

# TENSOESTRUCTURAS...NO ES UN PRODUCTO, ES UNA TECNOLOGÍA

Dipl. Ing. Andreas Bunge

Arquitecto

Master of Engineering in Membrane Structures

Representante en Guatemala de IMS - Institute for Membrane and Shell Technologies  
(Bobingen, Alemania)

“If you think it's expensive to hire a professional to do the job, wait until you hire an amateur.”- Red Adair

## Introducción

La creciente popularidad de las tensoestructuras en Latinoamérica presenta un creciente riesgo en el mercado de las membranas tensadas por la incursión de empresas de tolderos y profesionales de la construcción sin conocimientos en el ramo de las tensoestructuras. En este trabajo se presentarán los dos grupos de riesgo y muestras de lo que estos presentan a los clientes que, por haber contratado a no-profesionales del ramo, aceptan estos trabajos como el ejemplo de una tensoestructura o membrana arquitectónica.

## Grupos de riesgo

### Los tolderos

El primer grupo está representado por los llamados carperos o tolderos. Este grupo tiene los recursos –maquinaria e instalaciones- para producir carpas y cubiertas similares de grandes dimensiones y por ende se cree en condiciones de producir membranas tensadas sin tener las bases para su diseño y cálculo. El precio no es necesariamente el factor determinante para la contratación de estas empresas, pues los precios de las membranas ofrecidas no son sustancialmente más baratas que las de empresas especializadas si no que muchas de estas empresas han estado en el mercado por largo tiempo produciendo carpas y son una marca establecida en el mercado donde se desenvuelven.

Al aplicar las tecnologías de producción de toldos a una tensoestructura aparecen las limitaciones de estas empresas. Están en condiciones de producir grandes lonas que al ser instaladas muestran sus deficiencias. Estas van desde simples arrugas en la superficie con sistemas estructurales no adecuados hasta instalaciones deficientes sin los cálculos y las tensiones apropiadas con las consecuencias de acumulaciones de agua -empozamientos- y/o sometimiento a deterioro por inclemencias del tiempo como vientos y lluvias hasta su total colapso.

Adicionando a la mala imagen causada por la pobre ejecución de algunas membranas se suma la deficiencia de planificación y conocimiento al instalar donde se improvisan conexiones y se tensa la membrana en todas direcciones para eliminar las arrugas.



**Fig. 1 Membrana de reciente instalación- nótese las arrugas y la estructura**

En casos extremos no solamente se le da a al cliente una instalación con defectos estéticos si no se le está haciendo recibir un trabajo deplorable con detalles inaceptables.



**Fig. 2 Cubierta con deficiencias en la forma y ejecución**



**Fig. 3 Vista interior con áreas donde se acumula el agua**

La deficiencia en el diseño no siempre lo ve el cliente pero lo que si ve es cuando las los detalles están ejecutadas con total falta de sentido estético o algunos casos son el producto de una improvisación desesperada para tensar algo que es imposible de lograr.

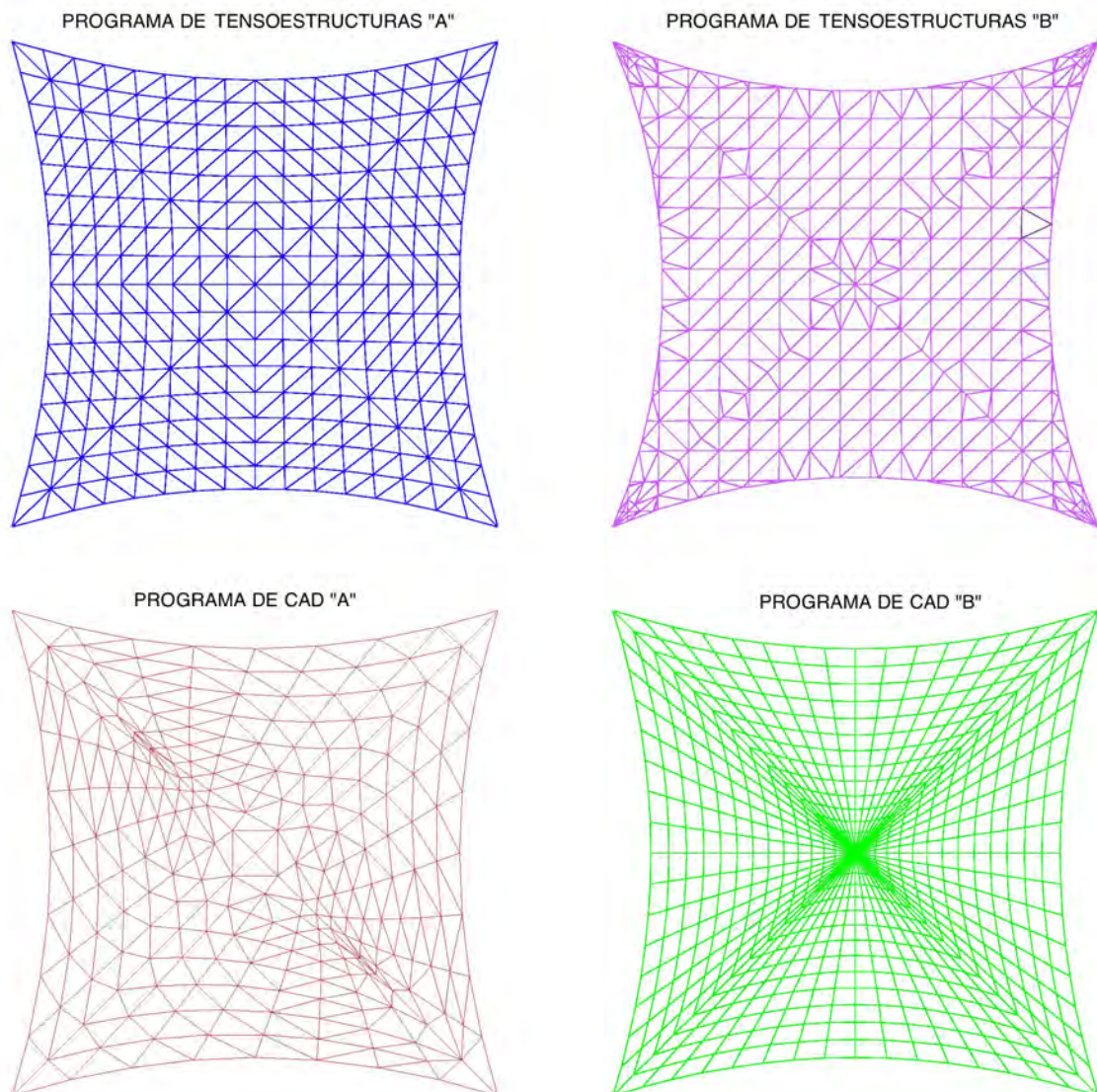


**Fig. 4 ¿y el cliente acepta esto?**

## Los profesionales de la construcción

El segundo grupo presenta un riesgo más difícil de identificar por tratarse de profesionales de la construcción, que haciendo uso de software inadecuado –no creado para diseñar y/o calcular tensoestructuras–, hacen supuestos diseños de membranas que al ser ejecutados revelan sus problemas. Por ejemplo es posible en Rhino, VectorWorks y programas de CAD similares crear superficies entre curvas que son interpolaciones geométricas que no tienen ningún tipo de pretensión y no pueden ser relajadas o tensionadas dentro del software.

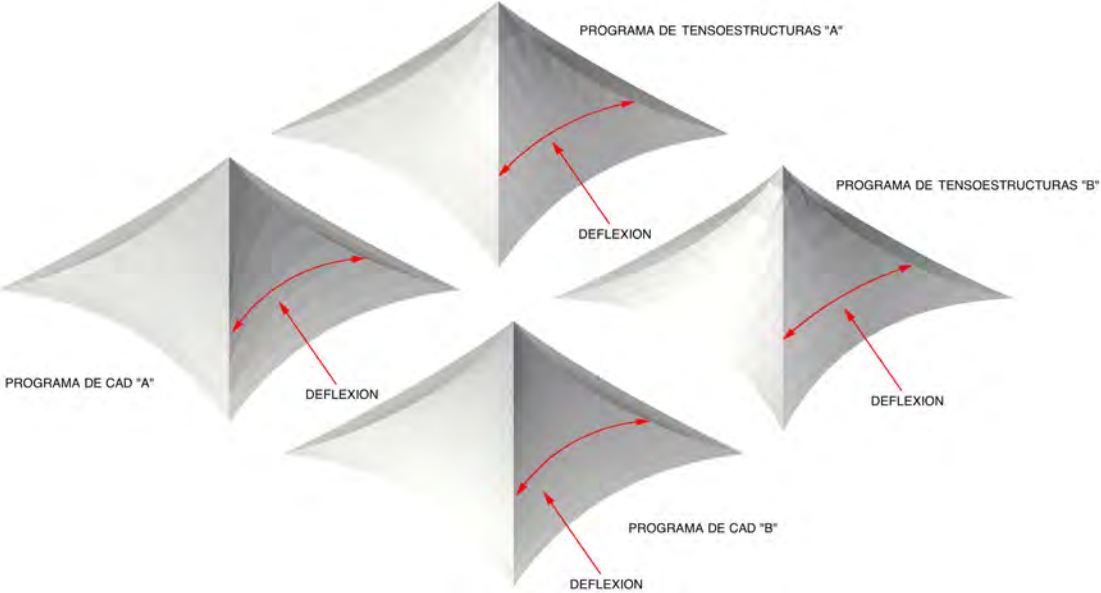
A continuación se mostrará en base de un ejemplo sencillo las diferencias fundamentales entre modelos creados con software especializado para membranas y programas de CAD de uso común. El modelo que se elaboró es un conoide de 4.00 m de alto sobre una base cuadrada de 4.00 x 4.00 m. Se elaboraron dos modelos con software de membranas y dos modelos con programas de CAD. Para replicar lo más posible las formas, para los programas de CAD se utilizaron los bordes y aristas resultantes de uno de los modelos elaborados con software de membranas. En el caso de los programas de CAD esto significa que los bordes son curvas arbitrarias definidas por el usuario.



**Fig. 5 Vista en planta de los cuatro modelos**

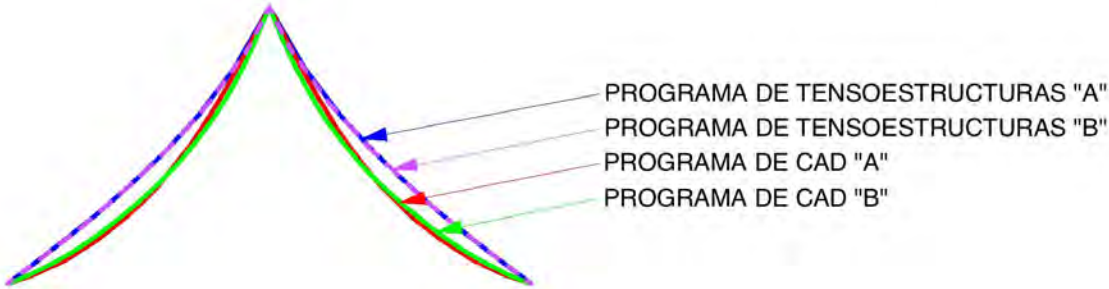
En planta los cuatro modelos se presentan similares. Sobre todo porque se utilizó los bordes creados en uno de los programas de membranas como base para crear los modelos en los programas de CAD.

Al observar los modelos desarrollados en una vista isométrica se nota que los dos modelos creados con los programas de CAD tienen una mayor deflexión (superficies menos tensadas) que los modelos de software de membranas.



**Fig. 6 Vista isométrica de los cuatro modelos**

La diferencia es mas notoria cuando se comparan las secciones.

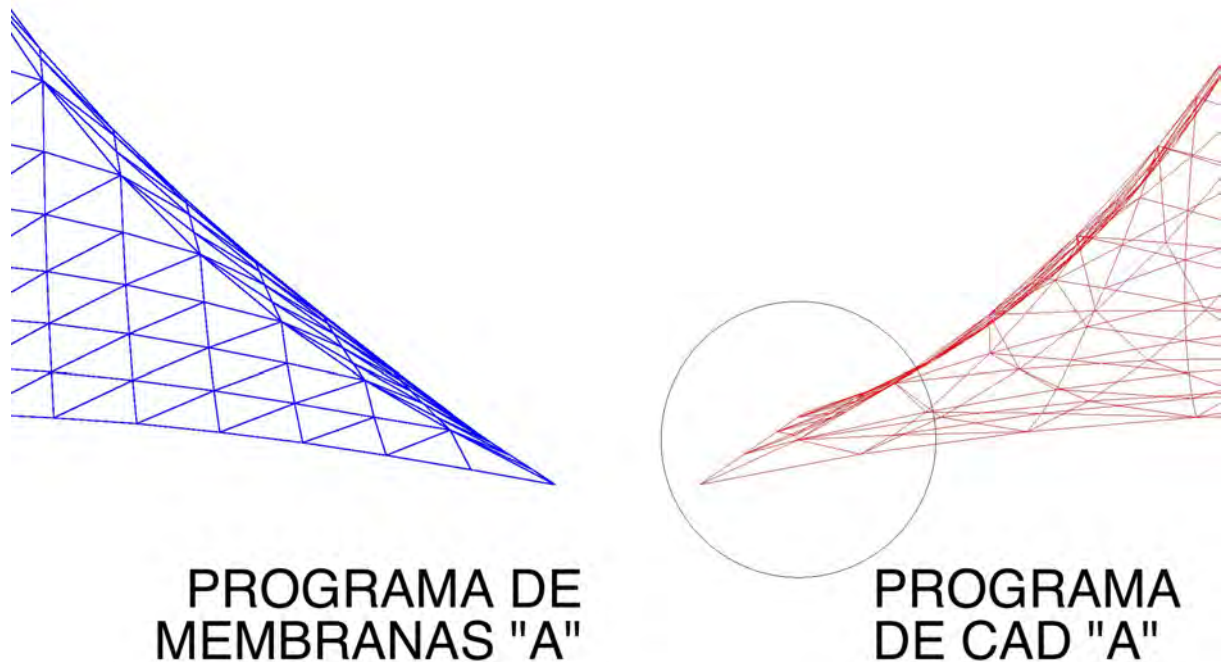


**Fig. 7 Secciones sobrepuestas de los cuatro modelos**

Ambos programas de membranas desarrollan la superficie basados en el “force density method” y como se observa en las secciones llegan al mismo resultado habiendo partido de los mismos parámetros de pretensión en los bordes (boundaries) y retícula (mesh). Los valores utilizados para la creación de los modelos con programas de CAD son en realidad curvas previamente establecidas por el usuario que básicamente son un elemento arbitrario que no está basado en ningún tipo de cálculo. Las resultantes de los programas de CAD

son muy similares porque ambos lo que crean es una superficie a partir de una interpolación geométrica entre las curvas predeterminadas. A diferencia de los modelos creados por los programas de membranas los resultados de los programas de CAD son estáticos. La deflexión de la superficie no puede ser variada como en el caso de los programas de membranas donde se puede cambiar la pretensión de la retícula para relajar o tensar la superficie que a su vez cambia los bordes.

Los modelos creados por los programas de membranas crean una superficie que está en equilibrio basada en una relación entre los bordes (y sus tensiones) y la retícula (y sus tensiones). Los modelos de los programas de CAD solamente conectan a través de una superficie las curvas de los bordes. Si la combinación de curvas seleccionadas no es la correcta el resultado no corresponde a una superficie en equilibrio.



**Fig. 8 Comparación en detalle de dos modelos**

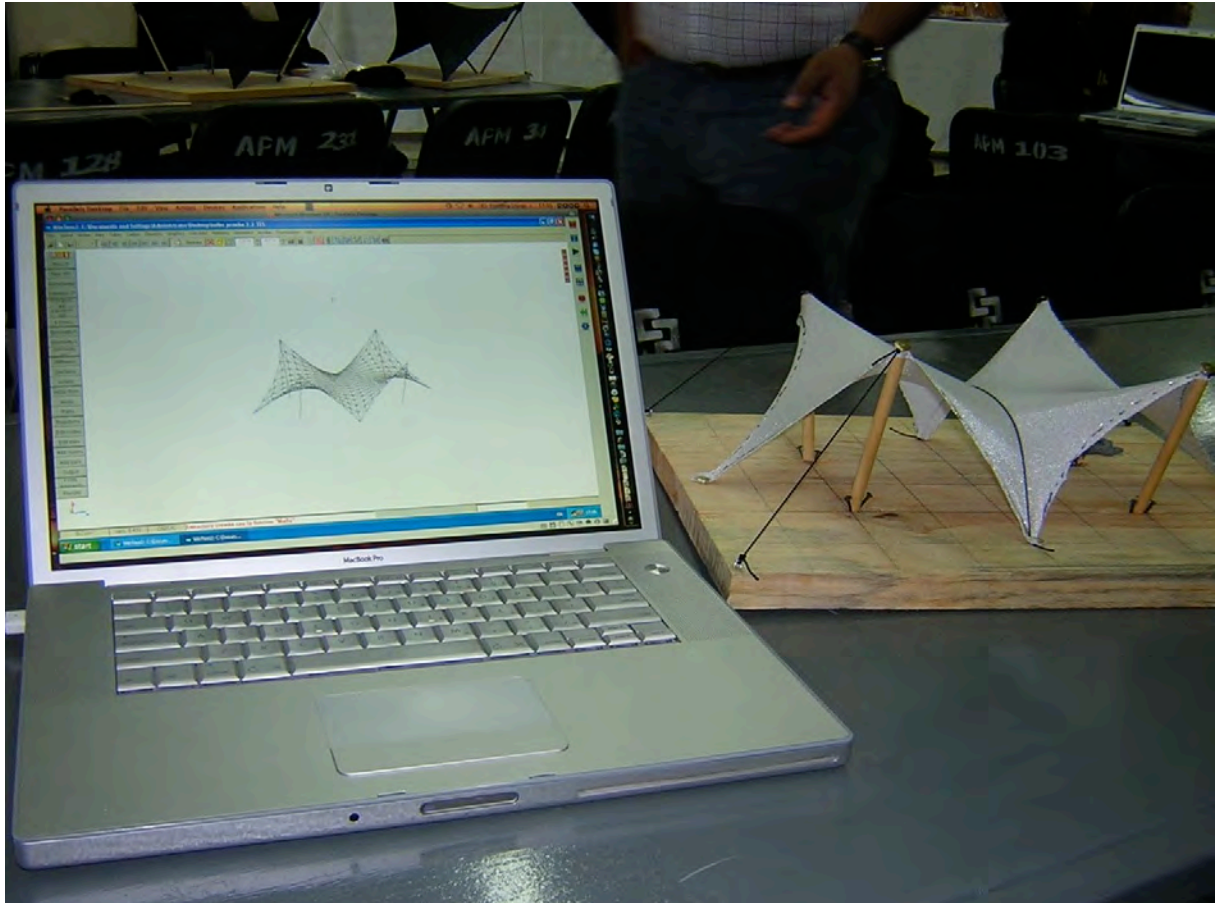
Como se puede observar en la comparación de los bordes de los modelos, el modelo creado por el programa de CAD presenta una deformación en la superficie porque la curvatura del borde no corresponde a la curvatura desarrollada geoméricamente de la superficie. Esto se traduce en problemas de tensión de la superficie al realizarse proyecto formando arrugas en esta área.

Este problema no lo percibe el profesional de la construcción que le presenta al cliente una propuesta desarrollada con un programa de CAD de uso general y solamente al ser ejecutado el proyecto se va a notar el error.

Si estas diferencias aparecen en un modelo tan sencillo como el presentado, en modelos mas complejos puede llevar a inexactitudes que pueden hacer inejecutable el proyecto. O por lo menos llevan a un resultado de baja calidad.

Y aquí solamente se está presentando la problemática en la determinación de la forma. El cálculo de factores climáticos como viento, nieve o en el caso reciente de Guatemala arena volcánica presenta otro sinnúmero de factores que al no ser tomados en cuenta adecuadamente por los profesionales de la construcción pueden traer consigo un deterioro prematuro de la estructura y su eventual colapso.

Aunque suene irreal un modelo físico de una membrana es una propuesta mas allegada a la realidad que un modelo creado con software inadecuado.



**Fig. 9 Comparación de modelo digital con modelo físico (Seminario Tensoestructuras Guatemala 2008 con Ramón Sastré)**

Al ejecutar obras inadecuadas se crea la imagen y la fama que las tensoestructuras son un sistema de construcción deficiente y no duradero por no resistir inclemencias del clima. En el mejor de los casos simplemente es una estructura no atractiva por estar mal tensada y tener arrugas en la superficie o presentar detalles mal ejecutados.

#### TensiRED

Para diferenciarse de las empresas y profesionales no calificados para realizar proyectos de tensoestructuras se propone a los profesionales que están involucrados en el diseño y fabricación de tensoestructuras de formar una asociación o gremial a nivel latinoamericano para certificar a empresas y profesionales.

Esta es una propuesta que requiere el interés e involucramiento de los profesionales ya activos en tensoestructuras que busquen formar un grupo con metas comunes que sean del

beneficio de los productores y clientes de proyectos de membranas arquitectónicas o tensoestructuras.

A continuación se presenta una serie de puntos con ideas sobre el funcionamiento y fines de la asociación.

- Inscripción individual o como empresa
  - Requisitos para ser miembro:
    - capacitación propia o de un integrante de la empresa en tensoestructuras (maestría, cursos, seminarios)
    - tener en la empresa la tecnología adecuada (software) para el diseño de tensoestructuras
    - haber proyectado o instalado tensoestructuras
    - tener una alianza comprobable con empresas que llenen los requisitos anteriores
- Creación de una red de comunicación entre los integrantes de la asociación que permita
  - coordinar información sobre eventos de tensoestructuras
  - intercambio de información sobre tecnologías y metodologías
- Creación de un logotipo o sello que identifique a los miembros y que estos usen en sus páginas web, correspondencia membretada etc. que los identifique como miembros de la asociación. Esto servirá para distinguirse de las empresas no calificadas para ser miembros.
- Creación de una página web de la asociación que sirva de plataforma para promover las tensoestructuras y a las empresas y personas miembros de la asociación
  - área de información general de tensoestructuras
  - área de información de la asociación
    - presentación de fines de la asociación
    - base de datos con información de los integrantes
  - área de exposición individual de las empresas y profesionales
- Promover las tensoestructuras entre arquitectos e ingenieros
  - organización de seminarios locales con los colegios profesionales
  - apoyo a las carreras universitarias con charlas y presentaciones en las facultades de arquitectura e ingeniería civil hasta la organización de cursos en las facultades
  - apoyo a colegas que estén involucrados en la cátedra
- Intercambio internacional con otras asociaciones o institutos (por ej. Europa)

## Conclusión

Con la creciente popularidad de las tensoestructuras y la incursión en el mercado de empresas y profesionales no preparados con sus deficiencias en la planificación y ejecución de proyectos de tensoestructuras es importante que los profesionales especializados en el ramo se logren diferenciar en este mercado creciente. Y que los clientes pueden seleccionar a empresas y **profesionales** debidamente **calificados e identificados** que les brinden un servicio que cumpla con altos estándares de calidad. Los clientes así recibirán un proyecto de alto nivel estético que cumple con todas las parámetros de seguridad requeridos por una tensoestructura realizada profesionalmente.