

## Membrane structures, an architectural approach

### Guillermo Carella

Senior Architect  
CIDELSA  
Pedro Miota 910, LIMA29, Perú  
Email: [gcarella@cidelsa.com](mailto:gcarella@cidelsa.com) Blog: [www.tensilestructures.blogspot.com](http://www.tensilestructures.blogspot.com)

#### Abstract

Tensile structures are becoming more present in today's architecture; architects introduce in their proposals the idea of sustainable lightweight roofs in all kind of buildings. In order to have a better result, the membrane design must be considered from the beginning of the process with the other components of the building, so the membranes are no longer a foreign element, instead, a material that highlights the architecture. I think there are four basic concepts that we have to consider and manage properly in order to help us to develop a good project; to geometrize the idea, the structural configuration, the modulation and the symbiosis between the components of the project.

Since I began to develop proposals I wanted to differentiate my designs to the already built; knowledge about structures, teaching and developing scale models allowed me to express in a better way the intention of each design. It's important for me the idea of communicate the cover into the environment and transcending the meaning of the structure to the concrete bases and other components of the project, always with a careful management of proportion. Through this paper I want to share my personal opinion about membrane architectural design and how it has evolved over time during my experience.

**Keywords:** tensile structures, architecture, membrane morphology, conceptual design.

#### 1. Introducción

El uso de tensoestructuras, como bien sabemos, se ha extendido alrededor del mundo y se aplica a través de sus distintas tipologías en diversos espacios, desde grandes estadios (Fig.01) hasta pequeñas terrazas (Fig.02).

En Latinoamérica el uso de membranas tensadas era poco común hace no más de diez años, pero desde entonces se ha hecho muy popular por iniciativa de empresas privadas y profesionales interesados en promover esta tecnología y hoy en día arquitectos, ingenieros y consultoras las están incluyendo en sus propuestas.



Fig.01 Estadio Nacional de Lima, Perú. (CIDELSA)



Fig.02 Playa Cocola, Lima, Perú..(CIDELSA)

En mi experiencia este sistema se hizo camino interviniendo espacios ya construidos y con áreas que requerían de protección complementaria, bajo estas condiciones debíamos encontrar la manera de integrar la cubierta a la arquitectura existente (Fig.03) o contrastarla absolutamente (Fig. 04). Pasado el tiempo y ya siendo probada la aplicación del sistema es que recién profesionales se aventuraron a proponerlas en construcciones nuevas y de ese modo se generaron propuestas mucho más interesantes y las tensoestructuras pasaron de ser un elemento adherido a ser parte de una propuesta integral dándole un valor agregado al proyecto. En el caso de cubiertas aisladas es importante que se maneje con cuidado el impacto que la cubierta generara en el entorno inmediato y del mismo modo buscar que el objeto de diseño trascienda su significado.



Fig.03 Colegio Alicante del Sol, Chile (CIDELSA)



Fig.04 Mall Paseo Quilín, Chile (CIDELSA)

## 2. Diseño

La arquitectura, como cualquier otra expresión artística, está en la búsqueda constante de provocar nuevas sensaciones al usuario, considero que esta es una de las principales razones por las que este sistema ha tenido acogida últimamente y debido a que es algo relativamente nuevo en nuestro medio y en la tarea de buscar lo nuevo y diferente los arquitectos somos los responsables directos de la forma y el espacio resultante.

A mi parecer son cuatro los criterios básicos que debemos dominar para poder generar la forma y que el proyecto tenga éxito; la "geometrización" de la idea, la configuración estructural, la modulación y la simbiosis entre sus componentes y entorno.

Son tres las formas básicas para el diseño de superficies tensadas anticlásticas. Así como para el color existe el amarillo, el rojo y el azul y de estos se originan los demás, en nuestro caso a partir de tres superficies de doble curvatura; el paraboloides hiperbólico (Fig.05), el cono (Fig.06) y la silla de montar (Fig.07), podemos generar un sinnúmero de variables formales.



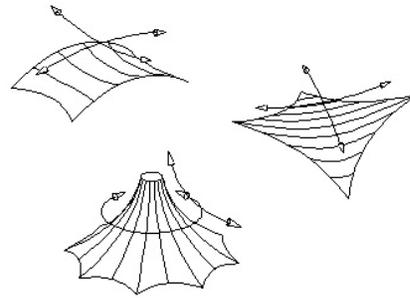
Fig.05 Caminos del Inca Lima, Perú (CIDELSA)



Fig.06 Stand EXCON Lima, Perú (CIDELSA)



Fig.07 Metro de Santiago de Chile (CIDEPSA)



Existen varios métodos que nos ayudan a encontrar la forma adecuada para cada proyecto; desde la burbuja de jabón en perfecto estado de equilibrio (Fig.09), software especializado (Fig.10) y hasta los modelos a escala en membranas elásticas (Fig.11), sin embargo más allá de las herramientas, lo más importante es saber qué es lo que queremos transmitir con la forma y que tipo de espacio se generara a partir de ella. Un factor determinante antes de empezar a diseñar es el reconocimiento del lugar en el que se ubicara el proyecto y el requerimiento funcional del espacio que envolveremos, la correcta interpretación de ambos nos ayudara a definir el punto de partida de la propuesta.

En esta primera etapa, la gestión de la proporción toma un papel muy importante y está estrechamente ligada a la escala del proyecto (Fig.12). Debemos darnos el tiempo de trabajar con cuidado en el diseño de los componentes del objeto, la modulación de sus partes, la definición de su perímetro, el manejo de la iluminación y finalmente los acabados, el dimensionamiento de la estructura, las bases y terminaciones, los cuales van más allá de lo estético y jugarán un papel muy importante en el funcionamiento de la membrana.

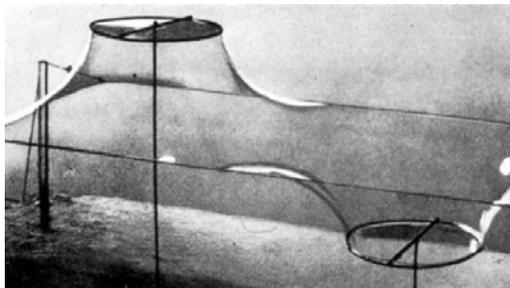


Fig.09 Modelo con película de jabón (Frei Otto)

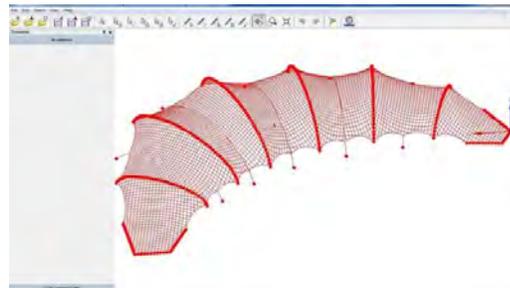


Fig.10 Formfinding software (Easy Technet)



Fig.11 Modelo a escala en licra (CIDELSA)

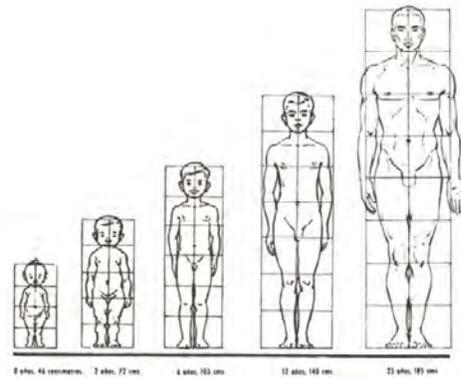


Fig.12 ejemplo de escala y proporción

### 2.1. Geometrización (realización)

En arquitectura se entiende por "geometrización" el uso de la geometría y la tecnología como herramientas para plasmar una idea, una imagen abstracta y/o un boceto en un objeto físico o virtual y posteriormente poder elaborar planos con el fin de poder construir. Este procedimiento no excluye al diseño con membranas, es por el contrario, fundamental. Podemos comenzar con un boceto y/o una maqueta y a partir de esta preparar un modelo virtual, ya tomando en cuenta las dimensiones precisas del espacio y función del ambiente (Fig.13). Como en todo proceso de diseño este va evolucionando a partir de que nos comenzamos a acercar al detalle, y esta es una ventaja que nos brinda el trabajo en 3D, con este definimos la geometría precisa de los bordes que contienen la membrana, las bases de concreto armado, el entorno e inclusive empezar a trabajar en el diseño de los detalles y conexiones. Asimismo nos permite calcular la estructura y hacer la presentación al cliente.

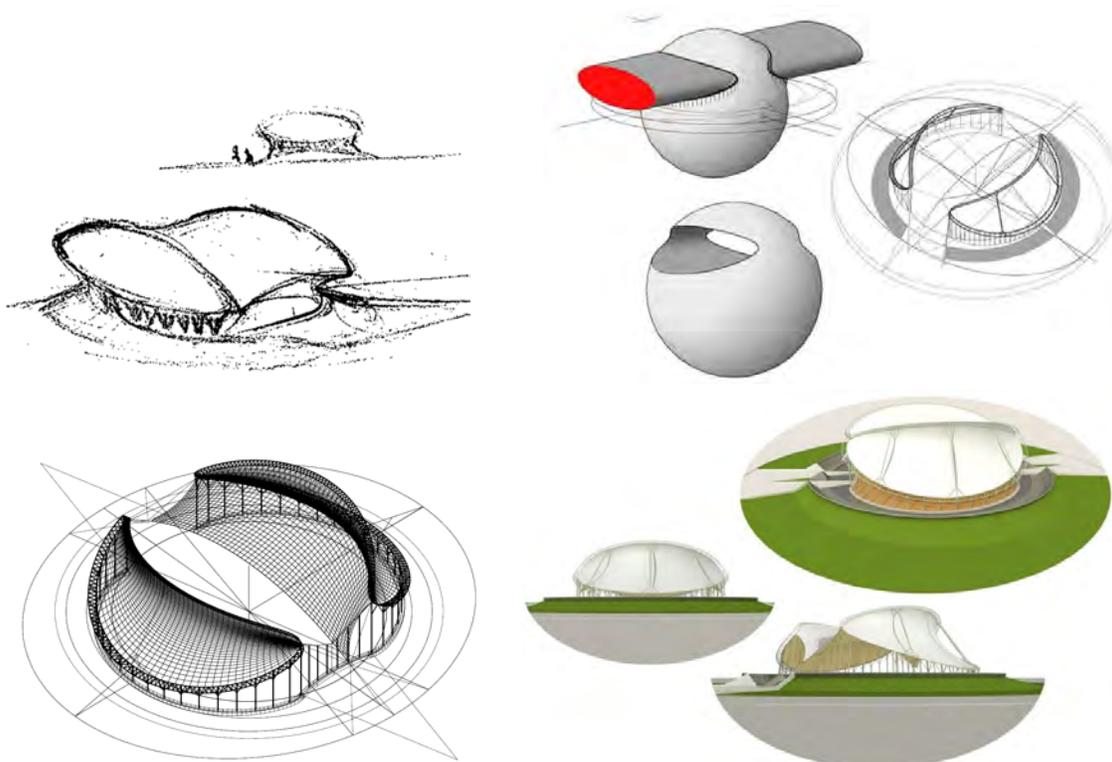


Fig.13 Proceso de geometrización; salón de usos múltiples. Buenos Aires, Argentina. (CIDELSA)

## 2.2. Configuración estructural (estabilidad)

El conocimiento y el manejo de criterios estructurales (Fig.14) no solo atañe a los ingenieros, sino también es de suma importancia para los arquitectos o diseñadores que decidan crear una tensoestructura. Una buena base teórica es fundamental en la toma de partida, mas allá de tener en claro los principios de la doble curvatura, es necesario entender el comportamiento de la estructura que soportara la membrana, saber que elementos estarán sometidos a la compresión y cuales a la tensión y que sumados colaboren en la obtención de un objeto estable. Tener esto en mente nos permitirá diseñar libremente, tanto membrana como estructura, con la tranquilidad de que más adelante no sea necesario agregar elementos estructurales no previstos y que pudiesen romper con la armonía del concepto arquitectónico.

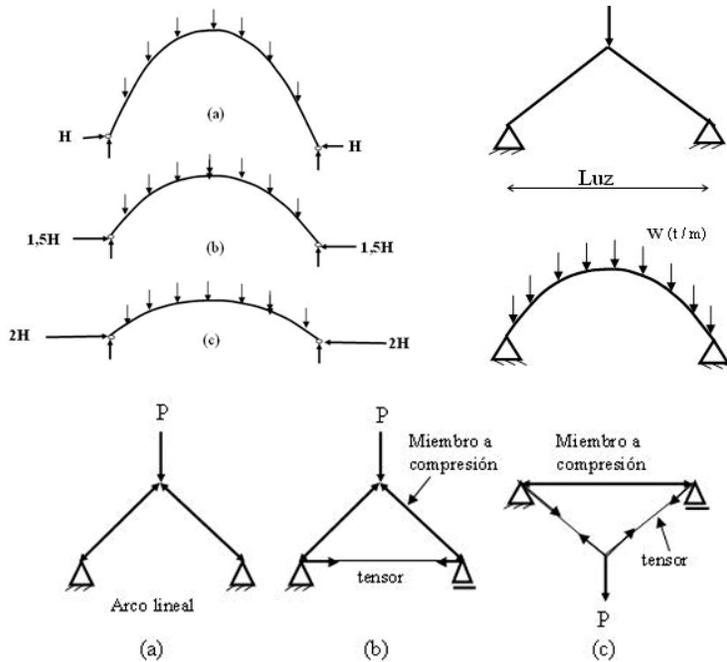


Fig.14 Conceptos básicos de estructuras

Las tensoestructuras a diferencia de otros sistemas se presentan como un objeto transparente, no ocultan su significado, ni su comportamiento estructural y en consecuencia debemos tener cuidado al colocar elementos de más o en el lugar equivocado, sin embargo también dependerá de lo que el arquitecto o diseñador haya conceptualizado y pretenda transmitir con el diseño.

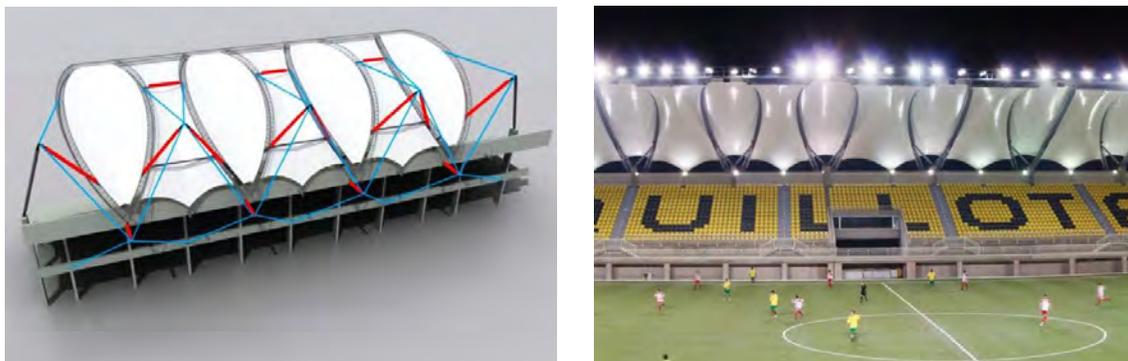


Fig.15 Optimización estructural; Estadio Lucio Fariña Fernández. Quillota, Chile. (CIDELSA)

### 2.3. Modulaci3n (repetici3n, patr3n, secuencia)

En arquitectura, dise1o y arte en general, la repetici3n es un recurso que se utiliza constantemente, la creaci3n de un patr3n o fractal da un sentido de armon3a y ritmo al objeto (Fig.16). El patr3n puede ser el mismo (Fig.17) o a trav3s de variables geom3tricas podemos hacer m3s complejo el dise1o del conjunto, por ejemplo las variaciones pueden ser dadas por el cambio de su tama1o, por rotaci3n o tambi3n con el uso del color o transparencias (Fig.18, 19). La modulaci3n debe ser coherente y manejada con l3gica, sobre todo en proyectos de gran escala, esto debe reflejarse en la estructura y tambi3n en el dise1o de la membrana, con el fin de que el desarrollo del proyecto y la fabricaci3n se lleven a cabo de una manera controlada y eficaz en la optimizaci3n de los recursos.

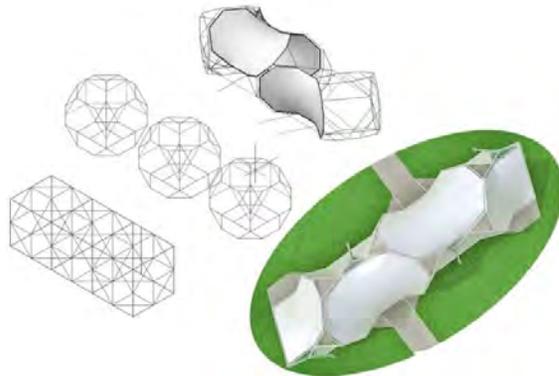


Fig.16 Museo de Ciencias. Argentina. (CIDELSA)

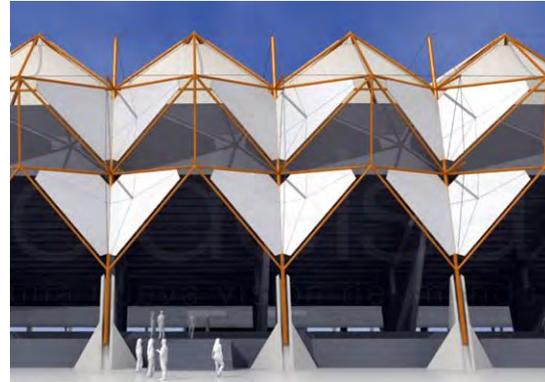


Fig.17 Estadio Concepci3n, Chile. (CIDELSA)

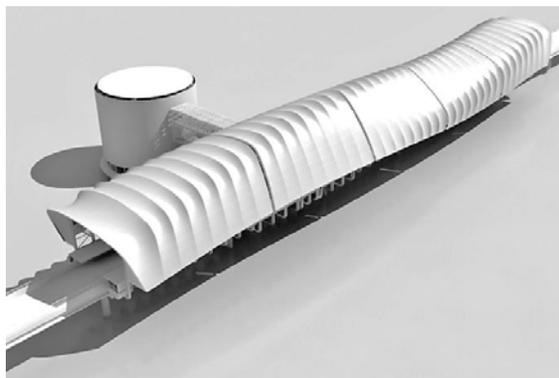


Fig.18 Estaci3n de Metro. Chile (CIDELSA)



Fig.19 Estadio Guadalajara. M3xico (CIDELSA)

### 2.4. Simbiosis (materiales y espacio)

Podr3amos definir simbiosis en arquitectura como la relaci3n estrecha y colaborativa entre los distintos componentes del proyecto. Las tensoestructuras se componen b3sicamente por dos elementos; la membrana y la estructura de soporte. Los esfuerzos inherentes entre ellos, tensi3n y compresi3n, son el motivo de esta primera relaci3n simbi3tica interna. Existe tambi3n otra relaci3n, ahora subjetiva, entre la tensoestructura y su entorno, como se relaciona con el espacio a cubrir, con el edificio cercano y con el usuario. (Fig.20, 21,22)

Desde el punto de vista interno, es com3n asociar la estructura de soporte con estructuras met3licas, entre muchas de sus ventajas, principalmente debido a que estas tienen la particularidad de ser las m3s livianas y esta cualidad va de la mano con el precio de la cubierta. Sin embargo tambi3n el uso de otros materiales en comuni3n con la membrana abre un mundo posibilidades. Existen estructuras mixtas de madera laminada, bamb3 (Fig.23), metal y concreto armado, que asociadas a superficies de membranas tensadas, permiten generar una expresi3n distinta, m3s compleja y con mayores posibilidades para el proyecto.



Fig.20 Colegio Alicante del Sol, Chile. (CIDELSA)



Fig.21 Museo de Lima, Perú (CIDELSA)



Fig.22 Intermodal Metro de Santiago (CIDELSA)



Fig.23 Casa de campo, Lima, Perú. (CIDELSA)

#### 4. Conclusión

Desde el punto de vista arquitectónico tenemos que reconocer que son alrededor de cincuenta años, a partir de Frei Otto, diseñándose las que llamare tensoestructuras modernas y si bien es cierto que se siguen fabricando los diseños clásicos, debería ser una constante la búsqueda de nuevas formas y el desarrollo de nuevos detalles constructivos. La evolución tecnológica juega un papel importante en el desarrollo de nuevos diseños. El uso de software facilita la construcción de ideas más osadas y la creación de nuevos materiales, la ejecución de las mismas.

Si los arquitectos y diseñadores de tensoestructuras dejamos de innovar, el sistema dejara de ser atractivo y probablemente se estanque y quede restringido a ciertas aplicaciones solo por su economía y no por ser la mejor opción. Como diseñadores esperamos que el sistema, por el contrario, cada vez se quiera usar más y en todo tipo de espacio. Solo innovando, de la mano de nuevas visiones y adaptándose a las expectativas de las nuevas generaciones, las tensoestructuras se harán un espacio en la arquitectura futura.