÁGENES



**11. ESTUDIO PRÁCTICO**

## 11.10. Propuesta Final

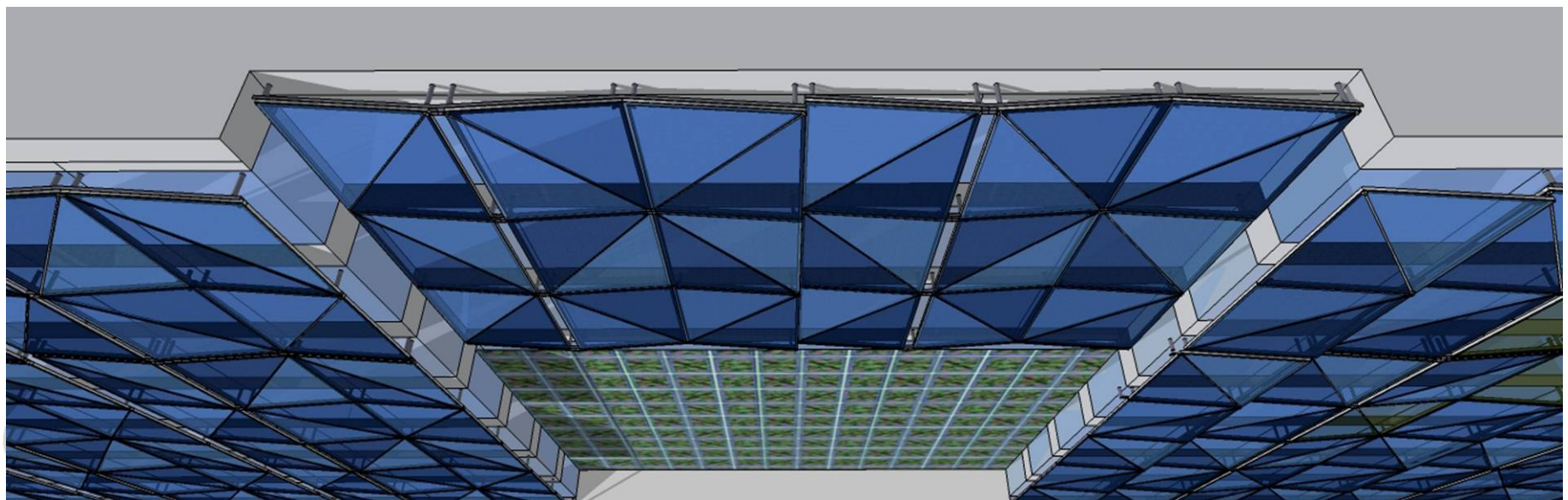
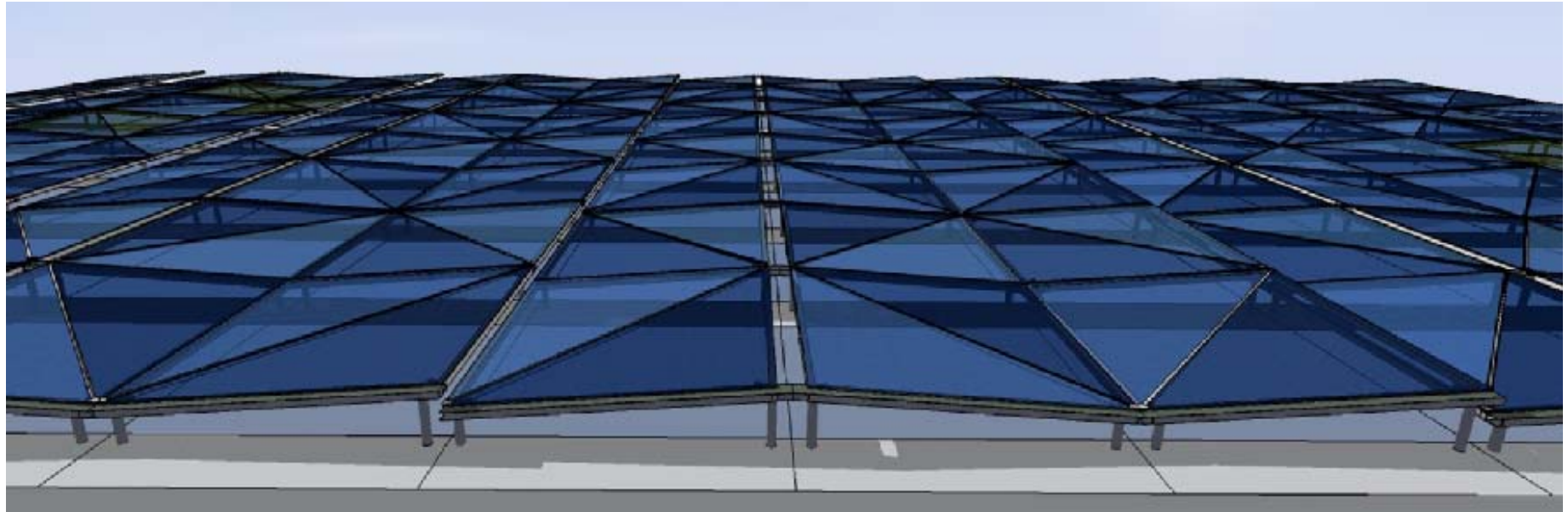
IMÁGENES



11. ESTUDIO PRÁCTICO

11.4. Propuesta Final

IMÁGENES



## 12. CONCLUSIONES

### 12.1. Conclusiones Generales

---

Para proponer un estudio de **Fachada con Membrana Textil Tensada**, como instancia previa, es indispensable estar familiarizado con el comportamiento de las estructuras tensadas textiles; debido a que la aplicación de este sistema constructivo a fachadas, es una variación del mismo y se utilizan conceptos similares. En otras palabras, como ya se ha mencionado anteriormente, actualmente se encuentra en un punto medio entre la arquitectura textil tensada y las construcciones convencionales.

La flexibilidad y ligereza del material, cataloga a este sistema como parte de la arquitectura ligera, el cual permite obtener diversas soluciones formales y estructurales que en algunos casos, son muy similares a los utilizadas en la arquitectura convencional y en cambio en otras, están muy ligadas a soluciones tensadas donde la estabilidad dimensional es dada por la forma.

#### EL MATERIAL

Con el estudio del material textil en profundidad, nos aclara que la utilización de un tipo de membrana, no es aplicable para cualquier caso y por consiguiente, se debe tomar en cuenta la función de la fachada para la selección del material. Como ejemplo, si se usa una membrana enrollable que tendrá un uso temporal de protección solar, o bien será un material de protección continua para la fachada, se utilizará un material diferente. Por otra parte, el comportamiento estructural de los tejidos existentes en el mercado es diferente y pensado especialmente para cada uso variando la durabilidad.

Una de las características que diferencian este material de otros convencionales, es que posee varias cualidades en un mismo material.

Es un material que protege de la luz solar y a la vez transmite luz hacia el interior sin perder la visibilidad. Es un material resistente a la lluvia, a los rayos UV, permite la reflexión solar y la absorción solar.

Si se busca un material similar al del textil (tejido y no tejido), encontramos que el material que cumple algunas de estas características es el cristal, sin embargo, para que este pueda tener estas prestaciones, resulta más costoso debido a los tratamientos que se le deben realizar, por ende, la mochila ecológica es mucho mayor que en el del material textil.

Por otra parte, no se puede dejar de lado la gran resistencia del tejido a la tracción. Esto permite que las áreas a revestir sean mucho mayores y con menos elementos de apoyo.

#### LA ESTRUCTURA

La mayoría de los tipos estructurales existentes en fachadas textiles, son realizados con estructuras convencionales, en su mayoría generando formas planas que requieren una estructura perimetral para su estabilidad dimensional. El beneficio del desarrollo masivo de este tipo de estructuras más bien rígidas, nos permite visualizar que este sistema constructivo del tipo modular prefabricado, pueda evolucionar a sistemas industrializados que disminuyan más aún los tiempos de ejecución y montaje.

#### FORMA

Los medios informáticos permiten un diseño ilimitado de formas complejas, y la flexibilidad de la membrana textil va acorde con ello. Es por esto, que existen formas de fachadas derivadas de las estructuras tensadas o neumáticas pero también se pueden permitir una combinación de una estructura tensada con una convencional.

## 12. CONCLUSIONES

### 12.2. Conclusiones de la propuesta

La forma junto con el material textil permitió dar una solución a los problemas detectados de asoleamiento y poca ventilación del edificio.

Como resultado, se cumple la intención de reducir la incidencia lumínica al interior del edificio por medio de una fachada que no permita mayormente la reflexión solar y los deslumbramientos.

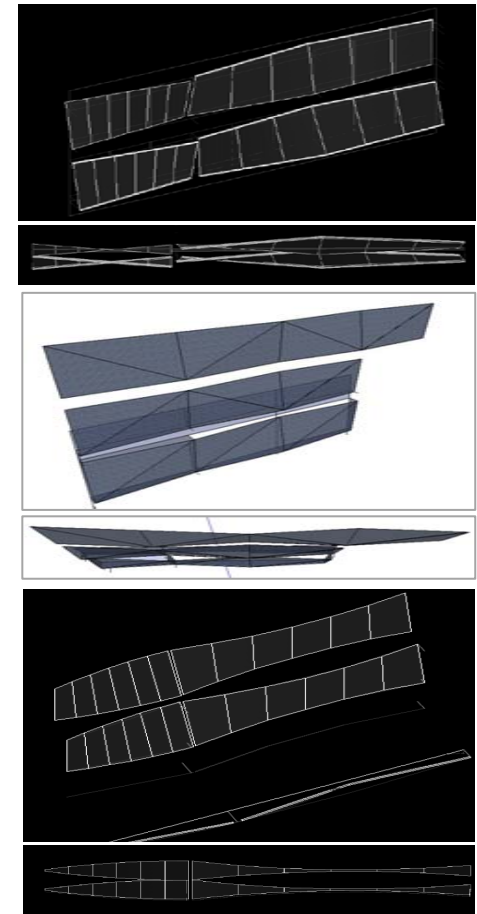
Por otra parte, La propuesta del estudio práctico, plantea un sistema de fachada con membrana textil tensada que da lugar a la prefabricación debido a la conformación de módulos independientes reduciendo así los tiempos de montaje ya que la estructura y la membrana completa, es fabricada desde taller.

Por último, el cambio de imagen de un edificio de los años 90, con una fachada plana de muro cortina, cambia rápidamente hacia una imagen de fachada dinámica y actual.

Para mejorar los resultados de la propuesta, se puede incorporar un sistema hidráulico que permita girar el bastidor con el propósito de ir regulando estacionariamente su orientación de acuerdo a la inclinación del sol entre invierno y verano. Claramente esta solución nos solicita un costo adicional.

Una tercera alternativa, es aprovechar el perfil guía que sustenta cada módulo y utilizarlo como corredera generado mecánicamente.

Antes de la propuesta final, se realizaron varias formas probando diversas soluciones, en las cuales, todas conservan la planta en forma de zig-zag. Cada una de ellas, son formas tridimensionales. (La explicación de cada forma, en anexo). El resultado, fueron formas más complejas, pero pensadas para el mismo sistema de anclaje. Esto quiere decir que existen muchas soluciones formales que permiten un resultado similar. En el trabajo realizado, se optó por una forma plana para simplificar el estudio.



## 13. BIBLIOGRAFÍA

## Estado del Arte

- Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009).
- Javier Tejera Parra. Construir con Membranas. ©TECTÓNICA N°36: Arquitectura Textil. ATC Ediciones, S.L. (Octubre 2011).
- Stephanie Castro, Roger Cera, Hernán Días. Tenso-Estructuras. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Arquitectura y Urbanismo/ <http://es.scribd.com/doc/44231231/TENSO-ESTRUCTURAS>. Edición Digital 2010. Fecha consulta 19.07.12.
- Frei Otto. A Gaudí. Buckminster Fuller. [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei\\_Otto/\\_A.\\_Gaud%C3%AC/\\_Buckminster\\_Fuller#FREI\\_OTTO/](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Frei_Otto/_A._Gaud%C3%AC/_Buckminster_Fuller#FREI_OTTO/) Edición Digital. Fecha de consulta 19.07.12.
- Luís Alberto Marroquín Rivera. Guía Básica de Diseño./<http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras/>. Edición digital 2012. Fecha consulta 19.07.12.
- Airlight. Tensairity./ <http://www.airlight.biz/default.aspx?sld=12/>. Edición digital. Fecha consulta 26.07.12.
- María Rosa Sánchez de Colacelli. Parte 1: De las Tiendas a las Membranas Pretensadas. La Forma en las Cubiertas de Membranas. <http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/anteriores/Nro26/PDF/p50-54.pdf>. Documento digital. PDF 2005. Fecha de consulta 31.07.12.
- Conexión Moda Beta. [www.conexionmoda.com/site/news/1979/](http://www.conexionmoda.com/site/news/1979/). Edición digital 2012. Fecha consulta 02.08.12.
- David Martínez. La Innovación en el ámbito de las fachadas: Tendencias y Nuevas Tecnologías. Arquitectura Textil - Texo Innovación. Revista Espacio. Editorial Espazio, (Junio 2012 #1). Editorialespazio.com.
- Catálogo Stamisol FT 381 & Color Serge Ferrari Architecture Fachada. Octubre 2010.



## 13. BIBLIOGRAFÍA

El Material

---

- Rainer Blum, Heidrun Bögner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009).
- El Poliéster. / <http://es.wikipedia.org/wiki/Poli%C3%A9ster/> Fecha consulta 16.07.12.
- Catálogo ES\_SergeFerrari. The Architecture Book. Fachada Textil, Nuevas Soluciones.
- Fibra de Vidrio. Manual de Fibras de uso Técnico. AITEX Octubre 2005/ <http://www.textil.org/extranet/inf/Revista18/pag19.pdf> / Edición digital. Fecha consulta 16.07.12.
- Politetrafluoretileno, Alias PTFE, / <http://es.wikipedia.org/wiki/Politetrafluoroetileno/> Documento digital. Fecha consulta 17.07.12
- Politetrafluoretileno, Alias PTFE, / <http://www.general-aislante.com.ar/teflon.htm>/Documento digital. Fecha consulta 17.07.12
- Universidad Nacional de Ingeniería Química Textil. Sistemas Formadores de Tejidos Especiales. Profesor Ingeniero Rigoberto Marin Lira.
- José María Gonzales. Capítulo 240. Casting a shadow. Selective Membrane. Josep Miàs. IGuzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición año 2012).
- J.Chilton, R.Blum, Thibaut, Devulder, P.Rutherford. Capítulo 4. Ambiente Interior. Brian Foster – Marijke Mollaert. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009).
- Jaume Avellaneda. Capítulo 220. Looking through. The invisible Shell. Josep Miàs. iGuzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición 2012).
- Catálogo Saint-Gobain Glass. El Vidrio y el Aislamiento Térmico. [www.laveneciana.sgg.com/la\\_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20termico\(1\).pdf](http://www.laveneciana.sgg.com/la_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20termico(1).pdf)/ Edición digital. Fecha consulta 14.07.12
- Ramon Sastre. Parametric Surface Approach to Textile Facade Cladding for Sustainable Buildings. Tensinet Symposium 2010, Tensile Architecture: Connecting Past and Future. (Edición 2010).
- Revista Toldo. Noticias. Nuevo Proceso de recuperación del PVC/[www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24](http://www.revistatoldo.com/noticia.php?id=24) / Documento digital. Fecha consulta 11.07.12
- Texyloop. Una Industria en Circuito Cerrado /[www.texyloop.com](http://www.texyloop.com) / Documento digital. Fecha consulta 11.07.12.

## 13. BIBLIOGRAFÍA

La Estructura

- Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira. Ediciones (año 2009).
- J. Llorens & R. Irigoyen. Base de Datos sobre Detalles de Arquitectura Textil. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. UPC. Cataluña, España. <http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/recerca/tensilestruc/webdetalles/index.html> / Documento digital. Fecha Consulta. 7.08.12.
- [http://www.batspain.com/fachada\\_textil.html](http://www.batspain.com/fachada_textil.html). Documento digital. Fecha Consulta 15.08.12.
- Catálogo digital *Architectural Textile Systems, con Tensoforma*. [www.architecturaltextiles.com.au](http://www.architecturaltextiles.com.au), / [www.texo.co.nz](http://www.texo.co.nz)
- Rogier Houtman, Harmen Werkman. Capítulo 5. Detalles y Conexiones. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009).
- Jules Moloney. Prólogo, Part I, N°1. *Movement at the Periphery*. Jules Moloney. *Designing Kinetics for Architectural Facades, State Change*. Edition Taylor & Francis e- Library (año 2011).

La Forma

- Jürgen Bradatsch, Peter Pätzold, Cristiana Saboia de Freitas, Rudi Scheuermann, Juan Monjo, Marijke Mollaert. Capítulo 3. Forma. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial (año 2009).
- *Building The Spatial Structure*. Josep Miàs. iGuzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Edición 2012).
- *Skin Tests*. Josep Miàs. iGuzzini Barcelona Corporate Building. Edición Josep Miàs. MIAS Architects. (Editorial 2012).

Estudio Práctico

- Proyecto de Rehabilitación Edificio Diagonal 640/[www.baas.cat/es/equipamientos/diagonal-640](http://www.baas.cat/es/equipamientos/diagonal-640). / Documento digital. Fecha consulta 24.07.12.
- Datos históricos de Barcelona, Catalunya (años 2011-2012), obtenidos en Darrera S.A. <http://www.baylina.com/meteo/pastis/any.htm>. Fecha consulta 25.08.12.
- Documento Básico HE Ahorro de Energía, CTE DBHE1.

Colaboración con Material Técnico, Gráfico, Entrevista y Visita Terreno.

- Silvia Brandi, Partner Architect MiAS Architects / Josep Masbernat, Technical Director de iGuzzini Illuminazione Ibérica S.A. /
- Xavier Ferrés, Ferrés Arquitectos y Consultores / Silvia Fitor, Prescripción Arquitectura. SergeFerrari / Juan Schneider, Nanotecnología. [www.nanogrande.com](http://www.nanogrande.com)

## 14. ANEXO

### 14.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS TENSADAS TEXTILES

El origen de las estructuras tensadas textiles se remonta hace más de 4.000 años atrás; estudios arqueológicos han ayudado a verificar que desde los inicios, el hombre ha usado huesos de animales y su piel para confeccionar cobijo contra el clima o agresiones externas. De esta manera, el posterior tejido se convirtió en material básico para la fabricación de las estructuras de “cobijo” (*“Arquitectura Textil”, Transformar el espacio, P.7 -Alejandro Bahamón*).

¿Pero que llevo a estos hombres a la utilización de esta forma de abrigo? Simplemente la necesidad de moverse. No todos los hombres vivían en cuevas, ni vivían de cosechas y recolección. Las tribus nómades que estaban en constante movimiento, llevaron esta técnica a otro nivel; la necesidad de hacer un refugio el cual fuera de rápido montaje-desmontaje y que además fuera fácil de transportar. Este concepto, fue el primer paso para la realización de las estructuras tensadas modernas, y dio entre sus aportes otro factor importante, el factor de la utilización de forma eficaz y eficiente. (Con pocos recursos, había que aprovechar todo lo posible). (*“Estructuras de membranas Tensadas”, Alzada 44 -. María A. Díaz Muñoz.*)

Este tipo de manifestación, se puede observar en varias culturas del mundo, teniendo como característica principal, tiendas adecuadas al medio ambiente donde se encontraban insertos. Como característica recurrente, era una estructura flexible, de formas geométricas simples ya sea circulares o cuadradas y de fácil transporte.

De esta manera la arquitectura Vernácula, tiendas Tuareg, Beduina, Yurts Kazajas y Tipis son parte importante de la historia en el origen de las estructuras tensadas textiles.

Se realizara una breve reseña histórica de estos cinco tipos de “tiendas”



*Tienda Beduina en Emiratos Árabes, antiguamente muy populares. Fuente Arquitectura Textil”, Transformar el espacio, Alejandro Bahamón.*



*Estructura construida a partir de ramas de árbol dobladas en curva y amarradas con nudos hechos de corteza vegetal en el noreste del Congo. Fuente Arquitectura Textil”, Transformar el espacio, Alejandro Bahamón.*



Arquitectura Tuareg. Fuente.

[http://es.scribd.com/doc/44231231/](http://es.scribd.com/doc/44231231/TENSO-ESTRUCTURAS)

TENSO-ESTRUCTURAS

#### 14.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS TENSADAS TEXTILES.

##### VERNÁCULA

Se le llama Vernácula a toda aquella estructura creada por constructores empíricos, vale decir, que no tuvieron una formación en términos doctos de arquitectura, sino que realizaron las estructuras simplemente como adaptación a su medio, vale decir usando su ingenio e instinto natural de conservación. Se puede ver este tipo de estructuras en tribus que aún sobreviven en nuestro tiempo; usando pieles de animales, huesos, y madera, usando el entorno para la creación de la forma de su hogar. (*"Arquitectura Textil", Transformar el espacio, P. 4-5 .Alejandro Bahamón*).

En términos arquitectónicos, fue usada como expresión en Inglaterra desde al menos 1839, siendo materia de debate, puesto que al ser usadas primeramente en tribus, se creía en primera instancia que era una manifestación de una menor inteligencia. Sin embargo, a mediados de los años '50 este tipo de manifestación fue de gran interés para los arquitectos de la época, queriendo incorporarla a la teoría de la gran arquitectura. Siendo en 1964, en una exposición del Museo de Arte Moderno en Nueva York, propuesta a elevarla a bellas artes.

En años posteriores, se llevo el interés de la arquitectura Vernácula al contexto social, tecnológico y ambiental. Siendo estudiada y adaptada a los nuevos materiales creados. (Fuente. [www.etnoarquitectura.org/web/articulo/20060529-02a](http://www.etnoarquitectura.org/web/articulo/20060529-02a))

##### TIENDAS TUAREG

Las tiendas tuareg, expuestas al constante asedio del desierto del sur del Sahara, norte de Kenia, Somalia y Etiopia (ya que tenían camellos y rebaños en constante movimiento), usaban primordialmente cuero, madera, o metal, usando básicamente dos estilos de tiendas. La primera cubierta con pieles curtidas y la segunda cubierta por esteras de cestería. Ambas eran emplazadas por la mujer. Estas tiendas tenían tres metros de ancho por cinco metros de largo, dividido por uno o más mástiles en la mitad. (*"Arquitectura Textil", Transformar el espacio, P.11-12 .-Alejandro Bahamón*).



Tienda Tuareg. Fuente

[www.almendron.com/arte/culturas/tuareg/cap\\_04/imagenes/tiendas\\_esteras.jpg](http://www.almendron.com/arte/culturas/tuareg/cap_04/imagenes/tiendas_esteras.jpg).



Tienda Beduina

Fuente

<http://es.scribd.com/doc/44231231/TENSO-ESTRUCTURAS> pag.7

#### 14.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS TENSADAS TEXTILES.

##### BEDUINA

Las tiendas Beduina originarias en la Península Arábiga. Son tiendas de forma rectangular, estructura de mástiles de madera, tensores de cuerda y piedras que usan como cimentación, la forma como se ponen los tensores y piedras, son parte importante para que la tienda soporte los fuertes viento de la región. La tienda está cubierta por tejido de cuero de camello o cabra. Los laterales de la tienda pueden ser abiertos o simplemente cerrados herméticamente según el clima, para así evitar tormentas de arenas o frio. (*"Arquitectura Textil", Transformar el espacio, P. 27-28 -Alejandro Bahamón*)

##### YURTS KAZAJAS

Originario de pueblos de Asia y Oriente Próximo, procede de grandes migraciones mongolas y chinas. Los Yurts están adaptados para soportar muy bajas temperaturas siendo gran parte revestidas de fibras vegetales y lana, también usan revestimiento de piel animal, algunas veces usan bases de piedra, siempre en forma circular, cubiertos por una cubierta cónica, toda la estructura está hecha de madera y rodeada de aproximadamente 60 mástiles entrelazados. (*"Arquitectura Textil", Transformar el espacio, P. 60,61 -Alejandro Bahamón*).



Tienda Beduina. Fuente

[http://4.bp.blogspot.com/\\_DprVpqq4y7U/TPFSfGWWRO1/AAAAAAAAAUy/zU05TwdboI/s1600/viajes\\_jordania\\_wadi\\_beduino.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_DprVpqq4y7U/TPFSfGWWRO1/AAAAAAAAAUy/zU05TwdboI/s1600/viajes_jordania_wadi_beduino.jpg)



Tienda Yurts Kazajas. Fuente

[www.chinahighlights.com/image/travelguide/nationality/kazak-minority/archi.jpg](http://www.chinahighlights.com/image/travelguide/nationality/kazak-minority/archi.jpg)



Tienda Tipi. Fuente  
[http://1.bp.blogspot.com/\\_1cf5ZJFUseo/S6d-hRSGBcl/AAAAAAAACSo/L6P2aCYDn-Q/s320/ab.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_1cf5ZJFUseo/S6d-hRSGBcl/AAAAAAAACSo/L6P2aCYDn-Q/s320/ab.jpg)



Carpa de circo de "Chapiteau", Tenían 50m de diámetro, hechas de lino o lona de cáñamo tejidos a máquina. Sostenido cerca del centro de 4 mástiles, ubicados alrededor del anillo circense. La lona culega de ellos y están atirantados por cuerdas ancladas al suelo.

#### 14.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS TENSADAS TEXTILES.

##### TIPI

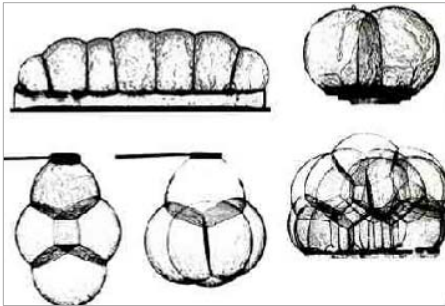
Las tiendas tipi de las tribus norteamericanas, estaban hechas para vivir en las praderas. De una estructura estable y fuerte, soportaba muy bien el viento gracias a su forma de cono asimétrico (inclinación hacia parte posterior en relación a la entrada). Tenía una abertura móvil en la parte superior que era abierta o cerrada a voluntad por los inquilinos, y que facilitaba la renovación de aire, luz, funcionaba como chimenea y era cerrada en caso de lluvias. Eran cubiertas por piel de búfalo tratada, y adaptadas con los años a algodón impermeable, todo esto estaba puesto sobre una armazón de palos de madera en forma cónica, puestos debidamente según la altura y el diámetro del tipi.

Otras estructuras que usaron este tipo de tensados, se puede encontrar el Velario Romano, el cual en principio era tela de vela puesto sobre el Coliseo Romano para dar sombra o simplemente resguardar a los locales de la lluvia mientras se llevaban a cabo los juegos. Estas lonas eran desplegadas por poleas las cuales se podían mover de forma independiente en base a 250 mástiles de madera que soportaban los cables.

Otro reconocido tipo de tienda o carpa usado, era la de los circos, los cuales levantaban grandes carpas con un mástil central, asegurado con mástiles alrededor formando una estructura circular, que era sujetado por tensores de cuerda y posteriormente metal.

De esta historia de culturas, muchos estudiosos de las formas intentaron plasmar de forma eficiente este tipo de estructuras a nuestro tiempo, teniendo poco resultado, tratando de adaptar y crear complejos cálculos de resistencias de materiales; sin embargo, después de la segunda guerra mundial hubo una persona que en sus estudios logró plasmar y adaptar estas manifestaciones en la arquitectura de hoy, Frei Otto.

Frei Otto es considerado el exponente más grande de las Estructuras tensadas hasta el día de hoy, pues sus estudios tanto de materiales como de distintas técnicas de planeamiento estructural, siendo el "primero en llevar lejos las soluciones geométricas simples a formas más complejas sin la limitación de los complicados métodos de cálculo." (TensoEstructuras P.13 - .Luis Alberto Marroquín Rivera).



Img.7 Frei Otto realiza estudio de los principios naturales de formas con películas de jabón. Fuente [www.pneumocell.com](http://www.pneumocell.com)



Tela de araña. Fuente <http://elherejagnostico.blogspot.com.es>

#### 14.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS TENSADAS TEXTILES.

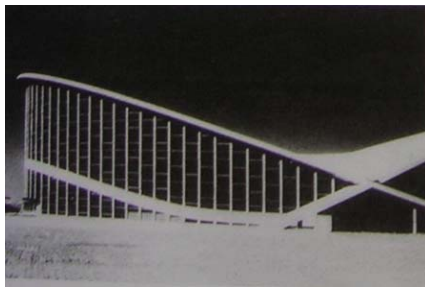
Esto lo realizó por medio del estudio de las formas de la naturaleza, partiendo desde los procesos de auto-formación de burbujas de jabón, la cual le ayudó a dilucidar el porqué y como se podía dar forma a algo irregular y de qué manera se podían tensionar y a la vez sostener diferentes estructuras con distintos materiales, formas y de esta manera adaptarla según tendría una superficie mínima, que era el concepto que le interesaba a Otto, de esta forma sumergía, el marco en el de agua jabonosa y al retirarlo la burbuja tomaría la forma que implicase menor superficie; pues los modelos basados en la naturaleza permiten obtener automáticamente esfuerzos mínimos y uniformes, junto con este estudio, observó la configuración de cristales, plantas microscópicas y sistemas de ramificación en árboles. Estos derivan de sus estudios en los cuales observa que los diseños en la naturaleza son muy eficientes, con muy poco uso energético y material como producto de miles de años de evolución. (<http://issuu.com/arquitectomujica/docs/tensoestructuras> P.12-15).

De estos estudios, Otto realizó importantes trabajos utilizándolas propiedades de tracción de ciertos materiales como por ejemplo el acero, como también el uso de PVC, fibra de vidrio, poliuretano poliéster, mezclas entre algodón y poliéster, paneles acrílicos. También realizó junto a Ted Happold mallas pretensadas basándose en telas de araña. ([http://www.fceia.unr.edu.ar/darquitectonico/darquitectonico/data/pdf/fceia.monografia.frei\\_otto\\_2.pdf](http://www.fceia.unr.edu.ar/darquitectonico/darquitectonico/data/pdf/fceia.monografia.frei_otto_2.pdf) P.5).

Posteriormente en los años '60 funda el Instituto para Estructuras Ligeras, como parte de la Universidad de Alemania. El cual ha hecho importantes e innovadores aportes, formando con su trabajo, una generación de nuevos ingenieros y arquitectos que representaron el futuro de las estructuras ligeras, eficientes y adaptables ( "TensoEstructuras" P. 14-15). Luis Alberto Marroquín Rivera).



Estadio Olímpico de Munich



Arena de Carolina del Norte, E.U.A.

*El perímetro del arco actúa conjuntamente para "contener" los esfuerzos procedentes de la malla de cables.*

*Y a la vez, la configuración de los arcos permite formar una superficie con doble curvatura de tipo "anticlástico".*

#### 14.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS TENSADAS TEXTILES.

Primera Cubierta con red de Cables, proyectada por Frei Otto y Rolf Gutbrod, fue el Pabellón Alemán para la Expo de Montreal de 1967. Representó un punto de partida radical tanto como arquitectónica como estructuralmente.

De planta de forma libre. La red se colgó de mástiles inteligentemente interceptada y transportada por cables de lazo que estaban en la superficie de la red. 10.000m de Tela de poliéster recubierta de PVC, suspendida de la red de cables y tensada para formar la red de cerramiento.

Su método de diseño se basó en un trabajo de exploración con una secuencia de maquetas cada vez más refinadas y exactas.

Como el comportamiento de las estructuras superficiales está ampliamente condicionado por su GEOMETRÍA. Este enfoque permitió combinar:

- expectativa arquitectónica,
- Lógica estructural y
- Método de edificación.
- (Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas.
- Editorial Munillaleira Ediciones año 2009)



Pabellón Alemán en Expo Montreal

Y el trabajo que le significó el triunfo de sus estudios, fue la realización del Pabellón de la República Federal Alemana para la Expo '67 en Montreal, Canadá. Otro trabajo reconocido fue el Estadio Olímpico de Munich (1972).

Otros trabajos importantes fueron en 1952 el J.S. Dorton Arena, realizado por los arquitectos M. Nowicki y el ingeniero Fred Severud; que fue una de las primeras cubiertas de cable, pues el techo se encuentra suspendido entre dos arcos parabólicos de hormigón armado entrecruzados entre ellos. La red de cable está formada por 47 cables en suspensión que soportan el techo. (fuente. <http://es.scribd.com/doc/44231231/TENSO-ESTRUCTURAS> P. 10.)

Se ha seguido aportando al conocimiento e ideas de las estructuras tensadas, con la ayuda de nuevos arquitectos e ingenieros, que siguen investigando nuevas formas, materiales más eficaces y eficientes, menos uso de recursos y espacio, realizando estructuras capaces de adaptarse al entorno de forma práctica e inteligente.

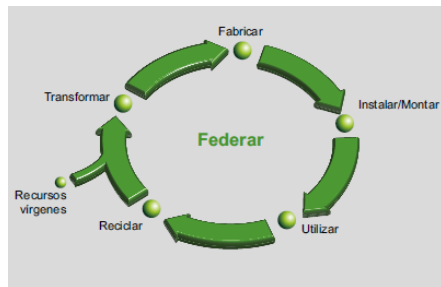


14.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS TENSADAS TEXTILES.

ESTRUCTURAS TENSADAS



Localización de proyectos de Estructuras Tensadas en el mundo, registradas en la base de datos de ProjeFinder.



## 14.2. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

### ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

Más comúnmente llamado, Balance Ambiental, es una herramienta de diseño que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia (extracción, producción, distribución, uso y desecho).

El análisis del ciclo de vida (ACV), también llamado evaluación del ciclo de vida (ECV), es una metodología empleada en el estudio del ciclo de vida de un producto y de su proceso de producción. Con el auge del eco-diseño, este enfoque ha ido integrando con más frecuencia diferentes criterios y parámetros de evaluación del impacto ambiental.

El análisis del ciclo de vida (ACV) es una herramienta que se usa para evaluar el impacto potencial sobre el ambiente de un producto, proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua) y emisiones ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando.

El Análisis del ciclo de vida de un producto típico tiene en cuenta el suministro de las materias primas necesarias para fabricarlo, transporte de materias primas, la fabricación de intermedios y, por último, el propio producto, incluyendo envase, la utilización del producto y los residuos generados por su uso.

A

### ARRUGA

Ondulación o pliegue en una superficie de membrana. La arruga puede ocurrir cuando no se completa la deformación por tracción biaxial durante la instalación, o posteriormente a consecuencia de la relajación del tejido.

Wikipedia. Análisis de Ciclo de Vida. [http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_ciclo\\_de\\_vida](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_ciclo_de_vida) / Fecha consulta 11.07.12

Rainer Blum, Heidrun BÖgner, Guy Némoz. Capítulo 9. Propiedades de los Materiales y Ensayos. Brian Foster – Marijke Mollaert.

1. Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 317-326

B

**BARRA**

Componente estructural lineal capaz de resistir tanto fuerzas de tracción como compresión.

**BIAXIAL**

Comportamiento elástico de las membranas superficiales. Las tensiones en dos direcciones de las membranas se miden mediante ensayos biaxiales del material. En ciertos casos se realizan ensayos uniaxiales.

**BOLSA O EMBOLSAMIENTO**

Defecto provocado por la nieve, la lluvia o cargas combinadas, que causan la formación progresiva de una depresión en un área de las membranas superficiales. Son susceptibles de este problema las áreas horizontales planas.

C

**CABLE**

Componente tensado flexible generalmente hecho de cordón reforzado.

**COEFICIENTE DE PRESIÓN**

Coficiente que indica la presión de la carga del viento según la forma de la estructura y el medio ambiente local. Se puede obtener del ensayo en el túnel de viento pero a menudo se consigue a partir de la experiencia y de los datos publicados.

---

1. Rainer Blum, Heidrun Bögner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 317-326.

D

### COMPRESIÓN

Fuerza que acorta un elemento estructural. Según el contexto, el término “compresivo” puede significar que aporta compresión o bien que es capaz de absorber compresión.

### CONDENSACIÓN

Proceso en el cual se produce el cambio de estado de la materia que se encuentra en estado gaseoso y pasa a estado líquido. Este proceso es opuesto al de vaporización.

### CONVECCIÓN SUPERFICIAL

Proceso por que el flujo de calor se intercambia entre una superficie y la capa de aire adyacente.

### DEFORMACIÓN

Proporción del alargamiento de un elemento estructural sometido a tracción, con respecto a la longitud sin tensar.

### DOBLE CURVATURA

Superficies generadas por el movimiento de una generatriz curva, estas superficies no tienen línea recta. Son superficies generadas por la rotación de una curva cónica alrededor de uno de sus ejes. Las formas que se pueden generar son esfera, elipsoide, paraboloides y hiperboloides.

E

### EQUILIBRIO DE FUERZAS

Estado de un modelo estructural en el que la suma de las fuerzas interiores y exteriores en acción para todos los grados de libertad de la malla, es cero.

### ESTRUCTURA DE MEMBRANA

Tipo de estructura que utiliza componentes de membrana tensados biaxialmente.

---

1. Rainer Blum, Heidrun Bögner, Guy Némóz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 317-326.

T

**TENSIÓN**

Es la fuerza por unidad de área. Debido a la compleja naturaleza no uniforme de los materiales textiles revestidos que se utilizan en la arquitectura tensada, las tensiones textiles se expresan generalmente como fuerza por unidad de anchura.

**TEJIDO**

Material superficial fabricado con hilos. La mayoría de las estructuras ligeras están protegidas, pero existen unas que no lo están.

**TEXTIL**

Material de fibras tejidas de hilos con orientación ortotrópica.

**TRAMA**

Los hilos de entramado en dirección perpendicular a la de la urdimbre.

**TRANSPARENCIA**

Porcentaje de luz difusa que puede pasar a través de un material.

S

**SUPERFICIES ANTICLÁSTICAS**

Es una membrana pretensada mecánicamente, la suma de todos los radios de la curvatura (positivos o negativos) dan 0. Si son superficies mínimas, se requiere una mínima cantidad de material. Localmente tienen forma de silla de montar.

**SUPERFICIES SINCLÁSTICAS**

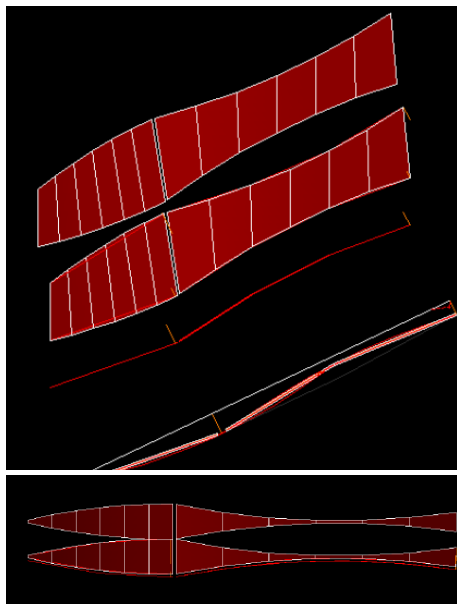
Llamadas sinclásticas o esféricas de doble curvatura, tensadas y estabilizadas por presión neumática o hidráulica que actúa en perpendicular a la superficie de las membranas. Este tipo incluye las estructuras neumáticas y las hinchables.

1. Rainer Blum, Heidrun Bögner, Guy Némoz. Capítulo 9. *Propiedades de los Materiales y Ensayos*. Brian Foster – Marijke Mollaert. *Arquitectura Textil, Guía Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales Tensadas*. Editorial Munillaleira Ediciones (año 2009). P 317-326.

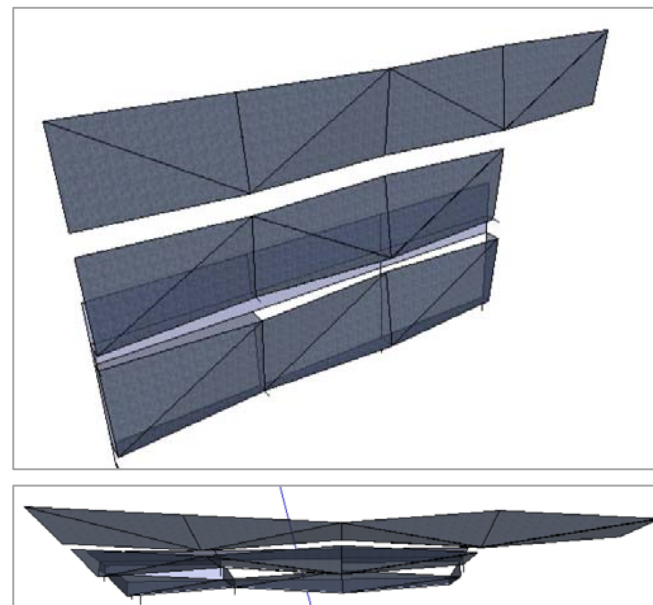
### 14.3. ESTUDIO DE FORMAS PARA LA PROPUESTA

Antes de la propuesta final, se realizaron varias formas probando diversas soluciones, en las cuales, todas conservan la planta en forma de zig-zag. Cada una de estas propuestas son formas tridimensionales. La forma de cada módulo, en su conjunto, permite la circulación del viento por la zona inferior y superior, a diferencia del proyecto propuesto que se acerca más a la tipología de una fachada ventilada.

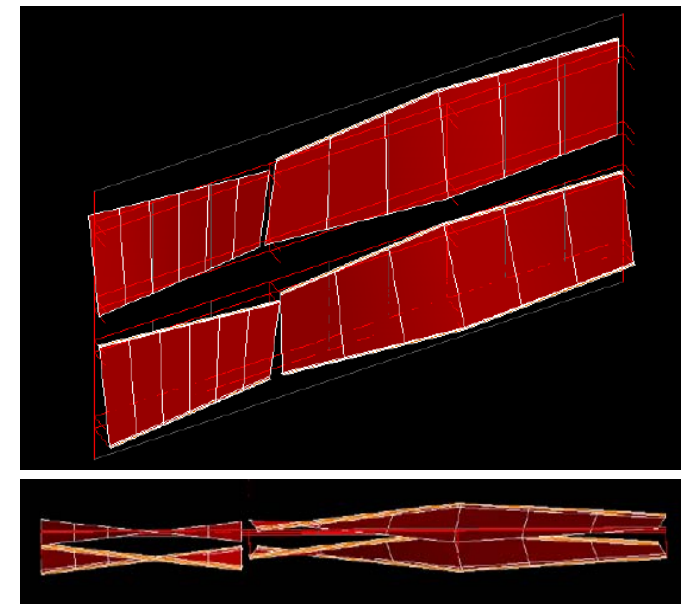
Estas fueron las siguientes:



Módulo compuesto por un panel y una membrana de doble curvatura.



Módulo compuesto por módulos triangulares, formando en planta dos direcciones.



Módulo compuesto por un panel que forma una doble curvatura generado por planos rectos.