

ESTRUCTURAS DE MEMBRANA TENSADA CON CONSTRUCCIÓN DE MARCO RÍGIDO DE ACERO

Presented by:



Figura 1 River Cree Resort & Casino: Antes de un espectáculo de Año Nuevo en un casino. Los edificios de membrana tensada han evolucionado desde estructuras simples hacia sofisticados edificios de diseño contemporáneo.

INTRODUCCIÓN A LOS EDIFICIOS DE MEMBRANA TENSADA

Los edificios de membrana tensada, también conocidos como tenso estructuras, se han utilizado durante miles de años como refugios ligeros y portátiles que ofrecen protección contra los elementos. Mientras que su diseño puede variar enormemente, todos ellos comparten las características básicas de un material flexible estirado firmemente a su alrededor y fijado a un bastidor. Este concepto de diseño es simple y eficiente, sin embargo, los materiales han cambiado mucho en las últimas décadas. Las tenso-estructuras modernas están diseñadas con los métodos tradicionales de ingeniería utilizando membrana tensada resistente a la intemperie, estirada sobre un marco generalmente hecho de plástico, aluminio, o acero. En los últimos años, la industria ha avanzado hasta el punto en que los materiales y las técnicas de

ingeniería han considerado diseños de estructura de membrana tensada no similares, sino idénticos, a aquellos para la construcción tradicional de edificios.

Los edificios de membrana tensada pueden abarcar desde simples cobertizos de almacenamiento o refugios de emergencia hasta predios de música al aire libre a gran escala y estadios deportivos. A medida que se desarrolla la tecnología, los arquitectos son cada vez más creativos con sus diseños. La arquitectura de la membrana de tensión es un campo relativamente nuevo e innovador que está cambiando la forma en que algunas estructuras son concebidas.

BREVE HISTORIA DE LOS EDIFICIOS DE LA MEMBRANA TENSADA

Se cree que los edificios de membrana tensada han estado en uso desde hace casi 40,000 años. Primero fueron utilizados por las tribus nómadas en todo

el mundo, que buscaban un refugio que pudiera soportar los elementos y también ser transportado de un lugar a otro. Indígenas norteamericanos, africanos del norte, y asiáticos, todos diseñaron estructuras que cumplían las necesidades ambientales y culturales de las diversas tribus. Con el tiempo, otras culturas adaptaron y modificaron los diseños para sus propios fines, ya sea proporcionar sombra o una protección más sustancial de los elementos. Los edificios de membrana tensada modernas y la arquitectura de tensión saltaron a la edad moderna después de la Segunda Guerra Mundial. Cuando terminó la guerra, se les encomendó a los ingenieros diseñar recintos protectores resistentes al agua para las antenas de los radares, llamados radomos. Estos radomos necesitaban construirse sin las estructuras de marcos tradicionales, y utilizando materiales que no interfirieran con las señales de radiofrecuencia.

Las estructuras de tejido inflables, que han sido utilizadas en Europa, eran una solución natural y pronto los edificios de membrana tensada estaban siendo considerados para una serie de aplicaciones.

En la década de 1960, la investigación de la exploración espacial resultó en algunos de los nuevos materiales innovadores para la indumentaria de exploración espacial, y de nuevo, los ingenieros reconocieron que este material era aplicable para las tenso estructuras. La NASA, con la ayuda de socios de la industria, ha desarrollado una membrana tensada fuerte, ligera, ignífuga, que fue tejida con fibras de vidrio y recubierta con politetrafluoroetileno (PTFE), comúnmente ahora conocido como Teflón.

La fibra de vidrio recubierta de teflón fue utilizada con éxito por la NASA en los trajes espaciales, y más tarde fue integrada en el material para estructuras de membrana tensada. Las características que hacen de este nuevo material de membrana tensada conveniente para la protección de los astronautas en ambientes hostiles eran fácilmente transferibles a nuevas situaciones de construcción. El material es flexible, más fuerte que el acero sobre una base libra-por libra, y pesa de 12 a 28 onzas por yarda cuadrada. Este nuevo material abrió las puertas a formas y diseños de edificios de tejido flexible.

Los primeros edificios modernos de membrana tensada coincidieron con la llegada del modelado por computadora, que ayudó a los diseñadores y arquitectos a predecir los requerimientos de carga de estructuras de tejido en tensión. En 1972, Frei Otto diseñó un estadio para los Juegos Olímpicos de Munich. Esta estructura fue uno de los primeros modernos edificios de membrana tensada de alto perfil, y hoy en día aún está en uso.

Hoy en día, las membranas tensadas disponibles son tecnológicamente superiores a los materiales anteriores, y diseños innovadores se están creando cada día. Los avances han extendido la vida útil de los materiales, disminuyendo los requisitos de mantenimiento a casi nulos en algunos casos, y han mejorado la translucidez, que a su vez reduce los gastos de energía. Las opciones de membrana tensada estándar de hoy en día incluyen una película de Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno (PE) y Etileno Tetrafluoroetileno (ETFE). Cada material tiene sus ventajas y desventajas, siendo algunos más adecuados para ciertas condiciones que otros.

La membrana tensada de PVC es muy resistente y relativamente pesada, lo que significa que puede durar mucho tiempo - a menudo hasta 25 años - y resistir desgarros. La membrana tensada de PVC también es naturalmente resistente al fuego, haciéndola una buena opción para los edificios de alta ocupación. Las dos desventajas del PVC son que su espesor significa que es, por lo general, ligeramente menos translúcido que otros materiales, y tiene un coste inicial más alto. La membrana tensada de PE también tiene una larga vida útil, a menudo de 20 años, y es considerablemente más ligera y menos costosa que el PVC. Y debido a que se auto-limpia muy bien, la membrana tensada de PE requiere menos mantenimiento. El peso ligero del PE permite una mejor transparencia, pero disminuye su durabilidad y resistencia al desgarramiento.



Figura 2 Servicios de almacenaje de biomasa para generación de energía.. Los modernos edificios de membrana tensada están permitiendo una amplia gama de nuevos e interesantes diseños.

. El material más nuevo es el ETFE, el cual es muy fuerte, tiene una alta resistencia al desgarramiento, y proporciona un 80 por ciento de translucidez. En consecuencia, el ETFE es un excelente sustituto para el vidrio, y se utiliza con frecuencia para tragaluces e invernaderos. La principal desventaja del ETFE es su precio mucho más elevado.

Las membranas tensadas de PE y PVC se componen de una capa llamada rejilla intercalada entre dos capas de recubrimiento de PE o PVC. El tejido acabado se recubre con productos químicos para que sea resistente al fuego, y con frecuencia con un fungicida para ayudar a mantener el edificio limpio. Con el fin de crear el material necesario para cubrir los grandes tramos en las tenso estructuras, las láminas de membrana tensada son soldadas con calor entre sí con un soldador de radio frecuencia, impulso de aire caliente o soldador de cuña caliente.

TIPOS Y USOS COMUNES DE LOS EDIFICIOS DE MEMBRANA TENSADA TRADICIONALES

En la industria de la construcción con membrana tensada, hay muchos tipos y diseños de estructuras diferentes, dependiendo de la filosofía de construcción predominante y del uso pretendido de la estructura. Dependiendo del tipo de marco y la capacidad del fabricante, las estructuras de membrana tensada pueden ser tan simples como estructuras de almacenamiento a granel a gran escala o tan complejas como estadios deportivos y casinos de clase mundial. Distintos fabricantes utilizan una variedad de técnicas de enmarcado, de las cuales todas tienen sus propias ventajas y desventajas dependiendo de la situación. Esta sección destaca los diferentes diseños de marcos y armazones e identifica brevemente algunos de sus usos comunes.

Los arcos de tubo individuales se construyen de un solo tubo de medio círculo que por lo general abarca de 4 a 6 pies en el centro. Son comúnmente utilizados como refugios temporales o cubiertas, tales como una cochera al aire libre. Son útiles para los proyectos con pequeños anchos que van desde aproximadamente 10 a 30 pies. Este tipo de marco es de bajo costo, ligero y muy fácil de montar y desmontar.

Los arcos de tubos individuales se venden generalmente en forma de kit, y por lo tanto tienen tamaños predeterminados. Debido a que no se construyen para durar, están por lo general sobre una base no permanente y se anclan con postes de madera o estacas.

Los marcos de aluminio extruido son más sustanciales que los arcos de tubos individuales, y funcionan bien como estructuras de buen aspecto y portátiles. Sin embargo, también se pueden utilizar como estructuras más permanentes. Están diseñados para la instalación rápida, y el interior tiene un aspecto limpio y ordenado. Estos dos factores contribuyen a su popularidad como refugios de alquiler y en obras de construcción para almacenar materiales y equipos. Tienen un alto costo de ciclo de vida, por lo que los tamaños de marco establecidos para que puedan ser reutilizados son mucho más económicos que los marcos de aluminio extruido personalizados. El aluminio está limitado en términos de su capacidad para manejar grandes tramos y cargas ambientales, lo que limita los usos potenciales de los edificios como estructuras más permanentes.

Los armazones de tubo de red abierta, que están hechos de cuerdas de acero tubular con ángulos de acero tubular o acero colocados de forma intermitente como miembros de red, fueron durante muchos años el estándar en la industria de la construcción con membrana tensada. Siguen siendo una opción asequible para proyectos de pequeña escala, pero a menudo se limitan efectivamente a tamaños predeterminados, ya que son difíciles de personalizar. Mientras los armazones de tubo de red abierta tienen la ventaja de ser relativamente baratos, los tubos metálicos huecos son susceptibles a la corrosión interna, que puede no ser detectada y rápidamente acortar la vida útil de las estructuras. El tipo más nuevo de construcción con membrana tensada implica un nuevo enfoque – **marcos rígidos de acero**. Esta innovación, que cambia el juego introducido por Legacy Building Solutions, se ha convertido rápidamente en el principal diseño de elección por muchas razones. Tal vez la característica más importante es que la estructura de acero sólido eliminó el problema de la corrosión interna que es tan común en los marcos de tubo hueco. En los últimos años, las estructuras de marco rígido de acero se han vuelto cada vez más populares, ya que ofrecen tantas opciones de diseño flexibles y soluciones de construcción. En particular, se pueden utilizar en las estructuras que requieren grandes tramos de más de 300 pies de ancho. Los marcos rígidos de acero están diseñados y probados a través de la especificación de un software de análisis sofisticado de elementos finitos (FEA) y controles de calidad manuales. El software permite a los diseñadores personalizar el trabajo, hacer cambios con facilidad, proporcionar estimaciones puntuales, y crear propuestas y soluciones de diseño. Debido a los tantos beneficios de los edificios de membrana tensada, este diseño se utiliza en una amplia gama de estructuras. Algunas de las aplicaciones más comunes y populares para las estructuras de membrana tensada son edificios de ocupación como oficinas, casinos, tiendas y centros de ski. Las instalaciones deportivas cubiertas a menudo utilizan estructuras de membrana tensada de marco rígido para pistas de tenis, hockey, fútbol, voleibol, y mucho más.



Figura 3 Estructura de Marco Rígido de Acero: Paneles de membrana tensada de techo siendo adosados a un edificio de marco rígido.

COMPONENTES BÁSICOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MARCO RÍGIDO DE ACERO

Como con la mayoría de las estructuras de membrana tensada, la construcción del marco rígido de acero incluye los componentes básicos de un marco, una coraza de membrana tensada, y los mecanismos para fijar la membrana en forma tensada al bastidor.

Los cimientos son críticos para la construcción del marco rígido de acero, ya que proporcionan la estabilidad necesaria para la estructura. Cualquier edificio que esté en pie durante más de unas semanas requiere un cimiento; sin embargo, existen muchas opciones para satisfacer las necesidades de los diferentes sitios y usos.

Por ejemplo, las estructuras que con el tiempo pueden ser reubicadas utilizan los anclajes helicoidales, micropilotes, anclas de tierra o bloques de lastre para situaciones en las que la superficie no pueda ser penetrada. Otras estructuras más permanentes pueden beneficiarse de cualquiera de los cimientos de hormigón prefabricados, que son útiles para los edificios más pequeños de membrana tensada y aplicaciones de almacenamiento a granel, o colada de hormigón in situ, que tiende a ser la opción más popular, ya que es fuerte, versátil y fácil de conseguir.

El marco rígido de acero utiliza un marco de acero resistente y rígido como el soporte principal del edificio. El acero sólido también tiene una serie de diferentes opciones de revestimiento, tales como galvanización en caliente por inmersión, imprimación y capa de polvo de óxido o pintura húmeda, las cuales todas proporcionan diferentes niveles de protección frente a la corrosión.

En las estructuras de membrana tensada de marco rígido, la membrana tensada se fija a la estructura de acero a través de un perfil tipo Keder. Los paneles de membrana tensada, normalmente de 20 pies de ancho, están unidos individualmente a cada bastidor rígido. El sistema Keder permite que cada panel sea tensado tanto horizontal como verticalmente y se fija firmemente a cada marco. Esto es en contraste a un edificio de almacén de tubo hueco, en el que una monocubierta de membrana tensada típicamente se une sólo a los extremos de los armazones del edificio.

Los recientes avances en estas estructuras incluyen una patente de 2015 de Legacy Building Solutions para un sistema de fijación de membrana tensada que mejora drásticamente el proceso de instalación. Donde algunos fabricantes incluyen conexiones complicadas incluyendo tornillos TEK, que pueden debilitar la estructura, Legacy atornilla directamente la extrusión a la estructura de acero con tornillos de 1/2 pulgada de diámetro. Este sistema proporciona una manera simple y directa para conectar la membrana tensada al marco, y el diseño permite una instalación más rápida y segura. El sistema de fijación también ayuda a reducir los residuos y extiende la vida útil de la estructura.



Figura 4 Centro de Tenis Oklahoma City: Pistas de tenis cubiertas y un sistema de iluminación LED.

VENTAJAS DE UNA CONSTRUCCIÓN DEL MARCO RÍGIDO DE ACERO

Los beneficios de una construcción con marco de acero provienen de cada una de las fases del proyecto, desde el control de calidad durante el diseño y fabricación del marco fuera de las instalaciones, hasta el proceso real de construcción y la vida útil del edificio. Estas ventajas incluyen una mayor seguridad durante la instalación, y una amplia gama de opciones de diseño, incluyendo la capacidad de conectarse a estructuras pre-existentes.

DISEÑADOS PARA RESISTIR LA CORROSIÓN

Mientras que el acero es conocido por su resistencia y durabilidad, requiere protección contra la corrosión. Durante la pre-fabricación, los marcos enteros pueden ser protegidos a través de un proceso de inmersión de galvanización caliente para limitar el riesgo de corrosión. Estos marcos de acero prefabricados luego son enviados al lugar del proyecto, y los constructores son capaces de erigir estructuras de una manera mucho más rápida y fiable que con un marco de madera y de hormigón armado; esto se traduce en la reducción de los costos del proyecto. Desde el punto de vista de la instalación, los marcos de acero son relativamente fáciles de montar, lo que significa que el equipo necesario, como grúas, están en el sitio por un tiempo limitado. La naturaleza de la estructura de acero hace que sea muy fuerte, duradero y relativamente fácil de inspeccionar en cuestiones de seguridad; el material en sí es sustentable.

AÑADIR LA MEMBRANA TENSADA AL MARCO DE ACERO

Mientras que los marcos rígidos de acero funcionan bien para los proyectos de construcción tradicionales, están limitados por la naturaleza de la construcción y del revestimiento, lo que requiere el uso de tuercas, pernos y clavos, los cuales son susceptibles a la oxidación. Estos problemas se evitan cuando se utilizan marcos rígidos de acero para edificios de membrana tensada; concretamente, la membrana tensada es hermética y se estira sobre el marco, protegiendo así el acero a partir de los elementos corrosivos atmosféricos. Mientras que la humedad puede ser un problema en el interior de un edificio de membrana tensada,

la membrana tensada en sí se une al marco con un carril Keder, eliminando así los componentes susceptibles a la corrosión, tales como los clavos y tornillos. Por otra parte, las propias membrana tensadas arquitectónicas son resistentes a materiales corrosivos, por ejemplo, fertilizantes, sales u otros productos químicos utilizados para el mantenimiento de carreteras que se alojan habitualmente dentro de un edificio de este tipo.

Además de la falta de componentes expuestos a la corrosión, los beneficios de los edificios de membrana tensada en marcos rígidos de acero se extienden desde los reducidos tiempos de construcción y el costo, a la mejora de la seguridad y la eficiencia de energía en comparación con las técnicas de construcción tradicionales. Los marcos rígidos de acero son fuertes y versátiles, y pueden tener revestimientos de pared lateral alternativos, como acero, hormigón o ladrillo, lo que puede mejorar la facilidad de uso del espacio interior. Los beneficios de utilizar marcos rígidos de acero para las estructuras de membrana tensada son considerables en comparación con casi todos los aspectos de la construcción de los edificios tradicionales. En términos de instalación, la mayoría de las estructuras de membrana tensada se pueden construir de 2 a 3 veces más rápido que los edificios convencionales. Cuando se compara con la chapa de acero, una estructura de membrana tensada requiere .02 a .03 hombre-hora por pie cuadrado, cuando la chapa de acero requiere .04-.07. Una instalación más eficiente por lo general se traduce en menores costos generales del proyecto. Otro de los beneficios que ofrecen las estructuras de membrana tensada con marcos rígidos de acero es que son, naturalmente, no conductoras, lo que ayuda a mantener fresco el interior del edificio en los días calurosos, y más caliente en los días fríos. Por ejemplo, un edificio construido de chapa de acero conservará el calor del sol por muchas horas después de la puesta del sol; cuanto más alto el albedo de la membrana tensada, más reflejará de forma natural el calor del sol, manteniendo así el espacio interior más fresco en los climas cálidos. En los días fríos, el acero conducirá las temperaturas frías al edificio, pero la membrana tensada no lo hará, manteniendo así el interior más cálido. La comparación es impresionante entre las diferentes estructuras, con las estructuras de membrana tensada manteniendo más de 10 grados Fahrenheit más cálido en los días relativamente fríos, y casi 10 grados más fresco en los días más calurosos. Este beneficio se puede traducir en un ahorro de costes y de energía considerables cuando se trata de calentar y enfriar el interior del edificio. El mantenimiento de las estructuras de membrana tensada de marco rígido de acero también es relativamente fácil en comparación con las estructuras más tradicionales. Como se señaló anteriormente, las membrana tensadas utilizadas para estos edificios están diseñados para resistir el moho, las temperaturas extremas, los productos químicos agresivos, y el impacto de la luz UV.



Figura 5 Operaciones de Fertilización Alliant Energy: Una estructura de almacenamiento de fertilizantes a granel para IEL Barge en Illinois. Los edificios de membrana tensada han sido utilizados como estructuras para el almacenamiento de granos, fertilizantes y materiales de mantenimiento de carreteras.

Los edificios convencionales requieren que las paredes exteriores se puedan pintar periódicamente, y si se utiliza el revestimiento, a menudo necesitan ser reemplazadas teniendo en cuenta el desgaste. Lo mismo aplica para las tejas. Por el contrario, el mantenimiento de los edificios de membrana tensada es mucho menos costoso.

Las estructuras de membrana tensada con marcos rígidos de acero ofrecen beneficios significativos también al final de su vida. Muchos de los materiales utilizados en los edificios pueden ser reutilizados o reciclados. En muchos casos, el fabricante de la membrana de la membrana tensada puede ayudar al cliente a encontrar lugares apropiados para reciclar la membrana tensada.

FUERZA Y DURABILIDAD

Los edificios de membrana tensada de marco rígido de acero tienen algo más que beneficios de construcción y costo en comparación con las opciones tradicionales de construcción.

Los mismos marcos pueden ser tan fuertes como cualquier edificio convencional, y la naturaleza del diseño de la membrana tensada y la composición hace que el edificio en general sea extremadamente durable. La membrana tensada en tensión de ingeniería está diseñada para soportar las mismas cargas que los materiales utilizados en la construcción más tradicional. Por ejemplo, los materiales comúnmente utilizados en los edificios convencionales son pesados, rígidos, y se colocan en compresión para lograr la integridad estructural. La construcción con postes y vigas, por ejemplo, requiere postes alineados verticalmente con vigas alineadas horizontalmente. Si bien estas estructuras pueden ser fuertes, con estas limitaciones geométricas, los propios diseños son limitados.

Con edificios de membrana tensada con marcos rígidos de acero, las opciones de diseño pueden ser casi ilimitadas, todo ello manteniendo las estructuras fuertes y duraderas. Una variedad de diferentes membrana tensadas se puede utilizar para satisfacer las necesidades del cliente, pero el principal elemento de diseño es la resistencia del marco. Estos marcos están diseñados para soportar cargas extremas, y su fuerza es independiente de la membrana tensada. Por ejemplo, cuando otras estructuras de membrana tensada, tales como los edificios de tubo hueco, pueden requerir la tensión de la membrana tensada para el soporte estructural, los marcos de acero rígidos están diseñados para soportar cargas extremas sin depender del revestimiento de la membrana tensada de apoyo.

ESTRUCTURAS ASEQUIBLES, PERMANENTES y PERSONALIZABLES

Todas las características anteriores se combinan para hacer estructuras de membrana tensada de marco rígido de acero comparativamente más asequibles frente a la construcción tradicional. La fuerza del marco de acero en combinación con la durabilidad de la membrana tensada permite que las estructuras permanentes puedan ser personalizadas tanto por dentro como por fuera, dependiendo de los requisitos del proyecto. Los revestimientos interiores y el aislamiento se añaden fácilmente a la estructura para mejorar la estética y la eficiencia energética. Los sistemas de iluminación y mecánicos también se pueden añadir para personalizar el interior del edificio. Los edificios utilizados para albergar materiales como cereales u otros productos pueden ser personalizados para incluir elementos estructurales interiores como sistemas de cintas transportadoras, grúas, o pasarelas. Los forros de membrana tensada interior también protegerán la estructura de acero de elementos corrosivos en el interior del edificio, como la sal o el fertilizante.

También se pueden agregar elementos exteriores, según sea necesario, para añadir espacio, sombra, acceso al edificio, o para hacer frente a los problemas ambientales como la lluvia o la nieve. Los elementos exteriores que se utilizan comúnmente incluyen cobertizos, aleros, canales y desagües, rompehielos, toldos y marquesinas y puertas. Las vigas tipo Jack, que son grandes vigas horizontales que pueden soportar marcos de techo estructural, también se pueden utilizar para personalizar un espacio que requiera una apertura más amplia en puertas laterales.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS AMPLIADAS DE LAS ESTRUCTURAS DE MEMBRANA TENSADA DE MARCO RÍGIDO DE ACERO

Las estructuras de membrana tensada de marco rígido de acero tienen muchas ventajas arquitectónicas sobre la construcción tradicional en general, y ofrecen muchas ventajas sobre las estructuras de membrana tensada más tradicionales. Estas ventajas las colocan en una categoría de uso del edificio que se extiende más allá de los usos más utilitarios y las hace ideales para la ocupación humana, junto con la oportunidad de atractivas y creativas opciones de diseño. El carácter fuerte y flexible de la membrana tensada y la solidez del marco de acero de trabajan en conjunto para permitir que los arquitectos crear dramáticos diseños mediante el uso de un software de análisis de elementos finitos. Las estructuras pueden incluir picos múltiples o compensados (offset), cobertizos, salientes, y pueden adaptarse fácilmente a distintas alturas de columnas y cimientos. Este tipo de arquitectura es cada vez más popular para los proyectos que requieren grandes tramos, ya que la membrana tensada ligera puede ser fácilmente fabricada para un tamaño específico y estirarse a través del robusto marco. Han existido edificios de membrana tensada con marcos rígidos de acero que han incluido tramos más de 300 pies de ancho, con más de 50,000 pies cuadrados de superficie plana. Los marcos de acero pueden soportar fácilmente puertas y equipos auxiliares necesarios para el espacio, tales como sistemas de calefacción, de iluminación, o sistemas de extinción de incendios. Los proyectos que requieren tramos más pequeños no se benefician tanto debido a que el costo de la tecnología es alto y los plazos de entrega pueden ser más largos que las estructuras comparables de aluminio; sin embargo, la flexibilidad de diseño añadida hace que las estructuras de marco rígido sean una opción más comparable para los edificios que requieren un alto nivel de características de personalización o especiales.

OPCIONES DE REVESTIMIENTO

Los arquitectos tienen una mayor flexibilidad en el diseño exterior del edificio a través de las opciones de revestimiento de membrana tensada. Como una fachada, los revestimientos de membrana tensada pueden mejorar el atractivo estético de edificios más antiguos y utilitarios, tales como estacionamientos de varios pisos. Por ejemplo, los paneles de membrana tensada pueden ser estratégica y creativamente unidos al exterior del edificio para cambiar el aspecto general. La membrana tensada se puede personalizar en tamaño, forma y color, y puede incluir, si lo desea, un texto impreso o imágenes.



Figura 6 Concesionario de coches con paredes de vidrio: Diferentes revestimientos de pared están disponibles.

Un revestimiento de membrana tensada también se puede aplicar al exterior completo de edificios - tanto antiguos como nuevos- como un medio para reducir la radiación solar y la captación solar. Estos sistemas exteriores pueden ser fijados de forma permanente en un edificio, o pueden ser temporales a efectos de imagen corporativa, en función de las necesidades del cliente. En comparación con los edificios de construcción tradicional con revestimiento de acero, la membrana tensada es superior ya que proporciona costuras herméticas selladas y es relativamente económica para reemplazar cuando se desgasta, lo que sucede después de 20 años o más. Un revestimiento de acero, por el contrario, es particularmente vulnerable a los elementos, y puede corroer en un plazo de 5 a 10 años, y puede que tenga que ser reemplazado en 8 a 12 años si no se mantienen adecuadamente las paredes interiores. Cuando los paneles de recambio para un edificio revestido de acero pueden costar hasta \$7 por pie cuadrado, incluyendo la instalación, las membranas de membrana tensada pueden costar tan poco como \$2 por pie cuadrado.

Una característica única con marco rígido de acero es que los edificios tienen paredes laterales rectas, que proporcionan un más espacio interior que los marcos curvos. Los diseñadores pueden instalar revestimientos de paredes laterales alternativos a estas paredes, como acero, hormigón, o incluso ladrillo, y las paredes hacen que sea posible la instalación de ventanas estándar enmarcadas.

BENEFICIOS DEL DISEÑO DE INGENIERÍA FLEXIBLE

Uno de los elementos más deseables de las estructuras de membrana tensada con marco rígido de acero es la flexibilidad de su diseño. Estas estructuras no están estandarizadas, sino más bien son diseñadas a medida para cumplir con las especificaciones

individuales de cada proyecto. Esto significa que cada elemento del diseño es diseñado con cuidado y de forma individual, y cada elemento está diseñado para cumplir con los códigos de construcción locales. Esto es válido independientemente del diseño arquitectónico, y por lo que es posible crear edificios de varios pisos, añadir entresijos y crear interesantes opciones de líneas de techo, incluyendo múltiples ángulos. El fuerte marco de acero puede soportar múltiples niveles en la estructura, o aumentar la altura, según sea necesario, y puede integrar fácilmente las puertas y ventanas. Las estructuras de membrana tensada con marco rígido de acero que son diseñadas con una película de ETFE, la cual es muy resistente, muy ligera y casi transparente, puede ser diseñada para incluir paneles curvos, picos, u otras formas que simplemente no estarían disponibles con otros materiales de construcción.

INTEGRACIÓN CON ESTRUCTURAS EXISTENTES

Las estructuras de membrana tensada con marco rígido de acero se pueden integrar fácilmente con las construcciones existentes de casi cualquier material, ya sea a través de revestimiento decorativo, como se explicó anteriormente, o fijado a la estructura original para aumentar el espacio, o para crear un nuevo diseño llamativo. Las vigas de acero y columnas pueden ser atornilladas al ladrillo o al hormigón para proporcionar una conexión segura, o soldadas a los miembros de acero ya existentes en las estructuras. Tales acondicionamientos pueden aumentar la capacidad de carga de los edificios existentes, y funcionan bien para añadir habitaciones o ampliar el tamaño de la estructura. Además, con el diseño del marco rígido, la estructura de membrana tensada puede ser

diseñado para soportar carga de nieve adicional si es más corto que el edificio existente.

VENTANAS Y PUERTAS

Las estructuras de membrana tensada con marcos rígidos de acero pueden incluir ventanas y puertas para satisfacer las necesidades de los ocupantes. El marco rígido de acero puede soportar fácilmente grandes puertas, como las que se necesitan para hangares de aviones, y puede incluir ventanas para mejorar la luz ambiente, natural del exterior. Cuando se trata de proporcionar una luz difusa y ambiental en las estructuras de membrana tensada, la naturaleza de las mismas membrana tensadas ofrece una luz considerable. Mientras que algunas estructuras se diseñan para incluir ventanas, la mayoría de techos de membrana tensada ofrecen hasta un 12 por ciento de translucidez, lo que significa que el espacio interior puede conseguir el equivalente a 500 pies-candela en un día soleado; esto excede los recomendados 75 a 100 pies-candela necesarios para tareas de interior. Por supuesto, la mayoría de los edificios también requerirán de luz artificial durante los días nublados y el trabajo nocturno, pero la luz natural admitida a través de la membrana tensada proporciona importantes ahorros de energía y un entorno de trabajo de calidad. Además de la luz general difusa de la cubierta de membrana tensada completa, se pueden utilizar diferentes membrana tensadas en lugar de vidrio, que es más pesado, con tendencia a la rotura, y pueden crear encandilamiento. Por ejemplo, los avances en la película de ETFE ofrecen alternativas excepcionales para los tragaluces tradicionales. El ETFE proporciona un 80 por ciento de translucidez, y por lo tanto altos niveles de penetración de luz. La instalación de una película de ETFE es comparable en costo a los paneles de ventana de vidrio, y su vida útil es considerablemente más larga, sin riesgo de grietas o rotura, que son comunes en paneles de vidrio. Además, la película de ETFE es un mejor aislante que el vidrio, lo cual se añade a los ahorros totales de energía en un edificio.

Del mismo modo, ambas membrana tensadas de PE y PVC proporcionan excelentes niveles de luz natural difusa, y lo hacen sin crear reflejos. Como tal, todo funciona bien como tragaluces en situaciones en las que el encandilamiento o el costo son preocupaciones.

AISLAMIENTO Y CONTROL CLIMÁTICO

Los edificios de membrana tensada con marco rígido de acero pueden estar aislados, ya sea total o parcialmente, para mejorar su eficiencia energética en general, y para mantener la temperatura interior confortable y controlada. Las necesidades de aislamiento depende del proyecto específico, el uso del edificio, y el medio ambiente, pero las opciones comunes de aislamiento, como la fibra de vidrio, que van desde R-19 a R-30 son comunes.

Mientras que los edificios de membrana tensada tienden a controlar más el clima debido a su baja conductividad térmica, existen momentos en que se requieren los sistemas de climatización tradicionales HVAC: calefacción, refrigeración y ventilación. Por ejemplo, si una estructura se utiliza para albergar cultivos sensibles a la temperatura o material de desecho, el enfriamiento será esencial para evitar su deterioro y para retardar el crecimiento de moho y bacterias. Alternativamente, para edificios que experimentan climas fríos, los sistemas de son importantes para mantener cómodos a sus ocupantes. Los sistemas HVAC deben ser considerados en el proceso inicial de ingeniería, y tenidos en cuenta como parte de la carga estructural total. Estos sistemas pueden establecerse en el lugar, junto con los sistemas de ventilación, y ayudan a permitir que los edificios de membrana tensada de marco rígido de acero funcionen como estructuras permanentes.

Las estructuras de membrana tensada con marco rígido de acero también pueden ser diseñadas para incluir fuentes de energía alternativas, como paneles solares tradicionales o células solares de película delgada que pueden unirse directamente al techo de membrana tensada.

PLOMERÍA

Mientras que todos los edificios de la membrana tensada pueden requerir plomería y electricidad, algunas estructuras, tales como los complejos deportivos, requerirán sistemas más avanzados para proporcionar una iluminación uniforme necesaria en zonas deportivas, y para satisfacer las necesidades de plomería de los ocupantes y ventiladores. Al igual que con la mayoría de las obras de construcción tradicionales, estos elementos necesitan considerarse temprano en la etapa de diseño para asegurar que las cuestiones de carga se tengan en cuenta, y que el edificio esté bien aislado para evitar que los accesorios de plomería y las tuberías se congelen.

CARGA COLATERAL Y LÍMITES DE DEFLEXIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE MEMBRANA TENSADA DE MARCO RÍGIDO

Debido a su durabilidad y versatilidad, los edificios de la membrana tensada rápidamente se están utilizando cada vez más a menudo como estructuras permanentes. Por consiguiente, tienen que ser considerados en la misma manera que los edificios convencionales cuando se trata de todos los elementos de diseño, medio ambiente, seguridad y requisitos de construcción. La carga es un problema para todos los edificios y las estructuras de membrana tensada no son la excepción.

Las grandes estructuras de membrana tensada son típicamente diseñadas ya sea con marcos rígidos o armazones de red abierta, sin embargo, el marco de acero rígido es superior ya que puede ser diseñado para soportar cargas mayores. Si los edificios de armazones de red abierta han sido utilizados a veces en aplicaciones y áreas donde la carga es una preocupación, el proceso de diseño de las estructuras de membrana tensada con marco rígido tienen una mayor flexibilidad al ser diseñados para cumplir con los requisitos de código y carga.

Los típicos edificios de carga abordan condiciones ambientales y del sitio. Las condiciones ambientales incluyen la nieve, el viento y las cargas sísmicas. Los edificios de membrana tensada son capaces de soportar la carga de nieve con facilidad debido a su material liso en su superficie y los techos inclinados; sin embargo, la membrana tensada, el marco y los refuerzos aún deben ser diseñados para manejar los requisitos de carga locales. Otra consideración con la carga de nieve es el factor térmico del edificio. Este factor se relaciona directamente con la temperatura interior de la estructura durante todo el año, que a su vez tendrá un impacto en el cálculo de la carga de nieve del techo.

Las cargas de viento también deben tenerse en cuenta para garantizar que el edificio sea estable durante prolongados o extremos episodios de viento. Las condiciones del sitio y tipos de cimentación también se tienen en cuenta en los cálculos de carga de viento.

En las zonas propensas a los terremotos, las consideraciones de carga sísmica son fundamentales para todos los edificios. Las estructuras de membrana tensada deben ser diseñadas para cumplir con las regulaciones de construcción sísmicas.

Las condiciones del sitio y el uso de la estructura también presentan ciertos desafíos de diseño con los edificios de membrana tensada, e introduce otras consideraciones de carga. La exposición al viento, por ejemplo, presenta problemas de carga, pero la ubicación y la estructura del terreno circundante también afecta la presión del viento sobre el edificio. Por ejemplo, una estructura colocada en un área abierta estará más expuesta al viento que las áreas que tienen cubierta arbórea, colinas, u otros edificios, y por lo tanto deben tenerse en cuenta fuerzas adicionales en el diseño de la estructura. La categoría cerramiento del edificio también afecta al diseño. . Esta categoría se refiere a la cantidad de paredes exteriores que incluyen aberturas y conductos de ventilación, que pueden afectar directamente la presión del viento que ejerce sobre la estructura.

Como tal, estos edificios deben cumplir con los códigos diseñados para cambios de presión del viento asociados a la categoría específica de cerramiento.

Las estructuras que se sitúan para reducir la exposición al viento pueden experimentar la consecuencia no deseada de tener disminución de la exposición del techo. En los lugares donde la nieve es un problema, esto puede significar que el viento no elimine de forma natural la nieve del techo; por lo tanto, la posibilidad de un aumento de carga de nieve debe ser considerado en el proceso de diseño.

Los edificios de membrana tensada también pueden estar sujetos a una carga colateral. Las cargas colaterales incluyen iluminación de interior o sistemas amplios construcción, tales como HVAC, rociadores, o sistemas de extinción de incendios, aislamiento y membranas de revestimiento. Estas "cargas muertas" se aplican al marco estructural, y se supone que no cambia con el tiempo. La consideración de la carga viva representa el movimiento de los objetos, materiales, vehículos y personas sobre los techos y entrepisos, y por lo que puede diferir mucho entre estructuras. Las cargas vivas también pueden incluir sistemas móviles que cuelgan de la estructura, tales como sistemas de transporte, puentes grúa, o más adiciones de papelería tales como estanterías.

MANERAS DE INCORPORAR CARGA EN EDIFICIOS DE MEMBRANA TENSADA CON MARCO RÍGIDO

Como se señaló anteriormente, los edificios de membrana tensada con marco rígido de acero deben ser capaces de manejar tanto las cargas vivas como las muertas en forma de accesorios adicionales y sistemas de climatización y ocupantes y equipos. Un beneficio de adición de carga al marco de acero es que mantiene el sistema de soporte fuera del camino del espacio interior utilizable del edificio, y a su vez maximiza la eficiencia del edificio. Las cargas se añaden típicamente en forma de grúas, cintas transportadoras, plataformas de observación, pasarelas, iluminación, sistemas de rociadores, y sistemas de calefacción y refrigeración. Las grúas se pueden montar en cualquier parte de un edificio de membrana tensada con marco rígido de acero, y son muy versátiles. Si una grúa se va a incluir en un edificio de membrana tensada, su carga dinámica debe tenerse en cuenta cuando el edificio está siendo diseñado.

- Las cintas transportadoras se pueden agregar a cualquier parte de un edificio de membrana tensada, pero otra vez, la carga -incluyendo el producto de carga- debe tenerse en cuenta durante el proceso de diseño inicial. Las cintas transportadoras se utilizan comúnmente en los edificios de almacenamiento de membrana tensada donde se alojan productos a granel, tales como granos, sal, o agregados.

- En estructuras tales como estadios deportivos, las plataformas de observación proporcionan un área fuera del camino para los aficionados, entrenadores y medios para observar los eventos deportivos en el piso de abajo. Al igual que con otras cargas, los edificios de membrana tensada con marco rígido de acero deben estar diseñados para dar cabida a las necesidades de cargas vivas y muertas de la plataforma de la visión completa.

- Las pasarelas se pueden añadir a los edificios utilizados para el almacenamiento y la fabricación para permitir trabajos en altura en grúas y cintas transportadoras. Las pasarelas están normalmente suspendidas desde el pico del edificio, y sus cargas han sido concebidas en el diseño del edificio y contabilizadas para la fuerza del marco y el refuerzo.

- Los sistemas de iluminación de los edificios de membrana tensada son fundamentales para el trabajo nocturno y para controlar la iluminación interior de los edificios de entretenimiento y deportes. Tales sistemas pueden ser suspendidos del marco de acero, con las cargas relativas contabilizadas durante la fase de ingeniería de la construcción.

- Los sistemas de rociadores que son requeridos por los códigos de construcción o regulaciones de la industria pueden ser instalados en una estructura de membrana tensada con marco rígido de acero, con las cargas contabilizadas durante la fase de ingeniería. Los sistemas de rociadores húmedos o secos se pueden utilizar solos o en conjunto con la membrana tensada retardante de llama.

- Los sistemas de calefacción y refrigeración (HVAC) pueden ser necesarios en algunos edificios de membrana tensada para proporcionar un control del medio ambiente. Dichos sistemas incluyen ventiladores, conductos de ventilación, calefacción y sistemas de aire acondicionado, y pueden ser simples o complejos. Independientemente del sistema, la carga adicional al marco rígido de acero debe ser incluido en el diseño del edificio.

Los recientes avances en la tecnología de la estructura la membrana tensada de marco rígido de acero la hacen una opción excelente para el diseño de una amplia gama de usos, ya sea para el almacenamiento en general, almacén y fabricación, o para hacer una interesante declaración arquitectónica para un predio deportivo o musical.

TENSIÓN VS. TENSADO

El término tensión se refiere a la fuerza que se transmite a través de cada extremo de un miembro de conexión, tal como un cable o alambre cuando es tirado con fuerza. Con edificios de membrana tensada, la tensión se utiliza para crear una superficie lisa, plana, como un techo o revestimiento.

Este tipo de superficie es ideal para derramar agua, nieve o escombros que se pueden acumular, y proporcionan paredes o revestimientos seguros.

Las estructuras tensadas, por otro lado, pueden ser consideradas como una vela, con la membrana tensada unida a un mástil o poste seguro, y la membrana tensada arqueada en cualquier forma que se desee. Estas estructuras de membrana tensada pueden tener un diseño extremadamente flexible, con curvas y picos.

GESTIÓN DEL AGUA

Una de las formas en que los modernos edificios de membrana tensada con marco rígido de acero difieren de las estructuras de membrana tensada tradicionales es que ofrecen aleros. Esta característica de diseño permite varios beneficios estéticos y estructurales, incluida la opción para los arquitectos de incluir canales, desagües, y rompehielos en las extensiones de los aleros del edificio.

Los canales y desagües son beneficiosos ya que dirigen el agua fuera del techo y fuera de la estructura de una manera controlada. Sin ellos, es más probable que el agua se quede alrededor de la base de la estructura. Estas características de drenaje ayudan a proteger tanto la estructura como el área alrededor del cimiento. También pueden ser diseñados en conjunto con los sistemas de drenaje que dirigen el agua a cisternas para ayudar de una mejor manera con la gestión del agua. Los canales y desagües no están disponibles en otros edificios de membrana tensada, tales como edificios de aro, otorgando así a las estructuras de marco rígido de acero una clara ventaja.

Los rompehielos son otra característica que se puede añadir a los aleros del marco de acero. Estos pequeños accesorios metálicos triangulares están adjuntos por encima de los aleros, a intervalos regulares, y sirven para romper trozos de hielo y nieve que se deslizan desde la azotea. Los rompehielos están disponibles en diferentes tamaños y espaciado, dependiendo de la carga de nieve prevista para un sitio de edificación. Esta función se utiliza comúnmente en los climas más fríos, y puede ayudar a prevenir lesiones y proteger áreas de membrana tensada y paisajismo por debajo de la línea del techo.