



# *GUÍA DE DISEÑO*

El Diseño de Productos que se Galvanizarán  
en Caliente Después de su Fabricación



# CONTENIDO

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción — — — — —                                                                 | 2  |
| La comunicación es clave — — — — —                                                     | 3  |
| Materiales idóneos para el galvanizado — — — — —                                       | 3  |
| Combinación de diferentes materiales y superficies — — — — —                           | 5  |
| Tamaño y forma — — — — —                                                               | 6  |
| Temperatura y calor del proceso — — — — —                                              | 7  |
| Propiedades mecánicas del acero galvanizado                                            |    |
| Fragilidad por envejecimiento                                                          |    |
| Fragilidad por hidrógeno                                                               |    |
| Bordes de acero cortado                                                                |    |
| Minimización la distorsión — — — — —                                                   | 9  |
| Drenaje apropiado — — — — —                                                            | 9  |
| Ventilación de piezas fabricadas tubulares y estructuras huecas — — — — —              | 10 |
| Baranda                                                                                |    |
| Viga triangulada de tubo rectangular                                                   |    |
| Viga triangulada de caño                                                               |    |
| Columnas de caño, vigas de caño, postes de iluminación de calles y de transmisión      |    |
| Secciones de caja                                                                      |    |
| Brazo de señal cónico                                                                  |    |
| Ventilación y drenaje apropiados de piezas fabricadas cerradas y semicerrada — — — — — | 16 |
| Precauciones para superficies superpuestas y en contacto — — — — —                     | 17 |
| Procedimientos de soldadura y eliminación de flujo de soldadura — — — — —              | 18 |
| Partes enroscadas — — — — —                                                            | 18 |
| Partes móviles — — — — —                                                               | 20 |
| Otras consideraciones de diseño — — — — —                                              | 21 |
| Enmascaramiento                                                                        |    |
| Marcas para identificación                                                             |    |
| Consideraciones posteriores al galvanizado — — — — —                                   | 22 |
| Almacenamiento                                                                         |    |
| Limpieza del acero galvanizado                                                         |    |
| Rendimiento en ambiente de servicio — — — — —                                          | 23 |
| Especificaciones relacionadas — — — — —                                                | 24 |



© 2015 American Galvanizers Association. El material que se provee en el presente documento se ha desarrollado para brindar información precisa y acreditada sobre el acero galvanizado posterior a su fabricación. Este material proporciona información general solamente y no está previsto como un sustituto para el examen y la verificación competentes profesionales en cuanto a idoneidad y aplicabilidad. La información que se provee aquí no está prevista como una representación o garantía por parte de la AGA. Cualquiera que emplee esta información asume toda responsabilidad que surja de tal uso.



## INTRODUCCIÓN

Mientras el mundo sigue evolucionando, es importante construir un mejor ambiente para el futuro. A lo largo del planeta se ha empleado acero galvanizado en caliente para brindar una protección sin igual contra los destrozos de la corrosión. Las nuevas tecnologías y la química creativa continúan avanzando en el proceso de galvanización, un pilar en la industria de Estados Unidos desde la década de 1870.

El uso de acero galvanizado en caliente sigue creciendo no solo en mercados tradicionales ya existentes, sino también en nuevos. Desde tornillos hasta robustos puentes que cruzan ríos ajetreados, esculturas artísticas y fachadas de construcción hasta barandillas utilitarias y postes de utilidad, el galvanizado en caliente es una parte importante de la vida diaria. Alguna vez usado exclusivamente como

medio de protección contra la corrosión, el galvanizado en caliente ahora está especificado por muchos otros motivos, como el costo más bajo (inicial y durante el ciclo de vida), la durabilidad, la longevidad, la versatilidad, la sostenibilidad y la estética.

Hay ciertas prácticas para todos los materiales y revestimientos que crean productos acabados de mejor calidad. A fin de cumplir con las expectativas y demandas de los diversos mercados, es importante percatarse de las mejores prácticas de diseño al momento de planear galvanizar el acero. A menudo no son necesarios ajustes, o de serlo, muy pocos y menores, al diseño, y valen el tiempo y el esfuerzo extras por adelantado para aliviar algunos futuros dolores de cabeza vinculados con la utilización de otros sistemas de revestimiento.



## LA COMUNICACIÓN ES CLAVE

La protección contra la corrosión comienza en la pizarra de dibujo porque los sistemas de protección contra la corrosión exigen ciertos detalles de diseño y un planeamiento apropiado para garantizar el revestimiento de mejor calidad. Por lo que, independientemente del método de protección especificado, debe factorizarse en el diseño del producto. Para el galvanizado en caliente, un proceso de inmersión total en zinc fundido, el ingeniero en diseño querrá garantizar que todas las piezas se fabriquen de forma apta para el proceso. La mayoría de los principios de diseño necesarios a lo largo del proceso de galvanización son fáciles de seguir y, en gran parte de los casos, garantizan la máxima protección contra la corrosión. Incorporar tales prácticas de diseño junto con las listadas en ASTM A385 Práctica para proveer revestimientos en zinc de alta calidad (en caliente) no solo generará revestimientos galvanizados de la más alta calidad, sino que también reducirá los costos y mejorará los tiempos de entrega.

### COMUNICACIÓN ENTRE

INGENIERO/ARQUITECTO DE DISEÑO

FABRICADOR/DETALLADOR

CALVANIZADOR

...DESDE EL COMIENZO DEL PRODUCTO HASTA SU FINALIZACIÓN OPTIMIZA EL TIEMPO DE ENTREGA, MINIMIZA LOS COSTOS Y GARANTIZA UN ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE DE CALIDAD SUPERIOR

Una clave para brindar el mejor diseño para el proceso de galvanizado en caliente es la comunicación entre el arquitecto, el ingeniero, el fabricante y el galvanizador. Abrir las líneas de comunicación desde un principio en el proceso de diseño puede eliminar posibles inconvenientes en el proceso más adelante. Unos cuantos temas de discusión a abarcar, mientras se diseña el proyecto, incluyen:

- Química del acero y condición de superficie
- Tamaño y forma
- Temperatura y calor del proceso
- Ventilación y drenaje
- Ensamble
- Partes enroscadas/conexiones
- Diseño posgalvanización/uso

La comprensión de estos aspectos del proceso de galvanizado, y el cómo afectan el resultado del producto revestido y acabado, ayudarán a garantizar que se satisfagan las expectativas de todos.

## MATERIALES IDÓNEOS PARA EL GALVANIZADO

La mayor parte de los materiales que contienen hierro (ferroso) son aptos para el galvanizado en caliente. El acero no aleado (por debajo de 150 ksi o 1100 mPa) y los materiales de baja aleación, el acero laminado al calor, el acero laminado al frío, el acero fundido, el hierro dúctil, el hierro fundido, las piezas fundidas, el acero inoxidable e incluso el acero resistente a la corrosión atmosférica se pueden galvanizar para mejorar la protección contra la corrosión. No obstante, la composición química del material influye sobre las características del revestimiento galvanizado.

Durante el galvanizado, el hierro en el acero reacciona con el zinc fundido para formar una serie de capas de aleación zinc hierro, que se cubren con una capa de zinc sin hierro. Para la mayoría de los aceros laminados al calor, la parte de la aleación de zinc hierro representará entre el 50 y 70% del espesor del revestimiento total, y la capa exterior de zinc compensará (*Ilustración 1*).

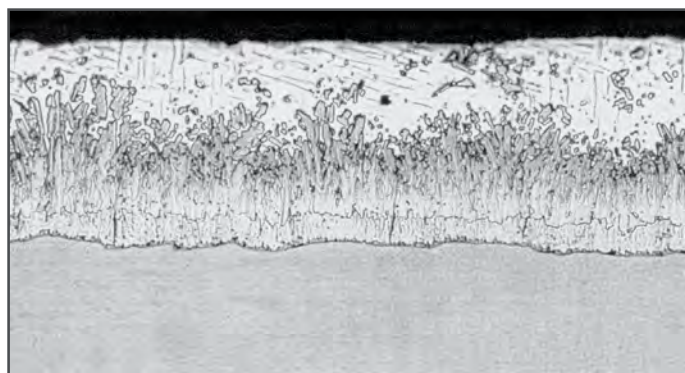


Ilustración 1: Capas típicas de aleación zinc hierro

Las composiciones del acero varían según la resistencia y los requisitos de servicio. Los elementos traza en el acero (silicio, fósforo) afectan el proceso de galvanizado y también las estructuras y el aspecto del revestimiento galvanizado. En la industria del galvanizado se conoce a los aceros cuyos niveles de silicio o fósforo están fuera de los rangos recomendados como acero altamente reactivo, y pueden producir un revestimiento compuesto por completo, o casi por completo, de capas de aleación de zinc hierro (*Ilustración 2*).

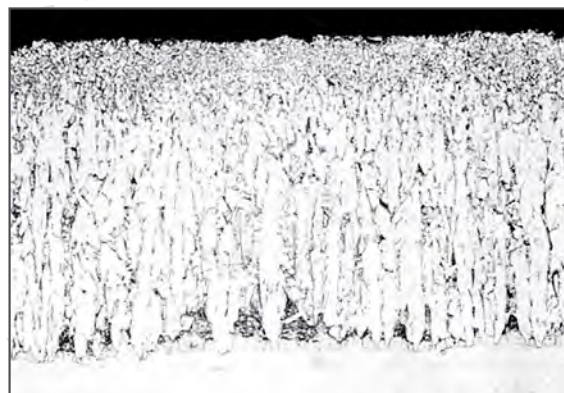


Ilustración 2: Capas atípicas de aleación zinc hierro



Los revestimientos atípicos producidos a partir de aceros reactivos exhiben características de revestimiento distintas de un revestimiento galvanizado convencional, como:

- **Aspecto:** El revestimiento galvanizado atípico puede tener un aspecto gris mate y/o una superficie más áspera debido a que carece de la capa de zinc solo. La capa de zinc solo presente en los revestimientos típicos imparte un acabado más brillante al revestimiento galvanizado.
- **Adherencia:** El revestimiento con la aleación de zinc hierro tiende a ser más grueso que un revestimiento galvanizado típico. En el infrecuente caso donde el revestimiento es excesivamente grueso, existe la posibilidad de que se produzca una disminución en la adhesión bajo estrés externo (gradientes térmicos, impacto agudo).

Los aceros reactivos aún se galvanizan regularmente, y es importante advertir que las diferencias en el aspecto no tienen ningún efecto sobre la protección contra la corrosión que brinda el revestimiento galvanizado. El rendimiento del revestimiento se basa en el espesor del zinc; por eso, a menudo los revestimientos más opacos (y espesos) productos por aceros reactivos duran más. Además, con el paso del tiempo, a medida que los revestimientos galvanizados se oxidan desarrollan un aspecto gris mate uniforme.

Es difícil proveer una guía precisa en cuanto a la selección de acero sin calificar todos los grados de acero disponibles comercialmente. Sin embargo, estos lineamientos le ayudarán a seleccionar aceros que produzcan buenos revestimientos galvanizados:

- Los niveles de carbono menores a 0,25%, de fósforo menores a 0,04% o de manganeso menores a 1,35% son beneficiosos
- Los niveles de silicio menores a 0,04%, o entre 0,15% y 0,22%, son aconsejables

El silicio puede estar presente en muchos aceros comúnmente galvanizados, aunque no es parte de la composición controlada del acero, dado que se emplea el silicio en el proceso de desoxidación del acero y se la encuentra en el acero fundido de forma constante. Tanto el silicio como el fósforo actúan como catalistas durante el proceso de galvanizado, que genera un rápido crecimiento de capas de aleación de zinc hierro.

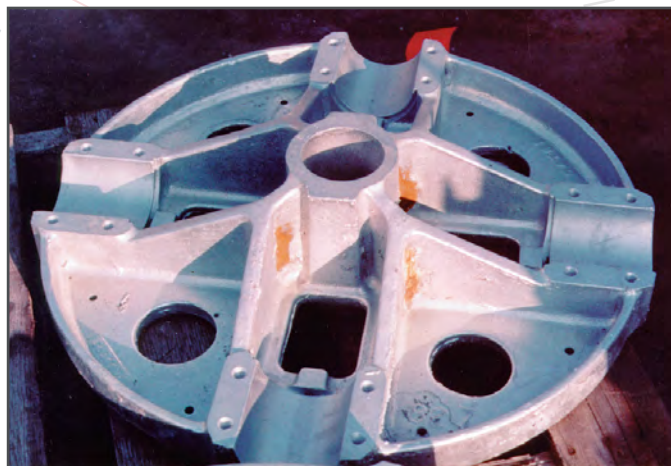
Incluso cuando a ambos elementos se los mantiene a límites deseables por separado, el efecto combinado entre ellos aún puede generar un revestimiento atípico para todas o la mayoría de las capas de aleación de zinc hierro. Cuando sea posible, se debe asesorar a su galvanizador sobre el grado del acero seleccionado para determinar si se recomiendan técnicas especializadas de galvanizado.

## PIEZAS FUNDIDAS

Las piezas fundidas de alta calidad y las partes forjadas también se galvanizan de forma frecuente y satisfactoria. El acabado de revestimiento galvanizado está muy influenciado por la calidad de la pieza fundida. Como sucede con todo metal por ser galvanizado, la limpieza es esencial para lograr un revestimiento completo del hierro o partes de acero fundidos. Sin embargo, los procesos convencionales que emplean los galvanizadores no limpian con total propiedad las piezas fundidas porque la arena y otras inclusiones de materiales no se eliminan mediante la limpieza química. La limpieza minuciosa con abrasivos, ya sea por granallado o por una combinación de granalla y perla de vidrio, es el método preferido y más eficaz para eliminar la arena y las impurezas de la fundidora de la pieza fundida. La limpieza se lleva a cabo por lo general en la fundidora antes de enviársela al galvanizador. Las piezas fundidas en buen estado y exentas de estrés con buenos acabados de superficie producirán revestimientos galvanizados de alta calidad.

### DISEÑO DE PIEZAS FUNDIDAS PARA EL GALVANIZADO

- Evite las esquinas puntiagudas y los recovecos profundos.
- Use numerales de patrones amplios y radios generosos para facilitar la limpieza con abrasivos.
- Especifique las secciones de paredes uniformes. El espesor no uniforme en paredes, en ciertos diseños de piezas fundidas, puede provocar una distorsión y/o un agrietamiento. El agrietamiento se produce por el estrés que se desarrolla mientras aumenta la temperatura de la pieza fundida durante el galvanizado. Las secciones de paredes uniformes y un diseño equilibrado reduce el estrés.



Fundición de Acero

## COMBINACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES Y SUPERFICIES

La verificación de las condiciones de superficie, los distintos métodos de fabricación y los metales ferrosos con químicas especiales, al combinarlos, dificultan la producción de revestimientos con aspecto uniforme. Estos materiales requieren de parámetros diferentes para el decapado (tiempo de inmersión, concentraciones de solución, temperaturas) y el galvanizado (temperaturas de los baños, tiempo de inmersión), que contribuyen a variados aspectos. Se requieren parámetros diferentes para:

- Revestimientos como pintura, laca, etc. sobre el acero
- Superficies por demás oxidadas
- Superficies fabricadas
- Acero fundido
- Hierro maleable
- Acero laminado al calor
- Acero laminado al frío
- Hierro fundido, en especial con inclusiones de arena
- Superficies agujereadas
- Acero con exceso de carbono, fósforo, manganeso o silicio

Muchos revestimientos, como la pintura o la laca, no pueden quitarse del acero con el proceso de limpieza química que se emplea en la instalación de galvanizado. Como el acero limpio es necesario para que se dé la reacción metalúrgica en la caldera de galvanizado, se deben eliminar estos contaminantes de superficie de forma mecánica antes de enviar la fabricación al galvanizador.

Se debe evitar combinar acero viejo con nuevo o piezas fundidas con acero laminado en la misma fabricación (*Ilustración 3*). Cuando no puedan evitarse ensamblajes de hierro fundido, acero fundido, hierro maleable o acero laminado, se debe someter toda la pieza a granallado minucioso antes del decapado para intentar generar un aspecto de revestimiento galvanizado uniforme.

De forma semejante, los aceros por demás oxidados, agujereados o forjados tampoco deben usarse en combinación con superficies nuevas o fabricadas porque la diferencia en el tiempo de decapado necesario para los baños de decapado con ácido sulfúrico puede generar el sobredecapado de las superficies nuevas o fabricadas.

Cuando no pueda evitarse esta combinación, un granallado minucioso del ensamblaje (normalmente antes de que se termine la fabricación) brinda un revestimiento galvanizado más uniforme.

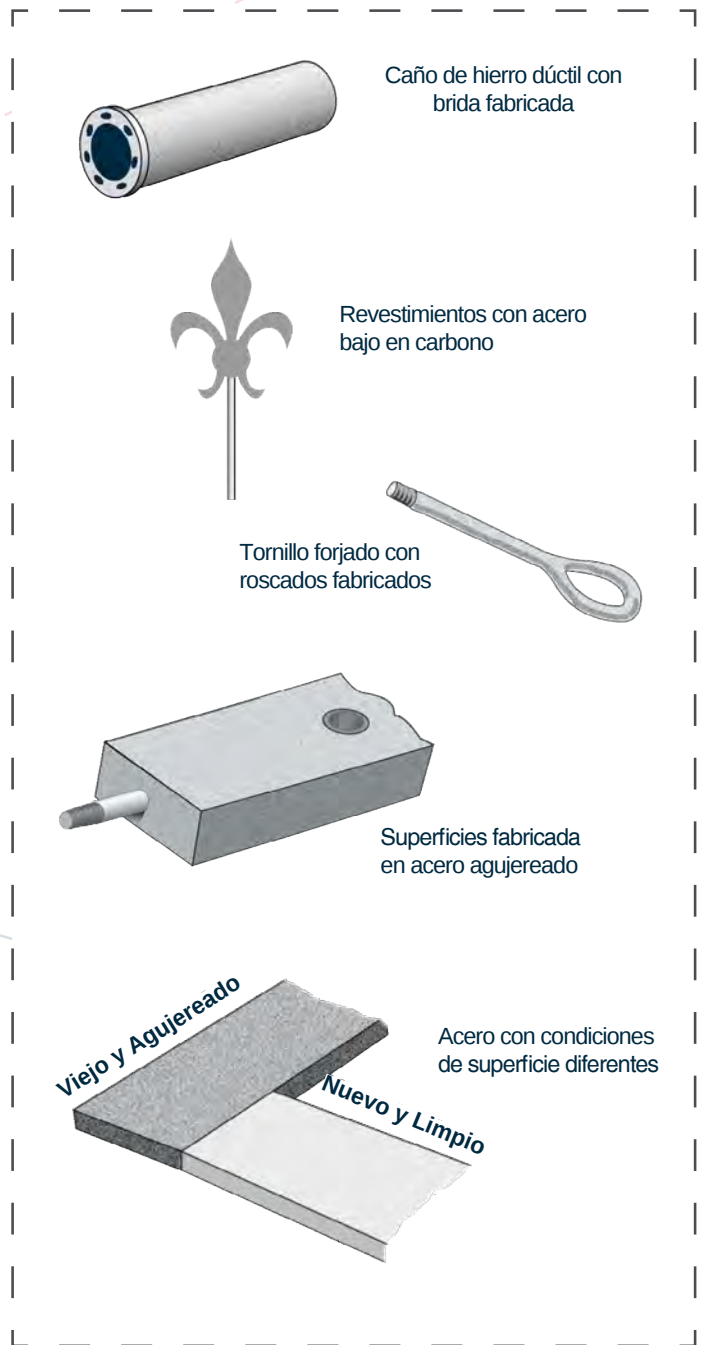


Ilustración 3: Los resultados no sean coherentes con una combinación de estos tipos de metales o acabados





Si se emplea el granallado para preparar una superficie de acero de bajo silicio para galvanizado, se producirá un revestimiento más espeso. El granallado vuelve áspera la superficie del acero, y el aumento en el área de superficie da como resultado una mayor actividad con el zinc fundido.

La mejor práctica al combinar materiales y superficies diferentes es galvanizar por separado primero y ensamblar después. Esto hará más eficaces los tiempos de entrega en el proceso, eliminará el sobredecapado y permitirá que las piezas coincidan en aspecto. Ya sea que se opere por el proceso de galvanizado juntos o por separado, las diferencias en el aspecto en los ensamblajes que contienen aceros con condición de superficie inconsistente no afectan la protección contra la corrosión. Además, después de envejecer en el ambiente, todas las superficies exhiben un aspecto gris mate uniforme.

### TAMAÑO Y FORMA

Otra consideración importante durante el proceso del diseño es el tamaño y la forma de la pieza fabricada. Debido a que el galvanizado en caliente es un proceso de inmersión total, el diseño debe tener en cuenta la capacidad de la caldera de galvanizado; por eso, es prudente verificar las limitaciones de la caldera de su galvanizador al inicio del proceso de diseño.

Se puede galvanizar casi cualquier componente mediante el diseño y la fabricación en módulos aptos para las instalaciones de galvanizado disponibles. La longitud promedio de la caldera, en Estados Unidos, es de 12,9 m (40 pies), y hay muchas calderas de entre 15,24 m y 18,28 m (50 y 60 pies). Las dimensiones de la caldera y la información de contacto de todos los galvanizadores miembros están disponibles en [www.galvanizeit.org/galvanizers](http://www.galvanizeit.org/galvanizers).



Inmersión progresiva - galvanizado de piezas demasiado grandes

Las grandes estructuras diseñadas en módulos o subunidades, para dar lugar a la caldera de galvanización, a menudo generan ahorros en fabricación y ensamblaje porque simplifican la manipulación y el transporte. Las subunidades pueden conectarse después del galvanizado mediante soldadura en sitio o atornillado. Opcionalmente, sin un artículo es muy grande para una inmersión total en la caldera, pero entra más de la mitad, la pieza se puede sumergir de forma progresiva. La inmersión progresiva se logra al sumergir cada extremo del artículo secuencialmente para revestir toda la pieza. **Consulte con su galvanizador antes de diseñar una pieza para una inmersión progresiva.**

También es importante tener en cuenta el tamaño y la forma, como además el peso, debido a las técnicas de manipulación del material que se emplean en las plantas de galvanización. Se mueve el acero durante el proceso mediante montacargas y puente-grúas. Los artículos pequeños, con menos de 76 cm (30") de longitud, frecuentemente se galvanizan en cestos perforados. Luego se centrifugan o giran los cestos para eliminar el exceso de zinc, lo que produce un revestimiento



Se ubica un cesto perforado lleno de tornillos en una centrifugadora para eliminar el exceso de zinc



más parejo. Los sujetadores, los soportes pequeños y las abrazaderas representan el trabajo que se realiza en cestos.

Los ensamblajes grandes por lo general se soportan con eslingas de cadena o mediante elementos de elevación. También se usan comúnmente dispositivos de montaje y estanterías para galvanizar de forma simultánea grandes cantidades de artículos similares. Proveer puntos de elevación donde sea posible reducirá o eliminará las marcas de cadenas o de alambres que pueden quedar en un artículo cuando no hay puntos de elevación. Si no se proveen puntos de elevación, se puede retocar cualquier marca, por lo general galvanizadas por completo, con motivos estéticos. Una buena práctica es también discutir con el galvanizador la capacidad de manipulación de peso para garantizar la capacidad y/o los mejores lugares para poner los puntos de levante. Además de los puntos de elevación, las grandes secciones de cañería, los tanques abiertos y las estructuras similares pueden beneficiarse del refuerzo temporal para mantener la forma durante la manipulación.

### TEMPERATURA Y CALOR DEL PROCESO

Durante el proceso de galvanizado en caliente, se calienta el acero a aproximadamente 443 C (830 F) para que se produzca la reacción de galvanizado. Cada vez que se calienta y enfría el acero, se añade estrés a la pieza fabricada. Por eso hay ciertas consideraciones en cuanto a diseño que deben tenerse en cuenta para reducir las posibilidades de que surjan problemas con el calor del proceso de galvanizado.

### PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO GALVANIZADO

El proceso de galvanizado en caliente no genera cambios importantes en las propiedades mecánicas de los aceros estructurales que se galvanizan comúnmente por el mundo. La Asociación Internacional de Zinc (IZA) patrocinó un estudio de investigación de cuatro años sobre las propiedades mecánicas de 19 aceros estructurales de los principales países industriales. La University of Plymouth Enterprise Ltd. investigó los aceros, incluidos los que concuerdan con las Especificaciones A36, A572 Grado 50 y A572 Grado 65 de ASTM.

El informe de la University of Plymouth (IZA 2007) concluye "... en general, estos datos indican que el HDG en estos cuatro grados de acero estructural ejerce un efecto relativamente menor sobre las propiedades de interés primordial en el uso estructural."



El galvanizado en caliente del acero trabajado en frío es muy satisfactorio cuando se siguen los lineamientos sugeridos

### FRAGILIDAD POR ENVEJECIMIENTO

Muchas estructuras y partes se fabrican con acero laminado al frío o técnicas de trabajo en frío. En algunos casos el trabajo en frío severo puede provocar que el acero se vuelva frágil por envejecimiento. Aunque el trabajo en frío aumenta la posibilidad de fragilidad por envejecimiento, puede no ser evidente hasta después de la galvanización. Esto se da porque el envejecimiento es relativamente lento a temperaturas ambiente, pero más rápido a la temperatura elevada del baño de galvanización.

Cualquier forma de trabajo en frío reduce la ductilidad del acero. Las operaciones como hacer agujeros, cortes en V, producir ángulos de radios pequeños o curvados agudos (*Ilustración 4*) puede provocar la fragilidad por envejecimiento de los aceros susceptibles. Los aceros trabajados en frío de menos de 3 mm (1/8 pulgadas) de espesor, que se galvanizan posteriormente, no son

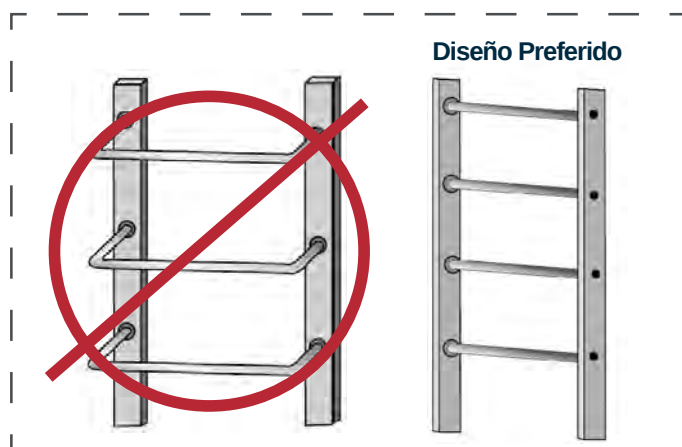


Ilustración 4: Evite el trabajo en frío severo

propensos a presentar fragilidad por envejecimiento. Como el trabajo en frío es el factor contribuyente más sólido a la fragilidad del acero galvanizado, se recomienda seguir los siguientes consejos para reducir la incidencia de fragilidad por envejecimiento.

El A143 de ASTM, Protección contra la fragilidad en productos de acero galvanizado en caliente y procedimiento

### CONSEJOS PARA REDUCIR LA FRAGILIDAD POR ENVEJECIMIENTO

- Elija aceros con contenido de carbono por debajo del 0,25%.
- Elija aceros con bajas temperaturas de transición (el trabajo en frío aumenta la temperatura de transición dúctil-frágil y el galvanizado (calor) puede elevarla más aún).
- Especifique aceros desoxidados con aluminio; muestran menor susceptibilidad a la fragilidad por envejecimiento.
- Para aceros con un contenido de carbono de entre 0,1% y 0,25%, mantenga un radio de curvado de al menos tres veces (3x) el espesor de la sección. Si es necesario que el curvado sea de menos de 3x, el material debería aliviar el estrés a 595 C (1100 F) por una hora por pulgada (2,5 cm) de espesor de sección.
- Evite los cortes en V porque aumentan el estrés. Los cortes en V pueden producirse durante las operaciones de cizallamiento o punzado. Se prefiere el corte con llama o con sierra, en particular para las secciones pesadas.
- Haga los agujeros con taladro, en lugar de mediante punzado, en material más espeso que 19 mm (3/4 pulgadas). Si se punzan agujeros, se los debe punzar por debajo del tamaño deseado y luego escariar otros 3 mm (1/8 pulgadas) en general o taladrar hasta alcanzar el tamaño.
- El material entre los 6,5 mm y 19 mm (1/4 y 3/4 pulgadas) de espesor no se ve gravemente afectado por el punzado en frío si se lo realiza con buena práctica en tienda.
- El material de hasta 6,5 mm (1/4 pulgadas) de espesor trabajado en frío mediante punzado no necesita aliviar el estrés antes de someterlo a galvanizado.
- Corte las secciones del acero con bordes mayores a 16 mm (5/8 pulgadas) de espesor sujetos a cargas maleables mediante procedimientos normales de tienda. Los bordes de secciones de hasta 16 mm (5/8 pulgadas) de espesor se pueden cortar mediante cizallamiento.
- En las aplicaciones críticas, el acero se debe trabajar en caliente por encima de los 650 C (1200 F) según las recomendaciones del fabricante del acero. Cuando no se pueda evitar el trabajo en frío, alivie el estrés de la parte.

para detectar la fragilidad, y la Especificación G164 de CSA Galvanizado en caliente de artículos con forma irregular, sirven de guía sobre los procedimientos de trabajo en frío y alivio de estrés. Sin embargo, lo mejor es evitar los aceros susceptibles al trabajo en frío severo. Si se presentan inquietudes en cuanto a la posible pérdida de ductilidad debido a la fragilidad por envejecimiento, consulte con su galvanizador. Se debería galvanizar una cantidad de muestra de los artículos formados en frío y luego analizarla antes de comprometerse más.

### FRAGILIDAD POR HIDRÓGENO

La fragilidad por hidrógeno es un cambio de dúctil a frágil que se da en ciertos aceros de alta resistencia. La fragilidad por hidrógeno puede ocurrir cuando el hidrógeno liberado durante el proceso de decapado es absorbido por el acero y se queda atrapado en los límites de los granos. Normalmente, a temperaturas de galvanizado, se expulsa el hidrógeno del acero.

Aunque la fragilidad por hidrógeno no es común, se deben tomar precauciones para evitarla, en particular si el acero usado tiene una máxima resistencia maleable que supera los 150.000 psi (1050 MPa). Si se van a procesar aceros de alta resistencia, se recomienda el granallado en lugar de decapado con ácido para minimizar la introducción de hidrógeno gaseoso durante el proceso de decapado.

### CORTES REBAJE

El corte rebaje con llama en las vigas puede ser extremadamente sensible al estrés residual en el acero y la superficie del corte puede ser áspera. Ambos factores pueden provocar la formación de grietas en los bordes de corte. Se puede reducir considerablemente la posibilidad de agrietamiento mediante el condicionamiento térmico del borde de corte. Se puede aplicar un cordón de soldadura en el área resaltada (*Ilustración 5*) en ambos lados de los rebajes. Una técnica simple para lograr esto es aplicar un cordón de soldadura a lo largo del borde de corte, lo que reduce el estrés residual y evita el agrietamiento.

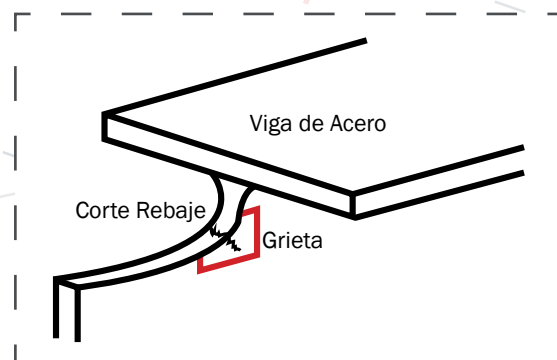


Ilustración 5: Grietas en rebajes en vigas de acero estructural después del galvanizado





Existe aún una pequeña posibilidad de agrietamiento en estos bordes de corte, como también en las esquinas de tubos rectangulares de HSS. Se deberían inspeccionar visualmente las dos áreas después del galvanizado para detectar cualquier grieta existente. Se puede reparar cualquier grieta y luego retocar el revestimiento, según el A780 de ASTM *Práctica para reparar áreas dañadas o no revestidas de revestimientos galvanizados en caliente*, antes de entregar el acero al centro de trabajo.

### MINIMIZACIÓN DE LA DISTORSIÓN

Algunos productos fabricados son susceptibles a la distorsión a temperaturas de galvanizado como resultado del alivio del estrés inducido durante la producción del acero y en posteriores operaciones de fabricación. Por ejemplo, un marco de canal con una placa se debería galvanizar por separado y atornillar o soldar juntos después en lugar de soldarlos juntos antes del galvanizado.

Los lineamientos para minimizar la distorsión y la deformación para la forma y/o el alineamiento se brindan en el A384 de ASTM *Protección contra la deformación y la distorsión durante el galvanizado en caliente de ensamblajes de acero*, y la Especificación G164 de CSA *Galvanizado en caliente de artículos con forma irregular*.

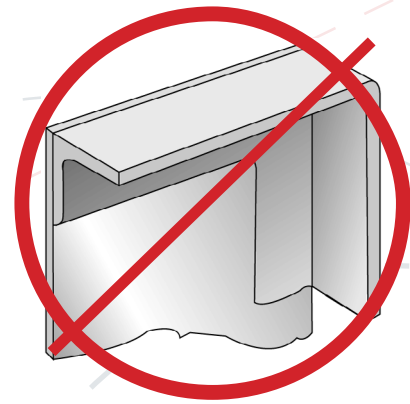


Ilustración 6: Evite el espesor irregular en las juntas

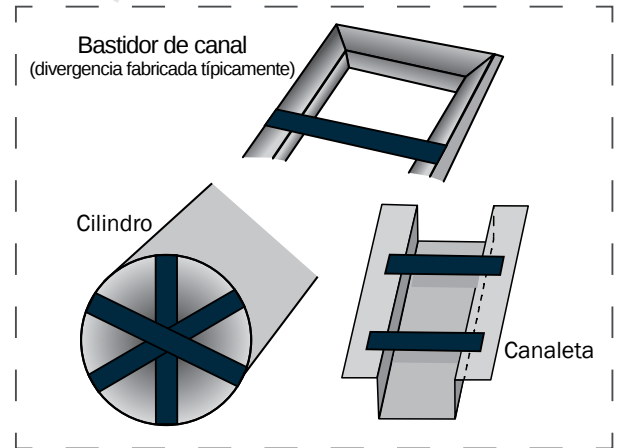


Ilustración 7: Refuerzo temporal

### CONSEJOS PARA MINIMIZAR LA DISTORSIÓN

- Cuando sea posible, use secciones laminadas simétricamente en lugar de marcos en ángulo o canal. Se prefieren las vigas I en lugar de ángulos o canales.
- Use partes de igual o casi igual espesor en un ensamblaje, en especial en las juntas (Ilustración 6).
- Use refuerzo temporal en diseños de pared delgada y asimétricos (Ilustración 7).
- Curve los miembros hasta los mayores radios aceptables para minimizar la concentración de estrés local.
- Forme previamente, y con precisión, los miembros de un ensamblaje para que no sea necesario forzarlos, curvarlos o doblarlos hasta lograr la posición deseada durante la unión.
- Suelde las uniones de forma continuada mediante técnicas de soldadura balanceada a fin de reducir el estrés térmico. Los agujeros de alfiler por la soldadura son muy peligrosos en artículos que se galvanizarán y se los debe evitar. Las técnicas de soldadura a tresbolillo para producir una soldadura estructural son aceptables. Para la soldadura a tresbolillo de material de 4 mm (1/8 pulgadas) o más liviano, los centros de soldadura deben estar más cerca de 10 cm (4 pulgadas).
- Evite los diseños que requieren galvanizado progresivo. Es preferible construir ensamblajes y subensamblajes en módulos aptos para que se los pueda sumergir rápido y galvanizarlos en una sola inmersión. De esta forma, toda la fabricación se puede expandir y contraer de manera uniforme. Cuando se requiera inmersión progresiva, consulte con su galvanizador.





## DRENAJE APROPIADO

Para un galvanizado eficaz, las soluciones de limpieza y el zinc fundido deben fluir sin resistencia excesiva en, sobre, a través y fuera del artículo fabricado. No proporcionar un flujo libre sin impedimentos puede traer complicaciones para el galvanizador y el cliente. El diseño de drenaje inadecuado tiene como resultado un pobre aspecto, zonas desnudas y acumulación excesiva de zinc. Todo esto es innecesario y costoso, y un gran ejemplo de porqué la comunicación a lo largo del proyecto es clave.

Unos cuantos productos fabricados donde el drenaje importa son cartelas de unión, enderezadores, placas de extremo y refuerzos. Hacer caso a estas mejores prácticas de diseño ayudará a garantizar los revestimientos de la más alta calidad:

- Cuando se empleen cartelas de unión, las esquinas recortadas generosamente proporcionan un drenaje libre. Cuando no es posible recortar las cartelas de unión, se deben colocar agujeros de al menos 13 mm (1/2 pulgadas) de diámetro en las cartelas lo más cercanos a las esquinas como sea posible (*Ilustración 8*).

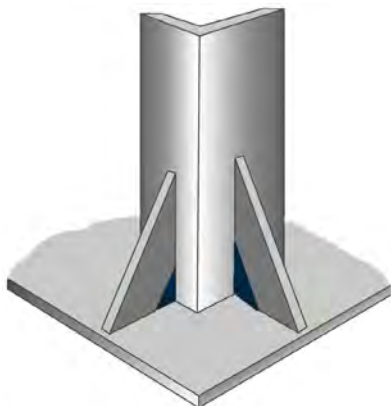


Ilustración 8: Refuerzo cortado

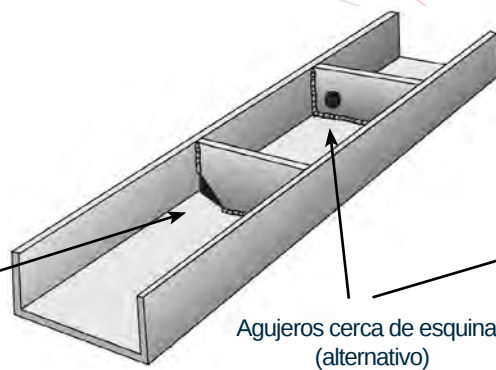
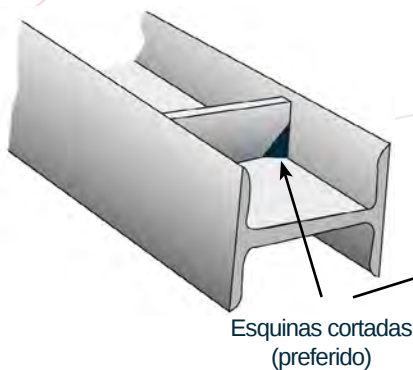


Ilustración 9: Esquinas de cartela de unión cortadas

- Para garantizar el flujo de las soluciones sin impedimentos, todos los enderezadores, cartelas y refuerzos deben recortarse un mínimo de 19 mm (3/4 pulgadas) (*Ilustración 9*). Haga agujeros de al menos 13 mm (1/2 pulgadas) de diámetro en las placas de extremo sobre las formas de acero laminado para darle acceso al zinc fundido durante la inmersión en el baño de galvanización y drenaje cuando se las retira.
- Opcionalmente, los agujeros de al menos 13 mm (1/2 pulgadas) de diámetro se pueden colocar en la red en el espacio de 6 mm (1/4 pulgadas) de la placa de extremo. A fin de facilitar el drenaje, las placas de extremo deberían tener agujeros ubicados lo más cerca de las esquinas interiores como sea posible (*Ilustración 10*).

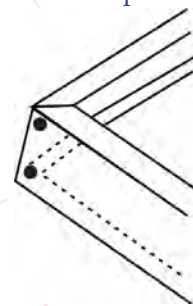


Figura 10: Orificios en la placa de extremo

## VENTILACIÓN DE PIEZAS FABRICADAS TUBULARES Y ESTRUCTURAS HUECAS

Los ensamblajes tubulares (barandas, columnas de caño, vigas trianguladas de caño, postes de iluminación de calles, postes de transmisión, vigas triangulares de caño, señales de puente) comúnmente se galvanizan porque la protección contra la corrosión alcanza tanto el interior como el exterior del producto. A fin de brindar un revestimiento galvanizado óptimo, los productos huecos requieren de una limpieza, una ventilación y un drenaje adecuados.



Como sucede con el acero, el caño y los otros materiales huecos deben limpiarse con minuciosidad para que el zinc fundido se una metalúrgicamente con el acero. Las soluciones de limpieza deberían estar libres para moverse y mojar por completo todas las superficies de la pieza fabricada, y al sacarlas no debería quedar nada dentro. Los caños pueden ser difíciles de limpiar porque presentan dos desafíos. Primero, el revestimiento de laminado (barniz, laca y materiales similares) que aplican los fabricantes de caños requiere extra tiempo y esfuerzo para eliminarse en la planta de galvanizado. Algunos galvanizadores no tienen la capacidad de quitar este revestimiento. Algunas formulaciones de revestimiento de laminado, tanto extranjeras como domésticas, son en extremo difíciles de quitar con soluciones de limpieza comunes, por lo que puede ser necesario el granallado. Si pide cañería sin revestimiento se librará de los costosos intentos de quitar estos revestimientos de laminado. En algunos casos puede ser más rentable reemplazar el caño por tubo.

El segundo desafío para limpiar el caño también se relaciona con los revestimientos de laminado. Soldar alrededor de los revestimientos de laminado quema y carboniza el barniz en las áreas circundantes y no se puede eliminar mediante el proceso normal de limpieza en una galvanizadora. Se debe eliminar este hollín mediante granallado u otros métodos de limpieza mecánica antes de entregar el acero a la instalación de galvanizado.

El motivo principal de los agujeros de ventilación y drenaje es que permiten la evacuación del aire, lo que posibilita que el objeto se sumerja por completo en soluciones de limpieza y zinc fundido. El tamaño y la ubicación adecuada de los agujeros garantiza una mayor seguridad para el galvanizado y brinda un acabado óptimo. El motivo secundario para la ventilación/drenaje es prevenir el daño a las partes. Cualesquiera soluciones de decapado o agua de enjuague que pueda quedar atrapada en una conexión de junta ciega o cerrada se tornará vapor o gas supercalentado y puede desarrollar una presión de hasta 3600 psi (1100 MPa) cuando se lo sumerge en zinc fundido. La presión no solo tiene la capacidad de dañar la pieza fabricada que se galvaniza, sino que también pone en riesgo al personal y al equipo de galvanizado.

Por eso, para brindar una protección contra la corrosión en las piezas huecas que sea segura y eficaz, se deben diseñar en los ensamblajes pasajes amplios que permitan el flujo ininterrumpido hacia dentro y fuera de la parte. Se logra el galvanizado apropiado cuando el interior y el exterior de un producto están limpios por completo y revestidos con zinc.

Los artículos se sumergen y retiran de la caldera de galvanizado en un ángulo; por eso, los agujeros de ventilación deberían estar ubicados en el punto más alto y los agujeros de drenaje, en el más bajo. Todas las secciones de trabajo con caños fabricados deben estar interconectadas con juntas en forma de te abierta o de bisel. Cada sección cerrada debe tener un agujero de ventilación en cada extremo.

La mayoría de los galvanizadores prefieren identificar visualmente la ventilación desde afuera para verificar la idoneidad de la ventilación y determinar que no se la ha omitido por error. Algunos galvanizadores pueden dudar en procesar por completo ensamblajes de caños a menos que toda la ventilación sea visible desde afuera y de fácil acceso para su inspección (*Ilustración 11*).

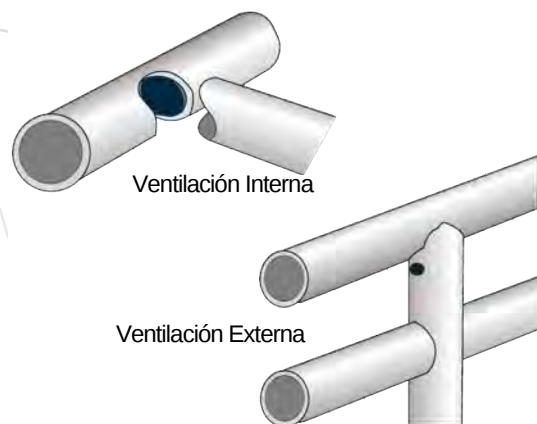


Ilustración 11: Ventilación

Las placas de base y las placas de extremo deben estar diseñadas para facilitar la ventilación y el drenaje. Cortar por completo las placas genera una mínima obstrucción a un flujo completo y libre hacia adentro y fuera del caño. Dado que esto no siempre es posible, los agujeros verticales en la placa por lo general es una solución.

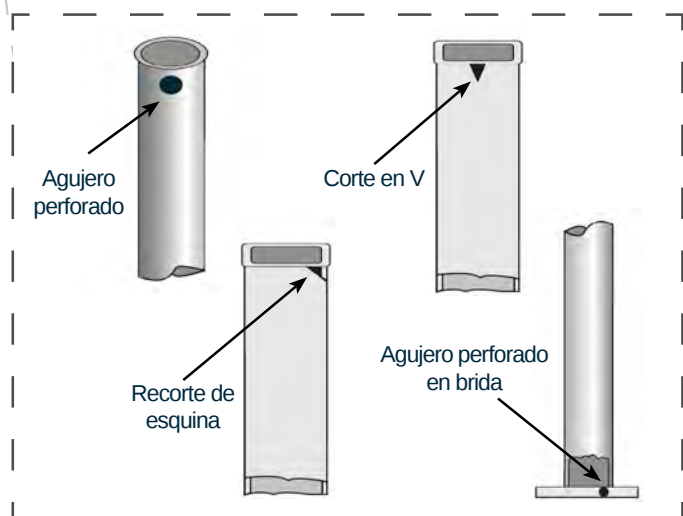
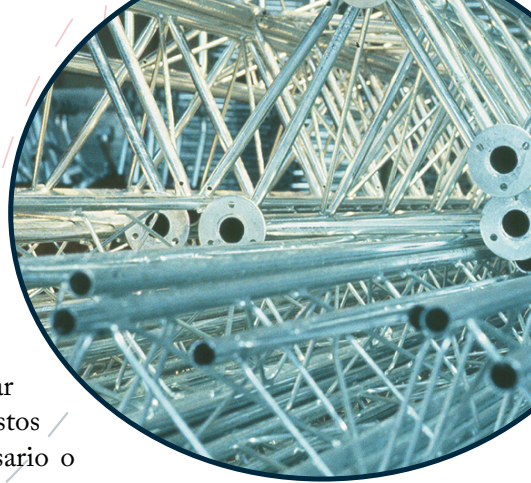


Ilustración 12: Opciones de agujeros de ventilación

Los agujeros de ventilación, frecuentemente, se dejan abiertos pero se los puede cerrar con tapas o tapones después del galvanizado. Diversos métodos de ventilación son aceptables (*Ilustración 12*), pero se debe recordar el posterior tapado de estos agujeros, cuando sea necesario o se lo desee.

Se recomienda que se sumerjan por completo a las estructuras tubulares en un solo baño en la caldera de galvanizado. Esto minimiza los posibles problemas de revestimiento interno que, por el tamaño y la forma del artículo, puede ser difícil descubrirlos durante la operación.



Los siguientes esquemas ilustran los diseños recomendados para las fabricaciones tubulares y estructuras huecas. Las dimensiones de ventilación provistas son las mínimas exigidas.

### BARANDA (*ILUSTRACIONES 13 & 14*)

La *Ilustración 13* ilustra el diseño más deseable para trabajos de baranda para el galvanizado. Muestra la ventilación interna y la cantidad mínima de agujeros de ventilación externa.

- 1 Estos últimos deben estar lo más cerca posible a la soldadura y de no menos de 9,5 mm (3/8 pulgadas) de diámetro.
- 2 Los agujeros internos deben tener el diámetro interno (DI) completo del caño para la mejor calidad de galvanizado y el menor costo.
- 3 Los agujeros de ventilación en las secciones de extremo o en secciones similares deben ser de 12,7 mm (1/2 pulgadas) de diámetro.
- 4 Los extremos deben dejarse abiertos por completo. Cualquier dispositivo que se use para instalación en tierra que impida la completa apertura en los extremos de los barandales horizontales y patas verticales debe galvanizarse por separado y luego unirlos.

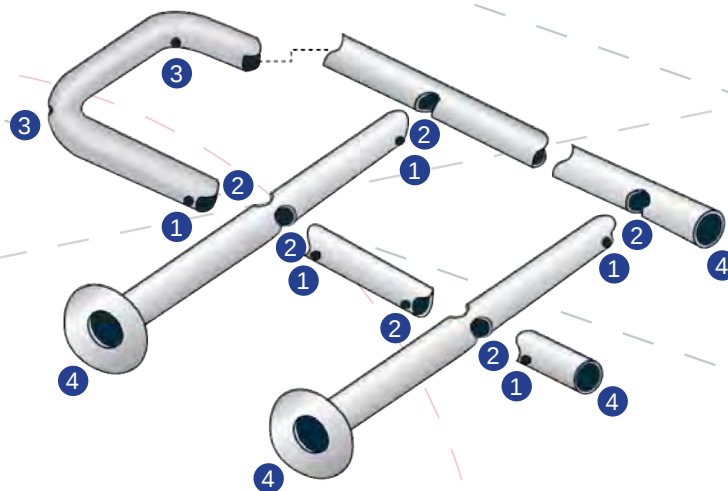


Figura 13: Los orificios del respiradero deben ser visibles en el exterior de cualquier conjunto de tubo para proporcionar la verificación de ventilación interna



La *Ilustración 14* ilustra una alternativa aceptable si no se incorporan agujeros internos completos (el DI completo del caño) en el diseño de la baranda.

- 1 Cada agujero de ventilación externa debe estar lo más cerca posible de las soldaduras y debe ser el 25% del DI del caño, pero no menos de 10 mm (3/8 pulgadas) de diámetro. Los dos agujeros en cada extremo y en cada intersección deben estar alejados por 180° y en la ubicación adecuada, como se muestra.
- 2 Los agujeros de ventilación en las secciones de extremo o en secciones similares deben ser de 13 mm (1/2 pulgadas) de diámetro.
- 3 Los extremos deben dejarse abiertos por completo. Cualquier dispositivo que se use para instalación en tierra que impida la completa apertura en los extremos de los barandales horizontales y patas verticales debe galvanizarse por separado y luego unirlos.

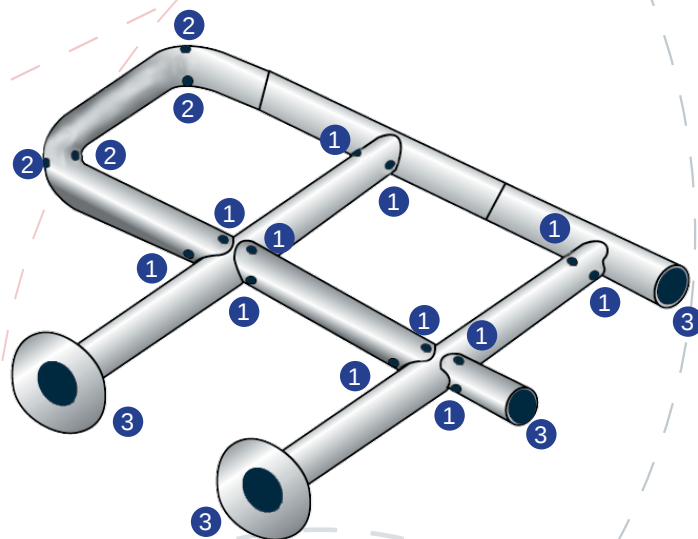


Ilustración 14: Los agujeros perforados deben ser visibles por fuera de los ensamblajes de caño.

## VIGA TRIANGULADA DE TUBO RECTANGULAR

### (ILUSTRACIÓN 15)

#### Secciones verticales

Los ejemplos A y B en la *Ilustración 15* muestran ubicaciones adecuadas de agujeros para los miembros verticales. Cada miembro vertical debe tener dos agujeros en cada extremo, alejados por 180° en línea con los miembros horizontales. Se prefiere que el tamaño de los agujeros sea igual, y que el área combinada de los dos agujeros en cada extremo sea de al menos el 30% del área transversal.

#### Placas de extremo - Horizontal

- 1 La fabricación más deseable es con apertura completa.
- 2 De la Ilustración 15, si  $H + W = 61 \text{ cm (24")}$  o más, el área del agujero, más recortes, debería ser igual al 25% del área del tubo ( $H \times W$ ).
  - Si  $H + W =$  menos de 61 cm (24") pero más de 41 cm (16"), el área del agujero, más recortes, debería ser igual al 30% del área del tubo
  - Si  $H + W =$  menos de 41 cm (16") pero más de 20 cm (8"), el área del agujero, más recortes, debería ser igual al 40% del área del tubo
  - Si  $H + W =$  menos de 20 cm (8"), déjelo abierto.

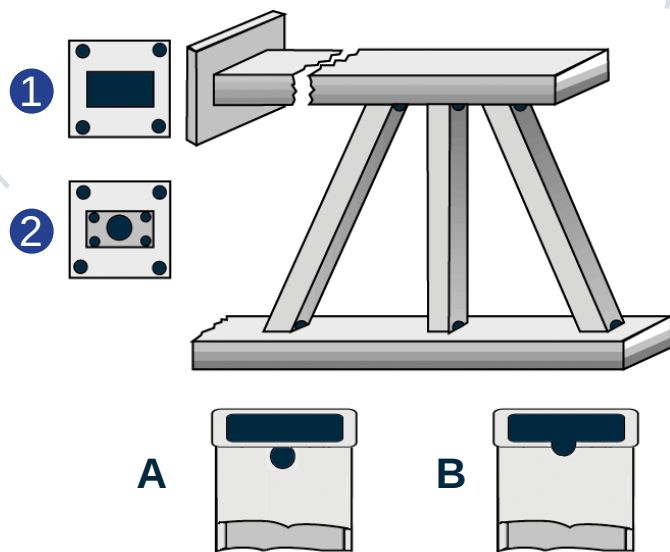
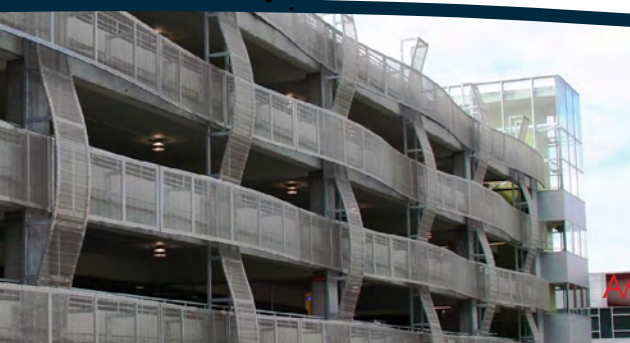


Ilustración 15: Los agujeros en cualquier extremo de las vigas trianguladas de caño rectangular deben estar abiertos por completo



## VIGA TRIANGULADA DE CAÑO DE 7,6 CM (3") Y MÁS

### (ILUSTRACIÓN 16)

#### Secciones Verticales

Las ubicaciones de los agujeros en los miembros verticales deben ser como se muestra en los ejemplos A y B en la Ilustración 16. Cada miembro vertical debe tener dos agujeros en cada extremo y estar alejados por 180° en línea con los miembros horizontales, como se indica con las flechas. Se prefiere que el tamaño de los agujeros sea igual y que el área combinada de los dos agujeros en cada extremo de los miembros verticales (áreas C y D o áreas E y F) sea de al menos el 30% del área transversal.

#### Placas de extremo - Horizontal

- 1 La fabricación más deseable es de apertura completa con el mismo diámetro de agujeros que el DI del tubo.
- 2 Los reemplazos iguales tendrán aperturas como se muestra, y serían de al menos el 30% del DI.

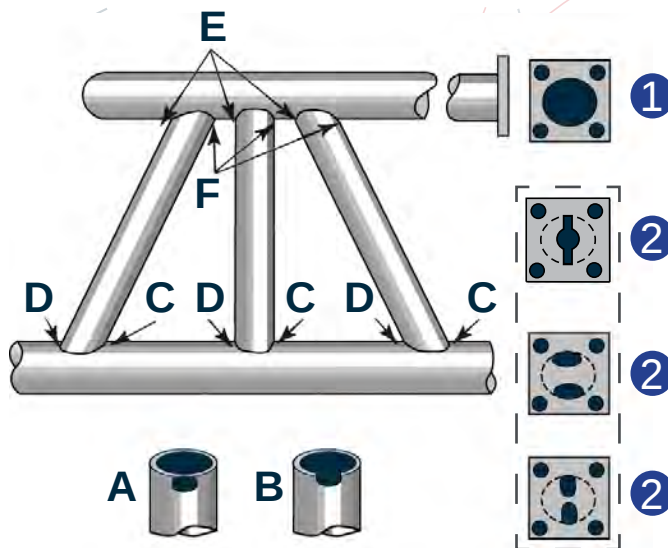


Ilustración 16: Los agujeros de ventilación y drenaje deben ser del mismo tamaño que el caño, o una de estas cuatro alternativas

## COLUMNAS DE CAÑO, VIGAS DE CAÑO, POSTES DE ILUMINACIÓN DE CALLES Y DE TRANSMISIÓN (ILUSTRACIÓN 17)

Con placas de base y con o sin placas de capitel

#### Ubicación de Aperturas

- 1 La fabricación más deseable es el extremo abierto por completo, con el mismo diámetro que la sección superior e inferior.
- 2 Reemplazo igual si no se permite la apertura completa.
- 3 Reemplazo igual si no se permite la apertura completa.
- 4 Reemplazo igual si no se permite la apertura completa.
- 5 Esto debe usarse cuando no se permiten agujeros en la placa de capitel o de base: dos semicírculos alejados por 180° y en extremos opuestos del polo.

#### Dimensiones (Ilustración 17)

Para caño de 7,6 cm (3") o más, las aperturas en cada extremo deben ser de al menos el 30% del DI del caño. Para caños más chicos que 7,6 cm (3"), la apertura debe ser de al menos el 45% del DI. A continuación, un ejemplo de tamaños para la sección de diámetro de 15,2 cm (6 pulgadas):

- 1 Extremo abierto por completo
- 2 Ranura A = 19 mm (3/4 pulgadas), Agujero central B = 7,6 cm (3 pulgadas) de diámetro
- 3 Semicírculo C = 4,4 cm (1 3/4 pulgadas) de radio
- 4 Apertura oval = 4,4 cm (1 3/4 pulgadas) de radio
- 5 Semicírculo D = 4,1 cm (1 5/8 pulgadas) de radio

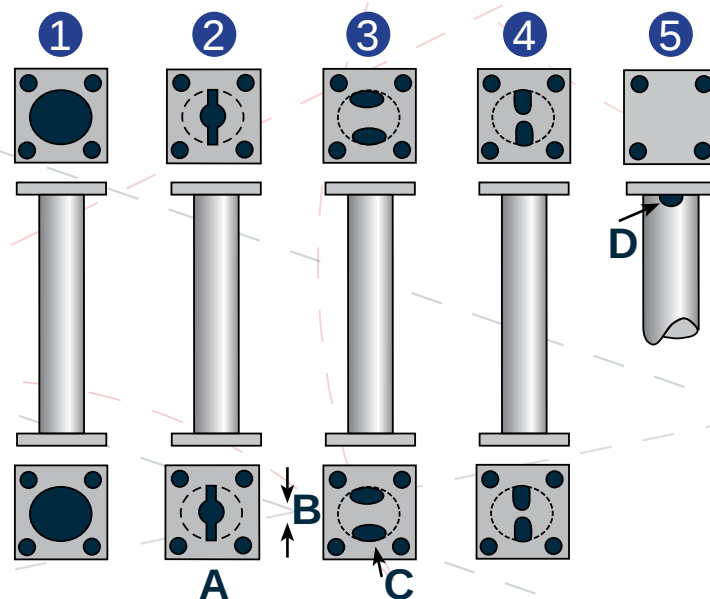


Ilustración 17: Columnas de caño, vigas de caño, postes de iluminación de calles y postes de transmisión



## SECCIONES DE CAJA (ILUSTRACIÓN 18)

La Ilustración 18 muestra la ubicación de agujeros y esquinas recortadas, que deben estar alineadas con las siguientes fórmulas, la Tabla 1 muestra tamaños típicos de agujeros solo para secciones de caja cuadrada. Para las secciones rectangulares, calcule el área requerida y verifique con su galvanizador la posición de las aperturas.

- Cartelas internas: espacio en un mínimo de 91,4 cm (36")
- Secciones de caja
  - $H + W = 61 \text{ cm (24")}$  o más, el área del agujero, más recortes, debería ser igual al 25% del área transversal de la caja ( $H \times W$ ).
  - $H + W =$  menos de 61 cm (24") pero más de 38,4 cm (16"), el área del agujero, más recortes, debería ser igual al 30% del área transversal de la caja.
  - $H + W =$  menos de 38,4 cm (16") pero más o igual que 19,2 cm (8"), el área del agujero, más recortes, debería ser igual al 40% del área transversal de la caja.
  - $H + W =$  por debajo de 19,2 cm (8"), deje abierto por completo, sin placa de extremo o cartela interna.

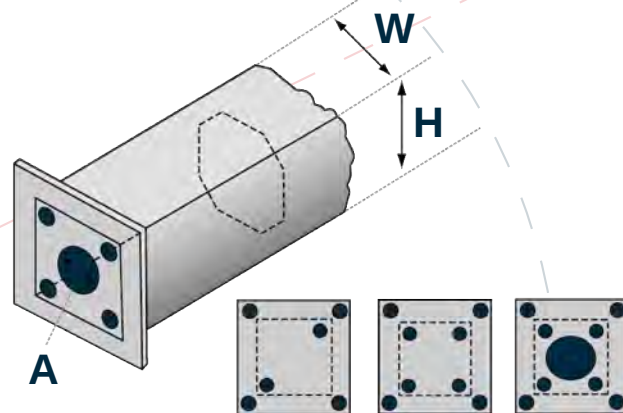


Ilustración 18: Secciones de caja

| Tamaño de caja (H+W) | Diámetro de agujeros A |
|----------------------|------------------------|
| 48" (122 cm)         | 8" (20 cm)             |
| 36" (91 cm)          | 6" (15 cm)             |
| 32" (81.3 cm)        | 6" (15 cm)             |
| 28" (71 cm)          | 6" (15 cm)             |
| 24" (61 cm)          | 5" (12.7 cm)           |
| 20" (50.8 cm)        | 4" (10.2 cm)           |
| 16" (40.6 cm)        | 4" (10.2 cm)           |
| 12" (30.5 cm)        | 3" (7.6 cm)            |

Tabla 1

## BRAZO DE SEÑAL CÓNICO (ILUSTRACIÓN 19)

El extremo pequeño "A" debería estar abierto por completo.

Placa de Extremo de un Polo

- 1 La fabricación más deseable es el extremo abierto por completo.
- 2 Alternativas aceptables, los semicírculos, las ranuras y los agujeros circulares deben ser iguales al 30% del DI del extremo de un polo del brazo cónico para 7,6 cm (3") o más. La apertura debe ser igual al 45% del extremo de un polo del brazo cónico si el DI es de menos de 7,6 cm (3").

Las cartelas de unión y las bridas de extremo deben venir con los agujeros de ventilación y drenaje. En las formas huecas circulares, los agujeros deben ubicarse diametralmente opuestos en extremos contrarios del miembro.

En formas huecas rectangulares, las cuatro esquinas de las cartelas de unión deben estar cortadas. Las cartelas de unión internas, en todas las secciones huecas grandes, deben venir con una apertura adicional en el centro. Cuando hay bridas o placas de extremo, es más económico ubicar los agujeros en las bridas o placas que en la sección.

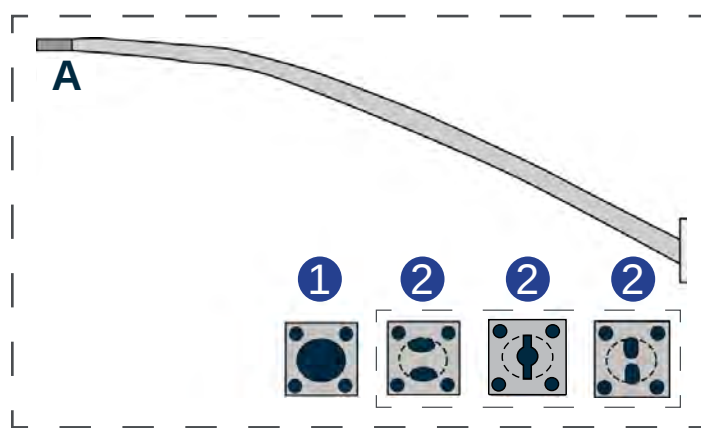


Ilustración 19: Brazo de señal cónico

## VENTILACIÓN Y DRENAJE APROPIADOS DE PIEZAS FABRICADAS CERRADAS Y SEMICERRADAS

Los tanques y recipientes cerrados deberían diseñarse para permitir que las soluciones de limpieza, los flujos y el zinc fundido ingresen a la parte inferior y que el aire fluya hacia arriba por el espacio cerrado y hacia afuera por una apertura en el punto más alto. Esto evita que el aire quede atrapado mientras el artículo está sumergido (*Ilustración 20*). El diseño también debe brindar un completo drenaje de los detalles interiores y exteriores cuando se retira al artículo. La ubicación y el tamaño de los agujeros de llenado y drenaje son importantes. Como norma general, mientras más grande es el agujero mejor es el flujo de aire y zinc.

En los tanques, los deflectores deben cortarse en la parte superior e inferior o venir con agujeros de drenaje aptos para permitir el flujo libre del zinc fundido. Las bocas de hombre, bocas de mano y aperturas deben estar alineadas dentro para prevenir el exceso de zinc atrapado (*Ilustraciones 21 a 23*). Las aperturas deben ubicarse para que el flujo en el recipiente pueda flotar hasta la superficie del baño. Estas aperturas también evitan que se formen burbujas de aire que pueden impedir que las soluciones limpien por completo el interior del recipiente.

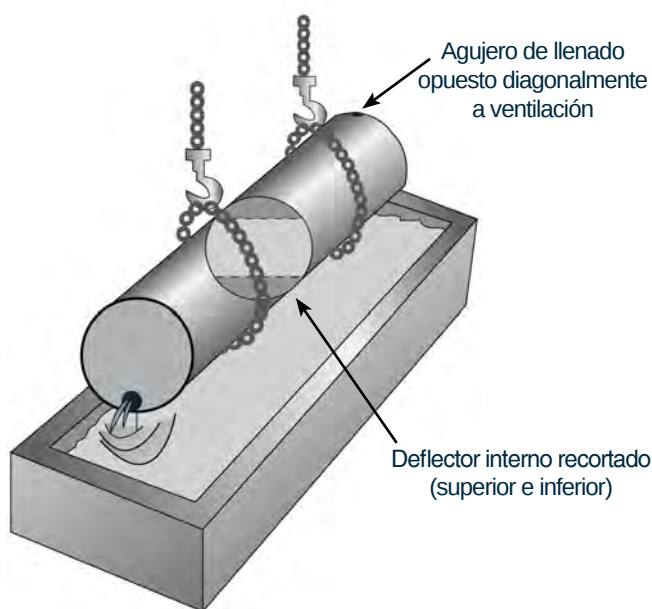


Ilustración 20: Ventilación de piezas fabricadas cerradas

Cuando se vayan a galvanizar las superficies internas y externas, debe haber al menos un agujero de llenado/drenaje y uno de ventilación. El agujero de llenado/drenaje debe ser tan grande como el diseño lo permita, pero al menos 10 cm de diámetro por cada metro cúbico (3" de diámetro por cada yarda cúbica) de volumen. El diámetro mínimo es de 5 cm (2"). Provea agujeros de ventilación del mismo tamaño opuestos diagonalmente al agujero de llenado/drenaje que permite el escape del aire.



Ilustración 21: Ventilación apropiada



Ilustración 22: Ventilación inapropiada

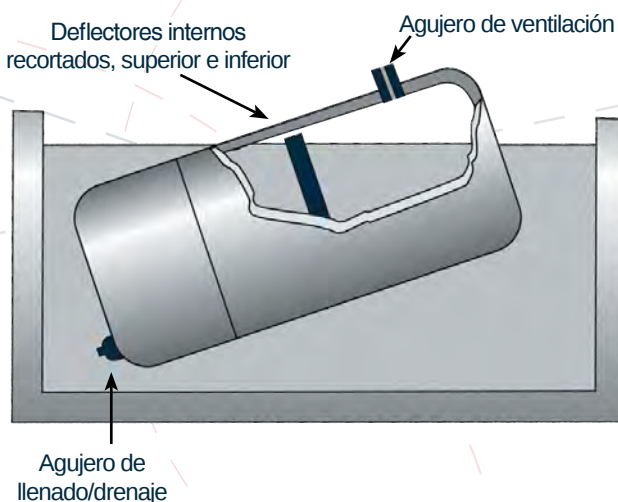


Ilustración 23: Tanque

Los artículos como los recipientes o intercambiadores de calor galvanizados en el exterior solo deben tener tubos de esnórquel o caños de ventilación extendida. Estas aperturas tienen una salida de aire del recipiente por encima del nivel de zinc fundido en la caldera de galvanizado (*Ilustración 24*). Consulte con su galvanizador antes de usar estos accesorios temporales porque se necesita equipo especial.

Los caños de ventilación conectan el interior con el ambiente Las bridas deben estar acabadas alineadas en el interior

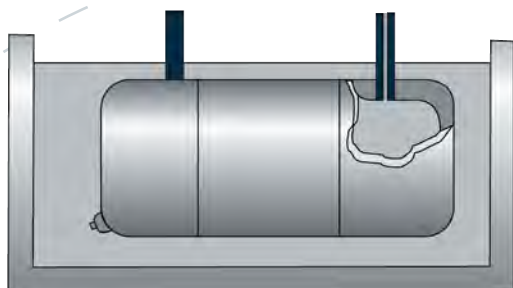


Ilustración 24: Tanque

La comunicación con su galvanizador es crítica, lo que incluye la revisión de los esquemas de recipientes cerrados o semicerrados antes de la fabricación. Los galvanizadores pueden recomendar modificaciones que darían un mejor producto galvanizado, y el momento menos costoso para hacer cualquier modificación que se justifique es antes de la fabricación.

## PRECAUCIONES PARA SUPERFICIES SUPERPUESTAS Y EN CONTACTO

Al diseñar artículos para galvanizar después de su fabricación, lo mejor es evitar las brechas angostas entre placas, las superficies superpuestas, los ángulos en oposición y los canales cuando sea posible (*Ilustración 25*).

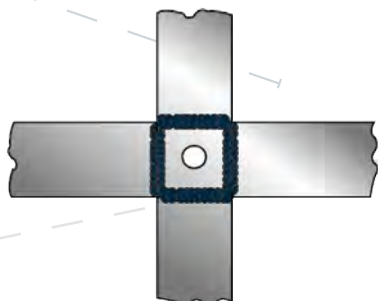


Ilustración 25: Superficies superpuestas

Cuando no se puede evitar la superposición de superficies en contacto, y la brecha es de 2,5 cm (3/32 pulgadas) o menos, se deben sellar por completo todos los bordes con soldadura. La viscosidad del zinc le impide ingresar en cualquier espacio más angosto que 2,5 cm (3/32 pulgadas). Si hay una apertura las soluciones de limpieza menos viscosas ingresarán, pero no el zinc. Las soluciones atrapadas pueden causar que el óxido de hierro se disipe de la junta más adelante.

## DESAÍOS DE LAS SUPERFICIES FIRMEMENTE SUPERPUESTAS

- Las soluciones de limpieza que puedan quedar atrapadas se tornarán rápidamente en vapor cuando se sumerja la parte en el baño de galvanizado. Este vapor puede lavar el flujo de la parte cercana a la brecha, lo que crea áreas desnudas adyacentes a la junta con solape.
- Las sales de solución de limpieza pueden quedar retenidas en estas áreas ajustadas debido a la imposibilidad de realizar un enjuagado adecuado. El revestimiento galvanizado puede ser de buena calidad en el área adyacente, pero la humedad encontrada semanas o incluso meses después pueden humidificar estas sales. Esto generará una mancha de óxido antiestética que se escurrirá por el revestimiento galvanizado.
- Las soluciones de limpieza no serán eficaces para eliminar los aceites y la grasa atrapados entre las superficies en contacto cercano. Cualquier aceite o grasa residual se volatizará parcialmente a la temperatura de galvanizado. Esto dará como resultado un revestimiento de zinc no satisfactorio en el área inmediata a la junta con solape.
- En la *Tabla 2* a continuación se listan los tamaños de ventilación para las superficies firmemente superpuestas.

Es importante que contacte a su galvanizador antes de construir una pieza que incluya superficies superpuestas. Elegir entre una junta de soldadura sellada por completo que pueda padecer expansión y agrietamiento cuando se la somete a temperaturas de galvanizado y una junta con soldadura intermitente que pueda presentar rezumado o manchado se vuelve una decisión muy difícil. La experiencia de su galvanizador puede serle muy beneficiosa a la hora de tomar la decisión.

Cuando una junta de soldadura está sellada por completo, no debe haber imperfecciones o agujeros de alfiler en la soldadura. La penetración de humedad en la cavidad

|                                                       | Agujeros de ventilación para áreas superpuestas para aceros de 12,75 mm (1/2 pulg.) o menos de espesor |                 | Agujeros de ventilación para áreas superpuestas para aceros de más de 12,75 mm (1/2 pulg.) en espesor |                 |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Área superpuesta cm <sup>2</sup> (pulg <sup>2</sup> ) | Agujeros de ventilación                                                                                | Área no soldada | Agujeros de ventilación                                                                               | Área no soldada |
| bajo 103 (16)                                         | Ninguno                                                                                                | Ninguno         | Ninguno                                                                                               | Ninguno         |
| 103 (16) a menos de 413 (64)                          | 1 cm (One 3/8 in)                                                                                      | 2.5 cm (1 in)   | Ninguno                                                                                               | Ninguno         |
| 413 (64) a menos de 2580 (400)                        | 1.25 cm (One 1/2 in)                                                                                   | 5.1 cm (2 in)   | 1.25 cm (One 1/2 in)                                                                                  | 5.1 cm (2 in)   |
| 2580 (400) y más, cada uno 2580 (400)                 | 1.91 cm (One 3/4 in)                                                                                   | 10.2 cm (4 in)  | 1.91 cm (One 3/4 in)                                                                                  | 10.2 cm (4 in)  |

Tabla 2: Tablas 1 y 2 de ASTM A385

sellada puede provocar riesgos de seguridad considerables durante el proceso de galvanizado en caliente, ya que el aire se expandirá mucho cuando la parte alcance la temperatura de galvanizado. Esta expansión de gas puede causar que el zinc fundido se salpique y ponga en peligro a los trabajadores del galvanizado.

Si el área de una superposición con soldadura estanca es grande, debe haber agujeros de ventilación a través de uno o ambos lados en dirección a la superficie lapeada. Esto es para evitar que la humedad que ingrese por un agujero de alfiler en la soldadura aumente en exceso la presión mientras la pieza se encuentra en el baño de galvanizado. Mientras mayor sea el área, más importante será la ventilación. Consulte con su galvanizador, o con la publicación de la AGA *Detalles Recomendados para Estructuras Galvanizadas*, para obtener información sobre tamaño y cantidad. Los agujeros de ventilación pueden sellarse después del galvanizado. La soldadura estanca no es obligatoria pero evita la humedad atrapada, que puede provocar la oxidación interna y el rezumado.

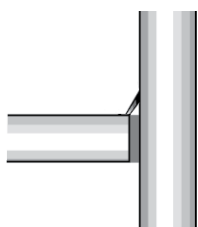


Ilustración 26: Brecha de 2,5 mm (3/32 pulgadas) después de soldadura

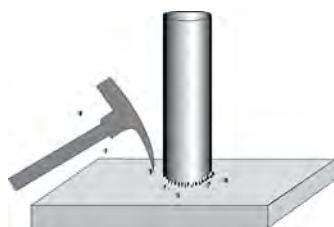


Ilustración 27: Desconchado de residuos de flujo de soldadura

Cuando dos barras se unen en un ángulo, se debe proveer una brecha de al menos 2,5 cm (3/32 pulgadas) después de la soldadura para garantizar que el área no se humedezca con zinc fundido (Ilustración 26). Se puede emplear una soldadura en ángulo alternada. Esto puede ser solo en un lado de la barra o, si es necesario, se puede emplear una soldadura en ángulo discontinua alternada en ambos lados para que no se formen burbujas. Este tipo de soldadura, no obstante, puede no ser apta para miembros de carga.

### PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y ELIMINACIÓN DE FLUJO DE SOLDADURA

Cuando se galvanizan artículos soldados, la limpieza del área de soldadura y la composición metálica de la soldadura misma influyen las características del revestimiento galvanizado. Los materiales galvanizados se pueden soldar con facilidad y de forma satisfactoria con todas las técnicas de soldadura comunes. Las técnicas específicas se pueden obtener de la mejor forma de la American Welding Society

([aws.org](http://aws.org) o 800-443-9353) o de su proveedor de equipo de soldadura. Puede obtener más información sobre la soldadura de acero galvanizado de la AGA.

### TÉCNICAS DE SOLDADURA PARA ARTÍCULOS POR GALVANIZARSE

- En la soldadura, se debe usar un electrodo sin revestir, cuando sea posible, para prevenir los depósitos de flujo en el acero o en el producto.
- Los residuos de flujo de soldadura son químicamente inertes en las soluciones de decapado que los galvanizadores usan con frecuencia; por eso, su presencia provocará superficies ásperas y vacíos en el revestimiento. Si se usa un electrodo revestido, se deben eliminar todos los residuos de flujo de soldadura mediante cepillado con alambre, desconchado, amolado, pistola neumática de agujas o limpieza con chorro abrasivo (Ilustración 27, izquierda).
- Se recomiendan los procesos de soldadura como el gas inerte de metal (MIG), el gas inerte de tungsteno (TIG) o el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) protegidos ya que en esencia no producen escoria. Sin embargo, aún pueden haber residuos pequeños del tipo flujo que es necesario desconchar.
- En el caso de piezas soldadas pesadas, se recomienda un método de arco sumergido.
- Si ninguno de estos métodos de soldadura está disponible, elija una varilla revestida diseñada específicamente para “autoescorificación,” como lo recomiendan los proveedores de equipo de soldadura.
- Elija la varilla de soldadura que brinde una composición de soldadura depositada lo más cercana posible al metal base. La composición y la compatibilidad producirán un aspecto de revestimiento galvanizado más uniforme.

Las varillas de soldadura con alto contenido de silicio pueden ocasionar que se formen galvanizados en exceso espesos y/o oscurecidos sobre la soldadura. En productos lisos soldados junto con varillas de soldadura con alto contenido de silicio, el revestimiento sobre el material soldado será más espeso que el revestimiento circundante, lo que creará un bulto en una superficie que, de otra manera, sería lisa. Se debería usar una varilla con muy bajo contenido de silicio.

### PARTES ROSCADAS

Se recomiendan sujetadores galvanizados en caliente para usar con subensamblajes o ensamblajes galvanizados en caliente. Las tuercas, los pernos y las roscas galvanizados en tamaños comunes están fácilmente disponibles en proveedores comerciales. Los ensamblajes atornillados se deben enviar al galvanizador en forma desensamblada. Las tuercas, los pernos o los espárragos que se galvanizarán deben proveerse desensamblados.



Como el galvanizado en caliente es un revestimiento con zinc altamente resistente a la abrasión que inhibe la corrosión en el acero desnudo, el acero original se vuelve un poco más espeso. Al referirnos a agujeros y sujetadores roscados, el aumento de espesor es importante.

Los tornillos se galvanizan por completo, pero los roscados internos de las tuercas deben aterrarse por encima del tamaño deseado después del galvanizado para dar lugar al aumento de diámetro de los tornillos. Aunque el peinado de rosca o reaterrajado de las tuercas, después del galvanizado, provoca un roscado hembra sin revestir, el revestimiento con zinc sobre el roscado macho engranado protegerá ambos componentes contra la corrosión. Por motivos de economía, por lo general las tuercas se galvanizan como blancos y los roscados se aterran por encima del tamaño deseado después del galvanizado (*Ilustración 28*).

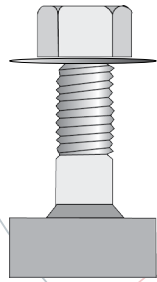


Ilustración 28: Tuerca sobreaterrajada

Para eliminar el exceso de zinc y producir revestimientos más uniformes, las partes pequeñas, como los sujetadores, se centrifugan en equipo especial cuando se los retira del baño de galvanizado. Los artículos demasiado largos o grandes como para centrifugar, como las varillas roscadas largas, pueden cepillarse mientras están calientes para quitar el exceso de zinc de los roscados. Puede ser necesario limpiar los espárragos soldados a ensamblajes después de que el ensamblaje se enfríe. Esto requiere recalentar con un soplete de acetileno y cepillar para quitar el exceso de zinc. Cuando sea posible se deben considerar alternativas a los espárragos soldados.

El enmascaramiento para evitar los roscados de galvanizado en caños o accesorios es muy difícil. La práctica recomendada es limpiar y aterrizar después del galvanizado. A veces se especifica que los dispositivos de anclaje (como las varillas roscadas o los tornillos de anclaje) se galvanicen en las áreas roscadas solamente o en las áreas que estarán expuestas sobre el nivel del suelo. Esto puede ser más costoso que el galvanizado de toda la unidad porque se requiere manipulación adicional. Se puede especificar el galvanizado completo para artículos que se anclarán en concreto. La investigación ha demostrado la resistencia de alta unión y el rendimiento de acero galvanizado en concreto.

Los agujeros aterrados deben aterrarse por encima del tamaño deseado después del galvanizado si se los usará para tornillos galvanizados luego del ensamblaje. Se recomienda el aterrajado de todos los agujeros después del galvanizado para eliminar los costos del doble aterrajado y la posibilidad

de roscado cruzado. Agrandar los agujeros por encima del tamaño deseado, según los lineamientos del American Institute of Steel Construction (AISC), por lo general es suficiente para que los agujeros holgados representen el espesor del revestimiento con zinc.

| Tamaño de Tuerca Nominal (pulgadas) e Inclinación | Margen Diametral (pulgadas) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| 0.250-20                                          | 0.016                       |
| 0.312-18                                          | 0.017                       |
| 0.375-16                                          | 0.017                       |
| 0.437-14                                          | 0.018                       |
| 0.500-13                                          | 0.018                       |
| 0.562-12                                          | 0.020                       |
| 0.625-11                                          | 0.020                       |
| 0.750-10                                          | 0.020                       |
| 0.875-9                                           | 0.022                       |
| 1.000-8                                           | 0.024                       |
| 1.125-8                                           | 0.024                       |
| 1.125-7                                           | 0.024                       |
| 1.250-8                                           | 0.024                       |
| 1.250-7                                           | 0.024                       |
| 1.375-8                                           | 0.027                       |
| 1.375-6                                           | 0.027                       |
| 1.500-8                                           | 0.027                       |
| 1.500-6                                           | 0.027                       |
| 1.750-5                                           | 0.050                       |
| 2.000-4.5                                         | 0.050                       |
| 2.500-4.5                                         | 0.050                       |
| 2.500-4.5                                         | 0.050                       |
| 2.500-4                                           | 0.050                       |
| 2.750-4                                           | 0.050                       |
| 3.000-4                                           | 0.050                       |
| 3.250-4                                           | 0.050                       |
| 3.500-4                                           | 0.050                       |
| 3.750-4                                           | 0.050                       |
| 4.000-4                                           | 0.050                       |

Para margen de sobreaterrajado métrico, consulte ASTM A563M, sección 7

Tabla 3: Lineamientos de sobreaterrajado de tuercas y roscados interiores

La Tabla 3 (arriba) muestra el sobreaterrajado recomendado para las tuercas y los roscados interiores, como se detalla en el A563 de ASTM, *Especificación para el Carbono y las Tueras de Acero Aleado*. En los roscados de más de 38 mm (1 1/2 pulgadas) es más práctico por lo general, si la resistencia del diseño lo permite, cortar el roscado macho 0,8 mm (0,031 pulgadas) por debajo del tamaño deseado antes del

galvanizado para que se pueda usar un aterrajado estándar en la tuerca.

Los fabricantes de partes roscadas reconocen que se deben seguir procedimientos especiales en sus plantas cuando ciertos artículos van a galvanizarse. A continuación algunos ejemplos:

- Se recomiendan las barras bajas en carbono ya que el alto contenido de carbono o de silicio crean un revestimiento galvanizado más pesado y áspero sobre los roscados.
- El forjado o doblado en caliente requiere limpieza en la planta de fabricación para eliminar la escama antes del aterrajado. De otro modo producirá el sobredecapado de los roscados durante la eliminación de la escama.
- Las herramientas puntiagudas de fabricación son obligatorias. Los roscados rugosos y desgarrados se abren en los procesos de decapado y galvanizado. Las herramientas gastadas también aumentan los diámetros de los tornillos. La verificación frecuente es necesaria a largo plazo.
- Los roscados de tamaño estándar se cortan en el tornillo, mientras que las tuercas de tamaño estándar se reaterajan después del galvanizado.

### **PARTES MÓVILES**

Cuando un ensamblaje galvanizado incorpora partes móviles (como manijas, grilletes y ejes), se debe permitir una holgura radial de no menos de 1,5 mm (1/16 pulgadas) para garantizar la completa libertad de movimiento después de añadir zinc durante el galvanizado (*Ilustración 29*). Cuando sea posible, el trabajo debería diseñarse para que las bisagras puedan atornillarse a los marcos, cubiertas, cuerpos y otros artículos después del galvanizado.

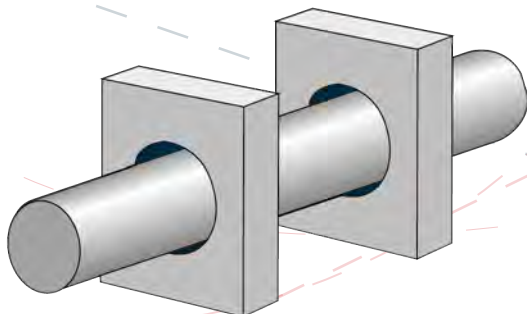


Ilustración 29: Eje



Las bisagras se deberían galvanizar por separado y ensamblar después. Todas las bisagras que vayan a galvanizarse deberían ser del tipo con perno suelto. Antes del galvanizado, cualesquiera bordes adyacentes deben estar pulidos para proveer una holgura de al menos 0,8 mm (1/32 pulgadas) (*Ilustración 30*). Los agujeros de alfiler pueden estar libres de exceso de zinc durante el ensamblaje. Después de galvanizar las bisagras, se recomienda un agujero por debajo del tamaño deseado para compensar por el zinc ganado durante el galvanizado. Si se desea, los agujeros de alfiler en las bisagras pueden escariarse 0,8 mm (1/32 pulgadas) después del galvanizado para permitir el uso de agujeros de tamaño regular. En las bisagras, todas las superficies adyacentes deben estar pulidas 0,8 mm (1/32 pulgadas) en ambas piezas para permitir los aumentos en el espesor. Es necesario amolar ambas piezas.

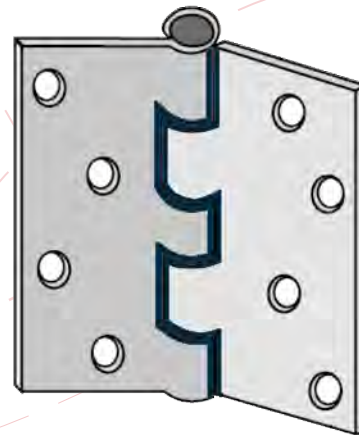


Ilustración 30: Bisagra

En ciertos momentos, las partes móviles se deben recalentar para que trabajen fácilmente. Aunque el calentamiento puede provocar decoloración del revestimiento galvanizado cerca del área recalentada, tal decoloración no afecta la protección contra la corrosión de la superficie galvanizada.

## OTRAS CONSIDERACIONES DE DISEÑO

### ENMASCARAMIENTO

Durante el proceso de galvanizado, todas las superficies se limpian y revisten con zinc. Por ciertos motivos se necesitan áreas no galvanizadas intencionalmente. El enmascaramiento, el tratado de una parte de la superficie de acero para que el área permanezca sin galvanizar, se puede realizar para lograr tal objetivo. El enmascaramiento no es una ciencia exacta; por eso, puede ser necesario más trabajo para eliminar el zinc indeseado. En la mayoría de los casos puede ser más fácil eliminar el revestimiento con zinc mediante amolado que enmascarar el material.

Existen cuatro categorías principales de materiales de enmascaramiento:

1. Resistente al ácido, cintas de alta temperatura
2. Pastas a base de agua y formulaciones pintadas
3. A base de resina, pinturas de alta temperatura
4. Grasas de alta temperatura y lubricante para rosca

La AGA ha completado un estudio que evalúa la eficacia de varios productos comunes como materiales de enmascaramiento. Esta información está disponible para descargarse o mediante contacto al Departamento Técnico de la AGA.

### MARCAS PARA IDENTIFICACIÓN

Las marcas de identificación sobre artículos fabricados se deben preparar con cuidado antes del galvanizado para que sean legibles después y sin afectar la integridad del revestimiento con zinc. Las soluciones de limpieza empleadas en el proceso de galvanizado no eliminarán las pinturas a base de aceite, los marcadores de cera o los marcadores a base de aceite, por lo que no deberían usarse tales productos para indicar direcciones, instrucciones de envío o números de trabajo. Si usan estos productos se puede generar un área no galvanizada.

Las etiquetas de metal desprendibles o los marcadores solubles en agua deberían especificarse para la identificación temporal. Opcionalmente, las etiquetas de código de barras se fabrican para que sobrevivan al proceso de galvanizado y mantengan la identificación con facilidad.

Cuando se necesita una identificación permanente, existen ciertas alternativas disponibles para marcar las piezas fabricadas de acero que se galvanizarán. Cada una permite que se identifiquen rápidamente los artículos después del galvanizado y en el lugar del trabajo (*Ilustración 31, derecha*).

Estampe la superficie del artículo con estarcido profundo de corte con troquel o una serie de marcas con punzón centrales. Estas marcas deberían ubicarse en posición estándar sobre cada uno de los miembros, preferentemente hacia el centro. Deberían ser de un mínimo de 13 mm (1/2 pulgadas) de alto y 0,8 mm (1/32 pulgadas) de profundidad para garantizar su legibilidad después del galvanizado. Este método no debería emplearse para marcar miembros críticos de fractura.

También puede usarse una serie de cordones de soldadura para marcar letras o números directamente sobre la fabricación. Es esencial que todo el flujo de soldadura se elimine para lograr revestimiento galvanizado de calidad (*Ilustración 32*).

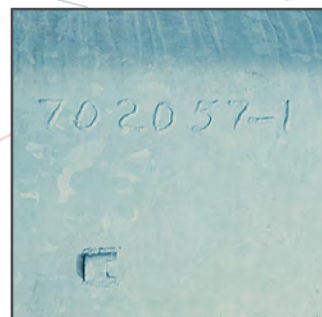


Ilustración 32: Se pueden usar cordones de soldadura para identificar la fabricación

El estarcido profundo de una etiqueta de acero (calibre 12 mínimo) y su firme fijación a la fabricación, con un cable de acero de calibre 9 mínimo, es otra opción en cuanto a la identificación (*Ilustración 33*). La etiqueta debería sujetarse con alambres de forma suelta a la pieza para que el área bajo el alambre pueda galvanizarse y el alambre no se congele cuando el zinc fundido se solidifique. Si se lo desea, las etiquetas pueden estar selladas con soldadura directamente al material.

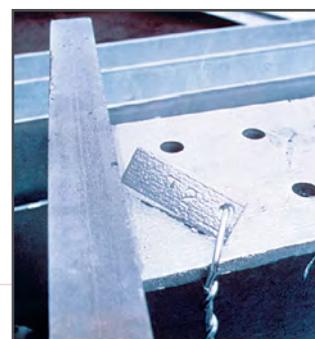


Ilustración 33: Etiqueta sujeta con un alambre de acero de calibre 9 mínimo

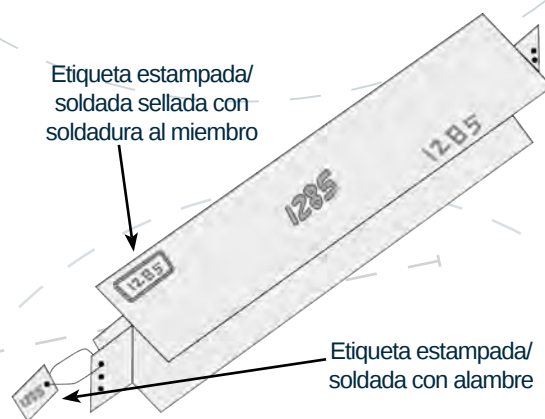


Ilustración 31: Identificación permanente





## CONSIDERACIONES POSTERIORES AL GALVANIZADO

Una vez que se ha galvanizado satisfactoriamente la pieza fabricada, hay otros cuantos aspectos a tener en cuenta en relación con el almacenamiento y el uso. Estas mejores prácticas garantizarán que su proyecto galvanizado le brindará protección contra la corrosión exenta de mantenimiento, como se anticipó.



Almacenamiento adecuado de acero galvanizado para evitar mancha de oxidación por almacenamiento

## ALMACENAMIENTO

El zinc, como todos los metales, comienza a corroerse naturalmente cuando se lo expone a la atmósfera. Sin embargo, los productos de corrosión con zinc en realidad forman una pátina tenaz y resistente a la abrasión que proporciona galvanizado en caliente junto con su larga vida útil. La formulación para esta pátina obedece al revestimiento galvanizado que se expone al aire que circula libremente. Apilar los artículos galvanizados muy cerca unos de otros, o anidar, durante amplios períodos de tiempo, lo que limita la circulación libre del aire, puede ocasionar la formación de un producto polvoso blanco conocido como mancha de oxidación por almacenamiento (nombrado también óxido blanco). La formación visible del producto polvoso blanco también puede darse bajo lluvia torrencial, rocío o condiciones de humedad alta.



Polos con mancha de oxidación por almacenamiento

## CONSEJOS PARA EVITAR LA MANCHA DE OXIDACIÓN POR ALMACENAMIENTO

- Cuando sea posible, evite el anidado.
- Brinde ventilación adecuada entre las piezas apiladas.
- Incline partes para permitir un máximo drenaje.
- Apile las piezas galvanizadas en zigzag o de forma transversal.
- Eleve y separe los artículos apilados afuera con tiras espaciadoras (álamo, fresno, píce); y durante el envío si existe la probabilidad de condensación.
- Evite el apilamiento sobre suelo húmedo o vegetación en descomposición.
- Seque con minuciosidad los artículos pequeños que se enfrían antes de guardarlos en envases de almacenamiento, e incluya el agente deshumectante en envases sellados.
- Cuando sea posible, almacene material galvanizado bajo cubierta en condiciones secas y bien ventiladas, lejos de accesos abiertos al medio ambiente.
- Trate con agente pasivante.
- Quite las sales de carretera de los artículos galvanizados.

Existe una cierta cantidad de lineamientos simples a seguir cuando se almacena o transporta acero recién galvanizado, lo que puede ayudar a evitar las manchas de oxidación por almacenamiento y garantizar que sus partes envejezcan de forma natural y se brinde, así, la mejor vida útil posible.

La mancha de oxidación por almacenamiento húmedo es a menudo superficial, a pesar de la presencia de un producto blanco voluminoso. En la gran mayoría de los casos, la mancha de oxidación por almacenamiento no indica una degradación grave del revestimiento con zinc, ni tampoco implica una probable reducción en la vida útil prevista del producto. Si se forma mancha de oxidación por almacenamiento, se deberían acomodar los objetos para sus superficies se sequen rápido. Una vez secas, la mayoría de las manchas pueden eliminarse fácilmente mediante el cepillado con un cepillo pasamanos firme (no alambre). Esto permite la formación satisfactoria de la pátina de zinc protectora del revestimiento galvanizado.





Para más información, consulte la publicación de la AGA Mancha de oxidación por almacenamiento: *Guía Para Prevenir y Tratar la Mancha de Oxidación por Almacenamiento en Acero Galvanizado en Caliente.*



Limpieza del acero galvanizado

### LIMPIEZA DEL ACERO GALVANIZADO

Una vez en servicio, puede ser necesario limpiar las superficies galvanizadas para quitar el grafiti u otros contaminantes. Hay ciertos productos que se pueden utilizar para limpiar con satisfacción el acero galvanizado en caliente sin dañar el revestimiento. Contacte a la AGA para más detalles.

#### LIMPIEZA DEL ACERO GALVANIZADO

- Use equipo de protección de personal apto
- Aplique el producto de limpieza
- Deje asentar por un tiempo apropiado
- Limpie con un paño limpio

### RENDIMIENTO EN AMBIENTE DE SERVICIO

Se demuestra la resistencia a la corrosión del acero galvanizado en caliente en diversas condiciones ambientales. La previsibilidad de la vida útil del revestimiento es importante para el planeamiento y la elaboración de presupuesto del mantenimiento necesario. Dado que el galvanizado se ha usado para la protección contra la corrosión durante muchos años, se dispone de una abundancia de datos reales de exposición a largo plazo sobre su rendimiento. La resistencia a la corrosión del galvanizado en caliente varía según el ambiente, pero por lo general se corroe a una tasa de 1/30 de acero al descubierto en una exposición similar.

La exposición atmosférica es el ambiente más común para los revestimientos galvanizados, pero también se la emplea para proteger el acero sumergido en agua, incrustado en suelo o concreto y varios otros ambientes. Algunos planes de diseño, como una conexión del acero galvanizado en caliente con otros metales no similares, pueden impactar sobre su longevidad. Por eso, los ingenieros, los arquitectos y otros diseñadores deben estar conscientes de las variables de corrosión que afectan el acero galvanizado en caliente en el ambiente de servicio propuesto. Para más información sobre la longevidad del acero galvanizado en caliente, consulte la publicación de la AGA *Rendimiento de Productos de Acero Galvanizado en Caliente.*

### RESUMEN

El galvanizado en caliente es un sistema de protección contra la corrosión probado que trasciende el tiempo. Al seguir las mejores prácticas de diseño para artículos que se galvanizarán en caliente, se facilita el desarrollo de un revestimiento de alta calidad y ayuda a garantizar la durabilidad y longevidad del acero. Desarrollar el ambiente creado con materiales duraderos como el acero galvanizado en caliente es sostenible para el ambiente y mantiene su calidad de vida.



## ASTM INTERNATIONAL

### ESPECIFICACIONES RELACIONADAS

- ASTM A36 *Especificación para Acero Estructural con Carbono*
- ASTM A123 *Especificación para Revestimientos con Zinc (Galvanizado en Caliente) en Productos de Hierro y Acero*
- ASTM A143 *Práctica para la Protección Contra la Fragilidad de Productos de Acero Galvanizado en Caliente y Procedimiento para Detectar la Fragilidad*
- ASTM A153 *Especificación para Revestimiento con Zinc (en Caliente) en Equipo de Hierro y Acero*
- ASTM A384 *Práctica para la Protección Contra la Deformación y Distorsión Durante el Galvanizado en Caliente de Ensamblajes de Acero*
- ASTM A385 *Práctica para Proveer Galvanizados con Zinc de Alta Calidad (en Caliente)*
- ASTM A563 *Especificación para Tuercas de Carbono o Acero Aleado*
- ASTM A572 *Especificación para Niobio de Baja Aleación y Alta Resistencia - Acero Estructural de Vanadio*
- ASTM A767 *Especificación para Garras de Acero Revestido con Zinc (Galvanizado) para Reforzamiento de Concreto*
- ASTM A780 *Práctica para Reparar Áreas Dañadas o No Revestidas de Revestimientos Galvanizados en Caliente*
- ASTM B6 *Especificación para Zinc*
- ASTM D6386 *Práctica para la Preparación de Productos de Hierro o Acero Revestidos con Zinc (Galvanizado en Caliente) y Superficies de Metal para Pintado*
- ASTM D7803 *Práctica para la Preparación de Productos de Hierro o Acero Revestidos con Zinc (Galvanizado en Caliente) y Superficies de Metal para Revestimiento con Polvo*
- ASTM E376 *Práctica para la Medición del Espesor del Revestimiento Mediante Métodos de Prueba de Campo Magnético o Corriente de Foucault (Electromagnético)*

### ASOCIACIÓN CANADIENSE DE ESTÁNDARES

- G40.8 *Acero Estructural con Resistencia Mejorada a la Fractura Frágil*
- G40.12 *Acero Estructural de Uso General*
- G164 *Galvanizado de Artículos con Forma Irregular*

### OTRAS PUBLICACIONES RECOMENDADAS/RELACIONADAS DE LA AGA

- Galvanizado en Caliente para el Diseño Sostenible*, American Galvanizers Association; Centennial, CO; 2009
- Galvanizado en Caliente para la Protección Contra la Corrosión, Guía del Especificador*, American Galvanizers Association; Centennial, CO; 2012
- Detalles Recomendados para Estructuras Galvanizadas*, American Galvanizers Association; Centennial, CO; 2010
- Inspección de Productos de Acero Galvanizado en Caliente*, American Galvanizers Association; Centennial, CO; 2011
- Sujetadores Galvanizados en Caliente*, American Galvanizers Association; Centennial, CO; 2009
- Soldadura y Galvanizado en Caliente*, American Galvanizers Association; Centennial, CO; 2009
- Rendimiento de Productos de Acero Galvanizado en Caliente*, American Galvanizers Association; Centennial, CO; 2010







**AMERICAN GALVANIZERS ASSOCIATION**  
**6881 SOUTH HOLLY CIRCLE, SUITE 108**  
**CENTENNIAL, CO 80112**  
**720.554.0900**

