

Informe Técnico

Cómo Construir para Ambientes muy Corrosivos:

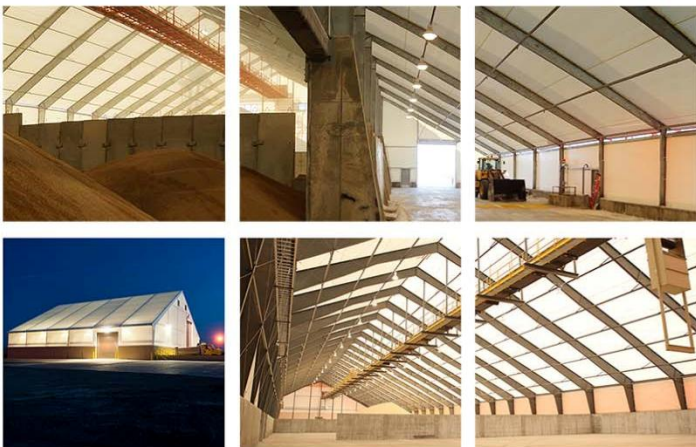
Cómo las estructuras en tela Legacy registran mejores rendimientos



INTRODUCCIÓN

La corrosión es el deterioro del metal causada por la reacción del metal con el medio ambiente. La palabra "corroer" literalmente significa "desgastar lentamente." La corrosión se da en todas las principales industrias y es causada por humedad, aire de mar, productos químicos, fertilizantes, sal para carreteras, entre otros. La corrosión aumenta de modo considerable los costos y acorta la vida útil de edificios industriales.

©2015 Legacy Building Solutions, Inc.



Costos, Tipos y los Ambientes más Corrosivos

De acuerdo a la NACE (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión), en 2002 el costo directo de la corrosión en la infraestructura excedió los \$22 mil millones en EE.UU. Ajustado por la inflación, el costo directo de la corrosión en 2013 excedió los \$42 mil millones en reposición de equipos corroídos, mantenimiento preventivo (p. ej. pintura), contaminación de productos y paradas de maquinaria, y en tiempo perdido debido a problemas de seguridad. Los expertos predicen que se podría ahorrar al menos 25-30 % de costos anuales de corrosión si se usaran prácticas de gestión de corrosión. Dicha gestión cuesta tiempo y dinero. Por suerte, el uso de Buenas Prácticas como ventilación adecuada, separación de materiales diferentes y uso de revestimientos protectores, conlleva importantes ahorros.

Algunos ambientes corrosivos ocurren de modo natural: otros son creados o agravados por el almacenamiento de productos corrosivos. Los lugares húmedos, especialmente aquellos cerca del mar, crean los ambientes naturales más corrosivos debido a la sal en el aire de mar. Más vulnerables aun son los edificios usados para almacenar materiales corrosivos, como dióxido de azufre, ácidos, álcalis, fertilizantes secos y líquidos,

productos de sal, riles, barro cloacal, ganado, estiércol y compost. Un subproducto de varios de estos materiales es el cloruro, que ha sido identificado como uno de los productos químicos corrosivos más destructivos para el acero y una causa principal del deterioro prematuro de edificaciones recubiertas en acero.

La corrosión galvánica, un tipo común de corrosión, es causada por un proceso eléctrico que se da cuando diferentes tipos de metales se conectan mediante un electrolito, como la humedad. Este fenómeno genera una corriente directa, como la de una batería DC. Cuando sucede este proceso, los electrones fluyen del metal menos noble (estado de energía más elevado – el ánodo) al más noble (estado de energía más bajo– el cátodo), resultando en corrosión galvánica. Esto hace que el metal con el estado energético más elevado (metal menos noble) se corroa.

La corrosión intersticial ocurre al estar un pequeño volumen de humedad retenida en contacto con un metal (típicamente en una grieta) el tiempo suficiente para penetrar el revestimiento protector. La grieta debe ser lo bastante grande como para que ingrese humedad, pero lo bastante pequeña como para crear una zona estancada. La corrosión intersticial puede darse en grietas con milésimas de una pulgada de ancho.



Figura 1: Almacenamiento ventilado de fertilizante





Figura II: Forro interior para proteger el armazón de acero

Entre las áreas en que se puede desarrollar corrosión galvánica se encuentran:

- Micro-grietas en el revestimiento protector creadas durante el formado, o donde se haya dañado, doblado o plegado metal;
- Las grietas debajo de cabezas de sujeción, en especial sujetadores demasiado atornillados, pueden crear abolladuras en el metal donde se puede juntar agua;
- Espacios donde hay empaquetaduras fibrosas de sujeción que absorben agua debajo de las empaquetaduras, donde permanece el tiempo suficiente como para causar corrosión.
- Espacios donde piezas metálicas se traslapan y el agua queda atrapada entre las dos piezas.

La corrosión filiforme se parece a un filamento delgado y es usual encontrarla debajo de la pintura, pero también debajo de otros revestimientos protectores. Normalmente comienza en defectos pequeños o microscópicos en un revestimiento exterior. El filamento está formado por una cabeza activa y una cola de producto de corrosión. 'Cabeza activa' significa que la corrosión sólo ocurre en la cabeza del filamento –este tipo de corrosión no se extenderá de modo uniforme: sólo avanzará desde la punta del filamento. En general es un problema estético y no debilita el metal en lo estructural. Este tipo de corrosión parte

en los bordes de los paneles y habitualmente se mueve en línea recta. La corrosión filiforme se da con mayor frecuencia en ambientes en que la humedad relativa es de entre 65% y 90%. La humedad menor a 65% no afecta el metal, mientras que la humedad mayor a 90% puede hacer que la corrosión tome forma de ampollas.

Cómo Desalentar la Corrosión

Por fortuna es posible desalentar la corrosión. Los métodos modernos de protección anti-corrosión brindan ahorros inmediatos y a largo plazo en los costos, mejores condiciones de trabajo, aumentos en las eficiencias y una mayor seguridad.

Existen varios revestimientos resistentes a la corrosión en el mercado. Las opciones incluyen galvanización en línea, galvanización por inmersión en caliente, bases antioxidantes, pinturas, pinturas epóxicas, caucho en aerosol y maderas tratadas.



Figura III: Piezas de acero galvanizado por inmersión en caliente



El método más efectivo de impedir la corrosión generada por humedad es por un proceso llamado galvanización (por inmersión) en caliente, en que se aplica electroquímicamente una capa de zinc al acero, usando una serie de baños químicos. La galvanización en caliente es un proceso multipasos que asegura que el acero sea limpiado por completo y pre-tratado antes de aplicar la capa de zinc de manera uniforme.

Otra opción es la galvanización en línea, que es un revestimiento de zinc y cromato con una capa de acabado de polímero transparente. A menudo se conoce este proceso por las marcas comerciales Flo-Coat® o Gatorshield®. Los tubos galvanizados en línea son tratados antes de soldar las cerchas. Durante el proceso de soldadura, se quema el revestimiento al interior y exterior de los tubos. Esto deja las áreas soldadas, las más importantes a proteger, muy vulnerables a la corrosión.



Figura IV: Armazón de placas sólidas de acero

La galvanización en caliente adhiere un mínimo de 3,9 mils de zinc a todas las superficies interiores y exteriores después de fabricación, brindando la máxima protección de la corrosión. La galvanización en línea aplica apenas 0,9 mils de zinc antes de fabricación, dejando el acero al interior expuesto a elementos corrosivos.

Materiales de Construcción y Prevención de Corrosión

Cuando se trata de soportar armazones para edificios en ambientes corrosivos, la elección y el diseño de materiales contribuye significativamente a detener la corrosión.

La madera ha sido un material preferido durante muchos años, pero dado al costo y otros problemas, se está reemplazando cada vez más la madera por armazones de acero. Los marcos de acero se ven usualmente en dos diseños – cerchas de alma abierta de tubo hueco, y vigas-I (o “doble T”) sólidas.

Si bien hace unos años la madera era el material preferido para ambientes corrosivos, hoy esta elección es bastante más cara que todas las demás opciones. Dejando de lado el costo, los edificios en madera no son tan duraderos como parecen, ya que la corrosión puede causar estragos a clavos, sujeciones y escuadras.

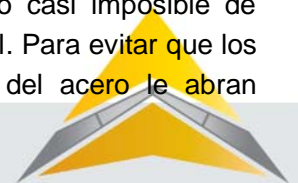


Figura V: Estructura en tela para almacenar sal

La madera, incluso tratada, se deteriora con el tiempo. La madera se cuartea porque se está secando constantemente. Debido a la variedad de especies y tipos de madera, existe un amplio rango de fortalezas y propiedades a considerar.

Las juntas con presión perpendicular a la veta en la madera son un problema común en las estructuras en madera. La configuración de carga podría generar una falla de compresión y tensión porque los valores de compresión permisible a veta de la madera son notoriamente bajos.

Las cerchas de alma abierta de tubos de acero son eficientes para la fabricación masiva, pero introducen mayores gastos de mantenimiento, como también exposición a elementos corrosivos más adelante. La corrosión probablemente se hará paso al interior del tubo, algo casi imposible de detectar o tratar, por lo general. Para evitar que los defectos en la manipulación del acero le abran



paso a la corrosión, algunas cerchas de alma abierta son primero fabricadas y luego galvanizadas por inmersión en caliente.

Un almacén rígido de construcción está hecho de placas sólidas de acero. Ello contrasta con una cercha de alma abierta hecha de mallas y cordones HSS. Lo típico es que los almacenes rígidos sean diseñados y probados por sofisticados software FEA con controles manuales de calidad. Este software posibilita la cabalidad de diseño, personalización, y oportunas estimaciones, propuestas y soluciones.

Como los almacenes rígidos no tienen espacios huecos, poseen una clara ventaja sobre las cerchas de alma abierta de tubos huecos. Además, el grosor del acero en los almacenes rígidos es varias veces mayor que gran parte de una cercha. Es más, al aplicar un revestimiento protector a un marco rígido (normalmente por galvanizado en caliente), se trata toda la sección del almacén rígido de acero de una vez mediante un proceso de inmersión en caliente. Mientras más zinc haya para proteger el producto, más durará el producto, en especial en un ambiente corrosivo.

El recubrimiento con capas de acero es uno de los exteriores más populares para edificios industriales. Sin embargo, a pesar de las capas antioxidantes que se aplican al recubrimiento antes

o después de fabricación, son vulnerables a la corrosión galvánica de tornillos y clavos que no sean de acero, a la corrosión intersticial en rayones, abolladuras o perforaciones, y a la corrosión filiforme en rayones y áreas selladas y húmedas.

Por estas razones, aumenta la elección de construcciones cubiertas en tela, en particular cuando se usan los edificios en ambientes muy corrosivos. Veamos esto en mayor detalle.

Como los componentes del almacén de acero en una construcción en tela están al interior de la estructura y están cubiertas por una membrana impermeable, estos almacenes están protegidos de la humedad. En edificios recubiertos por acero, se usan láminas de metal para el techado y forros para paredes. Como se mencionó antes, se unen dichas lámina mediante clavos o tornillos, creando orificios pequeños por donde puede infiltrarse humedad y productos químicos desde afuera hacia adentro e iniciar la corrosión. Además, la humedad a menudo penetrará áreas donde se traslapa el acero, creando un ambiente propicio para la corrosión.

La mayoría de los materiales corrosivos no afectan los hilos ni los recubrimientos de polímero usados para generar textiles arquitectónicos. Las cubiertas en tela son, en general, más fáciles de inspeccionar y su mantenimiento cuesta una fracción de los recubrimientos de acero o madera.



Figura VI: Sistema transportador para almacenamiento de productos básicos y fertilizantes





Figura VII: Buen diseño para almacenamiento de sal corrosiva

En muchas construcciones textiles, la tela del techo se hace de paneles grandes y no se fija a todos los armazones. Tales construcciones se llaman mono-cubiertas, típicamente. Como este sistema experimenta cargas de viento, la tela se levanta de todos los armazones que se ‘salta’ a sotavento del edificio, ya que el techo experimenta succión, y todas las fuerzas de la tela se aplican a las dos cerchas donde se fija la tela. Así es como ocurren muchas fallas de construcción.

A menudo se usan bloques de huinches mecánicos expuestos en la pared para asegurar el techo de tela al edificio. En general son estos bloques los primeros en sufrir una corrosión sustancial. Si se corroyera y fallase un bloque de huiches, la tela del techo podría volarse de la edificación, dejando los contenidos expuestos por completo a los elementos.

En el sistema Legacy, se fija la tela del techo al armazón mediante rieles Keder permitiendo mayor tensión textil en lo horizontal y vertical. La instalación de la tela es más segura porque los paneles del techo están siempre controlados mientras se alimenta cada panel al riel Keder. Legacy utiliza además métodos exclusivos en la industria para tensar y asegurar nuestras telas, para evitar el uso de bloques de huinches.

Buen Diseño para Prevenir la Corrosión

Tanto para las construcciones recubiertas en acero como en telas, la primera línea de defensa contra la corrosión es un buen diseño. Lamentablemente, en muchas estructuras la prevención de la corrosión a través del diseño queda relegada a un segundo plano ante costo, estética y funcionalidad. En la etapa de diseño, prevenir la corrosión implica crear puntos de acceso para aplicar revestimientos a intervalos regulares; sellar o eliminar juntas solapadas donde pudiera formarse corrosión intersticial; eliminar trampillas de humedad; brindar un buen drenaje y ventilación para minimizar la humedad; y tomar en cuenta los otros materiales que entrarán en contacto con el acero.

Debido a los materiales usados como también a nuestros diseños, las edificaciones Legacy están diseñadas para una fácil inspección de las áreas donde podría generarse corrosión. Todas las áreas son fáciles de inspeccionar y, si fuera necesario, de reparar.

Particularmente con construcciones en tela de armazón sólido de acero, se puede fijar un forro textil de manera fácil y asequible al lado inferior del armazón de acero para una mayor



protección contra la corrosión, creando un sistema libre de mantenimiento. Los forros Legacy sellan una edificación de adentro hacia afuera para evitar que cualquier material corrosivo entre en contacto con alguna parte del armazón de acero. De hecho, algunos fabricantes de construcción extenderán su garantía cuando se instala esto como parte de una nueva edificación.



Figura VIII: Toldo protector sobre un vano de puerta

Para evitar la corrosión también es crítico reducir la humedad al interior del edificio. La ventilación por gravedad, fácil de lograr al agregar un respiradero en el punto máximo y sofitos de malla, mantiene un flujo constante de aire fresco en el edificio y reduce dramáticamente los niveles de humedad.

Corrosión y Costo Total de Propiedad

Al elegir el tipo de construcción a usar en ambientes en que la corrosión es un problema, es vital considerar algo más que el precio de compra original. El monto de dinero (US\$) más importante es el costo total de propiedad.

Hay muchas variables a considerar, tales como mantenimiento, prevención de corrosión, tipo de diseño, tiempo de diseño, plazos de construcción, uso de energía, entre otros.

Al usar edificios recubiertos de acero en ambientes corrosivos, las áreas exteriores más vulnerables son las láminas del techo y los forros para muros laterales. En ambientes corrosivos, el recubrimiento en una construcción en acero puede corroerse en apenas 5-10 años, y las paredes interiores podrían durar tan sólo 8-12 años sin un mantenimiento regular. Por ello la mayoría de los fabricantes de edificios recubiertos en acero no entregarán una garantía si hay factores corrosivos presentes.

En estructuras de alma abierta de tubo hueco, ya sea recubiertas de acero o tela, una vez que la corrosión entra al interior de los tubos huecos es casi imposible de detectar y, en pocos años, puede verse comprometida toda la integridad estructural.

Incluso si una membrana textil se gasta con el tiempo, usualmente después de 20 años o más, reemplazarla cuesta alrededor de 1/3 del costo de cambiar por completo un edificio enchapado en acero corroído. La reparación de la cubierta en construcciones en tela puede costar apenas US\$2 por pie². Con los costos de instalación, el reemplazar los paneles de acero de los lados o el techo del edificio puede costar hasta US\$7 por pie².

En general, las construcciones en tela tienen garantía emitida por el fabricante cuando se usan



Figura IX: Sal DOT, arena y deshielo



en ambientes corrosivos and requieren menos mantenimiento: nada de pintura, reposición de tejas, ni reparación de forros sueltos de paredes, o de herramientas especiales para hacer reparaciones a la cubierta, etc.

La mayoría de las estructuras en tela se instalan 2 a 4 veces más rápido que aquellas en acero. Las construcciones en madera son aun más laboriosas. Una estructura en tela requiere 0,02 – 0,03 hrs hombre por pie², en comparación con edificios de acero, que requieren 0,04 – 0,07 hrs hombre por pie².

Una ventaja clave de los edificios en tela es que brindan luz natural. Los techos en tela ofrecen hasta 12% de translucidez para permitir que la luz natural penetre la estructura. La mayoría de las plantas necesitarán luz artificial para trabajos nocturnos y para brindar una iluminación adecuada en días nublados o tormentosos. Durante horas normales de luz día, sin embargo, los techos de tela eliminan eficazmente la necesidad de luz artificial, reduciendo así los costos de energía, haciendo al edificio más eficiente en lo energético y creando un entorno más ameno y libre de sombra.

La tela también es un material de construcción no conductivo, que retiene mejor la temperatura interna en vez de magnificar las condiciones externas. Esto mantiene el edificio más fresco en verano y más cálido en invierno. Sumado a la menor necesidad de luz artificial, pueden ser sustanciales los ahorros de energía durante la vida útil de una edificación.

A menudo se diseñan los edificios para acomodar cargas suspendidas fijas y dinámicas para maximizar la eficiencia del edificio. Si una construcción con cerchas de alma abierta requiere una carga suspendida, pondrá un enorme esfuerzo sobre el armazón, que con el tiempo puede causar puntos débiles que le den entrada a la corrosión. Como las cerchas de alma abierta tienen mucha deflexión vertical y horizontal, los transportadores requerirán más mantenimiento adicional para seguir funcionando bien. Si hay mucho

movimiento, entonces se necesita un recalibrado para evitar el desgaste de las correas – además de otros mantenimientos caros.

Si la edificación está en un ambiente con clima duro, las cargas de nieve y viento pueden aplicar un esfuerzo considerable en las cerchas. No sólo son los edificios en tela con armazón rígido de acero más duraderos en entornos corrosivos, son más resilientes a las cargas suspendidas de transportadores como también a las cargas de sismos, nieve y viento.

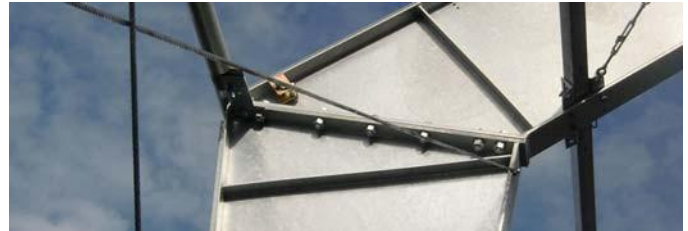


Figura X: Diseño de armazón rígido de acero

Las estructuras en tela con armazón rígido le dan la opción de usar muros de hormigón moldeados in situ o paneles pre-moldeados para muros interiores. Las paredes moldeadas in situ son una opción más permanente, con plazo de instalación más largo, mientras que las pre-moldeadas pueden ser instaladas rápidamente y brindarle la flexibilidad de reubicarlas si fuera necesario.

Se puede construir los edificios en tela con marco rígido en casi cualquier dimensión, inclinación de techo y altura de punto máximo. Además se les puede dar formas únicas según los diseños creativos y lotes de tamaños inusuales. Ello incluye puntas descentradas, columnas multi-nivel, durmientes en paredes laterales, anexos de agua simple, y techos de un agua.

Conclusión

El mejor momento para evitar la corrosión es en el diseño de la edificación. Detener la corrosión antes que comience ahorrará tiempo y dinero a largo plazo, contribuyendo a un costo total de propiedad menor. Las estructuras textiles en un armazón rígido de acero poseen un riesgo mucho menor de corrosión en cualquier ambiente.

