

Sistema Duplex



Pintando sobre el acero GIC

Contenido

3 INTRODUCCIÓN

¿CÓMO FUNCIONA UN SISTEMA DÚPLEX?

4 EL GIC POST-FABRICACIÓN DEL ACERO

Protección Barrera • Protección Catódica • Protección de la pátina de Zinc

5 CARACTERÍSTICAS DEL RECUBRIMIENTO

Pintura • Recubrimiento en Polvo • Efector Sinérgico

6 ¿POR QUÉ USAR EL SISTEMA DÚPLEX?

Estética • Código/Seguridad • Aumentar Resistencia a la Corrosión
Facilidad de Reparación • Facilidad de Retoque del Recubrimiento en Polvo • Beneficio Económico

9 ¿CÓMO ESPECIFICAR PINTURA O RECUBRIMIENTO EN POLVO SOBRE EL GIC?

Características de la superficie del GIC • Post-tratamientos del GIC • Selección de Pintura

11 CONCLUSIÓN



© 2025 American Galvanizers Association
El material aquí expuesto ha sido desarrollado para proporcionar información precisa y fidedigna sobre el acero ya galvanizado. Este material provee solo información general y no pretende substituir ningún estudio ni verificación profesional competente en idoneidad y/o aplicabilidad. La información aquí proporcionada no está destinada a representar ni ser garantía por parte de la AGA. Cualquiera que haga uso de esta información asume toda la responsabilidad derivada de ello.



Letrero con un sistema dúplex colorido y alegre a la entrada del parque Paige Memorial en Boston, MA

INTRODUCCIÓN

Aunque muchos especificadores están familiarizados con algún tipo de protección contra la corrosión, pocos reconocen el valor intrínseco de utilizar dos sistemas de protección contra la corrosión juntos, lo que se conoce como “sistema dúplex”. Un sistema dúplex se forma al pintar o aplicar un recubrimiento en polvo sobre acero GIC. Cuando se usan juntos, la protección contra la corrosión de ambos sistemas combinados es muy superior a la de cualquiera de los dos utilizados de forma independiente.

Pintar o aplicar recubrimiento en polvo sobre el acero GIC requiere una preparación cuidadosa y un buen entendimiento de ambos sistemas. Muchos productos han utilizado con éxito un sistema dúplex por décadas; por ejemplo, los automóviles y las torres de radio. Cuando la superficie GIC se prepara correctamente, la adherencia de la pintura o del recubrimiento en polvo es excelente, y el sistema dúplex se convierte en un método altamente eficaz de protección contra la corrosión.

Es importante ejecutar una preparación adecuada de la superficie para asegurar los resultados deseados. La experiencia nos muestra cómo lograr una buena adherencia de pintura o recubrimientos en polvo. El estudio de fallas y éxito en la adherencia llevó a galvanizadores, empresas de pintura, investigadores, contratistas de pintura y otras fuentes a crear la especificación ASTM D6386, Preparación de superficies de hierro y acero recubiertos con zinc (GIC) para pintura, y a comenzar la redacción de una norma para la preparación de superficies GIC para recubrimiento en polvo.

¿CÓMO FUNCIONA UN SISTEMA DÚPLEX?

Antes de decidir cómo proteger el acero contra la corrosión, es importante entender cómo se corroe el acero. El óxido, producto de la corrosión del hierro, se produce debido a diferencias de potencial eléctrico entre pequeñas áreas sobre la superficie del acero que involucran ánodos, cátodos y un electrolito (un medio para conducir iones). Cuando un electrolito como el agua entra en contacto con la superficie del acero, conecta ánodos y cátodos, creando una celda de corrosión. Esto genera óxidos de hierro conocidos como herrumbre.

Para proteger el acero de la corrosión, se debe interferir en la celda de corrosión, ya sea quitando al electrolito o hacer al acero un ánodo. Dos métodos son: la protección barrera (bloqueando al electrolito de la superficie del acero) y la protección catódica (introducción de otro ánodo). El GIC por sí solo proporciona ambos tipos de protección; pero pintar o aplicar recubrimiento en polvo sobre el galvanizado crea una capa de barrera adicional sobre el recubrimiento de zinc.



Con miles de fanáticos animando en el estadio de la Girard Highschool cada semana, el acero GIC fue la mejor elección para proteger al estadio de la corrosión. El sistema dúplex protegerá la estructura de la corrosión, además, la pintura es de los colores de la escuela, manteniendo así el espíritu de equipo.

GIC POST-FABRICACIÓN DEL ACERO

El GIC post-fabricación del acero es el proceso de sumergir piezas de acero en un baño de zinc fundido, creando una reacción metalúrgica entre el hierro y el zinc. Antes de la inmersión en el zinc, el acero se limpia minuciosamente en baños alcalinos y ácidos. El zinc no reacciona con acero sucio, por lo que la integridad del recubrimiento es inmediata y evidente al retirar el acero del baño de galvanizado.

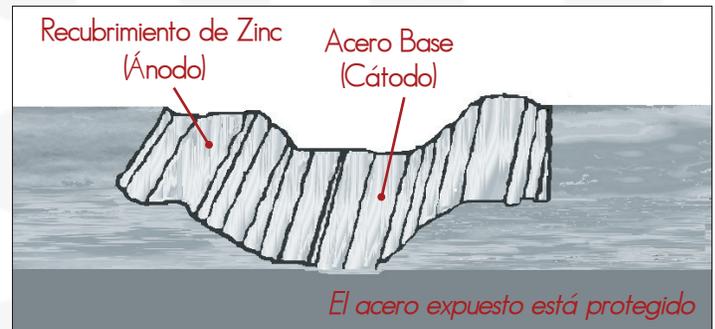
El recubrimiento está unido metalúrgicamente al acero, lo que significa que el recubrimiento de zinc es más que una simple barrera; en realidad se convierte en parte del acero y lo protege mediante protección catódica.

Protección Barrera

Este tipo de protección previene la corrosión simplemente aislando el acero del entorno y de posibles electrolitos. Cuanto más grueso o denso sea el recubrimiento barrera, mejor será la protección. Sin protección catódica, un sistema de barrera solo dura mientras el recubrimiento permanezca intacto e impenetrable. Un recubrimiento barrera incompleto o comprometido permite que el acero se oxide en el área expuesta. El óxido socavará el recubrimiento barrera cerca del área expuesta y eventualmente causará la falla de la protección. Esta destrucción no ocurre cuando el recubrimiento de barrera se ha aplicado sobre el GIC.

Protección Catódica

También conocida como protección de sacrificio. Los metales anódicos tienen una tendencia mayor a perder electrones que los metales más nobles. Los metales se clasifican según su susceptibilidad a la corrosión. Los metales menos nobles (anódicos) se ubican más arriba en la serie galvánica que los más nobles (catódicos). Por ejemplo, el zinc es más anódico que el hierro; por lo tanto, cuando el zinc y el acero están conectados en presencia de un electrolito, el zinc actúa como ánodo en la celda de corrosión. A medida que el zinc se consume lentamente, el acero actúa como cátodo y queda protegido. Gracias a esta protección catódica, el GIC puede resistir la corrosión incluso cuando pequeñas áreas del acero quedan expuestas, como en rayaduras, perforaciones o bordes cortados. to resist corrosion where small areas of steel are exposed, such as at scratches, drill holes, or cut edges.



Cuando una pieza de acero GIC se raya, el zinc del recubrimiento se sacrifica lentamente mediante acción galvánica protegiendo así al acero base. Esto sucederá mientras haya zinc circundante.

Pátina de Zinc

A medida que las piezas recubiertas de zinc interactúan con el entorno, el GIC comienza a generar subproductos del zinc (óxido de zinc, hidróxido de zinc y carbonato de zinc), conocidos como pátina de zinc. Esta pátina proporciona otra capa de protección. Estos subproductos del zinc influyen en la adherencia de la pintura o el recubrimiento en polvo se sobre la superficie galvanizada.

CARACTERÍSTICAS DE L RECUBRIMIENTO

Pintura

La pintura es una barrera entre el acero y el entorno. Un sistema de pintura implica el uso de varias capas de recubrimiento y, a veces, diferentes formulaciones, dependiendo del tipo de ambiente al que estará expuesta la pieza. Los factores más importantes para los sistemas de pintura son la adherencia y la continuidad del recubrimiento. Si la pintura no se adhiere al acero, no lo protege.

La preparación de la superficie es extremadamente importante debido a que la adherencia puede no observarse de inmediato después de haber aplicado el sistema de pintura. Una preparación deficiente de la superficie puede resultar en fallos en la pintura después de unos meses en campo, ya sea por ampollas, desprendimiento o

descamación. Tener una superficie limpia y adecuadamente preparada ayuda a asegurar que se alcance el máximo potencial del sistema de pintura. Esto es completamente cierto en los sistemas dúplex.

La continuidad de los sistemas de pintura es extremadamente importante para el acero, ya que los poros y otras imperfecciones se convierten rápidamente en focos de óxido. Sin embargo, la continuidad no es tan crítica en un sistema dúplex porque el recubrimiento de zinc no permitirá que el acero se oxide en esos puntos.

Recubrimiento en Polvo

Similar en algunos aspectos a la pintura, el acero recubierto con polvo también proporciona protección de barrera al acero base. Este proceso implica cubrir una superficie con un producto en polvo y luego curar en un horno para consolidar dicho acabado.

Esto puede lograrse rociando polvo cargado electrostáticamente sobre la pieza o sumergiéndola en un lecho fluidizado de polvo. Estos productos pueden incorporar color o estar compuestos por diversas formulaciones para satisfacer necesidades específicas, como protección contra químicos, abrasión y rayos UV.

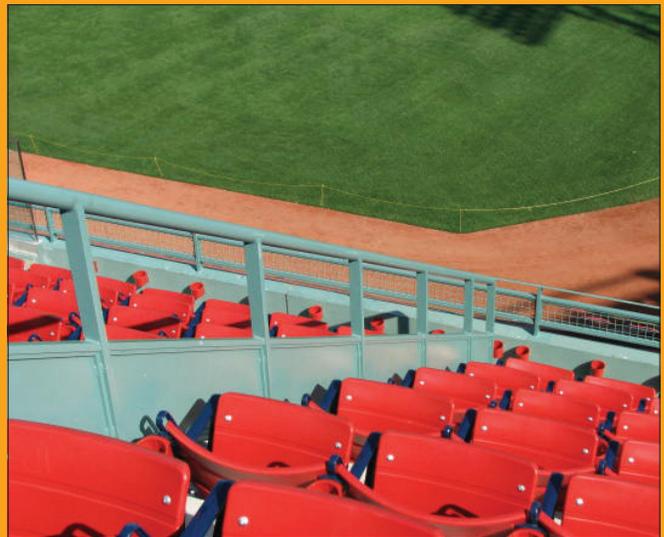
Una vez recubierta la pieza se cura en un horno entre 375°F (190°C) y 400°F (204°C) para derretir el polvo, permitir que fluya sobre la pieza, se gelifique en una película uniforme y se seque con un acabado firme y duradero. El resultado puede variar, desde muy brillante hasta mate, dependiendo de la formulación.

Al igual que con la pintura, la adherencia es fundamental, se busca uniformidad, continuidad, que esté libre de escurrimientos, burbujas o imperfecciones. Aunque no está unido metalúrgicamente al metal, un recubrimiento en polvo aplicado con cuidado y mantenido regularmente no se agrietará, astillará ni pelará como puede ocurrir con la pintura.



Caso de Estudio

Gradas del Jardín Derecho de Fenway Park. Boston, Massachusetts



Más de 3 millones de personas al año comen, lloran, saltan y derraman cerveza en las gradas del estadio de Fenway Park, por lo que proteger la apariencia y la seguridad estructural de las gradas es simplemente una prioridad.

Cuando llegó el momento de renovar las gradas del jardín derecho del estadio, existía una presión evidente por igualar el histórico color verde de Fenway Park, además del desafío de un plazo ajustado entre temporadas. Para satisfacer estas dos necesidades, se especificó un sistema dúplex que utiliza acero GIC y pintura.

El GIC se ha utilizado en todos los proyectos de renovación en Fenway Park, por lo que la elección para la protección contra la corrosión fue fácil de tomar. El galvanizador pudo sumergir en el zinc los grandes elementos estructurales de acero y luego igualar perfectamente los colores de pintura del estadio para crear un sistema dúplex eficaz y atractivo.

Los fanáticos de los Red Sox no se sentirán decepcionados con el nuevo aspecto de las gradas, y pueden esperar aún más actualizaciones con acero GIC en el futuro. Los propietarios quedaron tan impresionados con el rendimiento del sistema dúplex que ya han especificado pintura sobre el GIC para futuros proyectos en la temporada baja. El acero GIC mantendrá este estadio seguro y libre de corrosión durante muchas temporadas por venir.

Efecto Sinérgico

Cuando el acero GIC se pinta o se recubre con polvo, el sistema dúplex proporciona una forma más sofisticada de protección contra la corrosión conocida como efecto sinérgico. Utilizados de forma independiente, tanto la pintura/recubrimiento en polvo como el GIC ofrecen protección contra la corrosión; sin embargo, cuando se utilizan juntos, ambos recubrimientos trabajan sinérgicamente.

La capa exterior de pintura o el recubrimiento en polvo alenta la velocidad a la que se consume el zinc, extendiendo considerablemente la vida útil del acero GIC. Además, una vez que la capa de pintura o polvo se ha desgastado o dañado, el zinc subyacente continúa proporcionando protección catódica y de barrera.

Cuando el acero GIC se pinta o se recubre con polvo, el sistema dúplex proporciona una forma más sofisticada de protección contra la corrosión conocida como efecto sinérgico. Utilizados de forma independiente, tanto la pintura/recubrimiento en polvo como el GIC ofrecen protección contra la corrosión; sin embargo, cuando se utilizan juntos, ambos recubrimientos trabajan sinérgicamente.

La capa exterior de pintura o el recubrimiento en polvo alenta la velocidad a la que se consume el zinc, extendiendo considerablemente la vida útil del acero GIC. Además, una vez que la capa de pintura o polvo se ha desgastado o dañado, el zinc subyacente continúa proporcionando protección catódica y de barrera.

$$M_{\text{dúplex}} = 1.5 \text{ to } 2.3 (M_{\text{GIC}} + M_{\text{pintura}})$$

$$M = \text{tiempo al 1er mantenimiento}$$

Esta ecuación asume que no se realizará mantenimiento sobre la pintura/polvo, y que a medida que se desgasten de forma natural, el GIC subyacente proporcionará la mayor parte de la protección contra la corrosión. Sin embargo, es probable que el propietario mantenga el sistema de pintura por razones estéticas. Por lo tanto, el efecto sinérgico se manifiesta en el ciclo de mantenimiento retrasado (retoques, repintado de mantenimiento y repintado completo) del sistema dúplex.

Este retraso de 1.5-2.3 veces en cada uno de los mantenimientos significa que se conserva el capital destinado al mantenimiento por más tiempo, y se requieren menos ciclos de mantenimiento durante la vida útil del proyecto.

¿Por Qué Usar un Sistema Dúplex?

Además del efecto sinérgico, existen varias otras razones por las que resulta ventajoso el empleo de un sistema dúplex. A medida que más especificadores comprenden la importancia de la protección contra la corrosión, ha aumentado el uso del acero GIC en combinación con pintura o recubrimientos en polvo. Además de una vida útil prolongada, aquí hay otros beneficios de especificar un sistema dúplex:

Estética

El acero GIC es de color gris y es apreciado por muchos especificadores. Sin embargo, cuando el acabado industrial del GIC no se ajusta a un proyecto en particular, la pintura o el recubrimiento en polvo pueden ofrecer una alternativa estética. Ya sea que el arquitecto prefiera un color vivo o que el propietario desee que el proyecto se integre al entorno, pintar o aplicar recubrimiento en polvo sobre acero GIC proporciona una protección superior contra la corrosión y satisface la preferencia por cierto color. Los sistemas dúplex se están convirtiendo en una tendencia común en estadios universitarios y profesionales, ya que la capa superior permite mantener la identidad del equipo, mientras que el acero GIC subyacente proporciona la protección contra la corrosión y una larga vida útil.





Códigos/Seguridad

Un sistema dúplex también puede utilizarse para cumplir con normas de seguridad. Se mejora la seguridad al identificar por colores las tuberías de gas, vapor, químicos, áreas de trabajo peligrosas, pasarelas, marcado de líneas y equipos eléctricos de alto voltaje. Por ejemplo, la Administración Federal de Aviación (FAA) exige que las estructuras de más de 200 pies de altura estén pintadas con un patrón internacional alternado de blanco y naranja. Esto garantiza que se cumpla con los códigos de color adecuados sin sacrificar la protección anticorrosiva en estructuras que a menudo son difíciles de mantener.



Las tuberías GIC pueden pintarse o recubrirse con polvo por motivos de seguridad. Como las piezas se sumergen completamente en zinc fundido, este las protegerá por dentro y por fuera

Resistencia a la Corrosión Extendida

Debido a la sinergia pintura/recubrimiento en polvo y el GIC, una razón obvia e importante para especificar sistemas dúplex es la protección adicional contra la corrosión que ofrecen. En entornos agresivos donde el GIC o la pintura/recubrimiento en polvo por sí solos tienen dificultades para proteger el acero, utilizar un sistema dúplex puede proporcionar la resistencia necesaria. Además de una resistencia inicial extendida, aplicar un sistema dúplex a una estructura GIC es una excelente manera de prolongar su vida útil. El acero GIC por sí solo da décadas de vida útil sin mantenimiento y, a menudo supera la vida útil del proyecto para el cual fue especificado. Sin embargo, en ocasiones, una estructura GIC alcanza un punto en el que se necesita mantenimiento para prolongar su vida útil. Regalvanizar requeriría desmontar la estructura mientras que aplicar un sistema dúplex en campo es una opción mucho más viable. En este caso, lo ideal sería retocar y reparar cualquier área del recubrimiento GIC donde haya comenzado la corrosión, utilizando una pintura rica en zinc, soldadura o metalizado, tal como se describe en la especificación ASTM A780 "Práctica para la reparación de áreas dañadas y no recubiertas de galvanizado por inmersión en caliente". Luego, se puede aplicar un sistema de pintura de una o dos capas.

Facilidad de Repintado

Como se explicó anteriormente, una ventaja importante de pintar sobre el GIC es la extensión del ciclo de mantenimiento. Además de prolongar dicho ciclo, pintar sobre una superficie GIC también facilita el repintado de mantenimiento. A medida que la película de pintura se desgasta, el zinc del GIC está ahí para proporcionar ambas protecciones: catódica y de barrera hasta que la estructura sea repintada. La superficie de zinc expuesta puede entonces ser repintada con una preparación mínima.



Aplicando una capa de pintura

Facilidad de Retoque al Recubrimiento en Polvo

Aunque el acero galvanizado subyacente proporcionará tanto protección de barrera como catódica durante décadas, al igual que con la pintura, el recubrimiento exterior en polvo puede, con el tiempo, requerir pequeños retoques en caso de rayones o golpes. Esto puede realizarse en campo utilizando pintura de retoque automotriz, que es relativamente económica y proporciona un sellado duradero. Sin embargo, puede resultar algo difícil igualar los colores utilizando este método.

Para aplicar la pintura de retoque, el área afectada debe prepararse eliminando una pequeña cantidad del recubrimiento en polvo que rodea la zona dañada, perfilando la superficie del metal y del recubrimiento adyacente con una almohadilla abrasiva de polímero, y luego limpiando cualquier residuo del lijado con una toallita de alcohol isopropílico. Después de esto, el material de retoque puede aplicarse con una brocha.

Caso de Estudio

Centro Para Grandes Simios

Wauchula, Florida

Con un laberinto de conductos y pasarelas entre las copas de los árboles, el "Centro Para Grandes Simios" es una organización benéfica creada como un santuario para chimpancés y orangutanes que se han retirado de la industria del entretenimiento, han completado investigaciones o han sido mascotas. Después de trabajar en Borneo observando orangutanes, Patti Ragan desarrolló una pasión por los grandes simos y tuvo la visión de atenderlos a largo plazo.

Ragan creó el centro para ofrecer a los animales un hábitat lo más natural posible. La clínica, la casa nocturna y todos los hábitats están conectados por un sistema de conductos y pasarelas elevadas entre 3 y 4.5 metros sobre el suelo para dar a los simos la sensación de desplazarse entre los árboles. El ambiente costero húmedo, junto con el desgaste causado por los simos al rascar y morder, representa un desafío extremo para la protección contra la corrosión.

Un sistema dúplex: pintura sobre acero galvanizado por inmersión en caliente fue la solución ideal para la estructura, ya que se integraba con el entorno natural sin sacrificar durabilidad ni resistencia al mantenimiento. Hoy es hogar de más de 40 grandes simos, el centro se mantendrá firme y cumplirá el sueño de Ragan de ofrecer un hogar eficiente, seguro y feliz para estos animales retirados.



Beneficio Económico

Los sistemas dúplex ofrecen enormes ventajas económicas debido al tiempo extendido hasta el primer mantenimiento y al ciclo de mantenimiento retrasado. Inicialmente, el costo de un sistema dúplex es alto porque se debe pagar por ambos sistemas de protección contra la corrosión. Sin embargo, gracias al efecto sinérgico, el costo inicial adicional se compensa a lo largo de la vida útil del proyecto y, al final, resulta menos costoso que recubrir acero sin protección. Para proyectos dúplex donde el sistema de pintura o recubrimiento en polvo se utiliza estrictamente para prolongar la vida útil y el acabado de color no es crítico, el costo inicial puede ser también el costo final. Pero en la mayoría de los proyectos dúplex, la capa superior se mantiene, y en estos casos, el ciclo de mantenimiento retrasado puede reducir significativamente el costo del ciclo de vida (CCV). Para explorar los beneficios económicos de utilizar un sistema dúplex, considera el siguiente estudio de caso de un sistema de pintura de dos capas sobre acero negro y acero galvanizado. El estudio utiliza datos de costos nacionales recopilados de la industria del galvanizado y fabricantes de pintura para costos iniciales, preparación de superficies y costos de mantenimiento.

PARÁMETROS DEL PROYECTO:

- 50,000 ft² (Mezcla de aceros estructurales)
- 60 años de tiempo de vida
- C3 – Ambiente Industrial Moderado
- 3% inflación; 4% interés
- Tabla de Costo Inicial/Mantenimiento/Tiempo de Vida

	COSTO INICIAL	CCV
Pintura sobre acero negro	\$1.60/ft ²	\$801,000 ^A
SISTEMA DÚPLEX	\$3.68/ft ²	\$493,000 ^B

A: Ciclo Mantenimiento - años 11, 14, 20, 31, 34, 40, 51, 54 (8 Retoques)
 B: Ciclo Mantenimiento - años 19, 24, 35, 54, 59 (5 Retoques)

Tabla 1: Comparación de Costos, Caso de Estudio

Como muestra la Tabla 1, el costo de utilizar un sistema dúplex es más alto inicialmente que el de usar solo un sistema de pintura. Sin embargo, se gastará menos dinero en mantenimiento durante la vida útil de la estructura. Como resultado, el costo del ciclo de vida (CCV) del sistema de pintura solo es casi el doble que el de la estructura que utilizó un sistema dúplex. El ciclo de mantenimiento retrasado del sistema dúplex resultó en tres ciclos de mantenimiento menos durante los 60 años de vida útil (ver Tabla 1), lo que permitió al propietario disponer de más tiempo para generar intereses sobre el dinero, y en última instancia, obtener un retorno de inversión del 67%.

El costo inicial "premium" del sistema dúplex se paga por sí solo a lo largo de la vida del proyecto, ofreciendo el máximo valor junto con un atractivo estético. En resumen, los costos de mantenimiento reducidos durante la vida del proyecto resultan en menores costos totales del ciclo de vida para una estructura que utiliza un sistema dúplex.

TIPO	COMPATIBILIDAD	COMENTARIOS
Acrílicos	Algunas veces	Si el pH de la pintura es alto, pueden surgir problemas debido al amoníaco que reacciona con el zinc.
Poliuretanos Alifáticos	Sí	Si se usa como capa superior sobre un primer epoxi poliamida, se considera un sistema dúplex superior.
Bituminosos	Sí	Usados para piezas que serán enterradas en el suelo.
Cauchos Clorados	Sí	Su alto contenido de COV ha limitado considerablemente su disponibilidad.
Epoxis de Alquitrán de Hulla	Algunas veces	Raramente usados, solo si las piezas serán enterradas en el suelo.
Epoxis	Algunas veces	Si la pintura está específicamente formulada para su uso con acero GIC.
Epoxi Curado con Poliamida	Sí	Tiene una adherencia superior con el acero GIC.
Látex-Acrílicos	Sí	Tiene el beneficio adicional de ser ecológico.
Látex Base Agua	Algunas veces	Consultar con el fabricante de pintura.
Base Aceite	Algunas veces	Consultar con el fabricante de pintura.
Cemento Portland en Aceite	Sí	Tiene una adherencia superior al acero galvanizado.
Siliconas	No	No deben usarse directamente sobre acero GIC; pueden ser útiles en sistemas de alta temperatura con capa base.
Vinílicas	Sí	Generalmente requieren perfilado; su alto contenido de COV ha limitado su disponibilidad.
Recubrimiento en Polvo	Sí	Los recubrimientos en polvo de curado a baja temperatura funcionan excepcionalmente bien sobre acero GIC.

Tabla 2: Compatibilidad del GIC con Sistemas de Pintura

CÓMO ESPECIFICAR ACERO GIC PARA SER PINTADO/RECUBIERTO C/POLVO

Características de la superficie del acero GIC

La química superficial de los subproductos del zinc en el acero GIC varía según la antigüedad del recubrimiento, esto determina la preparación de superficie necesaria. La norma ASTM D6386 proporciona técnicas detalladas de preparación de superficie para todas las etapas del acero galvanizado.

A medida que el recubrimiento galvanizado envejece, su apariencia cambia. Gradualmente, el zinc reacciona con la atmósfera para formar una pátina de óxido de zinc, hidróxido de zinc y carbonato de zinc. Aunque esta reacción comienza inmediatamente después de la galvanización, la pátina puede tardar hasta dos años en formarse completamente, dependiendo del entorno (humedad, cloruros, etc.).

La pátina de zinc presenta diferentes características en cada etapa de su formación, por lo que debe tratarse de manera distinta al preparar el acero GIC para pintura o recubrimiento en polvo. Después del galvanizado, la capa superior de zinc se combina con oxígeno y humedad para formar partículas de óxido de zinc e hidróxido de zinc. Estas partículas están débilmente adheridas al zinc y pueden disolverse en agua. Si se aplica un recubrimiento dúplex adicional sobre el galvanizado cuando estas partículas aún están presentes en la superficie, podrían surgir problemas de adhesión con el tiempo, ya que dichas partículas tienden a desprenderse.

Cuando la pátina se ha formado completamente —después de uno a dos años de exposición a la atmósfera— la superficie se convierte en una película delgada y sólida. Esta película es una mezcla de óxido, hidróxido y carbonato de zinc, que no se disuelve en agua y se adhiere firmemente al zinc. Un recubrimiento dúplex puede aplicarse directamente sobre esta pátina limpia y ofrecer una excelente adhesión.

La mayoría de las personas pintan o aplican recubrimiento en polvo al acero GIC durante el período más difícil para hacerlo: entre las 48 horas y un año después del galvanizado. Durante este intervalo, el zinc es muy reactivo con la atmósfera, por lo que la preparación adecuada de la superficie es fundamental. Una preparación exitosa —que incluya la eliminación de partículas sueltas de óxido de zinc o hidróxido de zinc— evitará problemas de adhesión.

Post-tratamientos para el Acero GIC

Después de galvanizar una pieza, a veces se somete a un enfriamiento o tratamiento para detener la reacción entre el hierro y el zinc (y facilitar el envío inmediato del acero GIC). Los tratamientos posteriores más comunes son el enfriamiento en agua, el enfriamiento con cromato y el fosfado. Ambos métodos de enfriamiento (agua y cromato) pueden afectar negativamente la adherencia entre el acero galvanizado y la pintura. Comunicarse con el galvanizador antes del proceso ayuda a evitar tratamientos que puedan ser perjudiciales para la adherencia de la pintura o el recubrimiento en polvo.

Selección de la Pintura

En la Tabla 2 se presenta una lista parcial de pinturas y sistemas de pintura compatibles con el GIC. El fabricante de pintura puede proporcionar información más detallada sobre la compatibilidad de sistemas específicos con el acero galvanizado. Siempre se debe consultar al fabricante de pintura antes de pintar al acero galvanizado. Diferentes características físicas y químicas de pinturas del mismo tipo pueden reaccionar de manera distinta con una superficie galvanizada. El fabricante de pintura y el galvanizador pueden colaborar para crear un sistema dúplex exitoso.

TIPO	COMENTARIOS
Epóxica (Epoxi)	Resistente, químicamente fuerte, pero con poca durabilidad en exteriores (tiende a blanquearse).
Híbrida	Acabado y desempeño similar al epoxi, algunas ventajas frente a rayos UV y sobrecalentamiento; no es duradero en exteriores.
Uretano de Poliéster	Duradero en exteriores, recubrimiento de película delgada.
Poliéster TGIC	Duradero en exteriores, buena cobertura en bordes, aprobado para películas más gruesas.
Acrílicas	Excelente resistencia a la intemperie, gran apariencia, buena resistencia al impacto.

Tabla 3: Tipos de Recubrimientos en Polvo

Selección del Recubrimiento en Polvo

Al igual que con la pintura, el proveedor del recubrimiento en polvo podrá ofrecer la mejor información sobre cómo combinar formulaciones específicas con acero GIC. Para tomar la mejor decisión, es importante definir los requisitos del producto final antes de seleccionar el recubrimiento. Por ejemplo: ¿estará la pieza expuesta constantemente a rayos UV? ¿A sales en la carretera o productos químicos? Es fundamental identificar y probar los desafíos de rendimiento antes de consultar con el proveedor para hacer la mejor elección.

Existen varios tipos generales de recubrimientos en polvo termoestables que responden a diferentes especificaciones. La Tabla 3 clasifica los distintos tipos de polvos y sus atributos. Combinar el tipo correcto de recubrimiento con la protección del GIC extenderá por décadas la durabilidad de la pieza.

Caso de Estudio

Thurston Avenue Bridge Ithaca, New York

Ubicado sobre una garganta escénica en medio de un bosque, el Puente de Thurston Avenue se encuentra en el campus de la universidad de la Ivy League, Cornell University, en Ithaca, Nueva York. Esta prestigiosa institución, visitada por académicos de todo el mundo, es altamente visible para el público y es transitada diariamente por hasta 8,500 vehículos, 950 peatones y 60 bicicletas.

La ciudad deseaba que las barandillas y la estructura metálica del puente complementaran la iluminación LED, además de armonizar con el resto del acero estructural utilizado en el puente. Para enfrentar los efectos corrosivos del clima invernal y las sales de carretera en esta región del norte del estado de Nueva York, se implementó un sistema dúplex de recubrimiento en polvo sobre acero GIC.

El acero galvanizado por sí solo proporciona décadas de durabilidad sin mantenimiento, y a menudo supera la vida útil prevista del proyecto. Sin embargo, la protección combinada del galvanizado con el recubrimiento en polvo garantiza que este puente esté en servicio durante generaciones.



CONCLUSIÓN



Al aprovechar el efecto sinérgico de la pintura o el recubrimiento en polvo sobre acero GIC, los elementos de acero dúplex se benefician de múltiples capas de protección que prolongan la vida útil de la pieza. La protección inicial de barrera proporcionada por la pintura o el recubrimiento en polvo actúa como primera línea de defensa, mientras que el acero GIC ofrece protección barrera, catódica y la pátina de zinc, manteniendo la pieza libre de corrosión durante décadas.

Para asegurar el éxito del sistema dúplex, es importante seguir los siguientes pasos lógicos y simples de preparación.

- Informe a su galvanizador que el acero será pintado. Esto facilitará una preparación adecuada de la superficie, como evitar el enfriamiento después del galvanizado y asegurar que se corrijan las imperfecciones del recubrimiento.
- Determine correctamente la antigüedad (etapa de desgaste) y las características del recubrimiento GIC. Los sistemas dúplex requieren una preparación de superficie adecuada, y el acero recién galvanizado, parcialmente "curtido" y completamente "curtido" requieren métodos y niveles de preparación diferentes.
- La limpieza y el perfilado adecuados antes de pintar o aplicar recubrimiento en polvo son clave. Asegúrese de elegir los métodos apropiados de limpieza y perfilado, siguiendo puntualmente las recomendaciones.
- Seleccione un sistema de pintura o recubrimiento en polvo compatible con el recubrimiento galvanizado.
- Comente las características del recubrimiento con el galvanizador y siempre consulte al fabricante antes de pintar o aplicar recubrimiento en polvo sobre el acero GIC.

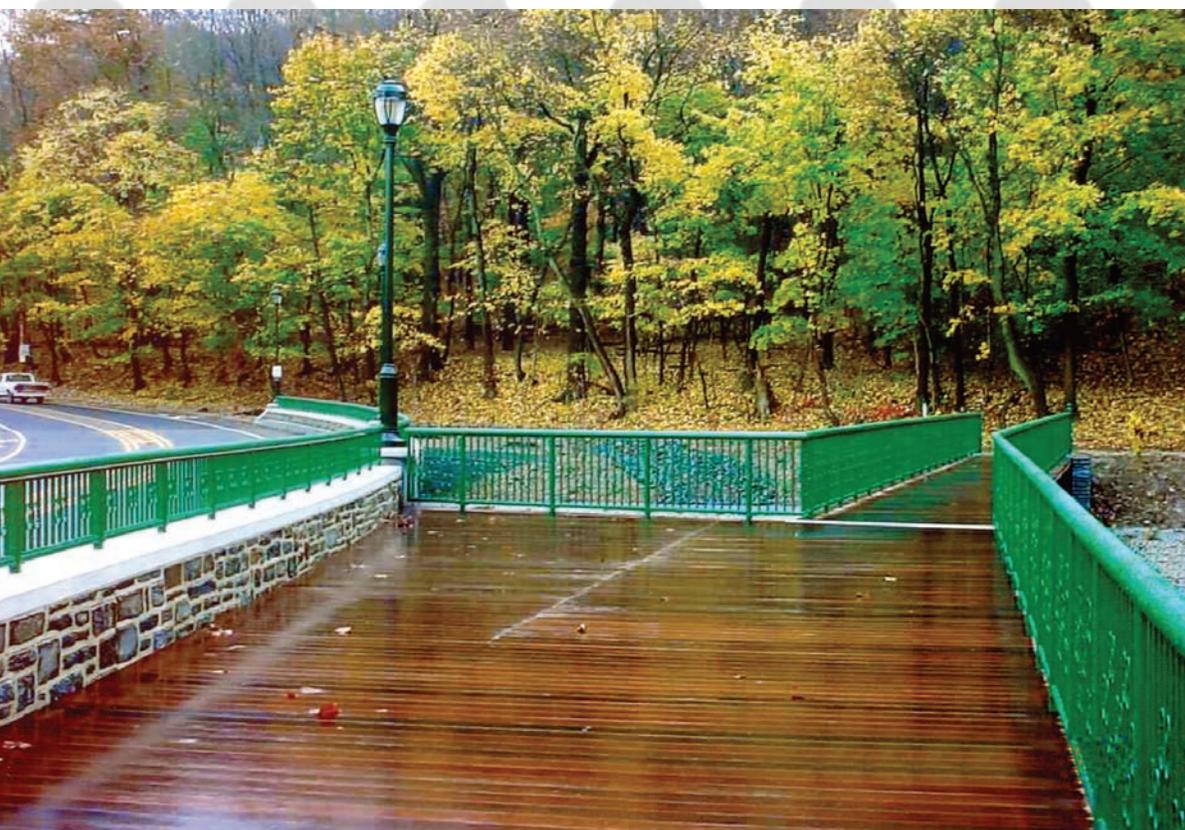


Para más información sobre cómo preparar acero GIC para pintura, solicite una copia de los DVDs instructivos de la AGA: *Guide to Preparing Hot-Dip Galvanized Steel for Paint* or *Guide to Preparing Hot-Dip Galvanized Steel for Powder Coating*

Como con cualquier sistema de pintura o recubrimiento en polvo, la preparación adecuada de la superficie del recubrimiento galvanizado es fundamental. La combinación del zinc del GIC y la pintura o el recubrimiento en polvo proporciona de forma sinérgica un excelente sistema de prevención de la corrosión que se ha utilizado con éxito durante más de 40 años.



Arriba: Museo Salvador Dalí, St. Petesburg, Florida
Centro: Quad Plaza de la Escuela Tustin, Tustin, CA.
Abajo: Puente de LEones en St. Augustine, Florida



American Galvanizers Association
6881 S. Holly Circle, Ste. 108 • Centennial, CO 80112
1-800-HOT-SPEC • www.galvanizeit.org