



GALVANIZADORES

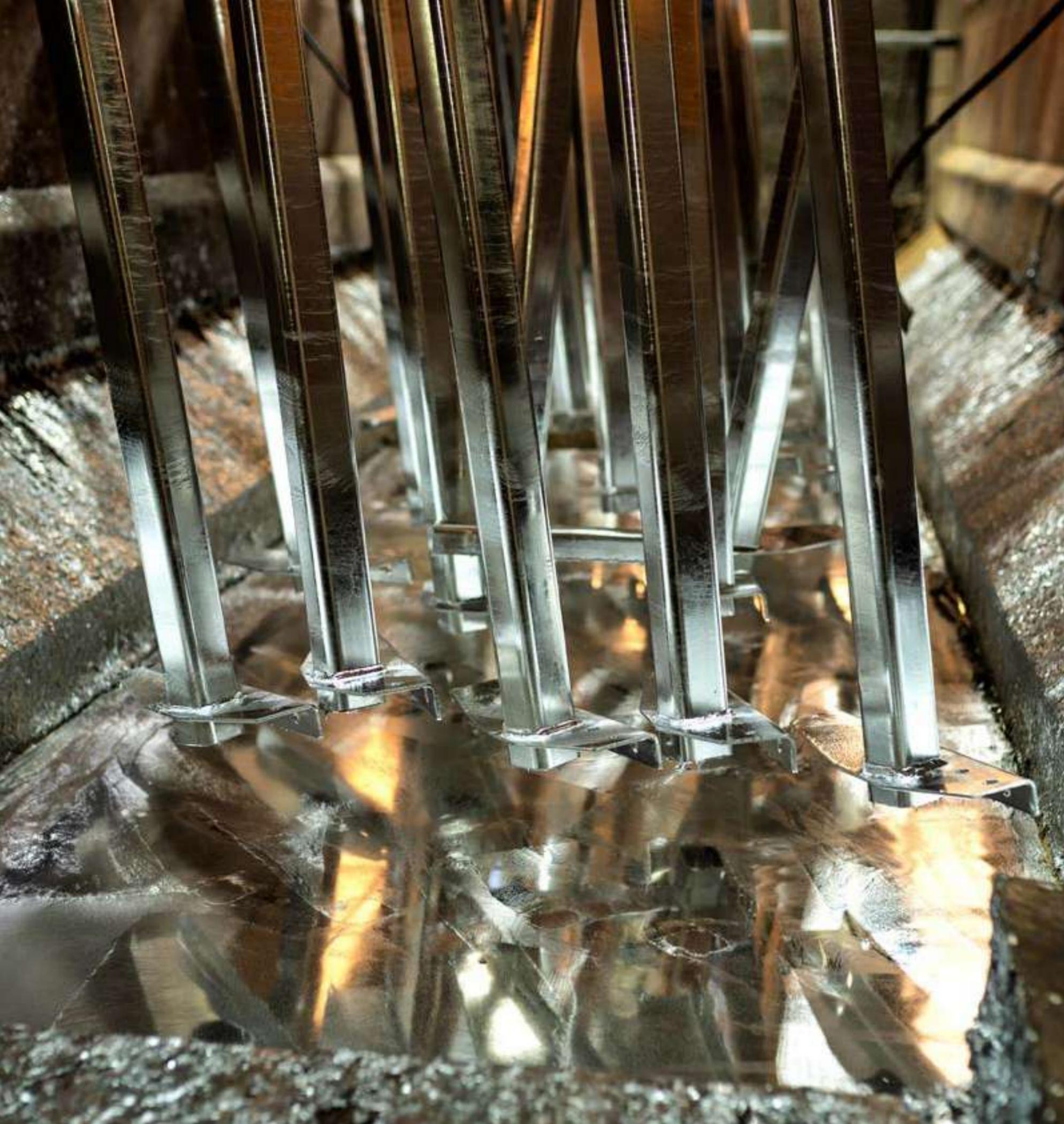


FEDIMETAL
Federación Ecuatoriana de Industrias del Metal

GUÍA DE GALVANIZADO

DATOS DE GALVANIZACIÓN PARTE PRÁCTICA,
DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN





ZINC | international
zinc association



CONTENIDO TÉCNICO:

Aunque la información en este folleto se considera que es razonablemente completa, ésta necesariamente no abarca todo. Para más información póngase en contacto con el Comité de Galvanizadores de Fedimetal- Ecuador

Fuentes:

- *Guía Práctica Asociación Internacional del ZINC IZA*
- *Guías del Especificador y Diseño Asociación Americana de Galvanizadores AGA*

5 COMITÉ DE GALVANIZADORES DE FEDIMETAL - ECUADOR

8 CORROSIÓN

9 ¿CÓMO PROTEGE EL GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE GIC?

- 9 · Protección de barrera
- 9 · Protección catódica
- 10 · Pátina de zinc

11 RENDIMIENTO DEL GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE GIC

- 11 · Atmósfera
- 12 · Suelo
- 14 · Concreto
- 16 · Agua

17 VENTAJAS O BENEFICIOS

- 17 · Resistencia a la abrasión
- 18 · Durabilidad
- 19 · Cobertura completa
- 20 · Versatilidad
- 20 · Estética
- 21 · Materiales idóneos de galvanizado
- 21 · Efectos de la composición del acero en el espesor y la estructura de un recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente
- 22 · La influencia de silicio
- 23 · La influencia del fósforo
- 25 · Seguridad
- 26 · Sostenibilidad
- 28 · Sistema dúplex

29 EL PROCESO DE GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE

- 29 · Preparación de la superficie
- 30 · Galvanizado
- 31 · Inspección

32 GUÍA DE DISEÑO

- 32 · Diseño para la galvanización por inmersión en caliente (iso 14713)
- 33 · Tamaño del componente
- 33 · Diseño modular
- 33 · Peso
- 33 · Doblado y conformado después de la galvanización por inmersión en caliente
- 34 · Superficies solapantes
- 34 · Consideraciones de diseño

37 PREVENCIÓN DE DISTORSIONES

- 37 · Productos en conformados mediante el doblado
- 38 · Soldadura o la tensión inducida por la fabricación
- 39 · Fabricaciones que carecen de simetría

41 DEFECTOS DURANTE EL GALVANIZADO

- 41 · Distorción: uso de material grueso y delgado en un ensamblaje
- 42 · Distorción: objetos largos y delgados
- 43 · Distorción: galvanizando objetos de gran tamaño
- 45 · Conjesos generales para minimizar la distorsión

47 DRENAJE Y VENTILACIÓN PARA EL GALVANIZADO

- 48 · Ventilación: piezas tubulares huecas
- 51 · Ventilación: Barandas
- 53 · Ventilación y drenaje apropiados de piezas fabricadas cerradas y semicerradas

9 **Ilustración 1** Serie Galvánica (AGA)

10 **Ilustración 2** Consecuencia de los daños a un recubrimiento de zinc y de pintura

10 **Ilustración 3** Patina de Zinc

13 **Ilustración 4** Cuadros de sólidos

14 **Ilustración 5** Descascarillamiento de concreto

14 **Ilustración 6** Migración de zinc en barra de refuerzo

18 **Ilustración 7** Fotomicrografía de un revestimiento galvanizado

19 **Ilustración 8** Cuadro de tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento

21 **Ilustración 9** Efecto de la temperatura del baño sobre la Curva Tradicional de Sandelin

22 **Ilustración 10** Capas atípicas de aleación zinc hierro

26 **Ilustración 11** ciclo de vida (LCA) de Galvanizado

30 **Ilustración 12** Proceso de galvanizado en caliente de lotes

32 **Ilustración 13** Diagrama de bloque de comunicación en un proyecto de galvanizado

34 **Ilustración 14** Superficies superpuestas

35 **Ilustración 15** Marcas de Identificación

35 **Ilustración 16** Eje

35 **Ilustración 17** Bisagra

36 **Ilustración 18**

37 **Ilustración 19**

37 **Ilustración 20**

37 **Ilustración 21**

38 **Ilustración 22**

39 **Ilustración 23**

40 **Ilustración 24**

40 **Ilustración 25**

41 **Ilustración 26**

42 **Ilustración 27**

43 **Ilustración 28**

44 **Ilustración 29**

44 **Ilustración 30**

44 **Ilustración 31**

44 **Ilustración 32**

45 **Ilustración 33**

46 **Ilustración 34**

46 **Ilustración 35**

46 **Ilustración 36**

46 **Ilustración 37**

46 **Ilustración 38**

46 **Ilustración 39**

47 **Ilustración 40**

47 **Ilustración 41**

47 **Ilustración 42**

48 **Ilustración 43**

50 **Ilustración 44**

50 **Ilustración 45**

51 **Ilustración 46**

51 **Ilustración 47**

52 **Ilustración 48**

53 **Ilustración 49**

53 **Ilustración 50**

53 **Ilustración 51**

54 **Ilustración 52**

COMITÉ DE GALVANIZADORES DE FEDIMETAL ECUADOR

NOSOTROS

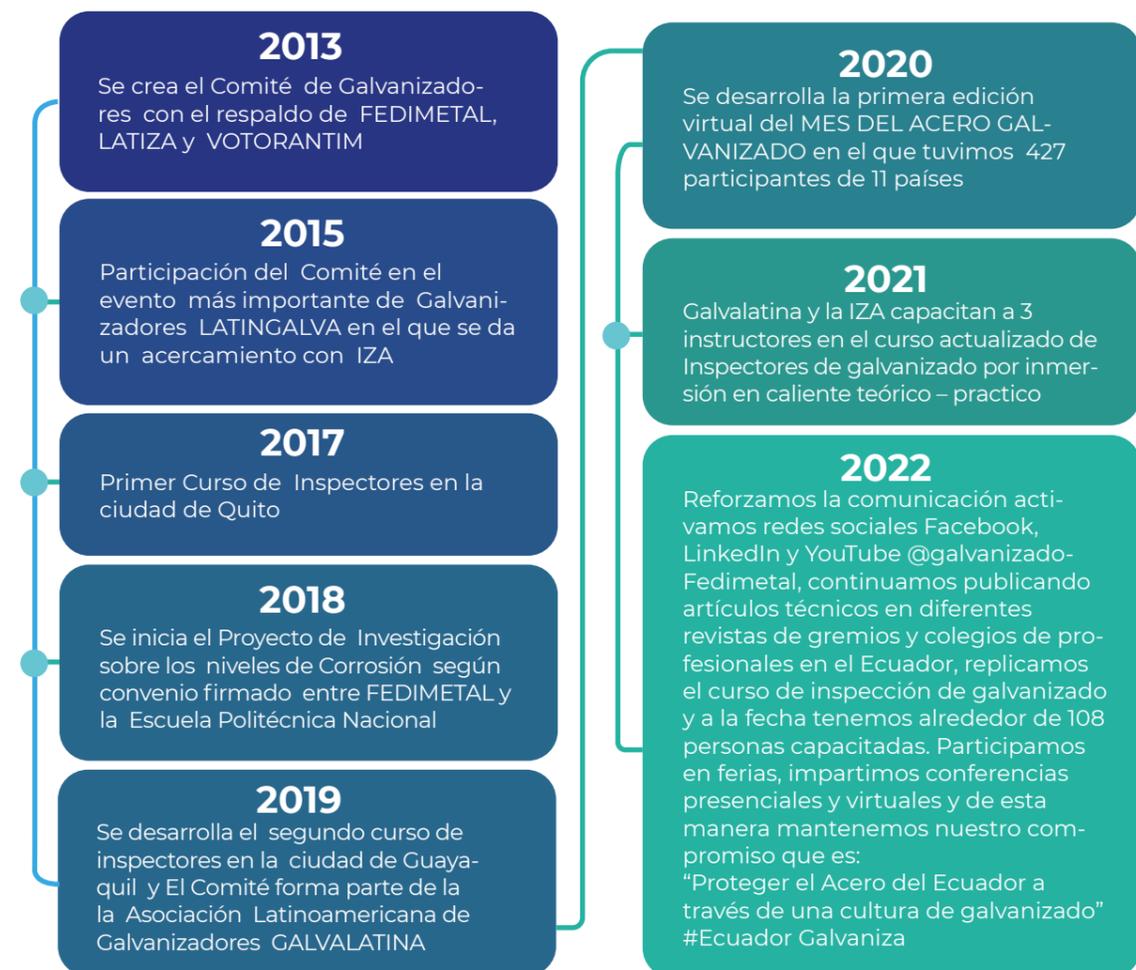
Somos parte de la Federación Ecuatoriana de Industrias del Metal FEDIMETAL, desde el 2013 agrupamos a empresas, personas y entidades interesadas en la protección del acero contra la corrosión fomentando una cultura de galvanizado

en el Ecuador. Contamos con el apoyo, soporte técnico y el reconocimiento de la Asociación Internacional del Zinc (IZA) y de la Asociación Latinoamericana de Galvanizadores (GALVALATINA).

UN POCO DE HISTORIA

En el transcurso de estos años el comité ha trabajado con ahinco, sirviendo de punto de encuentro y procurando mantener entre todos un espíritu de

colaboración que contribuya al perfeccionamiento y progreso de esta industria.



NORMAS DE GALVANIZADO VIGENTES EN ECUADOR

CÓDIGO	TÍTULO	BASE DE ESTUDIO	TIPO NORMA
NTE INEN-ISO 2081	RECUBRIMIENTOS METÁLICOS Y OTROS RECUBRIMIENTOS INORGÁNICOS. RECUBRIMIENTOS ELECTROLÍTICOS DE CINC CON TRATAMIENTOS SUPLEMENTARIOS SOBRE HIERRO O ACERO	ISO 2081	RECUBRIMIENTO
NTE INEN-ISO 14713-3	RECUBRIMIENTOS DE ZINC – DIRECTRICES Y RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE HIERRO Y ACERO –PARTE 3: GALVANIZACIÓN EN SECO (ISO 14713-3:2009, IDT)	ISO 14713-3	RECUBRIMIENTO
NTE INEN-ISO 14713-2	RECUBRIMIENTOS DE ZINC II DIRECTRICES Y RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE HIERRO Y ACERO II PARTE 2: GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE (ISO 14713-2:2009, IDT)	ISO 14713-2	RECUBRIMIENTO
NTE INEN-ISO 14713-1	RECUBRIMIENTOS DE ZINC – DIRECTRICES Y RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE HIERRO Y ACERO – PARTE 1: PRINCIPIOS GENERALES DE DISEÑO Y RESISTENCIA A LA CORROSIÓN (ISO 14713-1:2009, IDT)	ISO 14713-1	RECUBRIMIENTO



CONOCE EL LISTADO DE NORMAS DE **GALVANIZADO** VIGENTES EN EL ECUADOR

Descárgalo escaneando aquí

CORROSIÓN



La corrosión y la reparación del daño por corrosión son problemas multimillonarios: las últimas estimaciones muestran que la corrosión metálica le cuesta a Estados Unidos aproximadamente \$423 mil millones (\$52 mil millones en Canadá), o cerca del 3% del PBI. Sin embargo, el costo de la corrosión va mucho más allá de lo exclusivamente financiero, también puede generar el desperdicio de recursos naturales, fallas peligrosas y muchos

otros costos indirectos. La corrosión es un fenómeno natural que no puede eliminarse por completo nunca; no obstante, pensar que no puede hacerse nada es una idea equivocada. Los sistemas adecuados de protección contra la corrosión al inicio de un proyecto, como el galvanizado en caliente, pueden reducir en grado considerable estos costos anuales

● PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN

La prevención contra la corrosión es un factor esencial en la utilización económica de acero. La provisión de la capa protectora adecuada puede traer ahorros económicos iniciales más importantes en servicio, debido a la reducción o eliminación de mantenimiento y pérdida de tiempo de servicio, y el aplazamiento de la fecha de reemplazo de estructuras y equipos.

Cuando el hierro se extrae de su mina, la tendencia fundamental de la naturaleza se invierte bruscamente, a menos que estén protegidos, el hierro y el acero se corroen en la mayoría de los ambientes, volviendo lentamente a su estado natural.

Por lo tanto, la corrosión se puede definir como la destrucción o el deterioro de

un material por reacción con su medio ambiente. Generalmente, como resultado de la corrosión se compromete la función de un metal, se produce daño a sus alrededores, o daños en el sistema técnico en el que están ambos incluidos. En términos generales, todos los metales, con la posible excepción de los metales preciosos, se corroen y destruyen con el tiempo.

Para que el acero se corra u oxide en ambientes normales, deben tener acceso el oxígeno y el agua. En la mayoría de los ambientes, ambos el oxígeno y el agua están disponibles en cantidades suficientes para que el proceso de corrosión tenga lugar a través de casi todo el año.

¿CÓMO PROTEGE EL GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE GIC?



A menudo los proyectos grandes de construcción tienen una vida de diseño objetiva de 50 a 100 años, donde se destaca la necesidad de una protección contra la corrosión que sea durable

y perdure. El galvanizado en caliente (GIC) brinda tres niveles de resistencia a la corrosión del acero: protección de barrera, protección catódica y pátina de zinc.

● PROTECCIÓN DE BARRERA

La primera línea de la defensa contra la corrosión es la protección de barrera. Como sucede con las pinturas, el galvanizado en caliente brinda protección al aislar el acero de los electrolitos en el ambiente; cuenta con dos propieda-

des fundamentales de protección de barrera: la adhesión al metal base y la resistencia a la abrasión. La naturaleza impermeable y fuertemente unida del metal de zinc lo vuelve un revestimiento de barrera excelente.

● PROTECCIÓN CATÓDICA

Además de la protección de barrera, el galvanizado en caliente protege el acero de forma catódica, es decir, el zinc se corroerá por preferencia para proteger el acero desnudo subyacente.

La serie galvánica de metales (Ilustración 1) es una lista de los metales ordenados por actividad electromecánica en agua salada (el electrolito). Este arreglo de metales determina que metal será el ánodo y cátodo cuando se ponen dos en una celda electrolítica.

Los metales más altos en la lista son anódicos a los metales debajo de ellos, es decir, proveen protección catódica o sacrificial cuando los dos están conectados. Por eso, el zinc protege el acero.

EXTREMO CORROIDO

Anódico o el menos noble

Magnesio
Zinc
Aluminio
Cadmio
Acero
Plomo
Estaño
Níquel
Latón
Bronce
Cobre
Aleaciones de níquel/ cobre
Aceros inoxidables (pasivos)
Plata
Oro

Catódico o el más noble EXTREMO PROTEGIDO

Ilustración 1 Serie Galvánica (AGA)

De hecho, **la protección catódica está garantizada** incluso si el revestimiento GIC está dañado hasta el punto de exponer el acero desnudo (hasta 6,33 mm de diámetro). El zinc circundante protege contra la corrosión por deslaminación (ataque bajo el recubrimiento).

El desprendimiento debajo de la película es un mecanismo de falla común con recubrimientos orgánicos donde la herrumbre se extiende desde cualquier zona dañada. Esto se puede evidenciar en la ilustración 2

La corrosión no iniciará hasta que todo el zinc circundante esté consumido

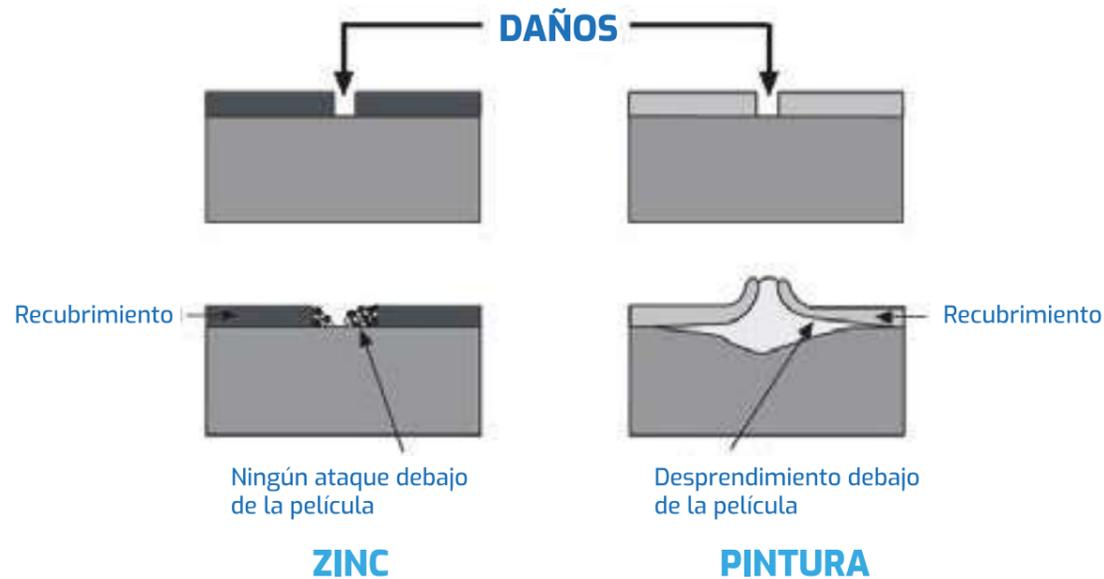


Ilustración 2 Consecuencia de los daños a un recubrimiento de zinc y de pintura

● **PÁTINA DE ZINC**

El acero recién galvanizado es luminoso y brillante como la superficie del zinc puro. Durante un período de tiempo esta superficie se oxida a óxido de zinc (ZnO) en el aire. Esta se convierte rápidamente en hidróxido de zinc (Zn(OH)2) por la humedad en la atmósfera. Ambos

productos de corrosión son solubles y se lava fácilmente en la superficie por la lluvia o condensación. El recubrimiento protector final sobre la superficie de zinc es la conversión, en el aire que fluye libremente, de ZnO y Zn(OH)2, a carbonato de zinc insoluble y denso (ZnCO3).



Ilustración 3 Patina de Zinc

La pátina de zinc, actúa como una barrera adicional para el revestimiento galvanizado en caliente.

película protectora sobre la superficie. Aunque el ZnCO3 se retira lentamente, se sustituye por el suministro continuo de productos de corrosión como se indicó anteriormente.

Es, por lo tanto, de suma importancia que una superficie recién galvanizada permita “respirar” con el fin de formar la



Ya sea expuesto a la atmósfera, sujeto a rayos UV abrazadores, nieve y/o otros elementos, sumergido en agua o incrustado en suelo o concreto, el acero

galvanizado puede resistir los distintos elementos corrosivos y satisfacer la vida diseño prevista

● **ATMÓSFERA**

El ambiente de exposición más común para el acero galvanizado en caliente es la atmósfera. Como el acero galvanizado en caliente está expuesto a la atmósfera, el zinc interactúa con el aire de libre fluidez y la humedad para desarrollar pátina de zinc. La pátina de zinc es crítica para la longevidad del acero galvanizado en la atmósfera; y por eso, las pruebas aceleradas de espray de sal que no imitan las condiciones de exposición reales no son un predictor preciso de la longevidad del GIC. El rendimiento del acero galvanizado en caliente expuesto a la atmósfera depende de cinco factores principales: temperatura, humedad, precipitación, concentración de dióxido de azufre (contaminación) en el aire y salinidad en el aire. No se puede señalar a ninguno de estos factores como el contribuyente principal de la corrosión del zinc, pero todos tienen un papel al determinar la protección contra la corrosión que los revestimientos galvanizados en caliente (zinc) pueden brindar en ciertas condiciones atmosféricas



Fotografía: Cortesía de Sedemi

● SUELO

Otra exposición común para el acero galvanizado en caliente es el enterramiento parcial o total en suelo. Los factores principales que dictan la corrosividad del suelo son el contenido de humedad, el nivel de pH y los cloruros. Las condiciones del suelo se ven afectadas por otras características como la aireación, la temperatura, la resistencia y la textura o el tamaño de partícula. Una regla general es que el galvanizado rinde bien en suelos arenosos marrones, y no tan bien en suelos grises de tipo barro. Esto se debe a que el suelo con partículas más grandes expone la humedad de la superficie más rápido, por lo

que la pieza galvanizada tiene menos exposición a la humedad.

El primer paso para estimar el rendimiento del acero galvanizado en caliente en suelo es clasificarlo. Clasificar mal el suelo puede conducir a un rendimiento no predicho. La AGA ha desarrollado un cuadro para estimar el rendimiento del GIC en suelo según datos reales de corrosión. En este caso, la vida útil se define como el consumo total del revestimiento por encima del 25%, y es una indicación de cuándo debe reemplazarse la estructura. Hay cuatro cuadros diferentes que se basan en la clasificación del suelo (ilustración 4). Con el cuadro, la primera clasificación es por contenido de cloruro: los cuadros 1 y 2 (fila superior) se usan para suelos con alto contenido de cloruros (>20 PPM), y los cuadros 3 u 4 (fila inferior) se usan para suelos con bajo contenido de cloruros (<20 PPM).

Una vez identificado el contenido de cloruro, hay una segunda clasificación para determinar el cuadro correcto que debe usarse. Para suelos con alto contenido de cloruros, la segunda determinación debería ser el contenido de humedad. Los suelos con baja humedad (<17,5%) van en el cuadro 1, mientras que los suelos con alta humedad (>17,5%) van en el cuadro 2. Para el bajo contenido de cloruros, la segunda determinación es el nivel de pH. Los suelos con altos niveles de pH (>7,0) van en el cuadro 3, mientras que los suelos con bajo pH (<7,0%) van en el cuadro 4.

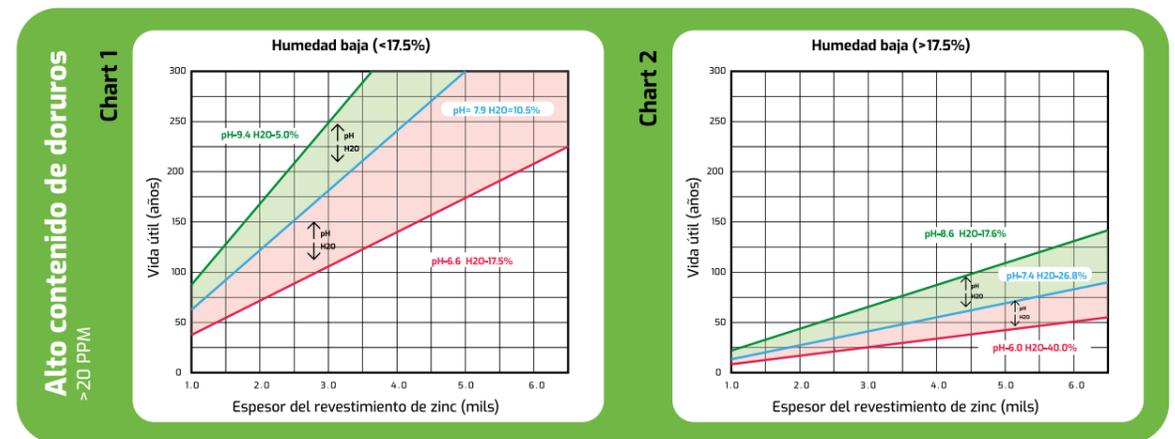
La línea azul en los cuatro cuadros representa el promedio para suelos

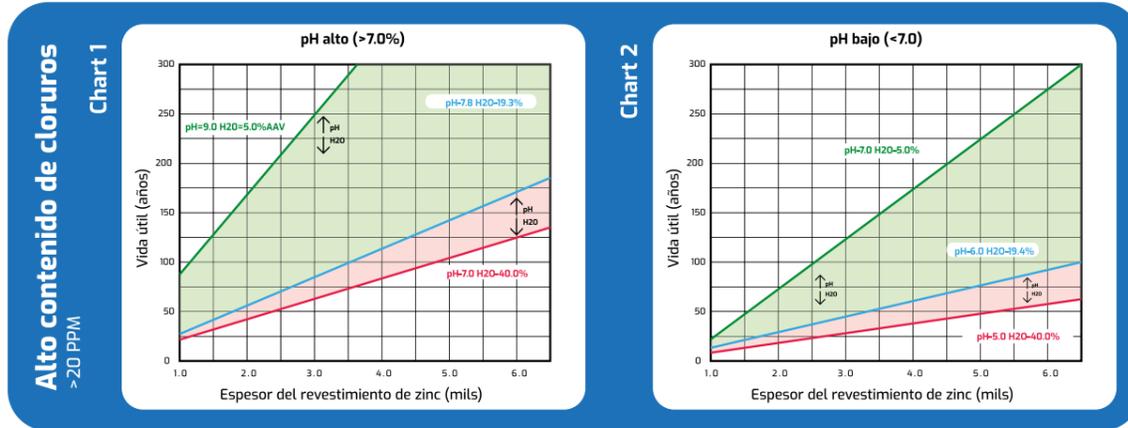


sondeados en nuestro grupo característico. La línea verde representa el mejor suelo en la categoría analizada, y la roja representa el peor suelo en la categoría del estudio. Las áreas sombreadas muestran cómo los cambios en el pH y contenido de humedad afectan la vida

útil estimada. Adoptando 3,5 mils como un espesor mínimo para GIC enterrado en suelo, el cuadro muestra que la vida útil promedio en los suelos más duros (no común) sería de aproximadamente 50 años, y en los mejores suelos superaría los 120 años

VIDA ESTIMADA EN SUELO DEL ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE





“La vida útil se define como el tiempo hasta el reemplazo de la parte o mantenimiento bajo tierra

1mil=25.4 pm=0.56 oz/ft2

Ilustración 4 cuadros de sólidos

● CONCRETO



El concreto es un material en extremo complejo. El uso de varias clases de concreto en la construcción ha hecho que sus propiedades químicas, físicas y mecánicas y su relación con los metales sean un tema continuo en estudios.

Se incrustan barras de acero de refuerzo (barra secundaria) en concreto para proporcionar resistencia, y son críticas para la integridad y el rendimiento de la estructura durante su vida útil. Como el concreto es un material poroso, los elementos corrosivos como el agua, los iones de cloruro, el oxígeno, el dióxido de carbono y otros gases viajan a la matriz del concreto y, con el tiempo, alcanzan la barra de refuerzo. Una vez que la concentración de estos elementos corrosivos sobrepasa el umbral de corrosión del acero, la barra de refuerzo comienza a corroerse.

A medida que esta se corroe, surge presión alrededor de la barra y se produce el agrietamiento, el manchado y el eventual descascarillamiento del concreto (ilustración 5)

Fotografía: Cortesía de Ferrogalva

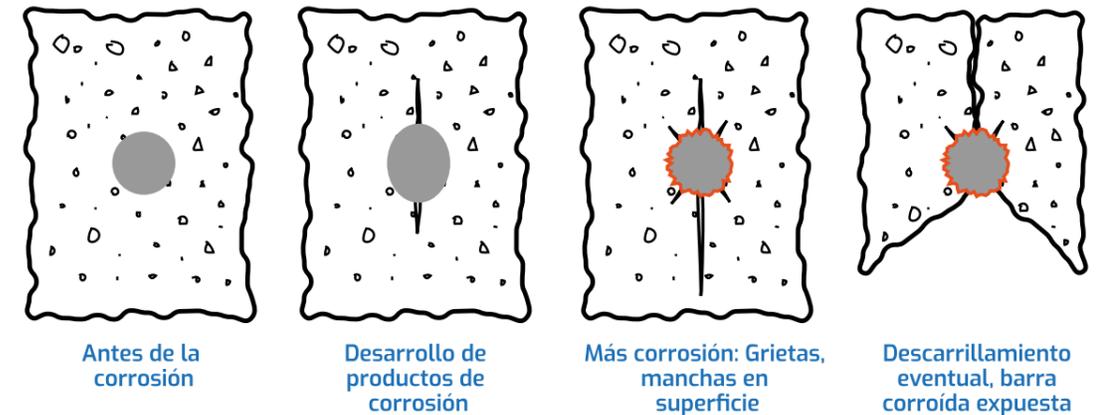


Ilustración 5 Descascarillamiento de concreto

Como la deficiencia de la barra de refuerzo conduce a una capacidad estructural comprometida o de fracaso, la protección contra la deficiencia prematura de la barra de refuerzo es clave. Como sucede en la atmósfera, la barra de refuerzo galvanizada extiende la vida útil del acero en el concreto. Los mecanismos de corrosión en el concreto son muy distintos que, en la exposición atmosférica, y uno de los principales factores es la concentración de cloruro. La barra de refuerzo galvanizada puede resistir una concentración de cloruro al menos cuatro a cinco veces más alta que el acero negro, y permanece pasivada en niveles más bajos de pH, lo que ralentiza la tasa de corrosión.

Además de la tolerancia más alta al cloruro, una vez que se forman productos de corrosión del zinc en la barra de refuerzo galvanizada, son menos voluminosos que el óxido de hierro y, de hecho, pueden migrar de la barra. La Ilustración 6 muestra la migración de las partículas blancas de zinc de la barra (revestimiento galvanizado) y hacia los poros de la matriz de concreto. Tal migración impide que el aumento de

la presión y del descascarillamiento causado por las partículas de óxido de hierro.

La vida útil total del acero galvanizado en concreto comprende el tiempo que le lleva al zinc despasivarse, más el tiempo que lleva el consumo del revestimiento de zinc, ya que se sacrifica para proteger el acero subyacente. Solo después de que el revestimiento se haya consumido por completo en una región de la barra comenzará la corrosión de acero localizada.



Ilustración 6 Migración de zinc en barra de refuerzo

● AGUA

Un ambiente menos común para el acero galvanizado es sumergido o expuesto al agua. La humedad es muy corrosiva para la mayoría de los metales, incluidos el acero y el zinc.

No obstante, dado el desarrollo de la pátina de zinc pasiva y en gran parte no soluble, la tasa de corrosión del acero galvanizado es mucho más lenta que la del acero desnudo. Hay diversos tipos de agua (agua pura, agua dulce natural, agua potable (tratada) y agua salada), y cada una tiene mecanismos distintos que determinan la tasa de corrosión.

Como sucede con los suelos, las variedades del agua dificultan predecir las

tasas de corrosión. Aunque el nivel de pH provoca el efecto más intenso, muchos parámetros afectan la corrosión de los metales en un ambiente acuoso, incluidos el contenido de oxígeno, la temperatura del agua, la agitación, la presencia de inhibidores y las condiciones de marea. A pesar de la dificultad para predecir la corrosión, el acero galvanizado en caliente es uno de los mejores métodos de protección contra la corrosión para aplicaciones sumergidas dada su cobertura completa y uniforme.

El agua con alto contenido de oxígeno o dióxido de carbono libre es más corrosiva que el agua con menor con-



Fotografía: Cortesía de Novacero

tenido de estos gases, y el agua dura es mucho menos corrosiva que la blanda. Una escama natural de sales insolubles tiende a formarse sobre la superficie galvanizada bajo condiciones de dureza moderada o alta del agua. Estas sales se combinan con el zinc para formar una barrera protectora de carbonato de calcio y carbonato de zinc básico.

Como sucede con el agua dulce, los revestimientos galvanizados brindan una considerable protección al acero sumergido en agua salada y expuesto a spray de sal. Los factores influyentes en la corrosión de zinc en el agua dulce también aplican para el agua salada; no obstante, las sales disueltas (fundamentalmente sulfuros y cloruros) en agua salada son los determinantes principales del comportamiento de la corrosión del zinc. Dado el alto nivel de cloruro en el agua salada, puede esperarse una alta



Fotografía: Cortesía de Novacero

tasa de corrosión de zinc. No obstante, la presencia de iones de magnesio y calcio tiene un fuerte efecto inhibitor sobre la corrosión del zinc.

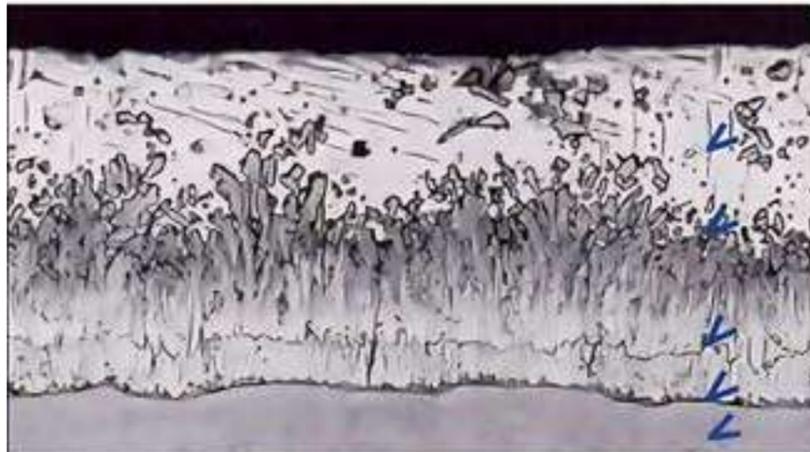
VENTAJAS O BENEFICIOS



● RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Una característica única del revestimiento galvanizado en caliente es el desarrollo de capas intermetálicas resistentes a la abrasión que están fuertemente unidas (~3600 psi). La Ilustración 7 es un corte transversal de un revestimiento galvanizado en caliente de tres capas intermetálicas (gamma, delta y zeta) y la capa superior de zinc puro (eta). Durante el proceso de galvanizado, estas capas se desarrollan de

forma natural en la reacción metalúrgica entre el hierro en el acero y el zinc en la caldera. Como muestra también la fotomicrografía, la dureza de cada una de las capas como un número de dureza Vickers (NDV), puede observar que las tres capas intermetálicas son más duras que el acero desnudo, mientras que la capa eta posee ductilidad, lo que dificulta mucho dañar el revestimiento GIC.



Eta
(100% Zn)
70 NDV de dureza

Zeta
(94% Zn 6% Fe)
179 NDV de dureza

Delta
(90% Zn 10% Fe)
244 NDV de dureza

Gamma
(75% Zn 25% Fe)
250 NDV de dureza

Acero Base
(100% Fe)
159 NDV de dureza

Ilustración 7 Fotomicrografía de un revestimiento galvanizado

La resistencia a la abrasión del galvanizado en caliente provee una protección sin paralelo contra el daño causado por la manipulación hostil durante el transporte y la instalación, y también durante el servicio. Otros revestimien-

tos con menores fuerzas de unión (300 a 600 psi) pueden dañarse con facilidad durante el envío y la construcción, lo que debilita su eficacia, ya que la protección de barrera depende de la integridad del revestimiento

DURABILIDAD

Otro aspecto del galvanizado en caliente es la durabilidad comprobada. El acero galvanizado en caliente ha estado especificado ampliamente en proyectos petroquímicos, industriales, de energía/servicios y creación de puentes/carreteras por su durabilidad sin comparación en estos ambientes severos. El galvanizado en caliente retiene su durabilidad gracias a su resistencia a la abrasión, pro-

tección uniforme y cobertura completa.

Ejemplo: **Planta de Reciclaje de Agregados Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos.** Esta planta de reciclado está sujeta a condiciones ambientales y operativas extremadamente severas. Ubicada en Abu Dhabi, la instalación está sujeta a rayos UV constantes, más

Fotografía: Cortesía de Sedemi / Hospital de Manta



de 48 °C e incluso tormentas de arena. Las condiciones creadas por el uso dificultoso de una machacadora de agregados también la erosionan de forma constante.

ambiente severo, la barrera superior y la protección contra la corrosión del acero galvanizado en caliente trabajan para preservar esta estructura y mantenerla funcionando sin problemas.

Para este proyecto se galvanizaron más de 450 mil kilogramos de acero estructural, secciones transportadoras, tolvas y acero para escaleras. Para protegerlo del

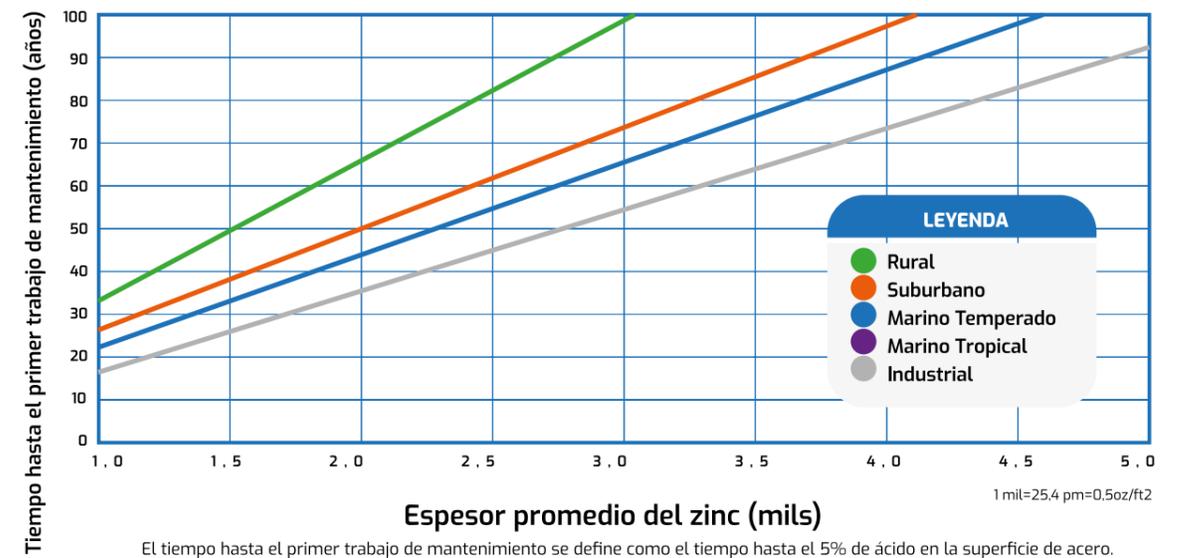


Ilustración 8 Cuadro de tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento

COBERTURA COMPLETA

El galvanizado en caliente es un proceso de inmersión total, es decir, el acero se sumerge por completo en soluciones de limpieza y el zinc fundido reviste todas las superficies interiores y exteriores. Esta cobertura completa garantiza incluso el interior de estructuras huecas o tubulares y también se revisten los roscados de los sujetadores. Como la corrosión tiene a darse a una mayor tasa en el interior de estructuras huecas,

donde se producen humedad y condensación, la cobertura interior es muy beneficiosa. Las estructuras huecas pintadas no cuentan con protección contra la corrosión en el interior. Los sujetadores revestidos por completo son igual de importantes, ya que se los emplea en puntos de conexión que son críticos para la integridad de la estructura.

● **VERSATILIDAD**

El acero galvanizado en caliente (GIC) es versátil y de inmediata disponibilidad. Una gran variedad de formas y tamaños que oscilan desde tuercas pequeñas, tornillos y sujetadores hasta piezas estructurales más grandes, a incluso piezas artísticas detalladas de modo intrincado, pueden galvanizarse. Dado el proceso de inmersión total, incluso las piezas fabricadas complejas pueden revestirse por completo para protegerlas de la corrosión.

Muchos métodos de protección contra la corrosión dependen de las condiciones adecuadas de temperatura y

humedad para su correcta aplicación. Sin embargo, como el galvanizado en caliente es un proceso controlado en fábrica, puede llevarse a cabo las 24 horas, todo el año, con lluvia o sol. El zinc se solidifica después de retirarlo del baño para que no haya retrasos en el curado, y, en términos realistas, el acero galvanizado puede galvanizarse, enviarse al sitio y erigirse el mismo día. Por otro lado, el material galvanizado no necesita instalarse de inmediato, es fácil almacenarlo fuera, ya que los rayos UV no degradan la integridad del revestimiento.



Fotografía: Cortesía de Ferrogalva

● **ESTÉTICA**

La estética es importante en casi todo proyecto de construcción. Ya sea una escultura con diseño artístico y atractivo o un elemento de acero expuesto por arquitectura, o un puente, estación de autobuses u otro elemento de infraes-

tructura, el acero galvanizado ofrece flexibilidad en diseño y un acabado gris natural atractivo, o si se desea color se lo puede pintar o revestir con polvo con facilidad.

● **MATERIALES IDÓNEOS DE GALVANIZADO**

La gran mayoría de los materiales que contienen hierro (ferroso) son idóneos para el galvanizado en caliente. El acero no aleado (por debajo de 150 Ksi) 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. Sin embargo, la composición química del material base tiene un rol fundamental sobre las características finales del revestimiento de galvanizado.

● **EFFECTOS DE LA COMPOSICIÓN DEL ACERO EN EL ESPESOR Y LA ESTRUCTURA DE UN RECUBRIMIENTO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE**

Un recubrimiento por GIC está formado por el contacto entre hierro y el zinc fundido con la formación de una serie de aleaciones de hierro / zinc que unen metalúrgicamente el recubrimiento al sustrato de acero. Normalmente, estas aleaciones que se recubren con zinc relativamente puro muestran una apariencia plateada asociada con un recubrimiento GIC.

Los factores que determinan el espesor total y las propiedades metalúrgicas del recubrimiento galvanizado son: la temperatura del zinc, el tiempo de inmersión, la composición del acero, la adición de aleaciones al baño de zinc, espesor de acero y rugosidad de la superficie. Los tres factores sobre los que el galvanizador no tiene control son la composición de acero, el espesor y la rugosidad de la superficie, mientras que al mismo tiempo estos desempeñan el papel más importante en la determinación de la estructura de recubrimiento y el espesor final.

Los dos elementos que tienen la mayor influencia ya sea por separado o en combinación, son el silicio (Ilustración 9) y el fósforo. Estos elementos pueden resultar en una reacción acelerada en ciertos niveles entre los aceros al carbono y zinc fundido con la estruc-

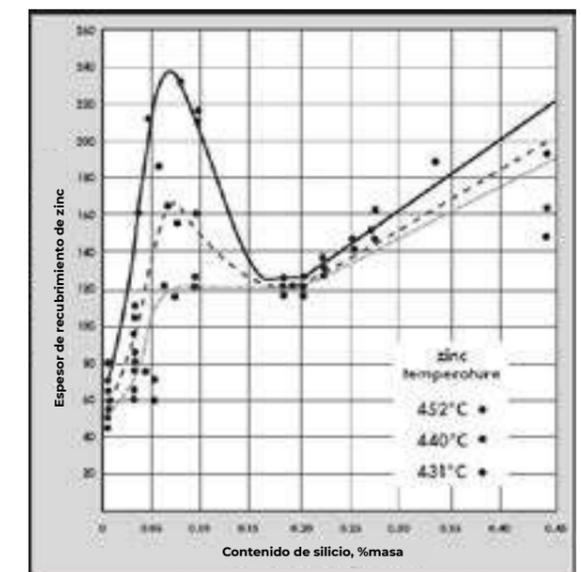


Ilustración 9 Efecto de la temperatura del baño sobre la Curva Tradicional de Sandelin

tura de la aleación de hierro / zinc del recubrimiento creciente profusamente durante el periodo de inmersión y en un grado menor, incluso después de la retirada del zinc fundido, antes del temple en agua. En la industria del galvanizado se conoce a los aceros que los niveles de silicio y 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 10)

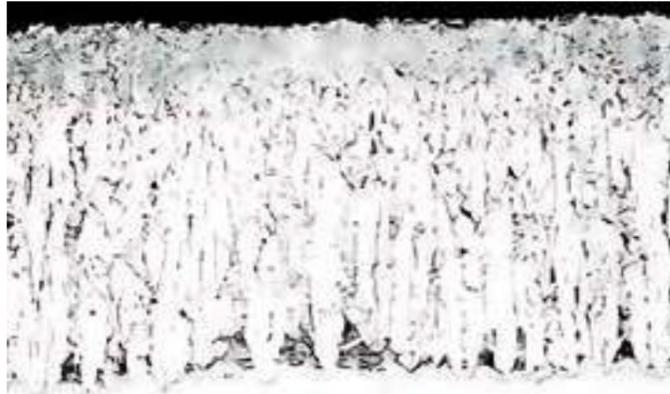


Ilustración 10 capas atípicas de aleación ZINC HIERRO

Por otra parte, la formación excesiva capa de aleación y espesor de recubrimiento puede producir un recubrimiento indebidamente frágil que es propenso a daños de manipulación. Una desventaja adicional es que los recubrimientos excesivamente gruesos tienden a ser estéticamente menos uniforme en apariencia, resultando frecuentemente un acabado de superficie más rugosa.

● LA INFLUENCIA DE SILICIO

En la práctica moderna de fabricación de aceros, donde en la colada continua se emplea, ya sea de aluminio o de silicio, que se añaden al acero como de agentes oxidantes. Adiciones de aluminio no tienen efecto sobre la estructura y el espesor de un recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente, pero lo mismo no se puede decir para el silicio. La conocida curva Sandelin (mostrada arriba con respecto a la temperatura de zinc) indica que una alta reactividad en la galvanización que resulta de la presencia de silicio es evidente en la forma de un pico de reactivo entre 0,03 y 0,15%. La reacción luego disminuye sólo para aumentar gradualmente una vez más hasta un nivel por encima de 0,25% a partir de donde la reacción es una vez más severa.

Cabe señalar que los aceros calmados con silicio, con un contenido de silicio que varía entre 0,15% y 0,25%, son idea-

les para la prestación de servicio pesado de recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente destinados para uso en ambientes corrosivos. A ambos lados de este rango, se puede desarrollar recubrimientos excesivamente gruesos y quebradizos si no se puede evitar los tiempos prolongados de inmersión en el zinc fundido. Cuando la galvanización en caliente es considerada para fines arquitectónicos del contenido de silicio debe limitarse (de ser posible por escrito al proveedor de acero), entre 0,15 y 0,25%, con fósforo inferior al 0,01%. El ciclo de inmersión está determinado por la configuración de la estructura, así como por el espesor de la sección de acero (a mayor espesor del acero, mayor será el tiempo de inmersión).

Recubrimientos gruesos con mal aspecto tienden a resultar de niveles excesivamente altos de silicio.

● LA INFLUENCIA DEL FÓSFORO

El impacto del fósforo en el acero puede ser grave, independientemente de la presencia de silicio. A niveles por debajo de 0,015% de fósforo, tiene poca influencia sobre el crecimiento de recubrimiento mientras que por encima de 0,02%, el efecto es extremadamente grave, incluso cuando el acero calmado

con aluminio es galvanizado. Aceros que contienen 0,04% de fósforo y más son prácticamente imposibles de galvanizar satisfactoriamente. Esto es porque el fósforo interfiere con la formación estable de la capa de aleación permitiendo así que la reacción entre el zinc fundido y el acero continúe sin interrupciones.

CLASIFICACIÓN	CONTENIDO DE SILICIO	CONTENIDO DE FÓSFORO	CONTENIDO DE REACTIVIDAD	APARIENCIA DE RECUBRIMIENTO
1	0-0,035	0-0,0025	Generalmente normal pero ocasionalmente bajo	Pocos defectos. Recubrimiento fino ocasional que está por debajo de las especificaciones
2	0-0,04	0,025-0,035	Generalmente normal	Defectos localizados debido a la dureza de la aleación zeta. (por ejemplo, granos o efecto de corteza de árbol, particularmente en secciones tubulares y curvas)
3	0-0,04	>0,035	Alto especialmente con alto contenido de fósforo	Defectos superficiales pronunciados, alta tendencia a descamarse
4a (bajo fósforo)	0,04-0,135	<0,01	Moderado, aumentando con el contenido de silicio	Puede parecer normal con pocos defectos
4b (alto fósforo)	0,04-0,135	0,01-0,03	Alto	Generalmente pocos defectos
5a (bajo fósforo)	0,135-0,35	<0,03	Recubrimientos altos pero generalmente más delgados, que en la clase 5b	Puede parecer normal con pocos defectos
5b (alto fósforo)	0,135-0,35	<0,03	Alto	Tendencia descamarse, especialmente con alto contenido de fósforo
6	>0,35	<0	Alto y creciente con el contenido de silicio	Tendencia descamarse, aumentando con el contenido de fósforo

Tabla 1 Clasificación de reactividad para aceros.

Con la práctica moderna fabricación del acero, el contenido de fósforo es normalmente muy por debajo de 0,02%. En el caso de determinados aceros importados, el fósforo puede ser considerablemente mayor a la del límite de seguridad superior en función de dónde fue se producido el acero. Material de producción local pueden presentar en ocasiones, un problema de fósforo, probablemente cuando se utiliza el material reciclado de chatarra para la producción de acero de carbono.

Aceros galvanizados en caliente, con excesivos niveles de fósforo, suelen exhibir una apariencia "corteza de árbol" y puede mostrar fallos por descamación donde la capa de recubrimiento total puede ser arrancada de la superficie metálica, dejando muy poco residual del recubrimiento de la aleación hierro / zinc La galvanización en caliente no es exitosa a una temperatura igual o por debajo de 435 ° C. Para la clasificación de reactividad de los aceros, ver tabla 1

● FUSIONES NATURALES CON ENTORNOS

Para algunos proyectos de acero galvanizado, como las subestaciones eléctricas, los paneles solares o la infraestructura de riel, a menudo el objetivo es fusionarse de forma homogénea con los entornos. Mientras el acero galvanizado se erosiona y la pátina de zinc se forma, el revesti-

miento se torna un gris mate uniforme. Ya sea en áreas rurales arboladas sensibles a la vida silvestre o en la ciudad donde la no reflectividad es importante, el acabado natural no invasivo del galvanizado en caliente complementa y se fusiona con cualquier ambiente

Fotografía: Cortesía de Sedemi / Subestación Esmeraldas



● EXPUESTO DE FORMA ARQUITECTÓNICA

Además de brindar un aspecto natural y moldeable, utilizar el galvanizado en caliente en acero estructural expuesto de forma arquitectónica (AESS- Exposed Structural Steel Architectural) ofrece paz mental visual de que el acero está en buena condición. Los elementos de AESS a menudo se diseñan como platos fuertes y puntos centrales de la construcción con acero. La alta proporción resistencia/peso y la ductilidad del acero permite la formación de curvas,

arcos y patrones y diseños intrincados cuando se planean elementos de AESS. No obstante, cuando los elementos de AESS están expuestos a la atmósfera, es importante asegurarse de que permanezcan como elementos con un diseño hermoso al protegerlos contra la corrosión. Los elementos de AESS galvanizados en caliente pueden combatir la corrosión por décadas sin reprimir su libertad de diseño.



Fotografía: Cortesía de Novacero / Galpones Alvarado

● SEGURIDAD

La seguridad y la estabilidad estructurales son fundamentalmente importantes para la integridad de la construcción de acero, y no pueden mantenerse si la estructura se ha debilitado por los destrozos de la corrosión. Las piezas galvanizadas en caliente que permanecen resistentes a la corrosión por décadas preservan la integridad estructural de la construcción de acero y protegen contra desastres.

Un aspecto de seguridad donde el acero galvanizado en caliente ofrece ventajas es en áreas de actividad sísmica. Los elementos de acero son más dúctiles y ligeros, lo que reduce los efectos de inercia de la carga sísmica. Capaz de doblarse hasta un punto razonable sin quebrarse, la resistencia a la tracción del acero galvanizado en caliente puede proteger estructuras del daño o incluso de la falla total durante actividad sísmica.

● **SOSTENIBILIDAD**

El desarrollo sostenible representa el compromiso social, económico y ambiental con el crecimiento y el progreso que satisfacen las necesidades del presente sin complicar la capacidad de futuras generaciones de complacer sus propias necesidades, A medida que la presión social sigue aumentando para construir

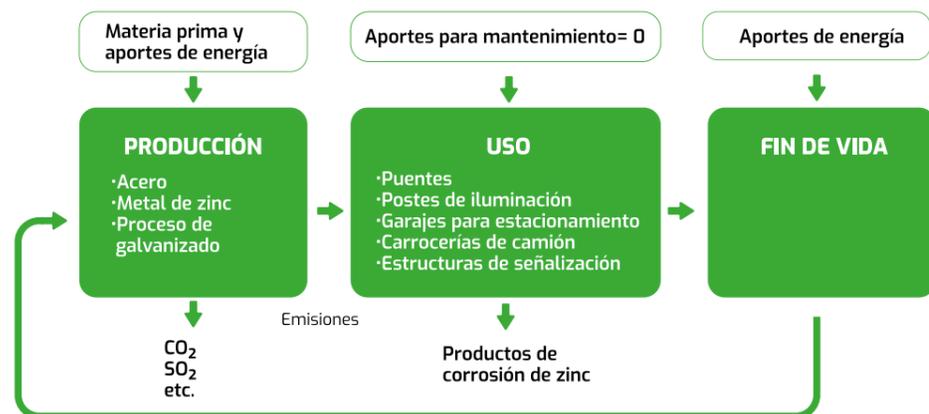
la sostenibilidad del ambiente, los especificadores se vuelven más dedicados y analíticos en cuanto a los materiales que utilizan. La longevidad sin mantenimiento del acero galvanizado en caliente brinda beneficios positivos y económicos para las futuras generaciones.

● **VENTAJAS ECONÓMICAS**

Como se mencionó antes, el zinc existe el aire, agua y suelo de forma natural, y es el elemento más abundante número 27 en la corteza terrestre. Más de 5.8 millones de toneladas de zinc circulan en el ambiente en la vida vegetal y animal, lluvia y otras actividades naturales. El zinc es esencial para toda vida: desde los humanos hasta los microorganismos más pequeños. Por eso, utilizar acero galvanizado en caliente no es dañino para el medio ambiente ya que el zinc ya puede encontrarse de forma natural

en el área. Además de ser natural, el zinc, como el acero, puede reciclarse indefinidamente sin perder ninguna propiedad física o química. Aproximadamente 30% del suministro de zinc del mundo viene de fuentes recicladas cada año, y se reciclaría más si hubiera más. A ello se suma que el acero es el material más reciclado en el mundo, casi el 100% del acero estructural viene de fuentes recicladas, lo que vuelve al acero galvanizado un material infinitamente renovable.

Círculo de reciclaje del acero y zinc (100%)



Para todas menos las condiciones ambientales más agresivos y corrosivos, no hay aportes de energía o materia prima durante el uso de (+75 años).

Para acero galvanizado en caliente, óxido de zinc, hidróxido de zinc y carbonato de zinc presentes de manera natural.

Ilustración 11 ciclo de vida (LCA) de Galvanizado

Una evaluación del ciclo de vida (LCA) es una medición objetiva del impacto ambiental de un producto. A menudo llamado un estudio “de la cuna a la tumba”, la LCA cuantifica el impacto

ambiental de un proceso o producto desde la adquisición de la materia prima, aportes de energía y salidas de emisión durante la producción y el uso, y el tratamiento del final de vida (reciclado/

desechado). Las LCA han comenzado a ganarse el favor de la comunidad de especificadores como un medio de medir la sostenibilidad de un producto.

En el 2008, la Asociación Internacional del Zinc(IZA) contrató a los expertos en LCA con renombre internacional Five Winds International y PE International para crear un inventario del ciclo de vida (LCI) y una evaluación del ciclo de vida (LCA) para el acero galvanizado en caliente. Mediante datos de fuentes mundiales sobre el consumo de energía en emisiones de aire/fluidos/sólidos medida durante la producción de zinc y durante el proceso de galvanizado, combinados con datos análogos de encuestas recolectados en la industria del acero, se compiló una LCA para el acero galvanizado en caliente. La Ilustración 11 muestra una descripción general del impacto del acero galvanizado en caliente desde la producción hasta el final de la vida útil.

El galvanizado caliente es único porque todo el material, los aportes energía y las salidas de emisión son aisladas hasta la fase de producción, ya que no se requiere de mantenimiento por 70 años o más en la mayoría de los ambientes, y es 100% reciclable cuando acaba su vida útil.

Además de la construcción de estructuras ecológicas, para una auténtica sostenibilidad estas estructuras también deben ser económicamente responsables para futuras generaciones. El acero galvanizado en caliente genera ahorros económicos tanto al comienzo como durante la vida de un proyecto, y se dispone de dinero para nuevas construcciones en lugar de un mantenimiento costoso.

Por mucho tiempo se ha pensado, en la comunidad especificadora, que el acero galvanizado en caliente es

costo prohibitivo en un principio. Sin embargo, debido a mejoras regulares en el proceso, **el acero galvanizado no sólo es competitivo, sino que también es menos costoso que otros sistemas de protección contra la corrosión en un principio.** Más aún, debido al rápido tiempo de entrega y a la instalación, **utilizar acero galvanizado en caliente a menudo brinda una gama más amplia de ahorros en el costo durante la construcción.**

Aunque el costo inicial es importante, analizar los costos durante la vida del proyecto proporciona una evaluación de costos más exhaustiva para futuras generaciones. El costo del ciclo de vida (LCC) tiene en cuenta no sólo el costo inicial, sino también los costos directos de mantenimiento durante la vida útil de la estructura y el valor del dinero en el tiempo durante la vida del proyecto que utiliza cálculos de valor actual neto (NPV) y valor futuro neto (NFV)



● SISTEMA DÚPLEX

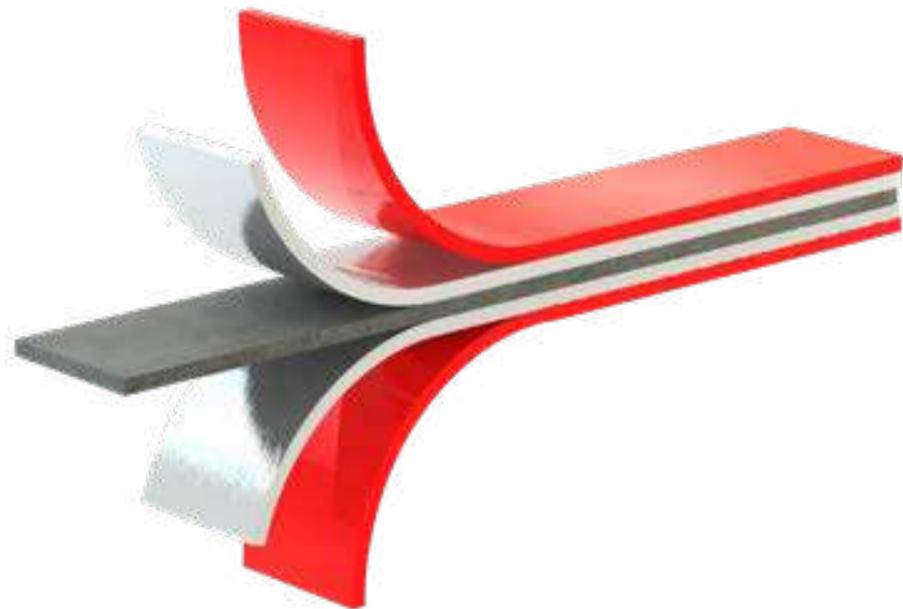
El acabado gris mate natural no es apto para cada proyecto de cada especificador (ya que a veces se prefiere o necesita el color para la marca, las marcas de seguridad, etc.). Sin embargo, al especificar un sistema dúplex, es decir galvanizar su proyecto y luego pintarlo o revestirlo con polvo del color deseado, garantiza que no tenga que sacrificar los beneficios de la protección contra la corrosión y el mantenimiento extendido del acero de GIC.

Los sistemas dúplex proporcionan más beneficios que sólo opciones estéticas. La combinación de acero galvanizado en caliente y pintura o revestimiento de polvo brindan un efecto sinérgico. La pintura/polvo extiende la vida útil del revestimiento al proporcionar un revestimiento de barrera adicional a las capas de zinc, mientras que el acero galvanizado prolonga la vida útil del revestimiento de pintura al evitar que la película inferior se corra o descasque.

El resultado de los dos revestimientos que trabajan en sinergia es la extensión de la

protección contra la corrosión. La vida útil de un sistema dúplex es de 1,5 a 2,3 veces la suma de los sistemas individuales. Por ejemplo, si la vida útil del revestimiento galvanizado en un ambiente particular es de 70 años, y la vida prevista de la pintura es de 10 años, la vida prevista del sistema dúplex sería de al menos 120 años (1,5 x (70+10)).

Esta extensión de la vida útil asume que no se llevara a cabo ningún trabajo de mantenimiento para mantener la pintura o el revestimiento de polvo intacto. En términos reales, si alguien invierte el precio premium por adelantado para un sistema dúplex, con probabilidad planea mantener el color en la estructura. Por eso, en cuanto a la practicidad, el efecto sinérgico de la utilización de un sistema dúplex es la extensión del ciclo de mantenimiento que proporciona. Con el acero galvanizado en caliente como "prelacado", el tiempo hasta el primer trabajo de mantenimiento de la pintura o revestimiento de polvo se extiende 1,5 a 2,0 veces de lo que sería para el acero desnudo.



EL PROCESO DE GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE



A diferencia de los sistemas de pintura orgánicos, un recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente se produce por una reacción metalúrgica entre el hierro y el material de recubrimiento, es decir, el zinc fundido. Una serie de aleaciones duras de hierro/zinc resistentes a la abrasión se forman y estos se recubren con zinc relativamente puro como producto que se retira del baño de galvanización. Las diversas capas desempeñan un rol

importante en la provisión de la protección contra la corrosión. Para la formación del recubrimiento, se requiere que la superficie de acero esté totalmente libre de contaminantes, tales como, cascarillas laminación, óxido, grasa y aceite.

El proceso de galvanizado en caliente consta de tres instancias básicas: preparación, galvanizado e inspección de la superficie.

● PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

La preparación de la superficie es la instancia más importante al momento de aplicar cualquier revestimiento. Gran parte de los casos donde falla el revesti-

miento antes de que termine su vida útil prevista se dan por la preparación incorrecta o inadecuada de la superficie.

La preparación de la superficie para el galvanizado consta de tres pasos:

DESENGRASADO

Una solución alcalina caliente, un baño ácido leve o un baño de limpieza biológica elimina los contaminantes orgánicos como la tierra, las marcas de pintura, la grasa y el aceite de la superficie de acero. Los epoxis, los vinilos, el asfalto o la escoria de soldadura, que no pueden eliminarse mediante el desengrasado, deben quitarse antes del galvanizado mediante granallado, arenado u otros medios mecánicos.

DECAPADO

Una solución diluida de ácido sulfúrico caliente o ácido clorhídrico a temperatura ambiente elimina la batidura y los óxidos de hierro (herrumbre) de la superficie de acero. Como una alternativa a, o junto con el decapado, este paso se puede lograr con limpieza abrasiva, chorro de arena, granalla o perla de vidrio al acero

APLICACIÓN DE FLUX

El último paso de la preparación de la superficie en el proceso de galvanizado, ES una solución de cloruro de amonio Y DE CLORURO de zinc, tiene dos propósitos. Elimina cualquier óxido restante y deposita una capa protectora en el acero para impedir que se formen más óxidos en la superficie antes de la inmersión en el zinc fundido.

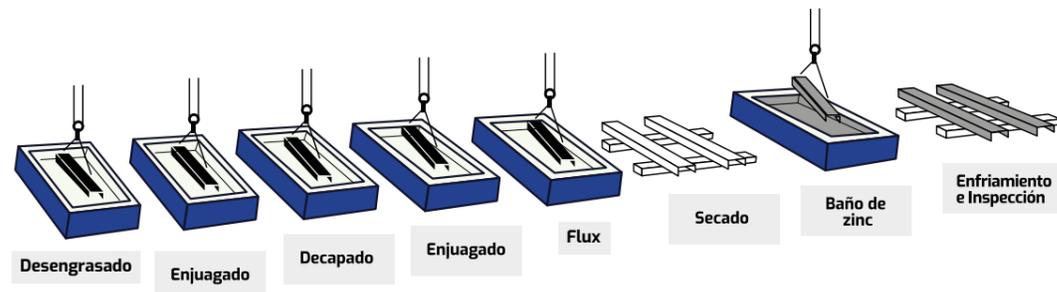


Ilustración 12 Proceso de galvanizado en caliente de lotes

● GALVANIZADO

En la verdadera instancia de galvanizado del proceso, se sumerge por completo el material en un baño de zinc fundido. La química del baño está especificada en la B6 de la ASTM, y requiere al menos 98% de zinc puro mantenido a aproximadamente 449 °C (840 °F). Mientras está sumergido en la caldera, el zinc reacciona con el hierro en el acero y forma una serie de capas intermetálicas de aleación zinc/hierro. Una vez que se completa el crecimiento del revesti-

miento de los artículos fabricados, se los puede retirar del baño de galvanizado, y se elimina el exceso de zinc mediante drenaje, vibración y/o centrifugado. La reacción metalúrgica continuará después de haberse retirado el artículo del baño, siempre y cuando permanezca cerca de la temperatura de baño. Los artículos se enfrían por inmersión en una solución de pasivación o agua o al dejarlos al aire libre.

Fotografía: Cortesía de Galvanorte



● INSPECCIÓN

La inspección del acero galvanizado en caliente es simple y rápida. Las dos propiedades del revestimiento galvanizado en caliente verificadas con minuciosidad son el aspecto y el espesor del revestimiento. Se puede realizar cierta cantidad de pruebas físicas y de laboratorio para determinar el espesor, la uniformidad, la adherencia y el aspecto.

Los productos se galvanizan según los estándares aceptados y aprobados, establecidos hace tiempo, de la ASTM, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). Estos estándares cubren todo, desde los mínimos espesores de revestimiento requeridos para varias categorías de artículos galvanizados hasta la composición del metal de zinc empleado en el proceso.



EN ECUADOR – NORMAS INEN En Ecuador a través del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN se acogen normas que regulan estándares de aceptación de los productos galvanizados por inmersión en caliente, que están fundamentadas en estándares internacionales como las normas ISO y ASTM entre otras.

De requerir más información, por favor contactarse con Fedimetal



GUÍA DE DISEÑO

● **LA COMUNICACIÓN ES CLAVE**

La clave para brindar un mejor diseño para el proceso de galvanizado en caliente es la comunicación entre el arquitecto, el ingeniero, el fabricante y el galvanizador. Comenzar las líneas de comunicación desde el inicio en el proceso de diseño puede eliminar posibles inconvenientes en el proceso más adelante. Unos cuantos temas de debate entre las partes involucradas que se puede abarcar, mientras se diseña el proyecto son los siguientes: química del acero y condición superficial, tamaño y forma del objeto a galvanizar, puntos de ventilación y drenaje, ensamble, partes enroscadas, conexiones móviles. 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 las partes involucradas.



Ilustración 13 Diagrama de bloque de comunicación en un proyecto de galvanizado

● **DISEÑO PARA LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE (ISO 14713)**

Al diseñar una estructura, que será ser galvanizada por inmersión en caliente, hay que tener en cuenta que los artículos serán sumergidos y retirados de un baño de zinc fundido calentado a una temperatura de 450 ° C. Se requiere del

diseño y fabricación para cumplir con los estándares aceptables, que se aplican independientemente de si un recubrimiento es galvanizado por inmersión en caliente o se va a aplicar el pintado

● **TAMAÑO DEL COMPONENTE**

Prácticamente existen instalaciones para galvanizar por inmersión en calientes artículos de cualquier tamaño o forma. Las técnicas empleadas para artículos grandes pueden ser doble inmersión y el balanceo para objetos

cilíndricos. Se debe tener en cuenta la capacidad de la caldera de galvanizado; por ello, es prudente verificar las limitaciones de la caldera. Para más información se puede comunicar con nuestro comité, escribiéndonos a:

galvanizado@fedimetal.com.ec

● **DISEÑO MODULAR:**

Grandes estructuras son también galvanizadas por inmersión en caliente mediante el diseño de módulos para el montaje posterior con pernos o sol-

dadura. A menudo las técnicas de diseño modular producen ahorros en la fabricación y montaje por un manejo simplificado y transporte.

● **PESO:**

Es importante tener en cuenta el peso, debido a las técnicas de manipulación del material que se emplean en las plantas de galvanización. Los artículos pequeños, con menos de 76 cm

de longitud generalmente se galvanizan en cestos perforados, mientras los ensamblajes grandes por lo general se soportan con eslingas de cadena o mediante elementos de elevación.

● **DOBLADO Y CONFORMADO DESPUÉS DE LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE**

Para obtener los mejores resultados, no debe tener lugar la conformación en frío después de la galvanización en caliente. Si es necesario, los aceros de menos de 3 mm de espesor pueden doblarse en frío o si son más gruesos, realizar el trabajo en caliente a temperaturas por debajo de 350 ° C.

del recubrimiento local no podrá ser superior a un 40% más que el indicado en la tabla 3.

Se recomienda tener presente lo siguiente:

- El radio mínimo tomado en la cara interior del tubo no deberá ser menor que 8 veces el diámetro exterior del tubo.
- Para el éxito del doblado como se indica en párrafo anterior, el espesor



● SUPERFICIES SOLAPANTES

Se debe proporcionar una distancia mínima de al menos 2 mm entre las placas, de las superficies solapadas y espalda con espalda de ángulos y canales. Si las superficies de contacto no

pueden ser evitadas, uno o más orificios de ventilación de un miembro (una pieza) garantizarán la seguridad personal de la galvanización en caliente y evitará daños en el artículo.

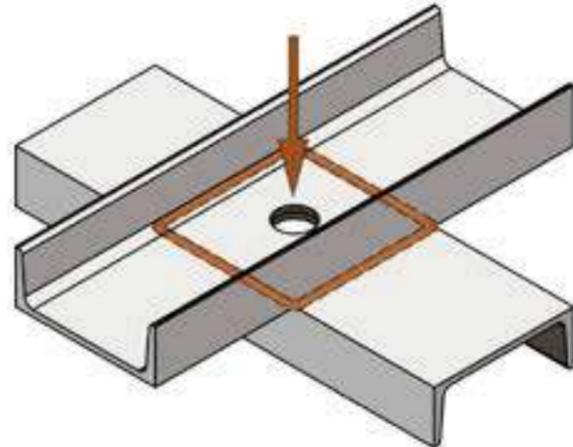


Ilustración 14 Superficies superpuestas

● CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En el caso de la galvanización en caliente existen algunos requisitos adicionales de diseño y fabricación a fin de evitar la

distorsión y facilitar el acceso (llenado) y el drenaje de zinc fundido durante la galvanización.

➤ Ciertas fabricaciones, los agujeros, que están presentes para otros fines pueden cumplir con los requisitos de ventilación de aire, el llenado y vaciado de zinc. En otros casos, puede ser necesario prever orificios adicionales para este propósito.

➤ Para una protección completa, el zinc fundido debe ser capaz de fluir libremente a todas las partes de las superficies de la fabricación. Con secciones huecas o donde hay compartimentos internos, la galvanización en caliente de las superficies internas elimina cualquier peligro de corrosión oculta que suele ocurrir en condiciones de servicio.

➤ El galvanizado por inmersión en caliente que se necesite para fines arquitectónicos se debe tener presente que la importancia del diseño y la selección del acero adecuado (ver influencia de silicio y fósforo en las páginas anteriores) son de suma importancia.

➤ Para la identificación permanente usar letras perforadas o soldadas con mucho realce. Para la identificación temporal usar alambres con etiquetas metálicas con relieves muy fuertes para trabajar, pintura soluble en agua o lápiz para el marcado correcto que se pueden eliminar fácilmente por desengrase o decapado.

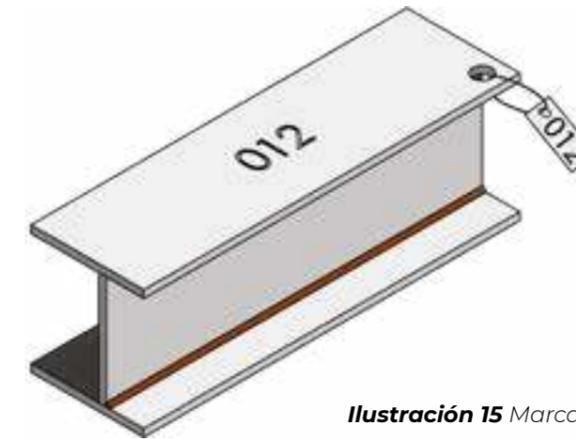


Ilustración 15 Marcas de Identificación

➤ Trabajo no apropiado, para el manejo de cadenas, ganchos, canastas o porta piezas que deben estar provistos de orificios de suspensión u orejetas de elevación.

➤ Juntas soldadas pueden ser galvanizados en caliente, pero primero consulte con el galvanizador. Juntas soldadas suavemente o aluminio remachado no pueden ser galvanizados por inmersión en caliente.

➤ Para la soldadura de aceros no-estructurales recubiertos con zinc pueden ser utilizados todos los procedimientos y métodos para el soldado de acero negro sin mucha dificultad. Para soldaduras estructurales el recubrimiento de zinc debe ser integralmente eliminada mediante lijado o impidiendo la formación de enmascaramiento.

➤ Manijas, bisagras, cadenas, ejes y husillos requieren un espacio mínimo radial, de 2 mm (hasta 30 mm Ø) y 2 a 2,5 mm (más de 30 mm Ø), para permitir el espesor del recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente.

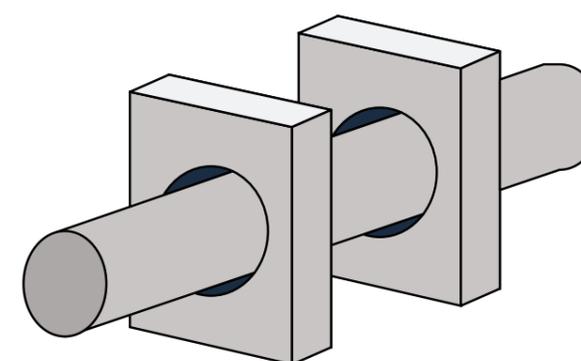


Ilustración 16 Eje

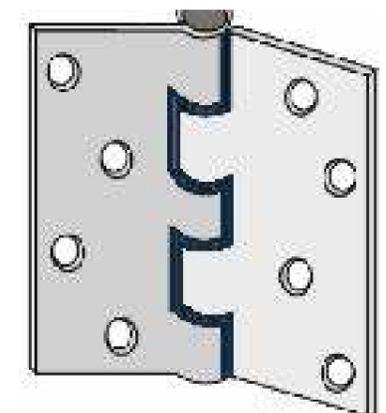


Ilustración 17 Bisagra

● PRINCIPIOS GENERALES DE ORIENTACIÓN

- Agujeros de ventilación, para el llenado y vaciado deben ser tan grande y tan cerca como posible de los extremos y diagonalmente opuestos entre sí.
- Rigidizadores internos y externos, deflectores, diafragmas, refuerzos, etc., deben tener esquinas internas recortadas para permitir el acceso del ácido de decapado, el flujo de zinc fundido y para evitar el atrapamiento de aire.
- Uniones atornilladas se hacen mejor después de la galvanización en caliente.
- Refuerzos internos a menudo minimizan las distorsiones.
- Evitar soldar, las uniones soldadas no deben ser mayor de lo que es esencial para la integridad estructural de la fabricación.
- La soldadura debe ser lo más simétrica, con el fin de asegurar que las tensiones estén equilibradas. Esto se puede hacer mediante la colocación de las soldaduras cerca del eje neutro o al equilibrar ellos alrededor de este eje.
- Evite siempre que sea posible las asimetrías. Esto incluye la combinación de diferentes espesores de material. Donde sea posible éstos deben ser atornillados entre sí después de la galvanización en caliente.
- Inmersión completa del artículo reduce las posibilidades de distorsión.
- El aire fresco después de galvanizar en lugar de un enfriamiento rápido si el componente se va a pintar o existe la posibilidad de que el componente se distorsione.

● PREVENCIÓN DE CIERTOS DEFECTOS DE FABRICACIÓN

- Las rebabas deben ser retiradas antes de la galvanización en caliente
- A diferencia con la pintura, los bordes no tienen que ser redondeados para lograr un recubrimiento uniforme, puesto que la galvanización en caliente va a proteger estos adecuadamente.
- Las soldaduras deben ser continuas y libres de exceso de cavidades y porosidad.
- Escorias de soldadura y salpicaduras deben eliminarse antes de la galvanización en caliente (ilustración 18).
- Los bordes rugosos o ásperos debido al corte y oxicorte se eliminan mejor.
- Los aceros que son susceptibles a la fragilización y rotura por fatiga son mejor conformados en caliente antes de la galvanización.

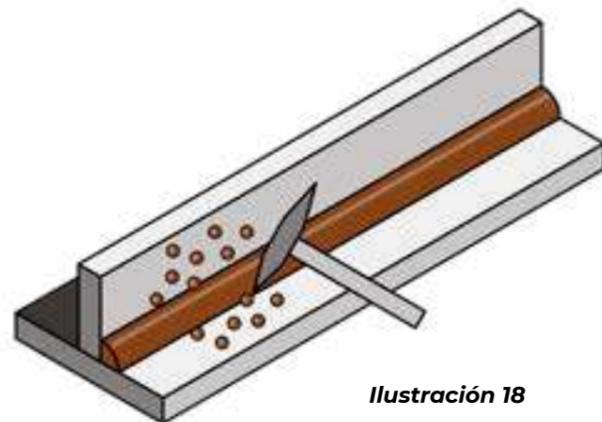


Ilustración 18



● PRODUCTOS EN CONFORMADOS MEDIANTE EL DOBLADO

Muchos artículos son conformados doblando a la forma correcta en la etapa de fabricación. Este proceso induce tensiones en el acero, que puede ser aliviado durante la operación de galvanización en caliente. Esto se produce cuando la temperatura del zinc fundido alrededor de 450 ° C está en el extremo inferior de la temperatura de alivio de tensión para el acero. Por consiguiente, las tensiones utilizadas para conformar el producto pueden ser liberados produciendo cambio en la forma o la dimensión del producto final (Ilustración 19).

Consideremos el caso de una placa enrollada para formar parte de un círculo. Durante la galvanización en caliente, la liberación de la tensión hará que el radio de la circunferencia se incremente, por lo que las piezas finales fabricadas del círculo no pueden contraerse.

Estas dificultades se pueden superar mediante la instalación de tirantes temporales (Ilustración 20) a través de la sección para garantizar que el objeto mantenga su forma deseada.

Los tirantes son soldados o atornillados en posición, con un tamaño proporcional al tamaño y espesor de la placa que está reteniendo. Si son atornilladas, se utilizan con una arandela plana puede como un espaciador entre la abrazadera y el artículo a ser galvanizado en caliente, véase la Ilustración 21. Cuanto menor sea el espaciador menor será el área final de reparación.

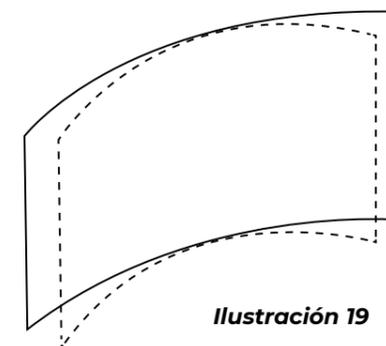


Ilustración 19

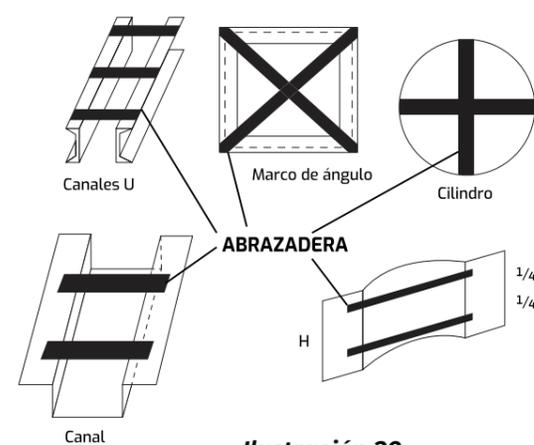
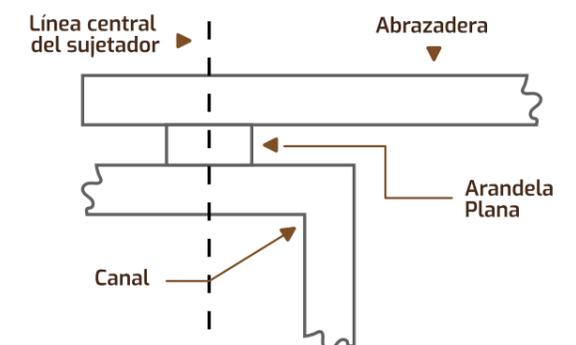


Ilustración 20



Utilice una arandela plana entre la abrazadera y el artículo que se va a galvanizar en caliente

Ilustración 21

Las llaves deben ubicarse por lo menos en puntos a una cuarta parte de la estructura. Resultados similares se pueden obtener con los canales doblados,

marcos de ángulo o con canales. Para reparar el área donde los tirantes se han eliminado será necesario utilizar un material de reparación aprobado.

● SOLDADURA O LA TENSIÓN INDUCIDA POR LA FABRICACIÓN

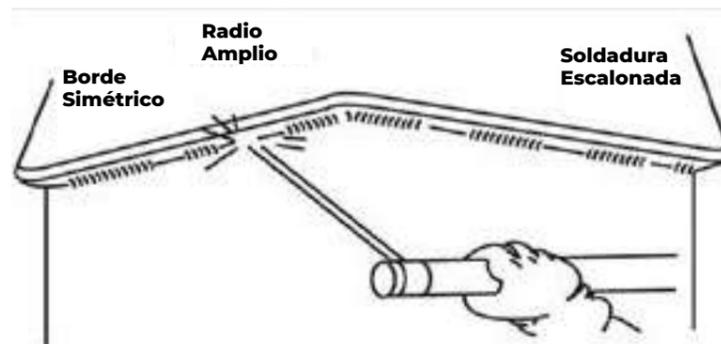


Ilustración 22

Se dice que las tensiones internas debido a la soldadura juegan un rol muy importante en la creación de la mayor parte de las distorsiones, debido a que el acero se calienta a 450 °C durante la galvanización, las tensiones introducidas por soldadura se liberan y en ocasiones esto puede dar lugar a distorsión. Sin embargo, la soldadura, juega un rol importante en la fabricación de los artículos que han de ser galvanizado en

caliente. Por tanto, es importante entender cómo estas fuerzas se generan y como reducir las al mínimo durante la fabricación para obtener un producto satisfactorio después de la galvanización en caliente.

Afortunadamente, siguiendo unas cuantas reglas sencillas es posible obtener mejores resultados. Estas reglas básicas son:

- Evitar el exceso de soldadura, las soldaduras no deben ser más grandes de lo que es, indispensables para la integridad estructural de la fabricación.
- La soldadura debe ser tan simétrica como sea posible con el fin de asegurar de que las tensiones estén equilibradas. Esto se puede hacer mediante la colocación de las soldaduras cerca del eje neutro o al equilibrar ellos alrededor de este eje.
- Utilizar una secuencia de soldadura equilibrada y bien planificada. Con grandes estructuras se debe tener cuidado de que las tensiones se reduzcan al mínimo mediante la preparación y un plan para el trabajo de soldadura.
- Soldar costuras se refuerzan significativamente la resistencia estructural, en la medida de lo posible, no deben de obstaculizar la contracción de otras soldaduras.

- Utilizar pocos pases de soldadura como sea posible y reducir el tiempo de soldadura para controlar la entrada de calor.
- Hacer que las fuerzas de contracción de la soldadura trabajen en la dirección deseada o que las fuerzas de contracción equilibro con las fuerzas opositoras.
- Usar el reverso de la soldadura de paso o soldadura escalonadas para minimizar las tensiones, (Ilustración 22)

Si una fabricación de acero se distorsiona o bien después de la soldadura y antes o después de la galvanización en caliente debido a estas tensiones, es posible enderezar el elemento. Los mejores resultados se obtienen mediante enderezamiento en caliente antes o después de la galvanización por inmersión en caliente. Se debe dar preferencia a enderezamiento caliente antes de que el tiempo requerido sea menor y evitar la

posibilidad de daños en el recubrimiento de zinc. Las pruebas confirman que los componentes calientes enderezados que estaban dentro de la tolerancia antes de la galvanización en caliente no se distorsionan de nuevo durante el proceso de galvanizado como las tensiones que ya se han aliviado.



● FABRICACIONES QUE CARECEN DE SIMETRÍA

Cuando las fabricaciones son sustancialmente simétricas en los planos horizontal y vertical, que tienen un potencial mucho menor de distorsión a temperaturas de galvanización. Bajo estas condiciones, las fuerzas de expansión son equilibradas y el producto no sufre ninguna distorsión. Esta condición se produce con tubos, vigas I, RHS y otras secciones similares. Cuando estas secciones se combinan en una fabricación, es posible eliminar esta simetría.

parte superior de una sección de viga en I. En esta situación, la forma geométrica ya no es simétrica, a pesar de que los dos componentes individuales si lo son.

El tubo de paredes delgadas llega a la temperatura de galvanización antes que la brida más gruesa en la parte inferior. Como resultado, los RHS se expandirán más rápidamente que el reborde inferior, causando un arco hacia arriba en la sección (Ilustración 23).

Consideremos el caso donde se suelda una pieza de paredes delgadas RHS a la

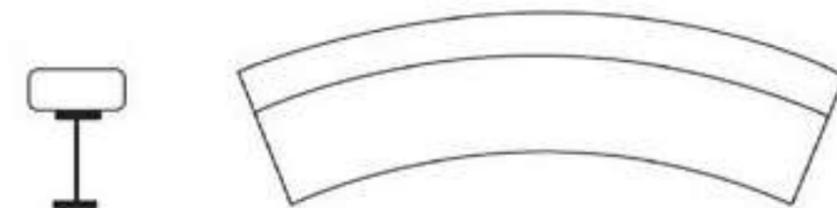


Ilustración 23

Las secciones que no son simétricas, su innata asimetría. En el caso de canales como canales y ángulos experimentan problemas similares debido a de los pies apuntando hacia fuera.

Hay tres maneras recomendadas para superar este tipo de problemas.

- Rediseño de la fabricación para hacer el diseño simétrico. Esto permitirá a las fuerzas se equilibran entre sí y evitar la distorsión (Ilustración 24).
- Fabricar y galvanizar los componentes individuales como piezas separadas, y luego soldar después de la galvanización en caliente. Las soldaduras pueden retocarse con un material adecuado usado para la reparación de galvanizado.
- Cuando se dispone de múltiples piezas que pueden ser galvanizadas por inmersión en caliente espalda con espalda mediante el uso de pernos con espaciadores de tubo para separar las piezas (Ilustración 25). El conjunto se separa después de enfriar completamente y el área de contacto con el espaciador reparado con un material adecuado para la reparación de galvanización (Ilustración 21).

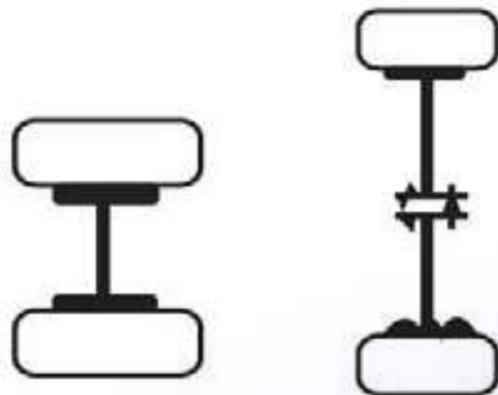


Ilustración 24

Ilustración 25



DEFECTOS DURANTE EL GALVANIZADO

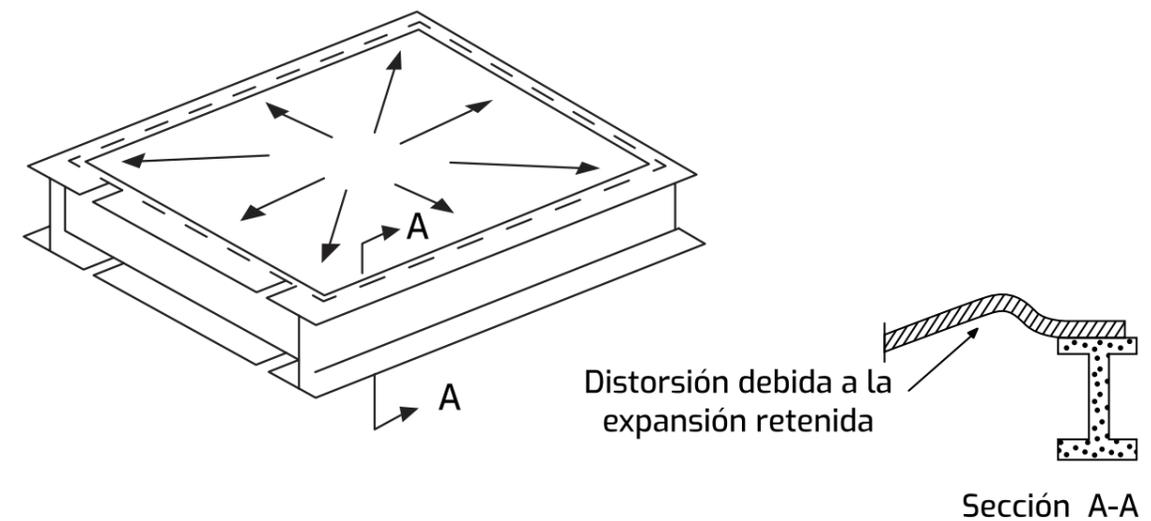
● DISTORSIÓN: USO DE MATERIAL GRUESO Y DELGADO EN UN ENSAMBLAJE

Cuando el material delgado se calienta durante la galvanización, este se expande más rápido que cualquier material grueso que se calienta al mismo tiempo. Esto es porque el material más delgado requiere menos tiempo para estar totalmente caliente. Por consiguiente, el material más delgado se distorsionará y su expansión estará limitada por un material más grueso.

marco, se alcanza rápidamente la temperatura de galvanización de alrededor de 450 ° C y por lo tanto, ha alcanzado el punto donde se producirá la máxima expansión.

El marco está hecho de un material más grueso que aún no ha llegado a la misma temperatura y, por lo tanto, no se han extendido tanto como la plancha más delgada. Debido a las restricciones de las soldaduras alrededor del perímetro, la hoja no se puede empujar hacia el exterior de su crecimiento en los bordes, y por lo tanto el aumento de tamaño hace que se produzca alabeos o pandeos en la superficie de la plancha (Ilustración 26)

Considere el caso común donde se suelda una plancha de acero delgado para el marco de un remolque para formar una bandeja. Esta técnica ha sido generalmente bien conectada por soldaduras alrededor de su perímetro. Si, por ejemplo, la plancha es sólo la mitad del grosor del material utilizado en el



Distorsión debida a la expansión retenida

Sección A-A

Ilustración 26

Existen dos métodos recomendados para superar este problema:

- Galvanizar por inmersión en caliente la plancha y el marco por separado y luego unirlos después de la galvanización. Esto se puede hacer utilizando sujetadores mecánicos tales como tornillos o pernos. Si se utiliza soldadura, las soldaduras tendrán que ser retocadas con el material usado para la reparación de galvanización
- Usar el mismo espesor de material tanto para el marco y como para la plancha.

En algunos casos, esta deformación de la superficie puede ser aceptable, ya que el material está completamente protegido contra la corrosión; sin embargo, una vez que este tipo de distorsión se produce, no puede ser fácilmente corregido después de la galvanización.

● DISTORSIÓN: OBJETOS LARGOS Y DELGADOS

Generalmente, estos objetos no se distorsionan debido a su naturaleza simétrica; sin embargo, si se levantan en ambos extremos, pueden tomar una forma arqueada característicamente después de la galvanización (Ilustración 27).



Ilustración 27

Esta inclinación se produce cuando el acero se calienta a la temperatura de galvanización de 450°C. Cuando se retira de la paila o crisol de galvanización, el peso propio de los productos puede superar el límite elástico del acero a esta temperatura, haciendo que el objeto se incline. Esta inclinación se convierte en permanente ya que el acero se enfría. Si el componente es estructuralmente muy débil (espesor delgado) y esto se ve agravado por el llenado y orificios de drenaje insuficientes, el zinc fundido en el interior del componente se añade considerablemente a la estructura cuando se retira del baño. Orificios de drenaje de tamaño insuficientemente también prolongan el tiempo que el zinc fundido se drena del componente. Ambas condiciones pueden aumentar considerablemente la propensión a la distorsión.

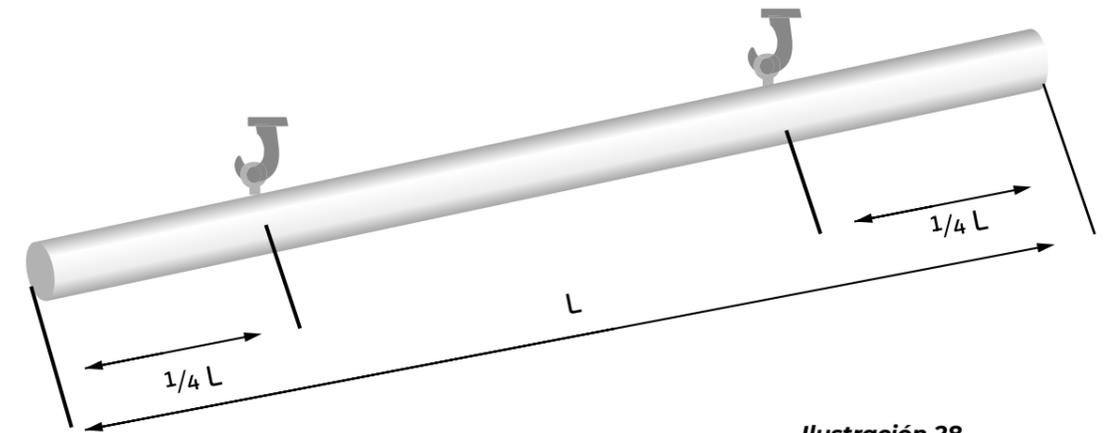


Ilustración 28

Hay dos maneras recomendadas para reducir este problema ilustración 28:

- Orejetas de elevación o agujeros deben ser proporcionado en los puntos de cuarto de estos productos de modo que no es necesario que se levante en los extremos.
- Orificios de ventilación y drenaje deben ser colocados y dimensionado para maximizar la velocidad de drenaje y minimizar la retención de zinc dentro de la sección.

Las pautas para minimizar la distorsión y la deformación de la forma y/o la alineación se proporcionan en la ASTM A384, "Protección contra Deformación y Deformación Durante el Galvanizado en caliente de Ensamblajes de acero". El acero no debe dejarse en el baño de zinc fundido más tiempo del necesario, ya que un tiempo de inmersión más prolongado puede aumentar la tensión entre las partes del ensamblaje.

● DISTORSIÓN: GALVANIZANDO OBJETOS DE GRAN TAMAÑO

Cuando una pieza es tan grande que no puede encajar en el baño de zinc, un proceso de doble inmersión (ilustración 29 y 30), galvanización progresiva (ilustración 31) o fabricación parcial y a continuación, es utilizado una máscara para evitar la formación de recubrimiento en la zona de unión, para la soldadura posterior y la reparación de recubrimiento.

Fotografía: Cortesía de Sedemi



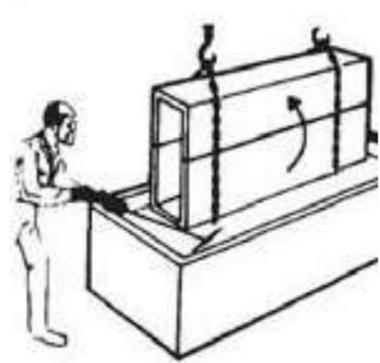


Ilustración 29 Doble inmersión final por exceso de profundidad

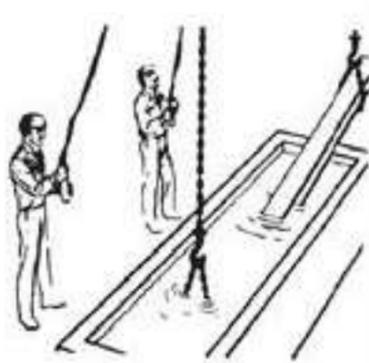


Ilustración 30 Doble inmersión final por exceso de longitud

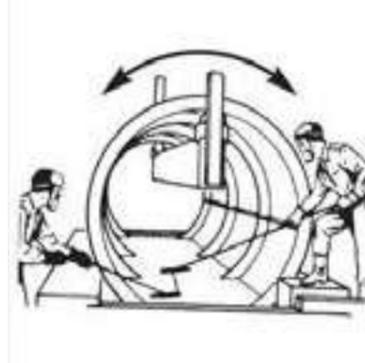


Ilustración 31 Inmersión progresiva

Los procesos anteriores aumentan el potencial de distorsión ya que introducen un calentamiento desigual en el objeto. El área sumergida en el baño se eleva a la temperatura de galvanización completamente y, por lo tanto, se expande más que la porción restante exterior en la paila o cuba. Esto es más pronunciado durante la primera

inmersión cuando el objeto se eleva desde la temperatura ambiente. Es el calentamiento diferencial y la diferencia resultante en expansión que puede causar que el producto se distorsione (Ilustración 32). En la inmersión de la segunda parte de la fabricación no se eliminará ninguna distorsión que ya ha ocurrido.

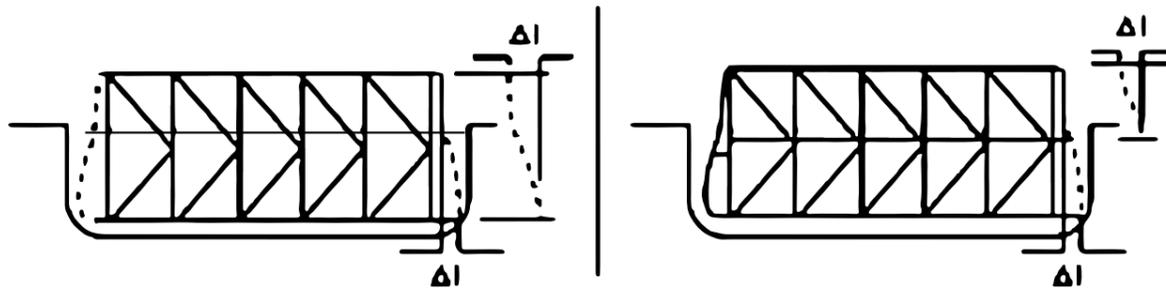


Ilustración 32



Este problema se agrava si los orificios de ventilación y de drenaje son de tamaño insuficiente ya que esto requerirá más tiempo de galvanización mientras el objeto se llena de zinc y drene mientras se retira. Este aumento del tiempo incrementa la expansión diferencial a lo largo del acero y por lo tanto la posibilidad de distorsión.

Estos problemas pueden superarse o reducirse mediante:

- Diseñar el producto en módulos que pueden ser totalmente sumergidas en una sola inmersión.
- Asegurar que los agujeros de ventilación y drenaje sean adecuadamente dimensionados para permitir inmersión y extracción rápida del objeto.
- Permitir la expansión lineal en el diseño de forma que la distorsión sea plástica y no esté limitada por riostras transversales.
- Utilizar el baño más grande disponible para la galvanización.

Estos problemas rara vez se experimenta en las tuberías, postes simples o secciones delgadas en espirales, debido a su simetría y diseño simple.

● CONJESOS GENERALES PARA MINIMIZAR LA DISTORSIÓN

1. Use láminas / placas de calibre más ligero (1/4 de pulgada de espesor o menos) con precaución, ya que son susceptibles a la deformación. Si es necesario, la lámina / placa a menudo se puede volver a un estado aplanado usando una plantilla o al pesar el producto sobre una superficie plana durante el enfriamiento.
2. Evite o minimice las prácticas de fabricación que inducen la concentración de estrés local, tales como: agujeros perforados, rodando, remachando, doblando y enderezar
3. Siga doblando a los radios aceptables más grandes, y donde se requiera un radio de curvatura ajustado, alivie el estrés del área según las pautas de la ASTM A143, Sección 6.
4. Preformar con precisión los miembros de un conjunto para que no sea necesario forzarlos, saltarlos o doblarlos en su posición durante la unión
5. Evite los diseños que requieren galvanizado por inmersión progresiva para sumergir los artículos rápidamente en una sola inmersión, de modo que toda la fabricación pueda expandirse y contraerse de manera uniforme. Cuando se requiera una inmersión progresiva, consulte a su galvanizador para tener en cuenta las variaciones de longitud del ensamblaje durante el galvanizado para planificar las condiciones de expansión térmica.
6. Use piezas en un conjunto de igual o casi igual espesor, especialmente trate de evitar.
7. Grosor desigual en las articulaciones (Ilustración 33)

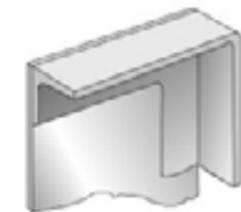


Ilustración 33

8. Ensamblajes de hoja plana no soportados (Ilustración 34)



Ilustración 34

9. Proporciones de grosor de brida a banda mayores que 3 a 1 para vigas fabricadas (Ilustración 35)

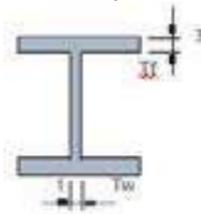


Ilustración 35

10. Siempre que sea posible, use secciones enrolladas simétricamente en lugar de marcos de ángulo o de canal. Las vigas en I se prefieren a los ángulos o canales.

11. Sumerja las tes en el lado de la brida primero y los canales en el lado de la tela primero con la inmersión más rápida posible en el ángulo de inmersión más grande posible, y enfríe al aire (Ilustración 36).

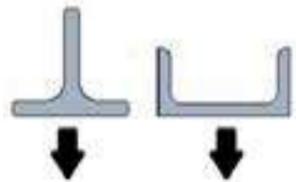


Ilustración 36

12. Ensamble dos secciones asimétricas (Ilustración 37) de forma consecutiva para crear una sección simétrica o galvanizar como elementos separados y unir después.

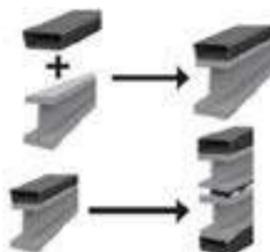


Ilustración 37

13. Suelde continuamente secciones gruesas, sin embargo, las secciones delgadas pueden beneficiarse de la soldadura escalonada. Para soldadura escalonada de 1/8 de pulgada o material más liviano, los centros de soldadura deben estar a menos de 4 pulgadas.

14. Desarrolle un plan de secuencia de soldadura para garantizar que los esfuerzos de soldadura se distribuyan por igual en toda la sección transversal del conjunto:

15. Suelde el ensamblaje de adentro hacia afuera a un Evite las altas tensiones de contracción.

16. Evite la necesidad de forzar, soltar o restringir componentes durante la soldadura.

17. Evite soldar en exceso y use tan pocas soldaduras pasa como sea posible.

18. Optimice la ventilación, el drenaje y la elevación para productos largos / delgados (Ilustración 38).



Ilustración 38

19. Asegure una colocación adecuada después del galvanizado, particularmente para soportar porciones medias de productos largos / delgados y para soportar el eje fuerte de una viga curva (Ilustración 39).



Ilustración 39

DRENAJE Y VENTILACIÓN PARA EL GALVANIZADO



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 ayudarán 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 colo-

car agujeros de al menos 13 mm (1/2 pulgadas) de diámetro en las cartelas lo más cercanos a las esquinas como sea posible (Ilustración 42).

- 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 40). 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 41).

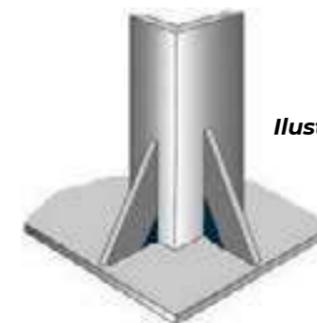


Ilustración 40

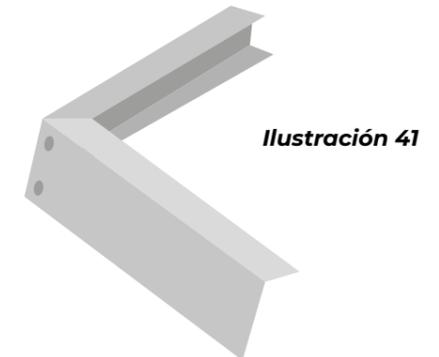


Ilustración 41



Ilustración 42

● VENTILACIÓN: PIEZAS TUBULARES 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 extremos difíciles de quitar con soluciones de limpiezas comunes, por lo que puede ser necesario el granallado. Si pide cañería sin revestimiento se libraría 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.

Fotografía: Cortesía de Ferrogalva



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.

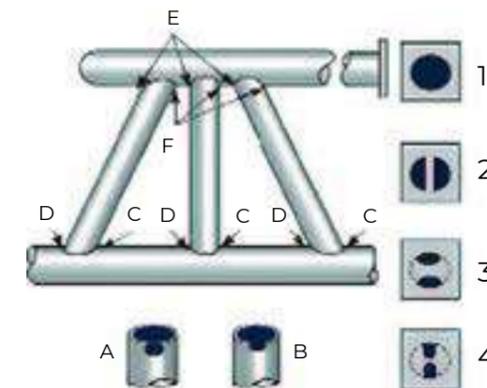


Ilustración 43

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 44).

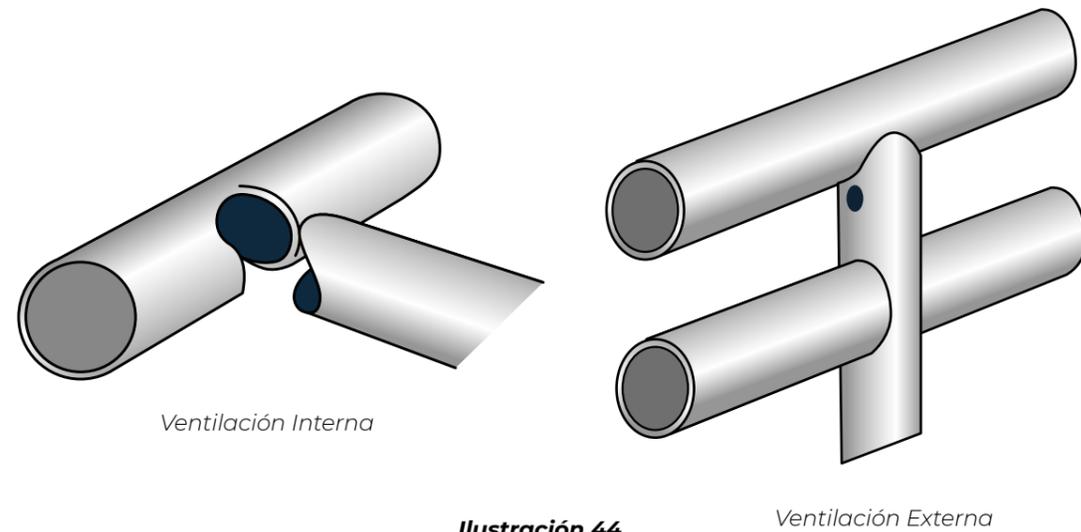


Ilustración 44

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.

Los agujeros de ventilación, frecuentemente, se dejan abiertos, pero se los puede cerrar con tapas o tapo-

nes después del galvanizado. Diversos métodos de ventilación son aceptables (Ilustración 45), 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.



Ilustración 45

● VENTILACIÓN: BARANDAS

La Ilustración 46 muestra 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. Los orificios de ventilación externos deben estar lo más cerca posible de la soldadura y no menos de 3/8 de pulgada (9,5 mm) de diámetro.
2. Los orificios internos deben tener el diámetro interno completo (ID) de la tubería para obtener la mejor calidad de galvanización y el menor costo.

La Ilustración 47 es una alternativa aceptable si no se incorporan agujeros internos completos (el DI completo del caño) en el diseño de la baranda.

1. Cada orificio de ventilación externo debe estar lo más cerca posible de las soldaduras y debe tener el 25% de la ID de la tubería, pero no menos de 3/8 de pulgada (9,5 mm) de diámetro. Los dos agujeros en cada extremo y en cada intersección deben estar separados 180° y en la ubicación adecuada como se muestra.

2. Los agujeros entrantes en las secciones finales o en secciones similares deben tener 1/2 pulgada (12,7 mm) de diámetro.

- 3.- Los extremos deben dejarse completamente abiertos. Cualquier dispositivo utilizado para el montaje en el campo que evite las aberturas completas en los extremos de los rieles horizontales y las patas verticales debe galvanizarse por separado y colocarse después de la galvanización.

3. Los orificios de ventilación en las secciones finales o en secciones similares deben ser 1/2 pulgada (12,7 mm) de diámetro.

- 4.- Los extremos deben dejarse completamente abiertos. Cualquier dispositivo utilizado para la erección en el campo que evite las aberturas completas en los extremos de los rieles horizontales y las patas verticales debe galvanizarse por separado y colocarse después de la galvanización.

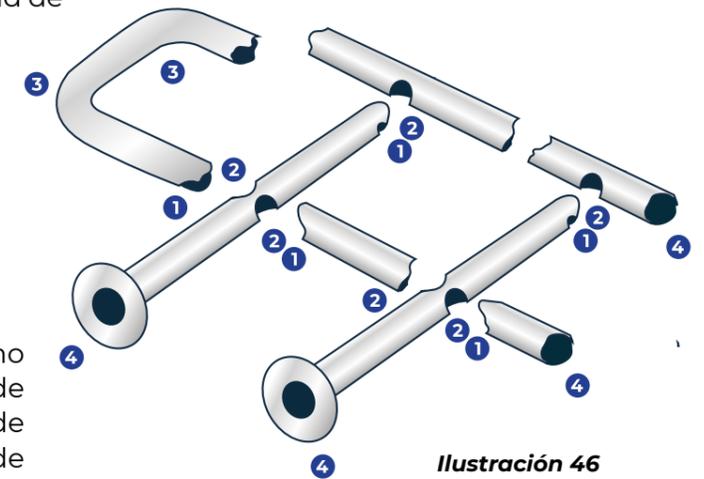


Ilustración 46

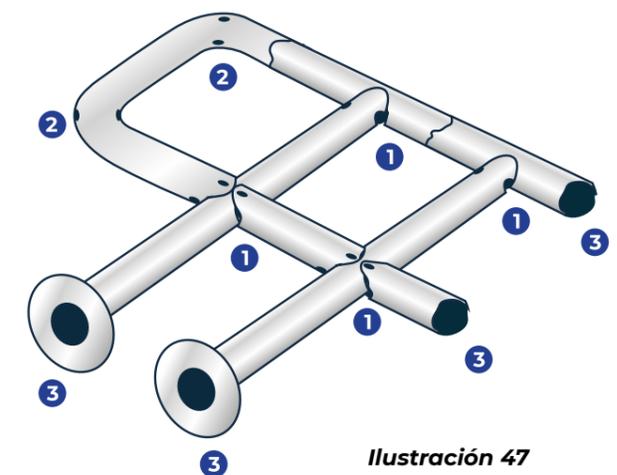


Ilustración 47

La ilustración 48 muestra la necesidad de incluir orificios de ventilación adicionales en diseños de tuberías fabricadas que contienen cinco o más componentes horizontales o rieles para evitar que floten dentro del baño de zinc.



1. Cada orificio de ventilación debe estar lo más cerca posible de la soldadura con el borde del orificio a menos de 1/2 pulgada [12 mm] del borde del cordón de soldadura, y no menos de 3/8 de pulgada [9,5 mm] de diámetro. Los dos agujeros en cada intersección deben estar separados 180 ° y en la ubicación adecuada como se muestra.

2. Los orificios de ventilación en las secciones finales o en secciones similares deben tener un mínimo de 1/2 pulgada [12,7 mm] de diámetro, pero puede considerarse opcional dependiendo de la orientación de elevación durante el galvanizado o para lograr una mayor calidad de recubrimiento.

3. Cualquier instrumento o aparato utilizado para la erección en el campo que evite aberturas completas en las patas verticales se debe colocar después del GIC.

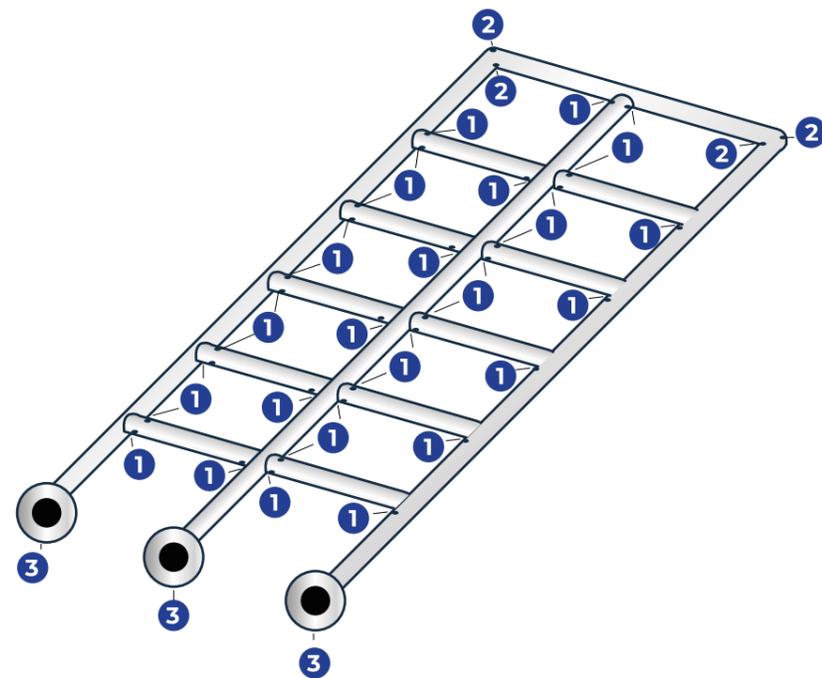


Ilustración 48

● 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 49). 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.

del mismo tamaño opuestos diagonalmente al agujero de llenado/drenaje que permite el escape del aire.

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 49). Las aperturas deben ubicarse para que el flujo en el recipiente pueda flotar hasta la superficie del baño (Ilustraciones 51).

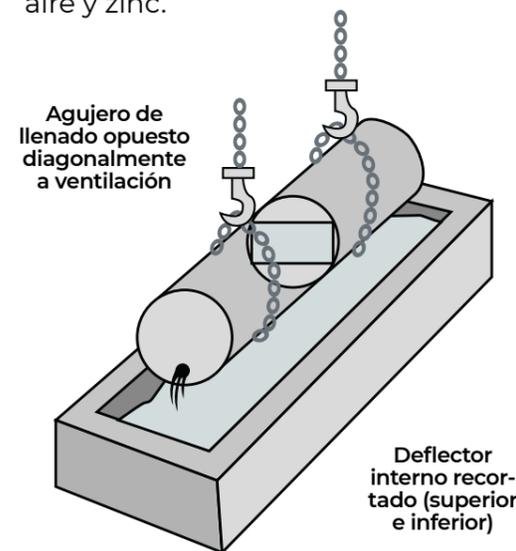


Ilustración 49 Ventilación de piezas fabricadas cerradas

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



Ilustración 50 Ventilación apropiada e inapropiada

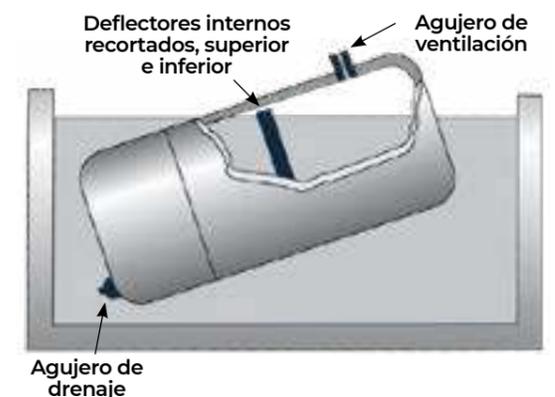


Ilustración 51 Tanque

Estas aperturas también evitan que se formen burbujas de aire que pueden impedir que las soluciones limpien por completo el interior del recipiente.

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 52). Consulte con su galvanizador antes de usar estos accesorios temporales porque se necesita equipo especial.

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.

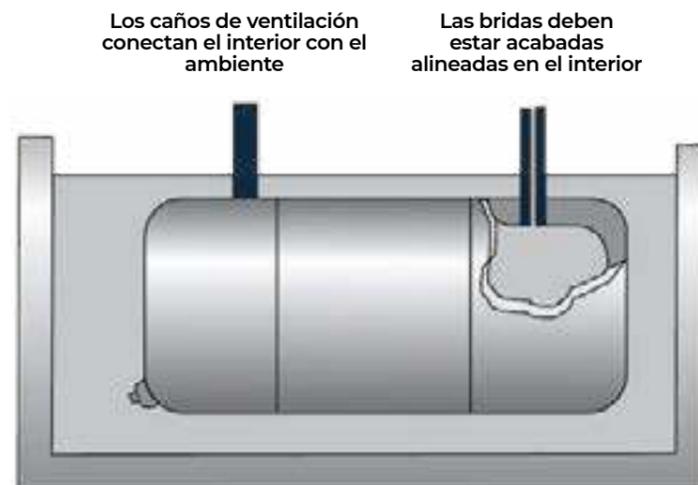


Ilustración 52 Tanque

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.



Protegemos
el **ACERO**
del Ecuador
y tu inversión



@Galvanizado FEDIMETAL
www.fedimetal.com