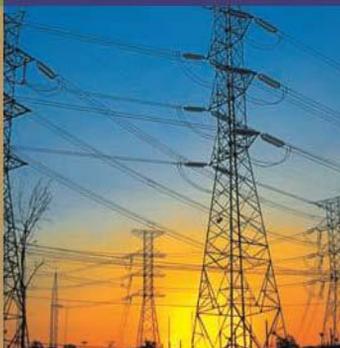
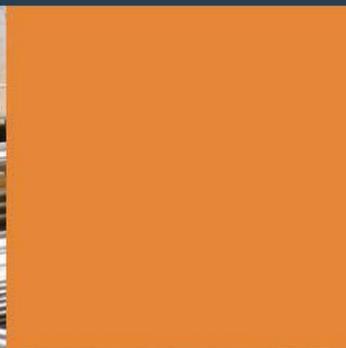


# GUÍA PARA LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE





La presente edición de la “Guía Para Galvanizado en Caliente” editado por el Instituto de Metales no Ferrosos – ICZ de Brasil, ha sido traducida al Español, por encargo de LATIZA, dentro del convenio de ambas organizaciones, para su difusión a todos los asistentes de la Segunda Conferencia Latinoamericana de Galvanizadores, LATINGALVA realizada en la ciudad de Cartagena de Indias – Colombia, del 13 al 15 de septiembre de 2010.



CAPÍTULO	TÍTULO	PÁGINA
UNO	GALVANIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	4
DOS	RENDIMIENTO CONTRA LA CORROSIÓN	8
TRES	¿CÓMO LA GALVANIZACION PROTEGE EL ACERO?	14
CUATRO	INTRODUCCIÓN A LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE	18
CINCO	COSTOS Y ECONOMÍA	24
SEIS	ESPECIFICACIÓN DEL GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	28
SIETE	RECUBRIMIENTO DEL ACERO GALVANIZADO	40
OCHO	CALIDAD E INSPECCIÓN	44
NUEVE	NORMAS DE REFERENCIA	48



## CAPÍTULO 1

### GALVANIZACION Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

LAS TECNOLOGÍAS DEL FUTURO SE CARACTERIZARÁN POR SER DE BAJO COSTO DE ENERGÍA Y POR GENERAR POCOS RESIDUOS. EN ESTE CONTEXTO, EL GALVANIZADO REPRESENTA UNA SOLUCIÓN RECICLABLE QUE REDUCE EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA FABRICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.

LA PRESIÓN SOBRE LA INDUSTRIA MUNDIAL PARA QUE SE RESPONSABILICE POR LAS CONSECUENCIAS DE SUS ACCIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE SE ENCUENTRA PLENAMENTE JUSTIFICADA, LA CUAL ES EJERCIDA EN GRAN PARTE GRACIAS A LA BÚSQUEDA DE LA SOSTENIBILIDAD POR PARTE DE LA SOCIEDAD.

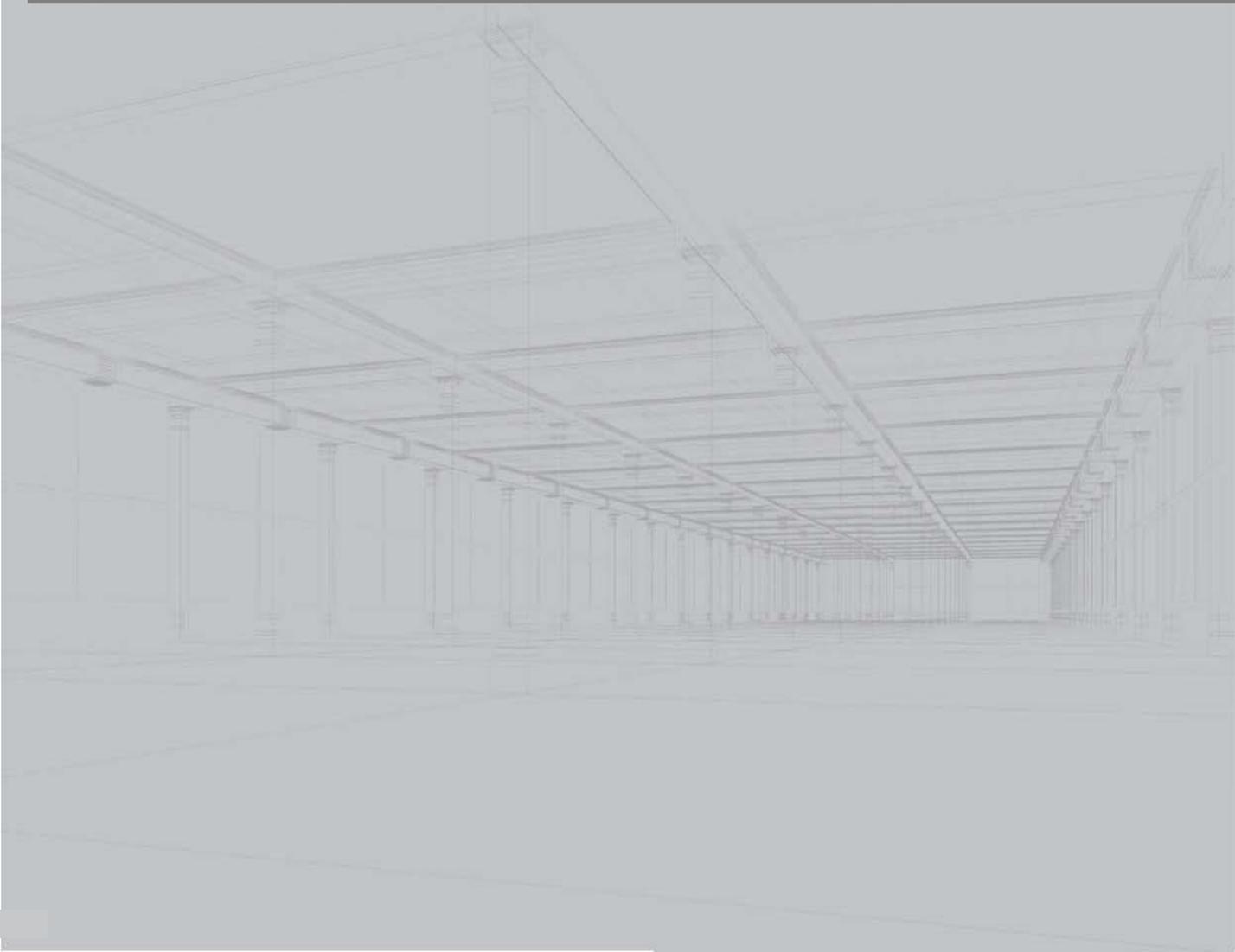
LA FILOSOFÍA DE LA SOSTENIBILIDAD ES

MUY SIMPLE. CONSISTE EN GARANTIZAR UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA PARA TODOS LOS HABITANTES DEL PLANETA Y PARA LAS GENERACIONES VENIDERAS. ESTE CONCEPTO INCLUYE ADEMÁS CUATRO METAS IMPORTANTES :

- EL RECONOCIMIENTO DE LAS NECESIDADES DE CADA INDIVIDUO POR PARTE DEL PROGRESO SOCIAL
- EL MANTENIMIENTO DE LOS NIVELES ELEVADOS Y ESTABLES DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO
- LA PROTECCIÓN EFECTIVA DEL MEDIO AMBIENTE
- EL USO PRUDENTE DE LOS RECURSOS NATURALES

EL PROCESO DE GALVANIZACION EN

CALIENTE HA TENIDO BUENOS RESULTADOS SOBRE LA PROTECCIÓN EFECTIVA DEL MEDIO AMBIENTE Y EL USO PRUDENTE DE LOS RECURSOS NATURALES, POR LO QUE PUEDE SER CONSIDERADO COMO UN FACTOR IMPORTANTE EN LA CONTRIBUCIÓN SOSTENIBLE DE LA CONSTRUCCIÓN





## GALVANIZACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

El galvanizado, el recubrimiento de hierro o de acero con zinc, es posiblemente el proceso más ecológico para evitar la corrosión. Se estima que los costos de la corrosión representan alrededor del 4% del PBI de las naciones industrializadas, porcentaje que tiende a ser mayor en las economías de los países emergentes.

Cada 90 segundos, en todo el mundo, una tonelada de acero se consume por la corrosión, y de cada dos toneladas de acero producido, una es para reemplazar el acero corroído. Al proteger una tonelada de acero contra la corrosión por galvanización en caliente, se ahorra suficiente energía para satisfacer las necesidades de una familia mediana durante varias semanas.

El galvanizado representa el uso eficiente del zinc para proteger el acero durante largos períodos, lo que significa un ahorro de recursos con un impacto mínimo en el medio ambiente.

El zinc, el elemento natural responsable de la resistencia a la corrosión, es esencial para los seres humanos, animales y plantas. En el proceso de galvanización, las estructuras de hierro o de acero se sumergen en un baño que contiene zinc fundido.

El galvanizado permite la reutilización de los residuos generados en el proceso.

El acero galvanizado se recicla fácilmente con otros desechos de acero en el proceso de producción del metal.

La mejora de la tecnología de quema de gas también ha mejorado la eficiencia energética en la calefacción del baño de galvanización. El calor expulsado no se desperdicia y se utiliza para calentar el pretratamiento químico o para el secamiento antes de la inmersión.

La industria de galvanización se compromete a comprender y mejorar el rendimiento medioambiental del ciclo de vida de sus productos y procesos.

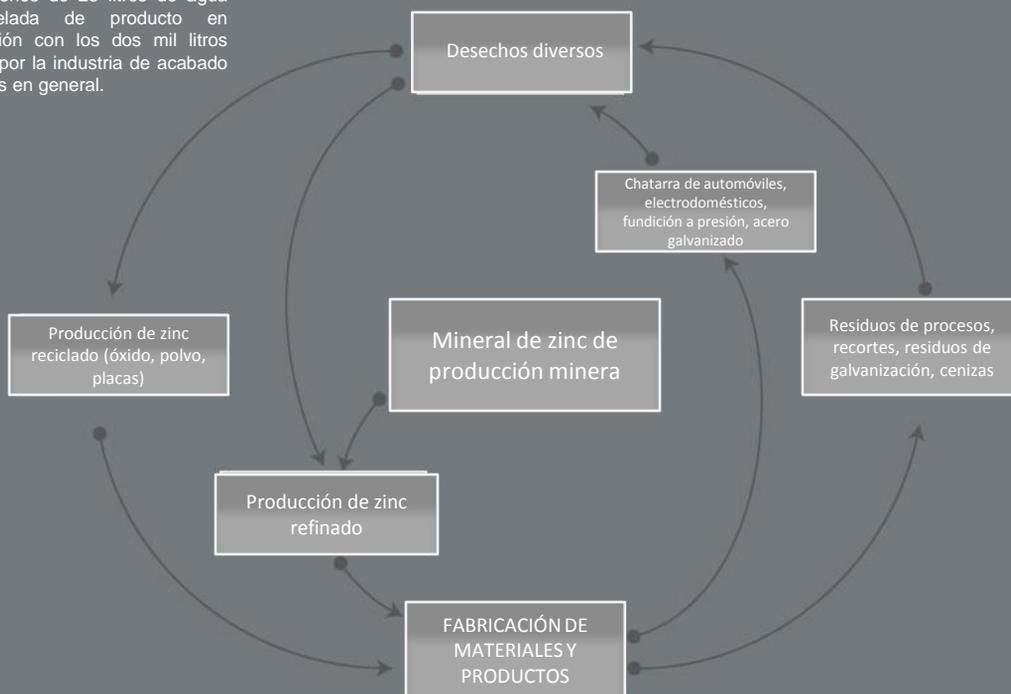
## EMISIONES DEL PROCESO

Las emisiones del proceso de galvanización son muy reducidas. El flujo de todos los residuos líquidos, que consiste principalmente de los ácidos utilizados para el tratamiento previo de acero, es eliminado por las empresas de gestión de residuos autorizadas, de conformidad con los procedimientos obligatorios, con la finalidad de proteger los recursos hídricos. El ácido descartado se utiliza también para neutralizar los residuos y la fabricación de productos químicos para tratamiento del agua. La industria ha mejorado mucho el uso que realiza de los procesos químicos en los últimos años, lo que ha llevado a la reducción de los volúmenes de ácido utilizado por tonelada de acero galvanizado.

Las emisiones en la atmósfera son extremadamente reducidas y rigurosamente controladas por los organismos de protección del medio ambiente. Los baños de galvanización cuentan con sistemas de filtro para capturar las emisiones de partículas en el aire. Esto se logra con éxito mediante el uso de filtros en las áreas definidas para el baño.

Los estudios sobre los programas de buenas prácticas en la tecnología ambiental en los países europeos indican que las galvanizaciones utilizan menos de 25 litros de agua por tonelada de producto en comparación con los dos mil litros gastados por la industria de acabado de metales en general.

Figura 1: Proceso de reciclaje del zinc en acero galvanizado



## RECICLAJE

El zinc es la materia prima principal de la galvanización.

Se trata de un metal no ferroso que puede ser reciclado indefinidamente sin pérdida de sus propiedades físicas o químicas. Esta es la principal ventaja de los procesos de galvanizado por inmersión en caliente, lo cual asegura la sostenibilidad del medio ambiente, además de la rentabilidad.

Alrededor del 30% (tres millones de toneladas) del consumo mundial de zinc proviene de fuentes recicladas, un número que se está incrementando gracias a la mayor concientización de la problemática del medio ambiente y las mejoras producidas en las tecnologías de reciclaje.

Las estimaciones indican que el 80% del zinc disponible para el reciclaje es realmente reciclado. Esto significa que la mayoría de zinc en uso hoy en día ya ha sido utilizado antes.

La presencia de un recubrimiento de zinc sobre el acero no limita sus posibilidades de reciclado.

El acero galvanizado se recicla con otros desechos de ese metal en el proceso de producción. Se volatiliza en el inicio del proceso y se recoge para su reprocesamiento.

### OTROS EJEMPLOS DE APLICACIÓN Y MERCADOS DEL ZINC PARA RECICLAJE

- Óxido de zinc: farmacéuticos, alimentos, fertilizantes y curado de goma.
- Polvo de Zinc: tintas, productos químicos, lubricantes, baterías y la recuperación del oro.
- En el fundido con otros metales: fundido en piezas de precisión para las aplicaciones de hardware, electrónicos y juguetes.

La galvanización por inmersión en caliente es muy eficiente en el uso del zinc, ya que cualquier metal fundido no utilizado en el recubrimiento del acero retorna de nuevo al tanque de galvanización.

Dos productos de desecho se forman durante el proceso: una mezcla de zinc / hierro, llamada sedimento, y la ceniza de zinc, que consiste principalmente de óxidos. Ambos contienen altos niveles de zinc. Son recuperados y reciclados por empresas especializadas, y el zinc es normalmente retornado al galvanizador. El óxido de zinc es recuperado de las cenizas del galvanizador y utilizado en los productos farmacéuticos, cosméticos y la fabricación de neumáticos.

# ZINC: NATURAL Y ESENCIAL PARA LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

El zinc es esencial para la vida. Se trata de un elemento natural que se encuentra en todas las plantas y animales, y tiene un papel crucial en la salud de nuestra piel, dientes, huesos, pelo, uñas, músculos, nervios y la función cerebral.

El zinc y sus compuestos se encuentran en más de 200 enzimas y hormonas en el hombre.

La deficiencia de zinc es reconocido como un problema de salud. La ingesta diaria recomendada permitida (RDA) de zinc es de 15 mg en los hombres adultos, un valor fácil de lograr a través de una dieta balanceada consistente de carne y verduras. Sin embargo, algunas personas necesitan más cantidad de zinc que otras. Por ejemplo, las mujeres embarazadas y las que dan de lactar pueden necesitar hasta 19 mg por día. La dosis media de una persona anciana es de sólo 9 mg por día, debido a que su consumo de alimentos, especialmente de proteínas, es normalmente reducido, por lo que puede necesitar tomar un suplemento de zinc.

El zinc es el décimo séptimo elemento más común en la Tierra. Muchas rocas contienen zinc en cantidades variables y se le encuentra además naturalmente en el aire, el agua y el suelo. A causa del envejecimiento natural y la erosión de las rocas, los suelos y los sedimentos, además de las erupciones volcánicas y los incendios forestales, una pequeña fracción significativa de zinc natural es continuamente movilizada y transportada hacia el medio ambiente.

Las concentraciones naturales de zinc en ambientes diferentes se denominan niveles basales y estos pueden variar considerablemente de un lugar a otro. Las especies de animales y plantas dentro de un área específica evolucionan para aprovechar el zinc de su entorno y lo utilizan para funciones específicas de su metabolismo. En consecuencia, todos los cuerpos están condicionados a las concentraciones de zinc que encuentran en su entorno, las cuales no son constantes y están sujetas a variaciones estacionales. Los organismos tienen mecanismos para regular sus niveles internos de zinc. Si los niveles de retención sufren un gran descenso, puede ocasionarse deficiencia de zinc y así presentarse efectos adversos.



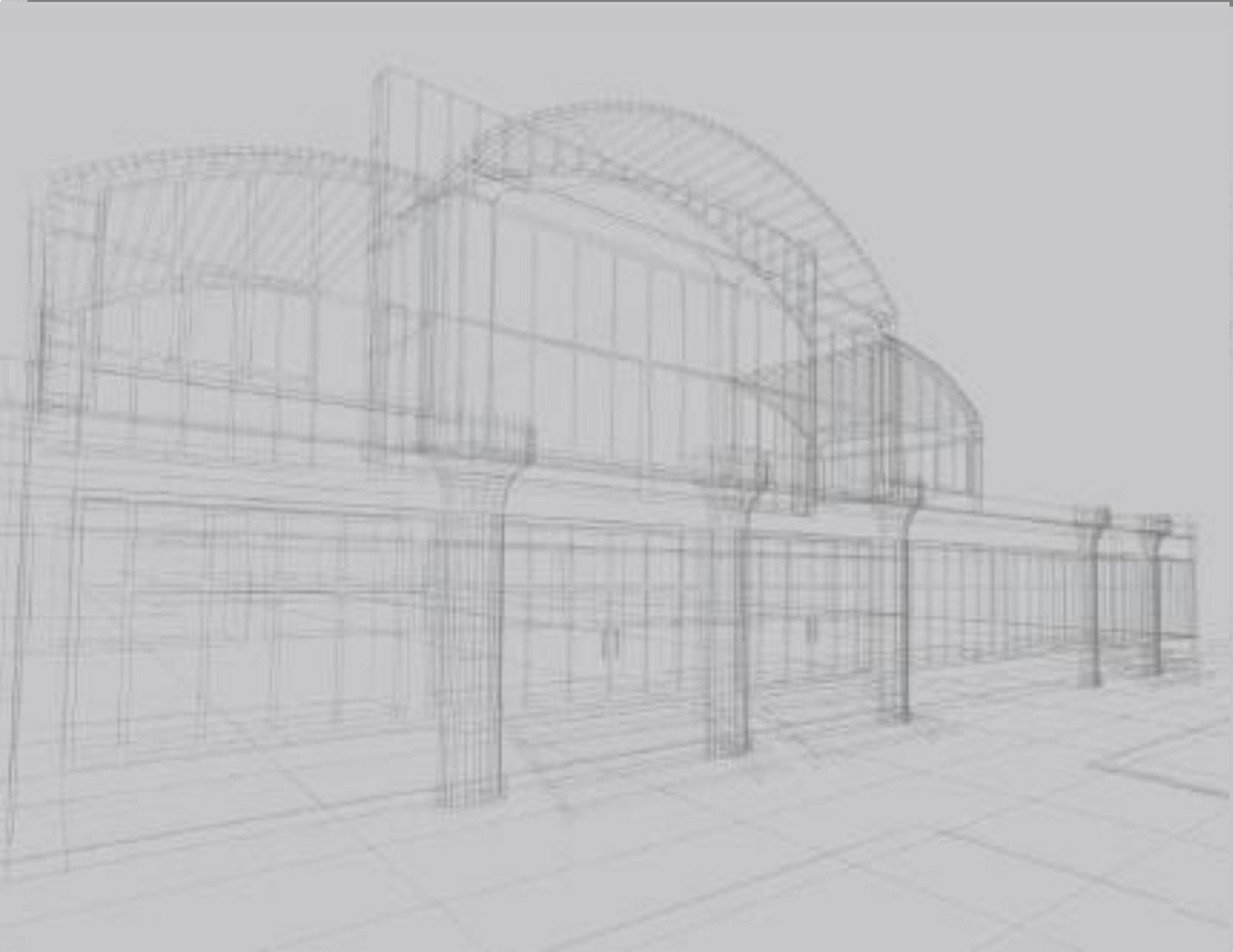
## CAPÍTULO 2

### RENDIMIENTO CONTRA LA CORROSIÓN

LA GALVANIZACIÓN PROPORCIONA UN EXCELENTE RENDIMIENTO CONTRA LA CORROSIÓN.

LA DURABILIDAD DE LA ESTRUCTURA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO DE ZINC Y SE RELACIONAN CON EL ENTORNO EN EL QUE LA ESTRUCTURA SE INSERTA.

UNA VEZ ESTAS VARIABLES SON DETERMINADAS, ES POSIBLE ESTIMAR LA VIDA UTIL DE UNA ESTRUCTURA.





Cobertura con estructura en acero galvanizado

## RESISTENCIA CONTRA LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA

La resistencia de la galvanización contra la corrosión atmosférica depende de una película protectora que se forma en su superficie. Cuando se retira el acero del baño de galvanización, el zinc presenta una superficie brillante y pulida. Con el tiempo esta se vuelve gris, porque la superficie reacciona al oxígeno, el agua y el dióxido de carbono de la atmósfera, lo cual permite la formación de una película protectora compleja, pero al mismo tiempo fuerte y estable, que se pega con firmeza al zinc.

Los contaminantes de la atmósfera afectan la naturaleza del zinc, siendo el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) el principal contaminante que afecta al zinc y que controla además en gran medida la velocidad de la corrosión atmosférica de este elemento.

La velocidad de corrosión del zinc se produce generalmente de forma lineal en un entorno determinado, lo cual permite estimar la vida útil del revestimiento mediante las evaluaciones de su espesor.

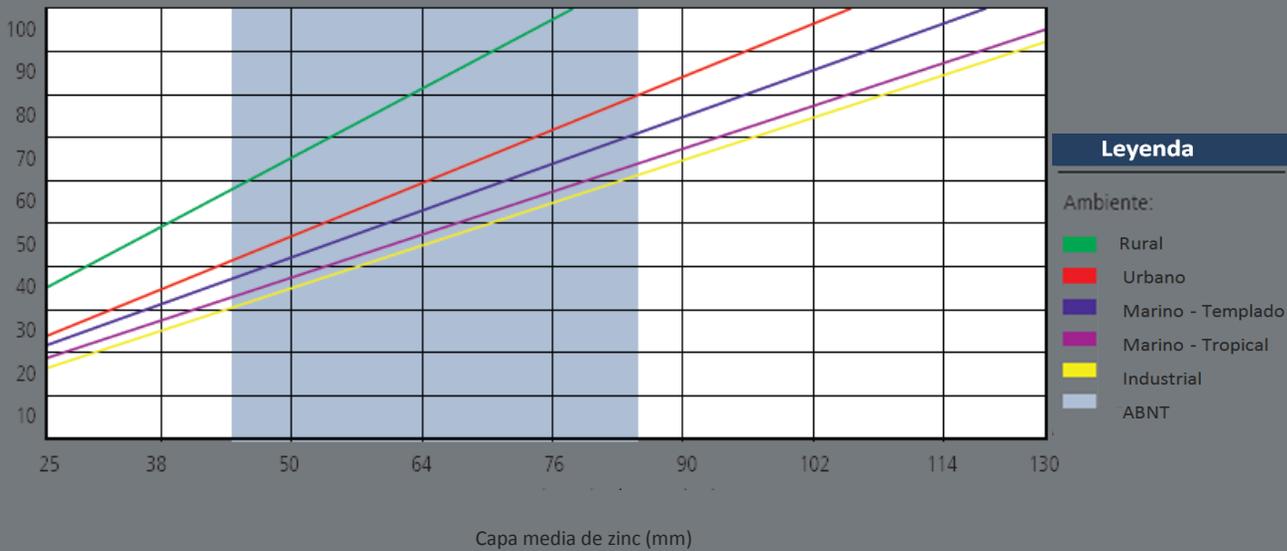
También se puede estimar la vida útil del recubrimiento a través del cálculo de las velocidades de corrosión de una determinada categoría de corrosividad, de acuerdo con la norma ABNT NBR 14 643, que se muestra en la Figura 2

**Fig. 2: Tasas indicativas de corrosión en entornos diferentes (categorías de corrosividad de acuerdo a ABNT NBR 14643).**

Categoría de corrosividad	Tasa media anual de la corrosión del zinc (un año)	Tasa media anual de la corrosión del acero al carbono (un año)
C1   interior: Seco	<0,1	<1,3
C2   interior: Condensaciones ocasionales exterior exterior: rural	0,1 a 0,7	1,3 a 25
C3   interior: Alta humedad, poca contaminación en el aire exterior: Urbano no marítimo y costa urbana	0,7 a 2,1	25 a 50
C4   interior: piscinas, plantas químicas exterior: Industrial no marítimo, y urbano	2,1 a 4,2	50 a 80
C5   exterior: industrial con alta humedad o alta salinidad costera	4,2 a 8,4	80 a 200

La Figura 3 ilustra la vida útil prevista del revestimiento en función de su espesor y el medio ambiente al que pertenece. El área sombreada representa el espesor mínimo requerido en la norma ASTM 6323 NBR

VIDA ÚTIL (AÑOS)



\* La vida útil se define como el tiempo de la corrosión del 5% de la superficie de acero (hasta un 5% no existe pérdida de la integridad del acero)

Fig. 3: La vida útil de las estructuras de acero galvanizado (Fuente: AGA - American Galvanizers Association)



## RENDIMIENTO EN OTROS AMBIENTES

### AMBIENTES INTERNOS

Un error común es creer que la corrosión no puede afectar las estructuras de acero que se encuentran en los ambientes internos, descartando además el tiempo. Si se registra condensación frecuente en la superficie de la estructura y además el acero no está debidamente protegido, la corrosión será significativa. En estas condiciones, la galvanización por inmersión en caliente puede ofrecer más de 40 años de vida útil. La galvanización por inmersión en caliente ha sido también ampliamente utilizada para proteger las estructuras de acero en ambientes interiores, además de agresivos, como piscinas y cervecerías.

### INMERSO: AGUA FRÍA

En su gran mayoría, las aguas tienen sales formadoras de incrustaciones, que pueden formar un revestimiento de protección en las superficies internas de los sistemas galvanizados de abastecimiento de agua. En

consecuencia, los revestimientos pueden presentar vida útil normalmente incrementada en más de 40 años. Si estas sales no están presentes, la vida útil del recubrimiento puede ser prolongada con la aplicación de dos capas de solución bituminosa.

### INMERSO: AGUA CALIENTE

Las propiedades del agua formadora de incrustaciones son también importantes en agua caliente, ofreciendo una esperanza de vida útil de más de diez años. Por encima de los 60° C, el zinc puede ser catódico en relación al acero por inmersión en agua, no ofreciendo más protección de sacrificio, caso se dañe el revestimiento. En las estructuras, por ejemplo, de tuberías, en las que este fenómeno puede ocurrir, la protección de sacrificio puede ser garantizada a través del uso de un ánodo de magnesio como "back-up" (de apoyo) para el revestimiento del zinc.

### INMERSO: AGUA DE MAR

El agua de mar es más agresiva que el agua dulce debido a la presencia de sales disueltas (como sulfuros y cloruros, por ejemplo), que acelera el proceso corrosivo. Debido al elevado contenido de cloruros presentes en el agua de mar, debería esperarse una muy alta tasa de corrosión. Sin embargo, la presencia de iones de calcio y magnesio tiene un fuerte efecto inhibitorio de la corrosión del zinc en este entorno.

La inmersión por la marea, la marea regular o la inmersión en agua de mar tropical caliente puede dar lugar a una mayor tasa de corrosión.

### SUBTERRÁNEO

La vida útil de un revestimiento galvanizado enterrado puede variar, dependiendo, por ejemplo, del tipo de suelo, su acidez y si ha sido alterado. La variación de pH de 5,5 a 12,5, es decir, ligeramente ácido a alcalino, es favorable. Los suelos que contienen las

cenizas y los desechos de carbón son especialmente dañinos. En muchos casos, la aplicación de una solución bituminosa en la capa de zinc es beneficiosa, especialmente cuando el acero galvanizado se encuentra enterrado en el suelo o en el punto donde aparece en el concreto. El acero galvanizado puede ser incrustado en el hormigón de manera segura. Para mayor protección en el suelo, se pueden utilizar revestimientos galvanizados más gruesos.

### EN CONTACTO CON MADERA

Las maderas altamente ácidas como el roble, el nogal, el cedro rojo y el pino se pueden utilizar con acero galvanizado, puesto que están aisladas del contacto directo. Algunos tipos de madera, cuando está húmeda, liberan una sustancia que se suele confundir con la corrosión. A pesar de que el aspecto técnico del acero galvanizado no se vea comprometido, la estética puede verse afectada.

### EN CONTACTO CON OTROS METALES

Sólo existe una pequeña corrosión adicional del zinc como resultado del contacto con la mayoría de los metales, en mayor parte por las condiciones climáticas.

La corrosión bimetálica puede ocurrir en condiciones de inmersión o en lugares donde el agua de lluvia no puede ser fácilmente drenada o secada en la superficie de contacto. Se ofrece orientación en el PD6484 de BSI: "Comentarios sobre la corrosión en los contactos bimetálicos y su mitigación (Fig. 4).

METAL EN CONTACTO	AMBIENTE				
	Atmosférico			Inmerso	
	Rural	Urbano industrial	Marino	Agua Dulce	Agua de Mar
Aleaciones de aluminio y aluminio	0	0 para 1	0 para 1	1	1 para 2
Bronce-aluminio y bronce-silicio	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Latón, incluyendo latón de alta tensión (HT) (bronce manganeso)	0 para 1	1	0 para 2	1 para 2	2 para 3
Cadmio	0	0	0	0	0
Hierro fundido	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Hierro (austenita)	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	1 para 3
Cromo	0 para 1	1 para 2	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Cobre	0 para 1	1 para 2	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Cupro-níquel	0 para 1	0 para 1	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Oro	(0 para 1)	(1 para 2)	(1 para 2)	(1 para 2)	(2 para 3)
Bronce de cañón, bronce de fósforo y bronce de estaño	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Plomo	0	0 para 1	0 para 1	0 para 2	(0 para 2)
Magnesio y aleaciones de magnesio	0	0	0	0	0
Níquel	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Aleaciones cobre-níquel	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Aleaciones níquel-cromo-hierro	(0 para 1)	(1)	(1 para 2)	(1 para 2)	(1 para 3)
Aleaciones níquel-cromo-molibdeno	(0 para 1)	(1)	(1 para 2)	(1 para 2)	(1 para 3)
Plata-níquel	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	1 para 3
Platino	(0 para 1)	(1 para 2)	(1 para 2)	(1 para 2)	(2 para 3)
Rodio	(0 para 1)	(1 para 2)	(1 para 2)	(1 para 2)	(2 para 3)
Plata	(0 para 1)	(1 para 2)	(1 para 2)	(1 para 2)	(2 para 3)
Soldadura fuerte	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	2 para 3
Soldadura blanda	0	0	0	0	0
Acero inoxidable (austenítico y otros tipos que contienen alrededor de 18% de cromo)	0 para 1	0 para 1	0 para 1	0 para 2	1 para 2
Acero inoxidable (tipo martensítico que contiene aproximadamente un 13% de cromo)	0 para 1	0 para 1	0 para 1	0 para 2	1 para 2
Aceros (carbono y baja aleación)	0 para 1	1	1 para 2	1 para 2	1 para 2
Estaño	0	0 para 1	1	1	1 para 2
Titanio y aleaciones de titanio	(0 para 1)	(1)	(1 para 2)	(0 para 1)	(1 para 3)

#### Leyenda

0 - El zinc y acero galvanizado no van a sufrir corrosión adicional o a lo máximo van a sufrir una pequeña corrosión adicional generalmente tolerable en servicio.

1 - El zinc y acero galvanizado van a sufrir corrosión adicional pequeña o moderada, que puede tolerarse en algunas circunstancias.

2 - El zinc y el acero van a sufrir corrosión adicional muy grave y a menudo son necesarias medidas complementarias para la seguridad.

3 - El zinc y acero galvanizado pueden sufrir aún corrosión más severa. Uno debe evitar el contacto.

Observaciones generales: La clasificación entre paréntesis se basa en pruebas muy limitadas y su precisión es menor que en las otras figuras. La tabla describe la corrosión adicional y el símbolo "0" no debe considerarse como una indicación de que los metales en contacto no necesitan protección en todas las condiciones de exposición.

**Figura 4: La corrosión del acero galvanizado derivados del contacto con otros metales**

## ALTA TEMPERATURA

Los revestimientos galvanizados resistirán la exposición a temperaturas de aproximadamente 200° C y en ocasiones hasta 275° C, sin efecto sobre el revestimiento. Por encima de estas temperaturas, hay una tendencia a que la capa externa de zinc se separe, pero la capa de aleación de hierro/zinc, que comprende la mayor parte de la capa permanezca intacta. Por lo tanto, se puede ofrecer una protección adecuada por lo general en el punto de fusión de la capa de aleación (unos 530° C).

## EN CONTACTO CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El acero galvanizado puede utilizarse en contacto con mortero, cemento, hormigón y en yeso húmedo. Estos elementos presentan mínima acción corrosiva sobre los recubrimientos, mientras se secan o se asientan. El producto de la corrosión formado es muy adhesivo y menos voluminoso que el acero, evitando así la aparición de fisuras y grietas en estructuras de hormigón armado.

## EN CONTACTO CON SUSTANCIAS QUÍMICAS

El contacto con productos químicos requiere una consideración especial. Una amplia gama de productos químicos es compatible con el acero galvanizado. El prolongado contacto o frecuente con los ácidos y álcalis fuertes no es aconsejable. La Figura 5 muestra algunos ejemplos de los productos químicos que fueron almacenados con éxito en los tanques galvanizados.

<b>Hidrocarburos</b>	<b>Nitrilos (cian)</b>		Succinato	Pridina
Benceno (benzol)	Difenilacetoniitrila		Titanato	Pirolidina
Tolueno (tolueno)	P-clorobenzileno-cianuro	<b>Propilo</b>	Butirato	Metilpiperacina
Xileno (xilol)	<b>Ester</b>		Isobutirato	Di-carboxi-Metilpiperacina
Ciclohexeno	<b>Alil</b>	Butirato	Caproato	1-Bencidriilo-4-Metilpiperacina
Éter de petróleo		Caproato	Formato	2 a 4 mayo-diamina (4-clorofenil-6)
Heavy nafta		Formato	Propionato	Etilpirimidina
Disolvente de nafta	<b>Etilico</b>	Propionato	Iso-butil Benzonato	Hidroxi-etil-morfilina
<b>Alcoholes</b>		Butirato	Butirato	(Dietilamida del óxido-hidroxietyl)
Metilparafinol (metilpentinol)		Sobutirato	Caproato	P-amino-benceno-sulfonil-guanidina
Morpholino-isopropanol		Caproato	<b>Iso-butilo</b>	Butilamina oleato
Glicerol (glicerina)		Caprilato	Caproato	Clorhidrato monohidrato piperazina
<b>Halogenuros</b>		Propionato	Formato	Clorhidrato de carboxi-piperazina
Tetracloruro de carbono	<b>Amil</b>	Succinato	Propionato	(Secas)
Bromuro de amilo		Butirato	<b>Ciclo-hexil</b>	<b>Amida</b>
Bromuro de butilo		Caproato	Butirato	Formamida
Cloruro de butilo	<b>Bencilo</b>	Propionato	<b>Fenoles</b>	Dimetilformamida
bromuro de ciclo-hexil		Succinato	Fenol	
Bromuro de etilo		Butirato	Cresol (metilfenol)	<b>Misceláneo</b>
Propilbromuro		Sobutirato	Xileno (dimetilfenol)	Glucosa (líquido) Benzilidenoacetone
Cloruro de propilo		Propionato	Bisfenol (dihidroxi-biphenol)	P-clorobenzofenona
Trimethylene bromuro (1-3 dibromopropano)	<b>Octilo</b>	Succinato	2,4-diclorofenol	Azo-benceno-sulfonato
Bromobenceno		Butirato	P-cloro-o-cresol	Soluciones de resina de melamina
Clorobenceno	<b>Butilo</b>	Caproato	Cloroxileno	Extracto crudo de la cáscara
Rocloros y pirocloro (clorobifenil)		Butirato		Creosota
		Sobutirato		Clorofluorocarbono
		Caproato		
		Propionato		

Figura 5: Los productos químicos que fueron almacenados con éxito en tanques galvanizados. Fuente AGA (American Galvanizers Association).

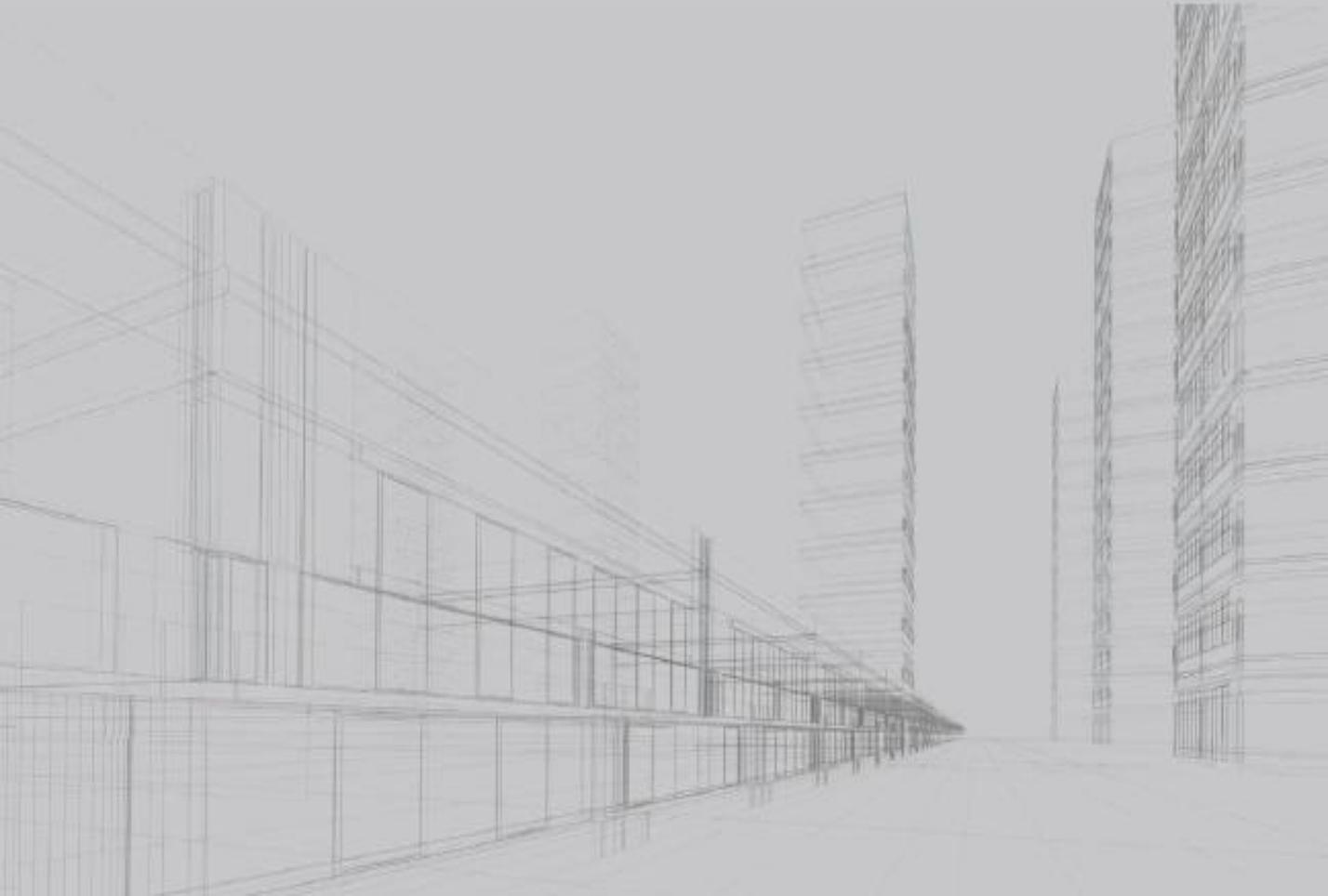


Poste de iluminación galvanizado - Praia de Boa Viagem - Recife

## CAPÍTULO 3

### ¿CÓMO LA GALVANIZACION PROTEGE EL ACERO?

EL GALVANIZADO ES ÚNICO. FUERTE, DURADERO, REGENERADOR Y CUBRE LAS SUPERFICIES INTERNAS Y EXTERNAS DE LAS ESTRUCTURA.

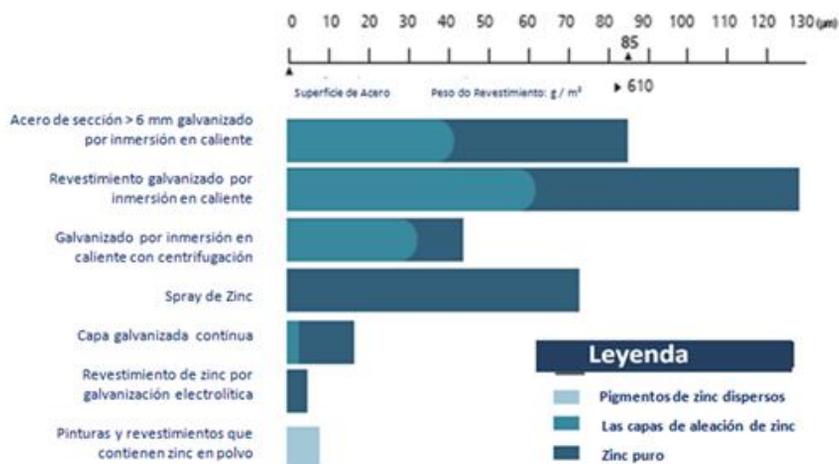




## BARRERA DE PROTECCIÓN



En el proceso de galvanización se forma una barrera que aísla todas las superficies internas y externas del acero del medio ambiente. Erróneamente, el término galvanizado es utilizado para describir los recubrimientos de zinc en general. El siguiente diagrama (Fig. 6) ilustra cómo los diferentes tipos de recubrimientos de zinc varían en el grosor. La esperanza de vida de un recubrimiento de zinc se relaciona directamente con su grosor: los recubrimientos más gruesos tienen una vida útil más larga. La galvanización por inmersión en caliente ofrece a los productos de hierro o de acero la máxima protección a través de un vínculo entre los intermetálicos del zinc y el acero, dando como resultado una capa más gruesa, sólida y resistente



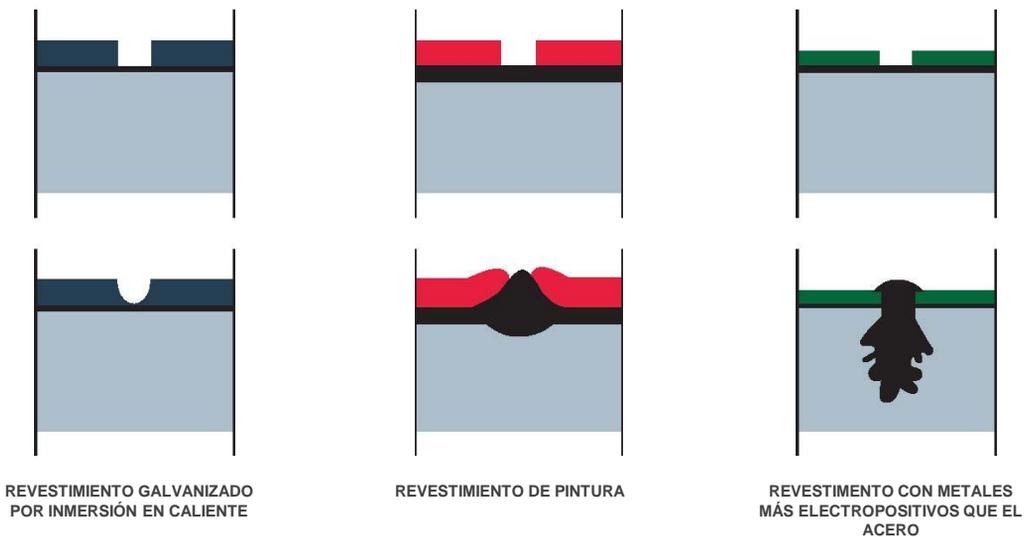
**Figura 6: Espesor del recubrimiento (mm) medida desde la superficie de acero .**

# PROTECCIÓN CATÓDICA

El zinc, al ser más electronegativo que el acero, sufre de corrosión preferencial en presencia del acero y es sacrificado para protegerlo. Por lo tanto, el galvanizado por inmersión en caliente ofrece esta protección catódica. Los productos de corrosión de zinc, siendo adherente e insoluble, se depositan en la superficie de acero, aislándolo de la atmósfera, evitando así la corrosión.

Este proceso es similar a la curación. Sin embargo, en las capas con pintura, se vuelve necesaria la aplicación inmediata de una protección adicional después de producirse el daño. De lo contrario el acero puede sufrir corrosión, con el consiguiente daño a cualquier recubrimiento debido a la infiltración de la corrosión en la película de pintura.

## ESQUEMA PARA ILUSTRAR LA CONSECUENCIA DE LOS DAÑOS EN DIVERSOS TIPOS DE REVESTIMIENTO QUE OFRECEN PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN



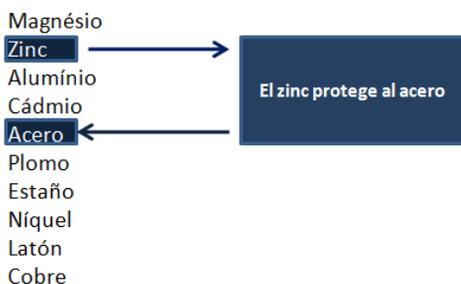
Una célula galvánica se forma. El zinc alrededor de la sección dañada sufre de corrosión. Los productos de la corrosión se precipitan sobre la superficie de acero para protegerla. El acero también está protegido porque es catódico con relación al recubrimiento del zinc.

El acero sufre corrosión en la región en donde la película está dañada. La corrosión se propaga entre la película de pintura y la superficie de acero, dando como resultado su separación. El proceso de corrosión continuará hasta que el daño sea reparado.

El níquel, el cromo y el cobre, por ser más electropositivos que el acero, sólo otorgan una protección de barrera. Si se produce un fallo en el recubrimiento, el acero en esta región sufrirá la corrosión.

La velocidad de corrosión es aún más alta en comparación con el acero no cubierto, porque actúa como el metal de sacrificio. La corrosión es normalmente alveolar y puede incluso atravesar el acero.

Extremo electronegativo - metales más activos



Extremo electropositivo - metales menos activos

Posición del zinc en la serie galvánica

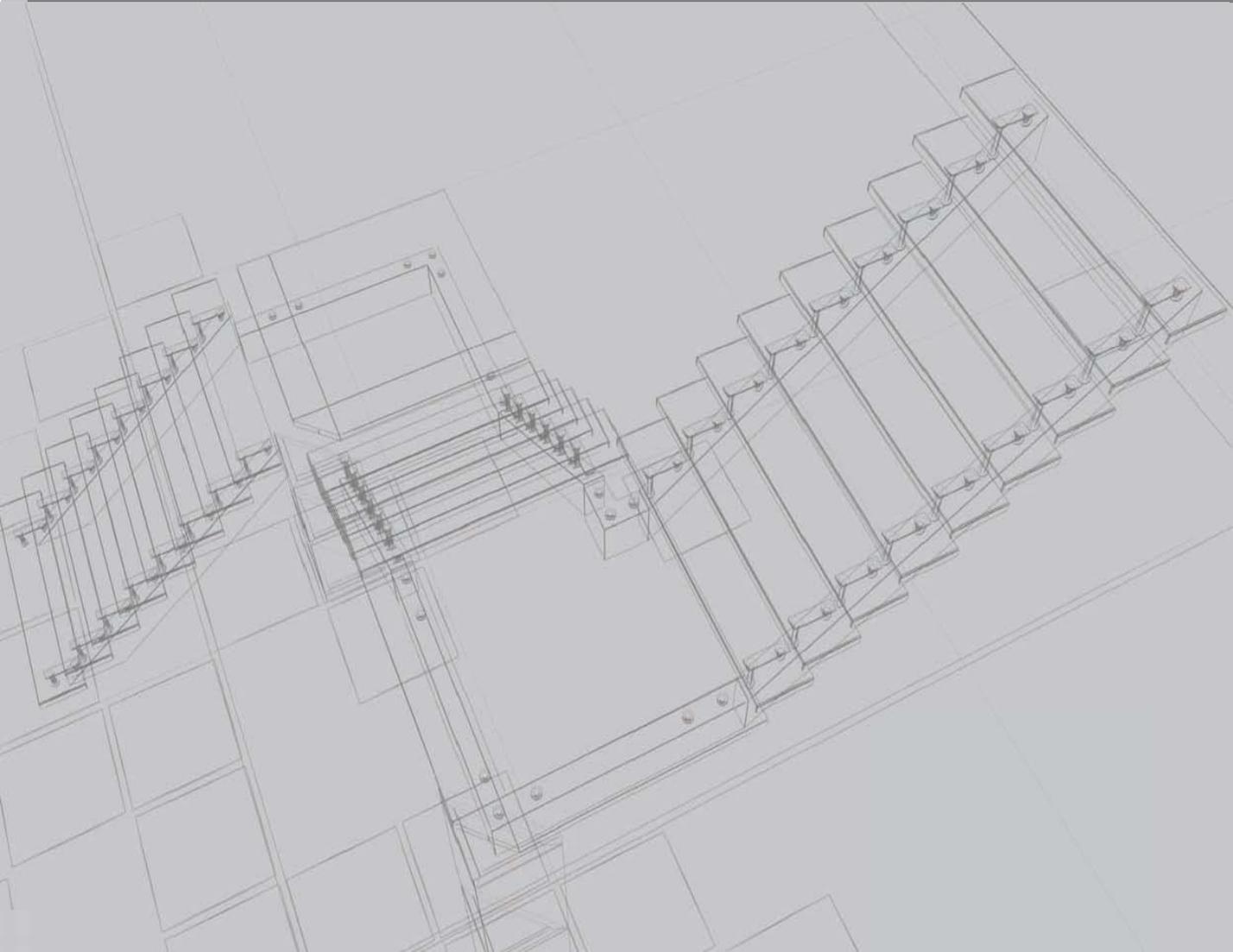


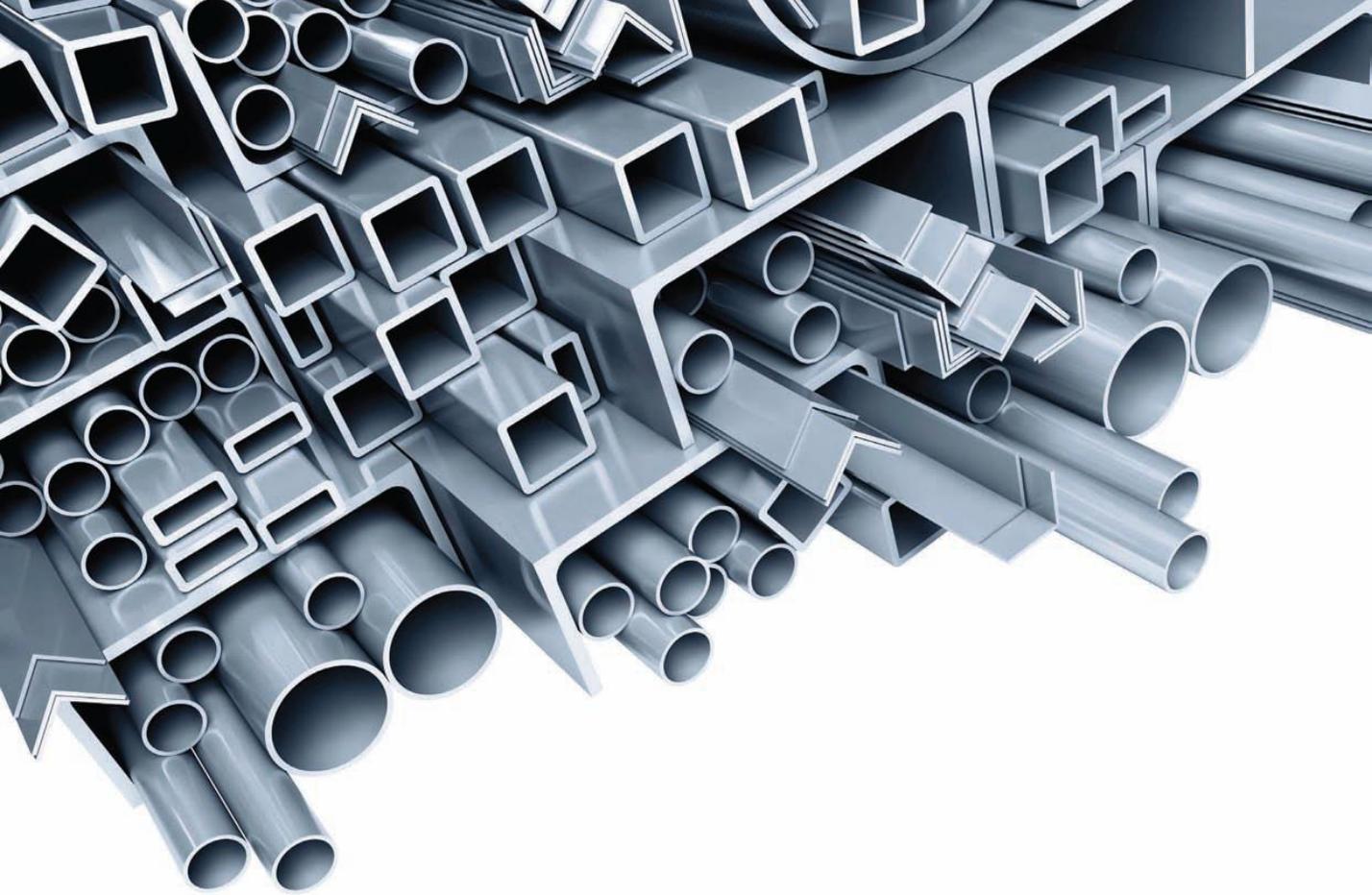
Estructura de aeropuerto del acero galvanizado y pintado

## CAPÍTULO 4

### INTRODUCCIÓN A LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE

LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE HA CRECIDO CONTINUAMENTE. EN SUS INICIOS FUE UTILIZADA PARA PROTEGER LAS HOJAS DE ACERO CORRUGADO Y HACE 150 AÑOS OSTENTA UNA GRAN CAPACIDAD DE CRECIMIENTO A PESAR DE LA PRESENCIA DE LA COMPETENCIA CADA VEZ MÁS SOFISTICADA. ESTO SE DEBE A LA SENCILLEZ DEL PROCEDIMIENTO Y A LAS VENTAJAS ÚNICAS DEL REVESTIMIENTO





## PREPARACIÓN DEL ACERO GALVANIZADO

La galvanización se produce sólo en una superficie limpiada con químicos. Por lo tanto, la mayor parte del trabajo se hace con ese objetivo en mente.

Al igual que en la mayoría de los procesos de revestimiento, el secreto para obtener un buen resultado se encuentra en la preparación de la superficie.

Es esencial que se encuentre libre de grasa, suciedad y acumulación antes de la galvanización.

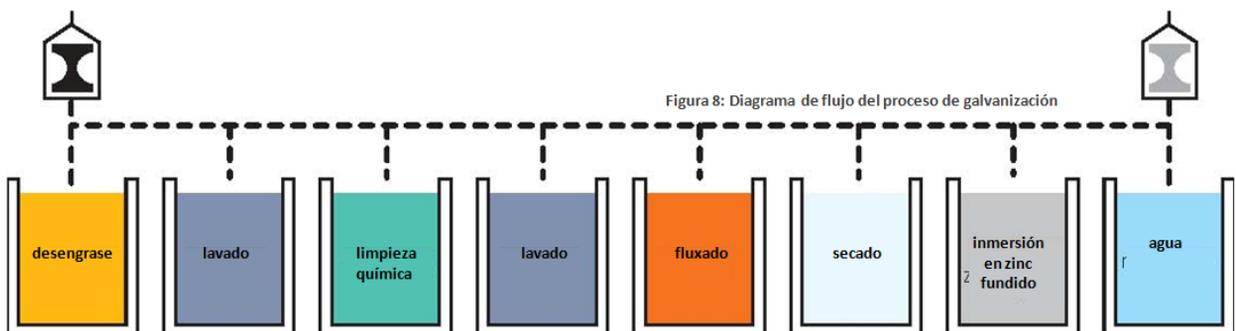
Estos tipos de contaminación se eliminan a través de una variedad de procesos. La práctica común es quitar la grasa mediante una solución de desengrase alcalina o ácida, en la que el material será sumergido.

La pieza se lava en agua fría y por inmersión en ácido clorhídrico a temperatura de ambiente (decapado) para eliminar la oxidación y incrustación de maquinado.

Los residuos de soldadura, pintura y grasa pesada no se quitan en esta

etapa de limpieza y deben ser removidos antes de que el material sea enviado a la galvanización.

Después del paso del enjuague, las piezas deben sumergirse en una solución del compuesto con un flujo comúnmente de 30% de cloruro de amonio y zinc, de 65°C a 80°C. En la etapa de flujo se eliminarán los últimos rastros de óxido de la superficie para permitir una mejor interacción entre el zinc fundido y el acero.



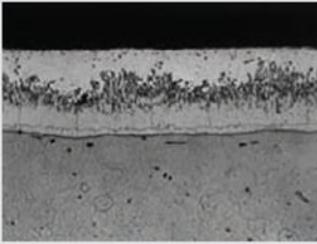


Fig. 9:

Microestructura de un revestimiento galvanizado por inmersión en caliente

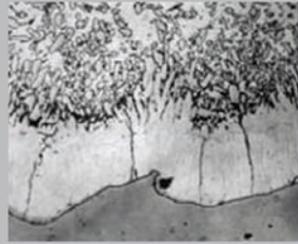


Fig. 10:

Microestructuras de un revestimiento espeso obtenido por chorro abrasivo del acero antes de la galvanización

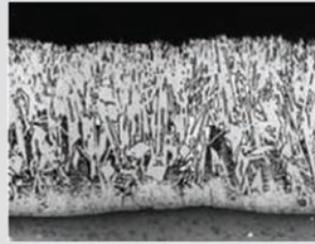


Fig. 11:

Microestructura de revestimiento espeso obtenido mediante un acero rico en silicio

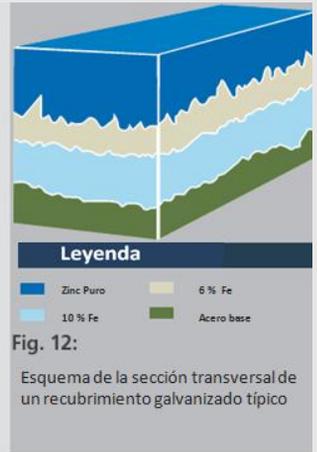


Fig. 12:

Esquema de la sección transversal de un recubrimiento galvanizado típico

## EL PROCESO DE GALVANIZACIÓN

Cuando una pieza de acero limpia se sumerge en zinc fundido (que suele ser a 450° C), una serie de capas intermetálicas se forma por una reacción metalúrgica entre el hierro y el zinc. La velocidad de reacción entre el acero y el zinc es generalmente parabólica en el tiempo y, por lo tanto, la velocidad inicial de reacción es muy rápida y se puede observar una considerable agitación en el baño de zinc. El grosor principal de la capa se forma durante este período. Posteriormente, la reacción se hace más lenta y el espesor del recubrimiento no se incrementa significativamente, aunque la pieza se quede en el tanque durante un período de tiempo más largo. La duración típica de la inmersión es de unos cuatro o cinco minutos, pero puede ser más larga para las piezas pesadas que tienen alta inercia térmica o cuando el zinc penetra los espacios interiores. En la extracción de la pieza del baño de galvanización, se forma una capa compuesta prácticamente de zinc puro debido a la fricción del baño.

Después del enfriamiento, podemos ver el aspecto brillante asociado con los productos galvanizados.

El tratamiento posgalvanizado puede incluir el enfriamiento en agua o aire.

Las condiciones en la planta de galvanizado como la temperatura, humedad y calidad del aire no afectan la calidad del recubrimiento galvanizado aunque sí son extremadamente importantes para la calidad de la pintura.

### EL REVESTIMIENTO

Cuando la reacción entre el hierro y el zinc está casi cerrada y la pieza se retira del tanque de galvanización con su revestimiento exterior de zinc puro, se completa el proceso.

La sección transversal de un recubrimiento galvanizado tiene la apariencia de la figura de arriba (Fig. 9). De hecho, no existe una delimitación entre el acero y el zinc, sino una transición gradual a través de una serie de capas intermetálicas que proporciona una unión metalúrgica.

### ESPESOR DE LOS RECUBRIMIENTOS

El espesor de los recubrimientos es por lo general determinado por el grosor del acero y se establecen en ABNT NBR 6323 (capítulo 9).

### Recubrimientos galvanizados CENTRÍFUGAS

Este proceso, incluso en ABNT NBR 6323, es utilizado para galvanizar componentes roscados y otras piezas pequeñas. Las piezas, después de su acondicionamiento, se sumergen en zinc fundido en una canasta perforada. Después de terminar la formación de los

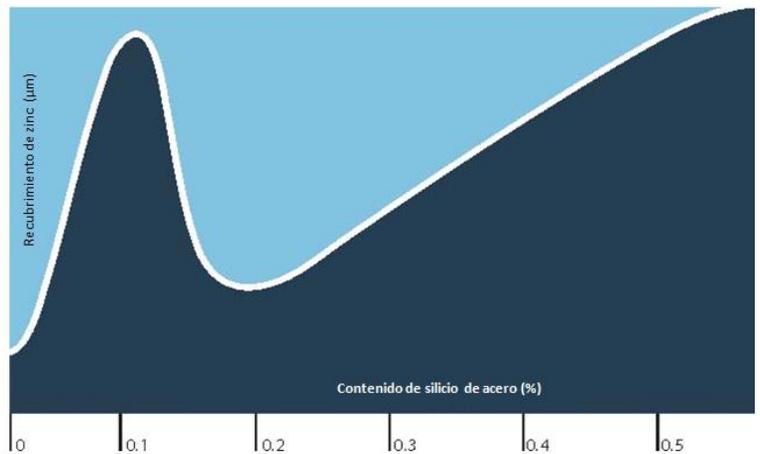
recubrimientos, estos se rotan o se centrifugan en alta velocidad para eliminar el exceso de zinc, lo cual garantiza un perfil limpio.

Los pesos mínimos y promedio de recubrimiento para la labor de la centrifugación se identifican en ABNT NBR 6323.

Los recubrimientos más gruesos pueden ser producidos mediante los siguientes métodos:



Figura 13: Espesor aproximado del recubrimiento de zinc sobre el contenido de silicio (Si) de acero.



### LOS RECUBRIMIENTOS MÁS GRUESOS A TRAVÉS EL AUMENTO OTORGA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE

Este es el método más común para obtener recubrimientos más gruesos. El chorro abrasivo de la superficie de acero antes de la inmersión, la norma Sa 2 ½ de acuerdo con ABNT NBR 7348, usando acero de grano angular tamaño G40, se espesa y aumenta la superficie de acero en contacto con el zinc fundido. Por lo general, se aumenta el peso por unidad de superficie de un recubrimiento galvanizado en caliente en un 50% (Fig. 10). Cualquier pieza de acero puede ser tratada de esta forma cuando tenga un espesor suficiente para resistir el chorreado.

Puede que no sea posible llevar a cabo la limpieza abrasiva de la superficie interna de las secciones y de las partes con la fundición, pero estas áreas suelen ser menos susceptibles a la corrosión. Los recubrimientos más gruesos que los exigidos por la ABNT NBR 6323 sólo deben especificarse después de consultar con el galvanizador o el Grupo de Galvanización del ICZ.

### GALVANIZACIÓN DE ACEROS REACTIVOS

Se puede obtener un recubrimiento de acero más grueso si la pieza para ser galvanizada es fabricada con aceros reactivos. El elemento de acero que tiene mayor influencia en la reacción de hierro y zinc es el silicio, que a menudo se añade al acero como desoxidante durante su producción. El silicio modifica la composición de las capas de aleación zinc / hierro, para que sigan aumentando con el tiempo y esta tasa de aumento no significa que sólo la capa se vuelve más gruesa (Figs. 11 y 13).

En un menor grado, el fósforo ejerce casi la misma influencia en el recubrimiento.

Cuando se extrae una pieza de acero reactivo del tanque de zinc, una capa de zinc se adhiere a la camada de liga. Sin embargo, la velocidad de reacción en estos aceros pueden ser tan elevados que la capa de zinc puro es completamente transformada en una aleación de zinc / hierro antes que la pieza tenga tiempo de enfriarse. El resultado es una capa con un espesor mayor o igual y puede parecer mucho más oscura. El cambio en la apariencia no cambia la resistencia a

la corrosión del recubrimiento.

### POSTRATAMIENTO A LA GALVANIZACIÓN

El postratamiento en las piezas galvanizadas no es necesario.

La pintura o pintura en polvo se pueden aplicar para mejorar la estética o para una protección adicional cuando el ambiente es extremadamente agresivo. La pintura y pintura en polvo se discuten en el capítulo 7.

### TAMAÑO DE LAS PARTES EN GALVANIZACIÓN

El proceso de galvanización es versátil y se puede aplicar a piezas de diversas formas y tamaños, desde tuercas y tornillos hasta grandes estructuras, permitiendo también que estas puedan ser atornilladas o soldadas después del proceso. Así, se pueden galvanizar proyectos estructurales de gran tamaño a través de módulos. De igual manera, formas complejas, recipientes abiertos, y la mayoría de piezas con orificios pueden ser galvanizados, por dentro y

en una sola operación. Algunas formas con orificios pueden ser galvanizadas en la superficie exterior, pero requieren de diseños y técnicas especiales de galvanoplastia.

La capacidad de cada planta de galvanizado se encuentra disponible en las propias empresas de galvanización, y en las páginas Web: [www.icz.org.br](http://www.icz.org.br) ó [www.portaldagalvanizacao.com.br](http://www.portaldagalvanizacao.com.br).

### EL RENDIMIENTO FÍSICO

El proceso de galvanización tiene la característica única de otorgar un acabado fuerte y resistente a la abrasión, lo que representa una mayor protección a la superficie de acero.

### COHESIÓN

A diferencia de la mayoría de los recubrimientos, que dependen únicamente de la preparación para ostentar un agarre de acero, la galvanización por inmersión en caliente produce un recubrimiento que se adhiere al acero de forma metalúrgica. En otras palabras, el hierro y el zinc reaccionan entre sí para formar una serie de aleaciones que hacen que el recubrimiento sea una parte integral de la superficie de acero mostrando una cohesión excelente.

### RIGIDEZ

Un recubrimiento resistente a los daños mecánicos durante la manipulación, almacenamiento, transporte y montaje, es muy importante, especialmente si se debe evitar el costo del 'retoque' en el trabajo. La capa externa de zinc puro es relativamente suave y absorbe gran parte del choque inicial de un impacto presentado en la manipulación y el transporte. Las capas más cercanas a la aleación de acero son más rígidas y en ocasiones incluso más rígidas que la propia base de acero. Esta combinación proporciona una capa dura y resistente a la abrasión (Fig. 14).

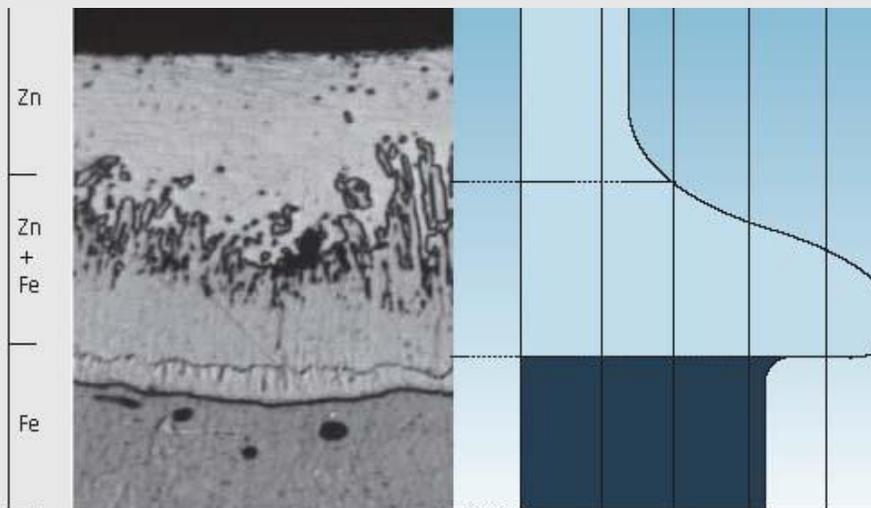


Figura 14: La sección transversal de la capa de galvanizado por inmersión en caliente mostrando la variación de la rigidez a través del recubrimiento. Las aleaciones de hierro y zinc son más rígidas que la propia base de acero.



Fachada del edificio en acero galvanizado

## CAPÍTULO 5

### COSTOS Y AHORROS

UNA GALVANIZACIÓN OFRECE BENEFICIOS INCOMPARABLES EN EL COSTO DE LA VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS Y LOS COMPONENTES DE ACERO, Y DEMUESTRA TAMBIÉN SER COMPETITIVO EN TÉRMINOS DEL COSTO INICIAL.

EL COSTO REAL DE LA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN LA ESTRUCTURA DE ACERO CONSIDERA DOS PUNTOS IMPORTANTES:

- EL COSTO INICIAL POR PROTECCIÓN;
- EL COSTO EN LA VIDA ÚTIL, EL CUAL

INCLUYE EL COSTO DE MANTENIMIENTO. ESTO ES, EL COSTO PARA QUE LA ESTRUCTURA DE ACERO ESTÉ PROTEGIDA CONTRA LA CORROSIÓN DURANTE TODA SU VIDA DE SERVICIO.





Estructura del Sistema de alumbrado de acero galvanizado

## COSTO INICIAL

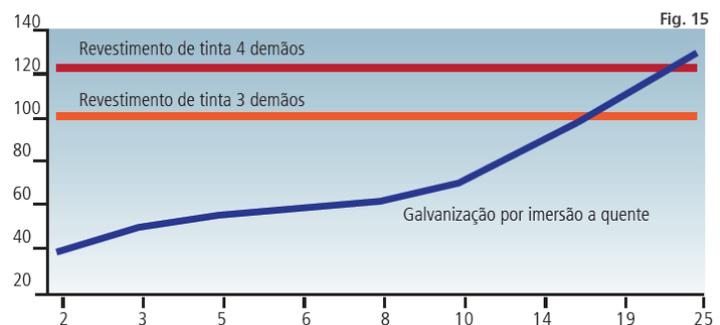
Normalmente, la galvanización por inmersión en caliente es considerada más cara de lo que realmente es. Hay dos razones para esto. Primero, por ser una capa de alto rendimiento, automáticamente se considera cara. En segundo lugar, el costo inicial de la galvanización con relación a la pintura ha cambiado significativamente en los últimos años. El precio de la pintura ha sufrido un aumento constante, mientras que la galvanización se mantuvo estable. La Asociación de Galvanizadores ha encargado recientemente a consultores independientes, The Steel Protection Consultancy LTD (SPC), es decir, la Consultoría de Protección del Acero (CPA), una investigación sobre la competitividad en los costos de la galvanización. El CPA, conjuntamente con los ingenieros de la consultoría de WS Atkins, ha diseñado una construcción típica con marco de acero de 240 toneladas para ser cotizado. Se especificaron dos sistemas de protección contra la corrosión:

(i) de galvanización por inmersión en caliente y (ii) un chorro abrasivo de buena calidad y un esquema de pintura con tres capas que forman una película seca de 250 micras de espesor. Se consideraron las cotizaciones de ocho fabricantes diferentes en el Reino Unido. Se consideró que el sistema de pintura era un 35% más caro que el galvanizado por inmersión en caliente.

La Figura 15 muestra que para

muchas aplicaciones el costo de galvanización por inmersión en caliente es menor que el de la aplicación de recubrimientos alternativos.

La razón de esto es simple: las alternativas tales como las pinturas requieren mucha mano de obra, en comparación con la galvanización que resulta ser un proceso de fábrica, muy mecanizado y estrictamente controlado



## COSTO TOTAL DE LA VIDA EN SERVICIO

El costo de la vida útil completa de un edificio puede ser definida como:

"El costo de la adquisición, operación y mantenimiento de un edificio a lo largo de su vida útil".

El costo total de la vida puede ser caracterizado como un sistema que cuantifica el valor financiero de los edificios, desde su concepción hasta el fin de sus vidas. Es un enfoque que equilibra los ingresos con los gastos de capital para llegar a una solución óptima a lo largo de la vida completa de un edificio.

Aunque no es nueva, en los últimos años, esta técnica ha sido aceptada como parte de las buenas prácticas en la compra de una construcción. El costo total de la vida se puede utilizar en cualquier etapa de la contratación y también se utiliza para las instalaciones, funciones, sistemas y componentes. Abarca desde el proyecto inicial hasta el final de la vida de servicio.

Se estima que hasta un 80% de la vida de un edificio puede atribuirse a los gastos de administración, mantenimiento y renovación. En consecuencia, hay picos en los gastos en los primeros diez años y después cada cinco años (Fig. 17).

La elección inicial de los materiales y cómo el edificio ha sido protegido, obviamente, juegan un papel importante en los costos de mantenimiento y las reformas durante la vida útil de un edificio. Por lo tanto, ejercen una gran influencia en el perfil del costo total de la vida del proyecto.

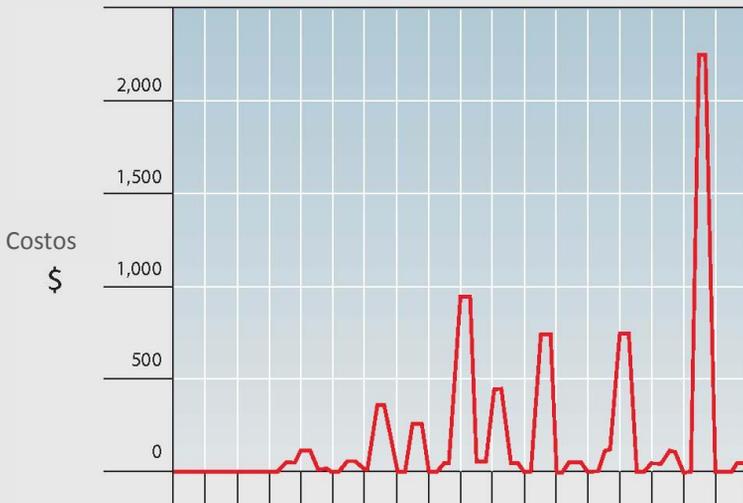


Figura 17: Reducción de costos  
Los costos a lo largo del ciclo de vida tienden a producir por sí "picos", la más grande con 10, 15, 20, 25 años

Proyecto	Construcción	Operación	Total
\$ 3%	\$ 17%	Operación / Mantenimiento \$ 40%	100% Costo de propiedad
		Reparaciones \$ 30%	
		Reemplazo / Reforma periódicos \$ 10%	
1 año	2 años	25 años	Total

Fig. 16: costo de la vida en servicio

## COSTO DE LA VIDA EN SERVICIO

El costo global de la protección de una fabricación de acero a lo largo de su vida depende del valor y la durabilidad de la capa original en el entorno específico, además de los costos y la frecuencia del tratamiento adicional. Sobre todo en el caso en que se requiere que la vida útil sea superior a la de la capa original.

En la mayoría de las aplicaciones, el galvanizado por inmersión en caliente le proveerá mucho tiempo sin reparaciones y le será duradera, sin necesidad alguna de pintura de mantenimiento.

Hay formas de calcular los beneficios o desventajas de los diferentes métodos de protección contra la corrosión. El método más común consiste en calcular el Valor Actual Neto (Fig. 18) de cada método y comparar los resultados. Este cálculo tiene en cuenta el costo de pedir dinero prestado, el costo inicial de la protección, los costos de mantenimiento y la vida posterior del proyecto.

A menudo es utilizado por las empresas para medir el posible resultado de la inversión de capital en un proyecto.

$$VPL = I + \frac{M_1}{(1+r)^{P_1}} + \frac{M_2}{(1+r)^{P_2}} + \text{etc}$$

I = costo inicial del sistema de protección  
M1 = costo de mantenimiento en el año P1  
M2 = costo de mantenimiento en el año P2  
r = tasa de retorno

Figura 18: Cálculo del VAN

## EJEMPLO

Consideremos el caso de una estructura de acero que tiene una vida prevista de 25 años y cuya tasa de retorno de la inversión es del 5%.

### Galvanización: Sistema 1

La galvanización por inmersión en caliente de un material de recubrimiento medio de 85  $\mu\text{m}$  en acero de 6 mm o más grueso. Debido a que la galvanización de ese modelo tiene una esperanza de vida media de más de 50 años, resulta demasiado conservadora una vida útil de 25 años sin mayor mantenimiento. El costo de galvanización es de un valor base de 100 unidades. No existen otros costos de mantenimiento. (VPN = 100)

### Pintura: Sistema 2

Un sistema de pintura que consta de una limpieza seguida de un revestimiento interior y dos capas exteriores de pintura. Este sistema tiene una vida útil de ocho años y por lo tanto necesita pintura nueva tres veces cada 25 años. El costo inicial es ligeramente inferior a la galvanización por inmersión en caliente (90 unidades).

El valor de la pintura para las dos primeras ocasiones es de 45 unidades, pero sube a 90 unidades para la tercera

pintura en donde se debe retirar la pintura original (VPN = 169).

### Pintura: Sistema 3

Un sistema superior de pintura que consiste en la limpieza abrasiva seguida por tres capas de pintura de mejor calidad. Este sistema tiene una vida útil de 11 años y necesita ser repintado dos veces cada 25 años. El costo inicial resulta ser mayor que el del otro sistema de pintura (135 unidades). El costo de la pintura es la mitad de ese valor a 67,5 unidades (VPL = 197,5).

### Conclusión

En los 25 años del proyecto, el costo de un sistema de pintura "más barato" resultó ser un 70% más alto en comparación con el costo de la galvanización. Del mismo modo, el valor de un sistema de pintura "más caro" es casi el doble de la galvanización. En términos de costo, la galvanización por inmersión en caliente es comparable con el sistema de pintura de buena calidad. Sin embargo, cuando consideramos el costo de la vida útil, la galvanización por inmersión en caliente es considerablemente más barata que la mayoría de los sistemas.

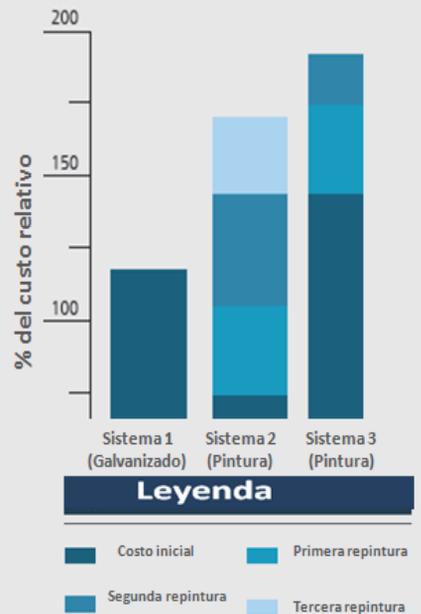


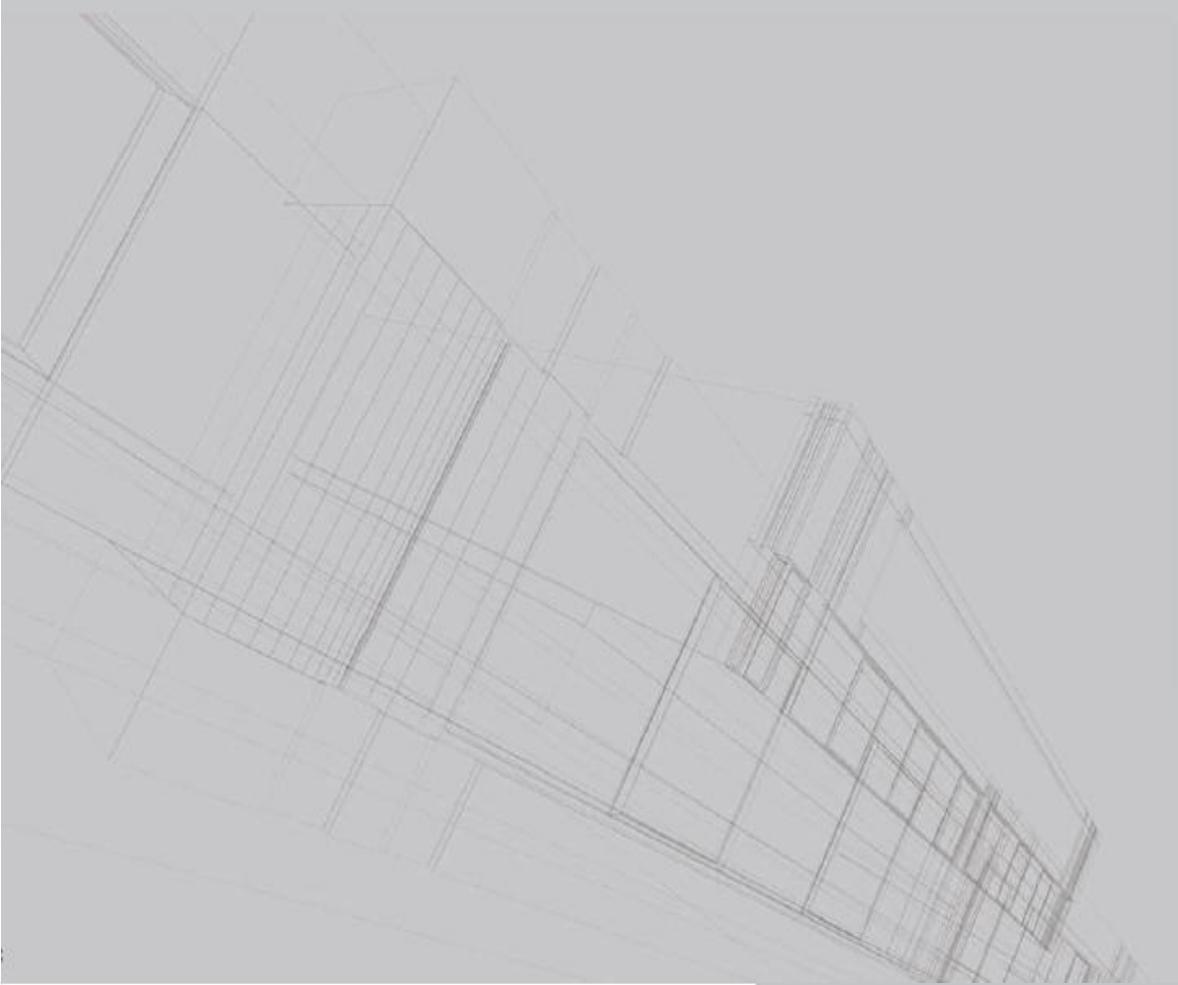
Figura 19: Comparación del Valor Actual Neto



## CAPÍTULO 6

### ESPECIFICACIÓN DE UN GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

LA GALVANIZACIÓN ES UN PROCESO EXTREMADAMENTE VERSÁTIL QUE PUEDE SER UTILIZADO EN ESTRUCTURAS COMPLEJAS, YA QUE ESTAS PUEDEN SER SOLDADAS O UNIDAS A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN TAMBIÉN GALVANIZADOS. ALGUNOS FACTORES, SI SON TOMADOS EN CUENTA AL PRINCIPIO DEL PROYECTO, PUEDEN MEJORAR LA CALIDAD Y EL ASPECTO DEL RECUBRIMIENTO.





Pasarela de acero galvanizado

## ESPECIFICACIONES

Las especificaciones de recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente en artículos de hierro y acero son definidos según la ABNT NBR 6323 como "Galvanización de Productos de acero o hierro fundido - Especificaciones".

Cuando se termina la galvanización por inmersión en caliente, la superficie de acero está completamente cubierta con una capa uniforme cuyo espesor es determinado principalmente por el grosor del acero a ser galvanizado (Fig. 20).

Material	Masa mínima por unidad de área (g / m <sup>2</sup> )		Espesor mínimo equivalente del revestimiento (µm)	
	Muestra Individual	Promedio de las muestras	Muestra Individual	Promedio de las muestras
Fundidos	450	4500	63	70
Mecánicamente conformados				
Espesor (e):				
e < 2,0mm	300	350	42	49
2,0mm ≤ e < 4,0mm	350	400	49	56
4,0mm ≤ e < 6,0mm	450	500	63	70
e ≥ 6,0mm	530	600	74	84
Roscados:				
Φ ≥ 9,5mm	305	380	43	53
Φ < 9,5mm	260	305	37	42

Fig 20: Masa de zinc por unidad de superficie de los materiales galvanizados.

NOTA 1 El espesor del recubrimiento de zinc está determinado por la ecuación  $e = mA / 7,14$ , donde "e" es el espesor del recubrimiento de zinc, expresado en micrómetros (mm); "mA" es la masa de recubrimiento de zinc por unidad de área en gramos por metro cuadrado (g / m<sup>2</sup>), y "7,14" es la densidad de zinc en gramos por centímetro cúbico (g / cm<sup>3</sup>).

NOTA 2 Cuando hay espesores y diferentes tipos de acero de una sola pieza, se debe considerar los puntos de una capa más gruesa de zinc para determinar la masa mínima por unidad de superficie.

Esta es una ventaja importante del proceso de galvanización: un grosor estándar de recubrimiento se aplica casi automáticamente.

El espesor real de la capa galvanizada lograda varía con el tamaño de la sección de acero, el perfil de la superficie y la composición de la superficie. Los pesos reales de los revestimientos son normalmente mucho mayores que el mínimo especificado en el estándar. Dado que las expectativas de vida del recubrimiento se basan en su espesor mínimo, por lo general resultan ser conservadoras.

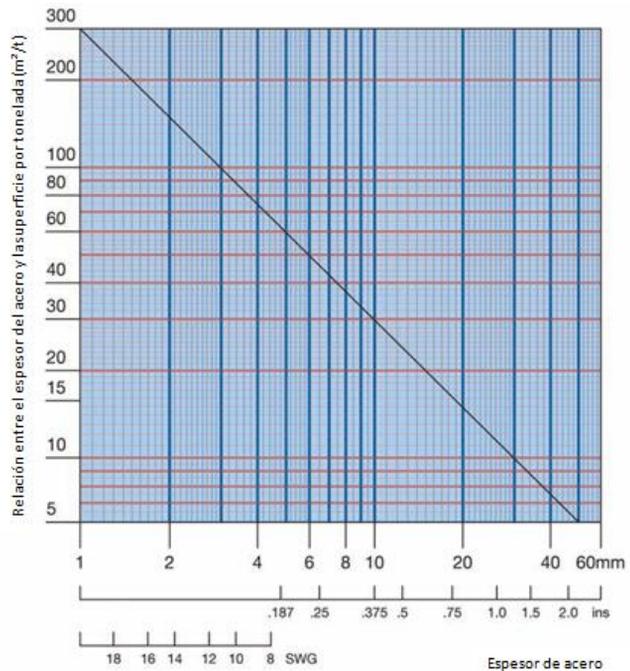


Figura 21: Relación entre el espesor del acero y la superficie / ton.

## REVESTIMIENTOS MÁS ESPESOS

Los revestimientos más gruesos que los definidos por la ABNT NBR 6323 pueden ofrecer protección adicional para su uso en entornos agresivos. Sin embargo, es importante destacar que para la mayoría de las aplicaciones rara vez se necesitan capas más gruesas.

Los medios para alcanzar capas más gruesas se describen en el capítulo 2.

El chorro abrasivo antes de la galvanización suele ser el método más apropiado. Un requisito para un espesor de recubrimiento nominal de 714 g / m<sup>2</sup> (100 µm) fue fijado con éxito para cada sección de acero de 6 mm de espesor. Para los proyectos de acero estructural, es conveniente analizar si se pueden obtener capas más gruesas a partir de un espesor de la sección más amplia y sin chorreado abrasivo.

Normalmente, conseguir capas más gruesas a través de la especificación de acero reactivo sólo es adecuado para aplicaciones específicas.

La especificación de recubrimientos más gruesos sólo podrá efectuarse después de previa consulta con el galvanizador sobre la viabilidad y el medio por el que se obtendrá.

### FIJADOR

Las especificaciones para los fijadores deben dejar bien claro que "el revestimiento del fijador deberá cumplir con ABNT NBR 6323". Especificar simplemente 'galvanizado' puede dar lugar a interpretaciones erróneas y la aplicación de zinc a través de otros métodos como el de los electrolitos, que reduce las capas depositadas y, en consecuencia, ocasiona una vida útil más corta.

### PLAZOS

A partir de que se efectúe la notificación de manera oportuna, la mayoría de piezas pueden ser galvanizadas y devueltas al fabricante en una semana. Un tiempo de ejecución típico, dependiendo del tamaño de la solicitud, es de tres días. Actualmente, el saldo de los tornillos y las tuercas es extenso, pero es recomendable realizar con anticipación las solicitudes de los fijadores galvanizados.

### APARIENCIA

El galvanizado se utiliza principalmente para proteger la estructura de acero contra la corrosión. Las apariencias aceptables

según ABNT NBR 6323 se discuten en el capítulo 8.

En los casos en que la apariencia y la suavidad son particularmente importantes, se debe consultar con el galvanizador en la etapa inicial.

### RECUBRIMIENTO DUPLEX

El uso de recubrimientos en polvo o pintura sobre una capa de galvanizado puede ser usado por razones estéticas o para mayor protección. Se proporciona más información en el capítulo 7.

## PROYECTO DE PIEZAS PARA LA GALVANIZACIÓN

La consulta entre el galvanizador, los fabricantes y los diseñadores deben efectuarse al principio del proyecto y es muy importante para obtener mejores resultados en el recubrimiento.



Escalera de acero galvanizado

**LLENADO, VENTILACIÓN Y DRENAJE**

Un buen proyecto requiere:

- Medios de acceso y el drenaje del zinc fundido.

- Medios de evacuación de los compartimentos internos de gas (ventilación).

Es importante recordar que la estructura de acero se sumerge y es retirada del baño de zinc fundido a 450° C. Así, cualquier característica que ayuda en el acceso y el drenaje de zinc fundido, mejorará la calidad del revestimiento y reducirá los costos. Con ciertas fabricaciones, los agujeros presentes para otros fines permiten satisfacer esas demandas para la ventilación y el drenaje, en otros casos puede ser necesario realizar algunos agujeros adicionales para este propósito.

Para una protección completa, el zinc fundido debe ser capaz de fluir libremente en todas las superficies de la estructura. La galvanización de las superficies internas de las estructuras con secciones huecas o con compartimentos internos elimina cualquier riesgo de corrosión oculta durante el servicio.

**PRINCIPIOS GENERALES**

1. Los agujeros de ventilación y drenaje deben ser los más grandes posibles. El diámetro mínimo los orificios se proporcionan en la Figura 22.

2. Los agujeros de ventilación y drenaje deben encontrarse en posiciones diagonalmente opuestas en un punto inferior y superior de la fabricación, ya que serán suspendidos para el galvanizado. Las secciones huecas muy grandes pueden requerir de más agujeros de ventilación para facilitar el drenaje y para producir un mejor acabado superficial.

3. Con las secciones huecas selladas en los bordes, los agujeros también deben estar en posiciones diagonalmente opuestas, lo más cercano a los extremos.

En algunos casos, puede ser más económico llevar a cabo cortes en forma de "V" o "U" en los extremos o moler los extremos de las secciones huecas rectangulares, procedimientos que ofrecen entrada ideal para la ventilación y el drenaje.

4. Cuando las aberturas se encuentran en las placas de extremos o piezas de cobertura, deben estar en posiciones opuestas, en diagonal, fuera del centro y lo más cercano de la pared a la cual la placa de extremo se encuentra conectada.

5. Los reforzadores, deflectores, diafragmas, ángulos, etc., internos y externos, debe tener los extremos recortados para auxiliar con el flujo del zinc fundido.

Tamaño de la sección con agujeros (mm)	Diámetro mínimo del agujero (mm)
< 25	10
≤ 25 - 50	12
> 50 - 100	16
> 100 - 150	20
> 150	Consultar el Galvanizador

**Figura 22: Dimensiones adecuadas de aberturas de ventilación en las estructuras tubulares**

Para una sección más grande (por ejemplo, > 3 m), puede ser necesario hacer aberturas de ventilación adicional más grandes para lograr el mejor acabado superficial posible. Se debe consultar con el galvanizador.

Las aberturas que se hicieron para la ventilación pueden ser cubiertas, principalmente, por razones estéticas, ya que la capa protectora se presentará en las dos superficies (interna y externa).



Parada de autobús galvanizado y pintado

## BASE METAL Y COMBINACIONES

El acero carbono, algunos aceros de baja aleación y la fundición de hierro pueden ser galvanizados.

Se debe evitar una estructura o alguna parte que contenga una variedad de materiales con diferentes condiciones en la superficie, ya que podría afectar a la uniformidad y el aspecto del recubrimiento. Cuando se usan diferentes materiales, la limpieza abrasiva de toda la estructura o parte reducirá al mínimo los problemas que puedan surgir debido a diferentes efectos del tratamiento previo. Preferiblemente, se debe utilizar el mismo tipo de acero en la fabricación.

## TAMAÑO Y FORMATO

En la actualidad, el tamaño y la capacidad de las plantas de galvanización han aumentado significativamente.

Se debe consultar al Grupo de Galvanización del ICZ la indicación de los tamaños de las bañeras disponibles. Cuando la longitud o la profundidad de la pieza excedan el tamaño de la bañera, pueden emplearse técnicas especiales para facilitar la inmersión en cuyo caso se debe consultar con el galvanizador.

## FIJADORES

Con la finalidad de acomodar el espesor del zinc para galvanizar los componentes de rosca, estos deben ser confeccionados a medida.

## SUPERFICIES SUPERPUSTAS

Se debe evitar al máximo las superficies superpuestas. Es importante tener cuidado de no enviar elementos sellados para la galvanización. Si las superposiciones están completamente selladas mediante soldadura, se corre el riesgo de explosión durante la inmersión, debido a la mayor presión de aire comprimido. Si la superposición no está completamente sellada, existe el peligro de que el líquido limpiador entre en la cavidad, dejando la zona húmeda y causando manchas.

Cada sección sellada de una fabricación debe tener salida por razones de seguridad y para permitir el acceso y drenaje del zinc fundido. Los orificios diagonalmente opuestos deben estar lo más cercano posible al extremo cerrado.

Las áreas de superposición o de contacto son potencialmente peligrosas debido a que las soluciones de pretratamiento atrapadas entre las superficies se convierten en vapor sobrecalentado en el tanque de galvanización y puede resultar en una explosión.

Si no se pueden evitar las superficies de contacto, así como esos canales, entonces los bordes de las áreas de contacto deben ser soldados de forma continua.

Se debe hacer un agujero en ambos miembros en cada 100 cm<sup>2</sup> de superposición. El diámetro mínimo del agujero debe ser de 10 mm o el espesor de la sección, el que sea mayor, con el fin de eliminar el peligro de una explosión en el tanque de galvanización.

Si esto no es posible, entonces la soldadura debe ser intermitente, pues en el servicio pueden salirse las soluciones de su pretratamiento atrapadas entre las placas, que podrían provocar una mancha marrón que no será perjudicial a la protección del revestimiento. Por lo general, no es necesario tomar ninguna acción si el área cerrada es inferior a 100 cm<sup>2</sup> (por ejemplo, 10 cm x 10 cm).

Cuando el proyecto no puede evitar grandes áreas de superposición de las superficies (por ejemplo, borde con borde y placa sobre el borde), se debe buscar el asesoramiento de un experto en galvanización o del Grupo de Galvanización del ICZ.

## PIEZAS MÓVILES

Se debe dejar un espacio adecuado en las superficies de contacto, tales como bisagras, si se necesita que se muevan libremente después de la galvanización. Se recomienda que las piezas móviles o de acción proyectante se desmantelen antes del tratamiento.

## DISTORSIÓN (deformación):

Las estructuras o piezas de acero pueden ser distorsionadas durante el proceso de galvanización. Generalmente, esto se produce por la liberación de la tensión acumulada cuando son expuestos a la temperatura de la galvanización. La acumulación de la tensión puede ser inherente no solo en el acero, sino que también introducida en la soldadura, la forja en frío y la perforación.

La tensión residual se puede minimizar en la fase de diseño y en otras fases, tales como:

1. Procedimientos para el control de la soldadura en el mecanizado.
2. Organización de soldadura en línea simétrica. El tamaño de la línea de soldadura debe mantenerse al mínimo.
3. Evitar grandes cambios en la sección transversal estructural que podrían aumentar la distorsión y la acumulación de la tensión generada en el baño de galvanización.

Donde exista una tendencia inherente a la distorsión, por ejemplo, en las fabricaciones de formas asimétricas, el efecto puede ser minimizado o eliminado mediante la restricción de la estructura o pieza a un tamaño y diseño, de manera que puedan ser rápidamente inmersos en una sola vez. Si se trata de ese caso, entonces se deberá consultar con el galvanizador en una etapa temprana. El tamaño y la posición de los agujeros para el llenado o drenaje de los tubos de trabajo pueden tener un efecto importante sobre la deformación, así como el tamaño y el diseño de los agujeros para izamientos o manijas, principalmente en piezas abiertas.

## RIGIDEZ

Las propiedades de tracción de los aceros estructurales no se ven afectadas por la galvanización, tal como se muestra en la Figura 23.

				acero laminado en frío 10%		acero laminado en frío 40%		acero soldado	
		recibido	galvanizado	no galvanizado	galvanizado	no galvanizado	galvanizado	no galvanizado	no galvanizado
EN 10025-2 S275	Resistencia a la tracción (Pa)	453	461	563	560	741	706		
	0,5% Límite de proporcionalidad (Pa)	294	281	550	502	732	659		
	Alargamiento (%)	45	46	18	22	8	15	28	38
EN 10025-2 S355	Resistencia a la tracción (Pa)	531	522	644	635	811	784		
	0,5% Límite de proporcionalidad (Pa)	367	362	634	587	807	746		
	Alargamiento (%)	41	43	16	20	8	15	25	33
EN 10028-3 P450	Resistencia a la tracción (Pa)	585	597	714	734	905	860		
	0,5% Límite de proporcionalidad (Pa)	451	446	692	683	896	842		
	Alargamiento (%)	36	34	21	21	10	13	29	30

Figura 23: Propiedades de tensión del acero estructural: pruebas sobre placas de 12,7 mm de espesor. Fuente: ILZRO de 2006



## SOLDADURA

La cáscara o escoria de la soldadura no se quita en los baños de decapado y puede dar lugar a zonas con deficiencias de zinc. Para evitar este problema, debe utilizarse una soldadura que no produzca escoria o innobles (tipo MIG, TIG). En el evento, se pueden eliminar mecánicamente.

Para un buen acabado, se recomienda que las costuras de soldadura sean de manera continua, y sin porosidad.

Si la unión de las piezas fue realizada mediante soldadura, es aconsejable seguir algunas recomendaciones: las costuras de soldadura debe ser continuas para evitar la retención de los productos del tratamiento previo. Si la soldadura es discontinua, se debe observar una distancia de al menos 1 mm para promover el flujo perfecto del zinc.

En general, las áreas de superposición requieren soldadura continua y un agujero para aliviar la presión y evitar el riesgo de explosión.

Como procedimiento de seguridad, la superficie sellada con soldadura no deberá ser superior a 300 mm<sup>2</sup> de área por cada pulgada de espesor del material base.

## ETIQUETADO Y SEÑALIZACIÓN

Se pueden utilizar pinturas solubles en agua o las etiquetas desmontables de metal para señalización provisional de

identificación. No se debe usar pintura esmalte o marcadores a base de aceite. Para que se pueda leer la identificación permanente después de la galvanización, se requieren señales realizadas por perforación o quema.

## COBERTURA

Si ciertas áreas de la estructura de acero deben permanecer sin el recubrimiento, eso puede hacerse a través de una tapa, utilizando cinta adhesiva de alta temperatura o pintura. Una vez más, se debe consultar con el galvanizador sobre las áreas que necesitan ser cubiertas.

## CONEXIONES

Se puede conectar artículos galvanizados por medio de la fijación con tornillos (incluida la adhesión por conexiones de fricción), soldadura, remaches y adhesivo de unión. Para las partes de tornillos, lo ideal es que sean montadas después de la galvanización.

## MANEJO DE LAS PARTES

Dependiendo del tamaño y la forma, las piezas para galvanización pueden requerir la colocación de los orificios de suspensión o zapatas de levantamiento. Alternativamente, pueden ser manejadas a través de cadenas, de pequeñas partes, en racks o cestas. En el caso de los tanques (en particular, tanques abiertos), el apoyo horizontal puede ser necesario para mantener el formato del tanque durante la manipulación.

## CONTAMINACIÓN DE LA SUPERFICIE

Superficies de acero limpias representan un requisito esencial para una buena galvanización por inmersión en caliente.

La contaminación con grasa, alquitrán o residuos de soldadura no podrá ser eliminada por métodos químicos de limpieza y puede ocasionar manchas después de la galvanización en caliente. Las especificaciones deben garantizar que el fabricante es responsable de la entrega de las piezas libres de contaminación.

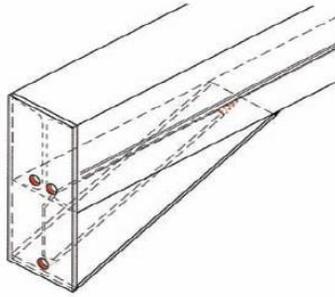
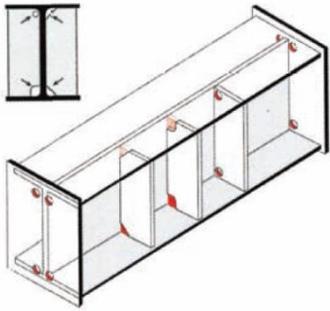
Piezas de acero que fueron cortadas o perforadas con espuma de aceite pueden causar problemas similares a los aerosoles anti respingos o anti quemaduras. El líquido de corte, que fue quemado o calentado en el acero, debe ser removido antes de enviar la estructura de acero para la galvanización. Para este caso, el método más adecuado de limpieza es el chorreado.

La contaminación es a veces difícil de detectar en la superficie de acero y sólo aparecen después del tratamiento de galvanización. La pieza puede ser galvanizada otra vez, a un costo adicional.

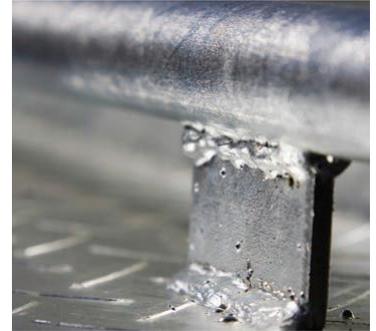


## PUNTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LAS FABRICACIONES PARA LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE:

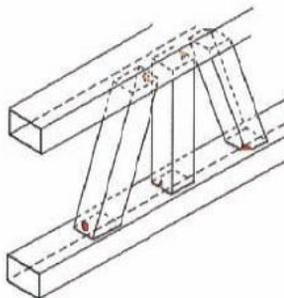
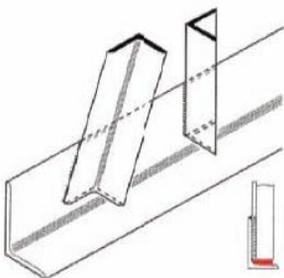
Para mayor orientación sobre el diseño de la galvanización por inmersión en caliente, por favor, contactarse con el Grupo de Galvanizadores.



Los refuerzos exteriores, ángulos soldados, y los elementos de conexión entre las columnas y vigas y el ángulo de canal deben tener sus extremos abiertos.



Los extremos abiertos de estos soportes ayudan en el acceso y el drenaje del revestimiento de zinc fundido, de manera que el revestimiento obtenido sea más limpio.

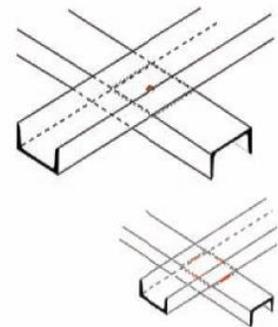
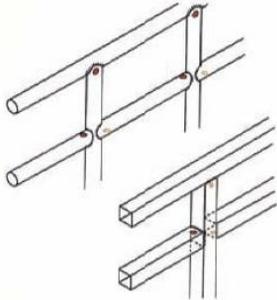


Si fuera posible, los soportes de ángulo no deben tocar el borde de la barra principal. Esto permitirá el libre flujo del zinc fundido a través de la superficie de la barra, la mejora de la estructura de drenaje y ayudará en la consecución de un recubrimiento galvanizado más uniforme. De esta manera, se reducirá la potencial retención de cenizas en la superficie de la barra y se evitará la formación de burbujas de aire que podría dar lugar a zonas no cubiertas.

En las piezas abiertas estructurales, debe hacerse una predicción para la ventilación y el drenaje. Con partes verticales, perforaciones o cortes en "V", los apoyos deben ser siempre en posiciones opuestas, en diagonal, en la parte inferior y superior.



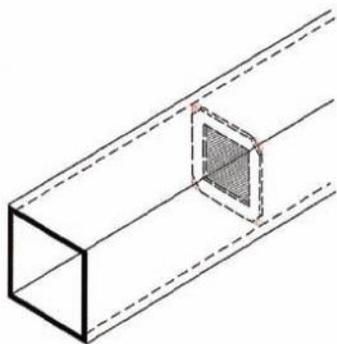
La buena ventilación de estas secciones ayudará en el acceso y el drenaje de zinc fundido y permitirá la obtención de un recubrimiento más uniforme.



Los diafragmas internos en amplios sectores de las cajas deben tener los extremos cortados y una "boca de inspección". Los diafragmas internos en las piezas de cajas pequeñas deben tener los extremos abiertos. Cuando una pieza abierta tiene ventilación internamente, por razones de seguridad, es esencial que el galvanizador pueda ver esta ventilación.

Las áreas superpuestas son potencialmente peligrosas, debido a que los líquidos de pretratamiento atrapados entre las superficies se convierten en vapor sobrecalentado en el colector de galvanización y pueden producir una explosión.

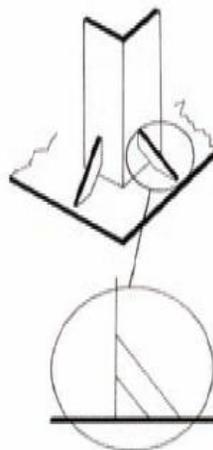
Si no se puede evitar las superficies de contacto, así como estos canales, entonces los bordes de las áreas de contacto deben ser soldados de forma continua. Se debe llevar a cabo un agujero en ambos miembros por cada 100 cm<sup>2</sup> de superposición, el diámetro mínimo del agujero debe ser de 10 mm, o el espesor de la sección, el que sea mayor, con el fin de eliminar el peligro de una explosión en el tanque de galvanización.



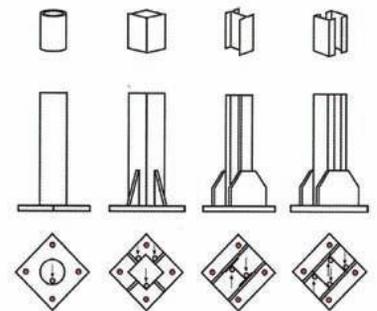
Los diafragmas internos en amplios sectores de las cajas deben tener los extremos cortados y una "boca de inspección". Los diafragmas internos en las piezas de cajas pequeñas deben tener los extremos abiertos. Cuando una pieza abierta tiene ventilación internamente, por razones de seguridad, es esencial que el galvanizador pueda ver esta ventilación.

Si esto no es posible, entonces la soldadura debe ser intermitente: en el servicio puede salirse de su pretratamiento atrapado entre las placas, provocando una mancha marrón. Pero eso no será perjudicial a la protección bajo el revestimiento. Normalmente no hay necesidad de hacer alguna disposición, si el área cerrada es inferior a 100 cm<sup>2</sup> (ex. 10cm x 10cm).

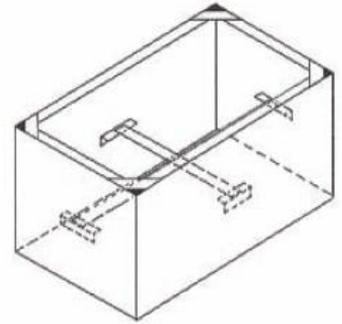
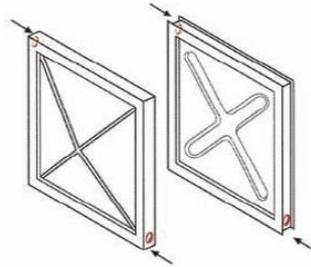
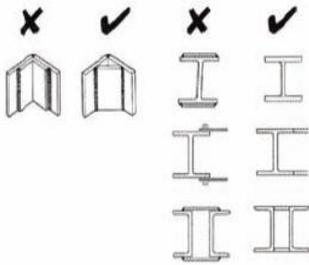
Cuando el diseño no puede evitar grandes áreas de superposición de las superficies (por ejemplo, borde con borde y placa sobre el borde), se debe buscar el asesoramiento de un experto en galvanización o de la Asociación de Galvanizadores.



Los refuerzos exteriores o vigas para zapatos deben tener las piezas extremas abiertas.



La alternativa de diseños para las secciones fijas de ventilación en las placas base.

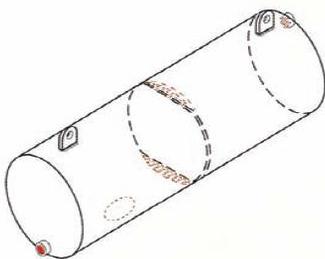


Ejemplos de ranuras soldadas que deben estar diseñadas para evitar que los ácidos queden presos (en rendijas estrechas).

Las juntas soldadas deberán ser continuas, si no tienen un área sin ventilación. Se puede obtener mejores resultados si son atornillados después de la galvanización.

Para minimizar el riesgo de distorsión, deben detenerse los paneles planos, por ejemplo, en la curvatura o nervaduras. Las aberturas deben ser efectuadas en los extremos.

Los tanques con grandes volúmenes deben ser reforzados para minimizar la distorsión. Los refuerzos deben ser del mismo espesor de la estructura principal.



Las salidas deben ser diametralmente opuestas y tener al menos 50 mm de diámetro. Los deflectores internos deben ser abiertos en la parte superior e inferior. Son necesarias las correas de elevación, como se indica. Debe ser posible, los deflectores deben visualizarse a través de los orificios de ventilación o de un orificio de inspección. La posición de la boca de inspección debe ser analizada con el galvanizador. .



Pasarela de acero galvanizado y pintado

## REVESTIMIENTOS MÁS ESPESOS

Las estructuras no deben tener su esperanza de vida reducida por la vida útil de los fijadores atornillados utilizados en el montaje. Estos también pueden ser galvanizados por inmersión en caliente.

### FIJADORES ATORNILLADOS GALVANIZADOS POR INMERSIÓN EL CALIENTE

#### TAMAÑOS

Normalmente, la rosca hembra se fabrica con una medida mayor que los estándares habituales, después esta rosca pasa a la galvanización con la finalidad de evitar el exceso de material. La rosca macho está mecanizada en el rango normal y después de la galvanización pasa a tener un tamaño mayor debido a la capa de zinc que es absorbida en el maquinado del traslado de la rosca hembra.

Puede pasar que al trasladar la rosca hembra esta se quede total o parcialmente sin la capa de zinc. Este hecho no afectará en la protección, porque después del atornillado la parte no protegida por el hilo de la hembra será protegida por el zinc en contacto directo con el hilo del macho.

En la práctica esto se observa en los tornillos galvanizados y tuercas con rosca que se mantienen atornillados durante un largo período sin mostrar ningún signo de corrosión en estas regiones.

La Figura 24 describe las indicaciones de las medidas mínimas recomendadas de acuerdo con el ABNT NBR 14 267 para el mecanizado de hilos de roscas hembras.

#### UNIFORMIDAD DEL RECUBRIMIENTO

Aunque existe cierta tendencia a que el galvanizado en caliente sea más grueso en los filetes de las roscas, se puede obtener un recubrimiento casi uniforme con modernos equipos de centrifugación.

Rosca normal	Paso de rosca P mm	La eliminación de referencia a la clase de tolerancia esaz <sup>1</sup> μm	Espesor mínimo del punto de medición μm
M10	1,5	330	40
M12	1,75	335	
M14; M16	2	340	
M18; M20; M22	2,5	350	40
M24; M27	3	360	
M30; M33	3,5	370	40
M36	4	380	

<sup>1</sup> Definido por la ecuación  $es_{az} = 300 + 20 P$

Figura 24: Apartamiento de referencia para rosca externas y espesor de la capa

### TRATAMIENTO Y APARIENCIA DE LA SUPERFICIE

Los fijadores galvanizados por lo general tienen un color gris claro brillante, pero en ciertas clases de tornillos de alta resistencia el recubrimiento puede tener color gris opaco debido al mayor contenido de silicio del acero, lo que los hace más reactivos al zinc fundido.

Los fijadores galvanizados por inmersión en caliente de alta temperatura (unos 550 ° C) tienden a tener un color gris opaco, debido a que la estructura de la capa se forma cuando el componente se enfría.

### ALMACENAMIENTO

Los fijadores galvanizados deben ser almacenados en un lugar bien ventilado y seco para minimizar la aparición de manchas causadas por el almacenamiento húmedo (véase el capítulo 8).

FIGURA 25: Masa de Zinc por unidad de superficie de materiales galvanizados con rosca

Material	Masa mínima por unidad de área (g / m <sup>2</sup> )		Espesor mínimo equivalente del revestimiento (μm)	
	Muestra Individual	Promedio de las muestras	Muestra Individual	Promedio de las muestras
Roscados:	9,5mm	305	43	53
	< 9,5mm	260	37	42

NOTA 1 El espesor del recubrimiento de zinc está determinado por la ecuación  $e = mA / 7,14$ , donde "e" es el espesor del recubrimiento de zinc, expresado en micrómetros (mm); "mA" es la masa de recubrimiento de zinc por unidad de área en gramos por metro cuadrado (g / m<sup>2</sup>), y "7,14" es la densidad de zinc en gramos por centímetro cúbico (g / cm<sup>3</sup>).

NOTA 2 Cuando hay espesores y diferentes tipos de acero de una sola pieza, se debe considerar los puntos de una capa más gruesa de zinc para determinar la masa mínima por unidad de superficie.

## ESPECIFICACIONES PARA LOS FIJADORES GALVANIZADOS POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Si se requiere una larga vida útil, es importante especificar la inmersión en caliente. La especificación simple de galvanizado podría causar confusión con otros procesos de deposición de zinc que no coinciden con las mismas especificaciones

### PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

Los pernos de alta resistencia de la clase general (hasta la clase 8.8) según ABNT NBR 8855 pueden ser galvanizados sin dificultades. Los pernos de clase 10.9 son galvanizados, pero pueden requerir de limpieza por proyección de arena como un tratamiento alternativo antes de la galvanización en caliente. Los pernos de clase 12.9 y los sujetadores de mayor fuerza deben evitar la galvanización debido al riesgo de fragilización por hidrógeno.

### SOLDADURA DE ACERO GALVANIZADO

Las pruebas en el Instituto de la Soldadura, patrocinado por la Organización Internacional de Investigación del Zinc (International Lead Zinc Research Organization - ILZRO) establecieron que las soldaduras de alta calidad son satisfactorias en acero galvanizado por inmersión en caliente y que las propiedades de tensión, flexión y

fatiga de estas soldaduras pueden ser casi idénticas a las de las soldaduras similares realizadas en el acero sin recubrir. La velocidad de la soldadura se reduce y hay más derrames, principalmente en la soldadura con CO<sub>2</sub>.

Todos los procesos de soldadura por fusión se puedan utilizar en acero galvanizado, pero pueden ser necesarias pequeñas variaciones, en función de los procedimientos de soldadura utilizados, el tipo de articulación y la posición de la soldadura. Por ejemplo, para el caso de soldadura por arco manual de metal puede requerirse:

- Una ligera acción de "látigo" para mover el electrodo hacia adelante y hacia atrás, de acuerdo con la junta, estimula la volatilización del zinc en el baño de soldadura;

- Intervalos recomendados un poco más grandes en las cimas de las articulaciones para que haya penetración completa;

- Una gama de arco inferior ofrece un mejor control del baño de soldadura de penetración y ayuda a impedir la excesiva penetración intermitente o reducida;

- Los electrodos revestidos básicos o rutilos pueden ser utilizados, pero deben realizarse simples pruebas de procedimiento antes de la soldadura.

Se debe observar cuidado especial de seguridad en la soldadura de materiales galvanizados.

### PREVENCIÓN DE CORROSIÓN EN LAS SOLDADURAS

Todas las soldaduras realizadas en piezas galvanizadas deberán ser protegidas contra la corrosión una vez terminada la soldadura, ya que la superficie superior no está protegida y es fácil de tratar.





Pivote de riego de acero galvanizado

## CAPÍTULO 7

### RECUBRIMIENTO DE ACERO GALVANIZADO, PINTURA O RECUBRIMIENTO EN POLVO

LA GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE ES DURADERA Y CON EXCELENTE COSTO-BENEFICIO EN LA PROTECCIÓN DEL ACERO CONTRA LA CORROSIÓN. CUÁNDO SE APLICAN REVESTIMIENTOS ORGÁNICOS COMO PINTURA O REVESTIMIENTOS EN POLVO SOBRE EL ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE, LA COMBINACIÓN RESULTANTE ES CONOCIDA COMO SISTEMA DE REVESTIMIENTO DUPLEX. ESTOS RECUBRIMIENTOS SE UTILIZAN PARA:

- APLICACIÓN DE COLOR EN MATERIAL POR ESTÉTICA, SEÑALIZACIÓN O SEGURIDAD;

- AUMENTO DE LA VIDA ÚTIL DE UNA ESTRUCTURA;

- OFRECER PROTECCIÓN ADICIONAL EN AMBIENTES ADVERSOS.

LA PINTURA PUEDE APLICARSE DESPUÉS DE LA GALVANIZACIÓN O A LO LARGO DE LA VIDA DE LA ESTRUCTURA, CUANDO SE HAYAN REALIZADO MODIFICACIONES EN EL TIEMPO, O INCLUSO CUANDO SEA NECESARIO UNA MAYOR PROTECCIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS MATERIALES.





Tubos y cerca de alambre con sistema de galvanizado y pintado (duplex)

## PREPARACIÓN DEL ACERO GALVANIZADO



Al igual que con todos los tratamientos para la protección de estructuras de acero es muy importante que la preparación del material de la superficie se lleve a cabo correctamente. En particular, no desengrasar la superficie de acero adecuadamente es la causa más común de fallas en los recubrimientos dúplex.

Al igual que muchos otros sustratos, los recubrimientos orgánicos por lo general no pueden ser aplicados directamente al acero galvanizado.

Sin embargo, una aplicación sencilla y directa de aplicación de la pintura, creada especialmente para unir a los metales no ferrosos como el zinc, se hace cada vez más popular y disponible en una amplia gama de colores.

Las razones de la necesidad de una preparación efectiva de la superficie de acero, en muchos casos, son muy simples. Cuando se retira el acero del tanque de

galvanización, este tiene una superficie limpia, brillante y reluciente. Con el tiempo, se convierte en gris-opaco, debido a que el zinc reacciona con el oxígeno, el agua y el dióxido de carbono contenido en la atmósfera para formar una capa compleja, pero estable, rígida y protectora, que permanece totalmente adherida al zinc.

La oxidación se desarrolla despacio y el tiempo exacto depende del clima con se expone el material. Por lo general, el clima puede variar entre seis meses y dos años o más. Durante la transición de la capa externa de zinc a su punto final, se forman óxidos y carbonatos que no se adhieren bien a la superficie. Como la mayoría de las capas de dúplex es aplicada cuando la galvanización se encuentra en esta fase, la capa superficial debe ser modificada por medios químicos o mecánicos para recibir la tinta.

Los recubrimientos pueden ser aplicados directamente sobre la superficie recién

galvanizada o en superficie ya galvanizada hace algún tiempo, pero en este caso los resultados no siempre son consistentes, por lo que no se recomienda el riesgo.

Cuando las exigencias estéticas de un sistema duplex son particularmente altas, puede ser necesario un acabado de la superficie del acero galvanizado, debido a las pequeñas irregularidades de la superficie que pueden ser más visibles después de la aplicación de un recubrimiento orgánico.

Esto ocurre especialmente en sistemas de recubrimiento en polvo. Es necesario tener cuidado en el acabado de un recubrimiento galvanizado, debido a que el recubrimiento de zinc puede ser dañado por algún pulidor fuerte o excesivo.



#### **DIRECTRICES: PRETRATAMIENTO DE PINTURA**

Las directrices para el tratamiento previo de las superficies han sido creadas como resultado de un estudio realizado por un centro de investigación independiente y un importante fabricante de pinturas sobre el rendimiento del sistema de pretratamiento y de pintura disponible en el mercado. Los parámetros de rendimiento en acero galvanizado en caliente fueron confeccionados después de muchos años de experiencia en recubrimientos dúplex.

El tratamiento previo de los materiales galvanizados se realiza mejor inmediatamente después de la galvanización, antes de que la superficie se contamine de alguna manera. Sin embargo, esto no siempre sucede en la práctica.

El pretratamiento se puede realizar después, pero es vital que la zona sea limpiada adecuadamente, eliminando cualquier posible contaminación por aceite, grasa o suciedad. La operación de limpieza no debe dejar residuos en la superficie y se debe limpiar las manchas causadas por el almacenamiento con humedad. Se debe utilizar un pincel. El enjuague con agua ayudará a eliminar las sales solubles.

Existen cuatro métodos reconocidos relacionados con el tratamiento previo

de una superficie para producir un sustrato confiable en el revestimiento de pintura.

#### **FOSFATADO**

El fosfato es considerado el mejor método de tratamiento previo de la pintura de acero galvanizado. Se utiliza una solución de fosfato de zinc que contiene una pequeña cantidad de sales de cobre. Cuando se aplica, la superficie del zinc se vuelve de color negro o gris-oscuro. Esta solución no debe acumularse en las superficies horizontales, ya que esto puede impedir la adherencia máxima de la pintura. Cualquier exceso deberá ser removido con agua. El fosfato es más adecuado para su aplicación en la galvanización nueva y no debe ser utilizado en la galvanoplastia que ha sufrido la intemperie previa.

La solución debe reaccionar con tiempo suficiente para que se seque completamente antes de la aplicación de la primera capa de pintura. Mientras que la investigación ha demostrado que las superficies de fosfatado pueden durar hasta 30 días sin la pintura e incluso más con una buena adherencia de la pintura, es aconsejable reducir al mínimo el tiempo entre el tratamiento previo y aplicación de pintura. Cualquier sal blanca formada por la exposición de la superficie con la solución a la

humedad debe ser removida con un cepillo antes de pintarse. Si existe contaminación de la superficie, se debe limpiar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

#### **CHORREADO ABRASIVO**

Un método mecánico de tratamiento previo es un chorro abrasivo utilizando una fina escoria de cobre o carburo de silicio en polvo con una presión máxima de 40psi (2,7 bar). Esto asegurará que sólo una mínima cantidad de óxido se elimine y la superficie del zinc siga siendo ligeramente áspera. Debe tenerse mayor cuidado cuando se lleva a cabo voladuras en materiales con una capa muy gruesa de zinc, con el fin de evitar daños a la galvanización. La distancia entre la boquilla del jet y la pieza y el ángulo utilizado en voladuras deben ser identificada para cada área de los materiales galvanizados con el fin de obtenerse mejores resultados. Generalmente, este método se utiliza como complemento de la etapa de preparación química.

## ENVEJECIMIENTO

Este proceso sólo es plenamente eficaz después de la exposición del material galvanizado a la atmósfera durante un período de al menos seis meses. La superficie es preparada con una esponja abrasiva o cepillo duro para eliminar todos los materiales sueltos y compatibles y debe asegurarse de que la superficie brillante de zinc no se restaure.

Esto es seguido por un lavado con agua caliente con detergente y enjuague con agua limpia. La superficie debe estar completamente seca antes de aplicarse la pintura. El envejecimiento no debe utilizarse como un método de preparación de la superficie en ambientes marinos con niveles altos de cloro.

## DIRECTRICES: PINTURA

Todos los sistemas de pintura que se usan deben ser formuladas específicamente para su uso en acero galvanizado y aplicarse de conformidad con las recomendaciones del fabricante de tinta.

La elección del sistema de pintura depende de la aplicación y el entorno donde quedará el material. Con el uso cada vez menor de las tintas látex a base de cloro y con base alquídica, los productos de acrílico con base epoxi de alta densidad o polivinilo son cada vez más utilizados. El epoxi reforzado es una opción para los ambientes más severos. En sistemas de multirecubrimientos, el uso de la base de óxido de hierro micáceo (MOI) demostró que ofrece un

mejor agarre.

Los bicomponentes de poliuretano y acrílico-uretanos son de uso general como una capa de calidad superior y ofrecen una buena durabilidad y mantenimiento del color. Las alternativas incluyen las resinas epoxi y los polisiloxanos acrílicos, estos últimos incrementan la resistencia a la abrasión y la retención de buen color y brillo.

En la actualidad, las resinas epoxi de alta densidad son ampliamente utilizadas, aunque los productos basados en el agua, incluidos los poliuretanos, están siendo especificados. Son menos tolerantes con los malos tratamientos previos, pero su uso puede aumentar a medida que el control del uso del disolvente se vuelve cada vez más difícil.

## DIRECTRICES: RECUBRIMIENTO EN POLVO

El uso de pintura en polvo está creciendo rápidamente como un método de la adición de color en superficies de metal. Así como con la galvanización, se lleva a cabo bajo condiciones controladas cuidadosamente en las fábricas. Por esta razón, el tamaño máximo de material de acero con revestimiento en polvo es limitado, pero estos recubrimientos pueden aplicarse con éxito a las superficies galvanizadas por inmersión en caliente.

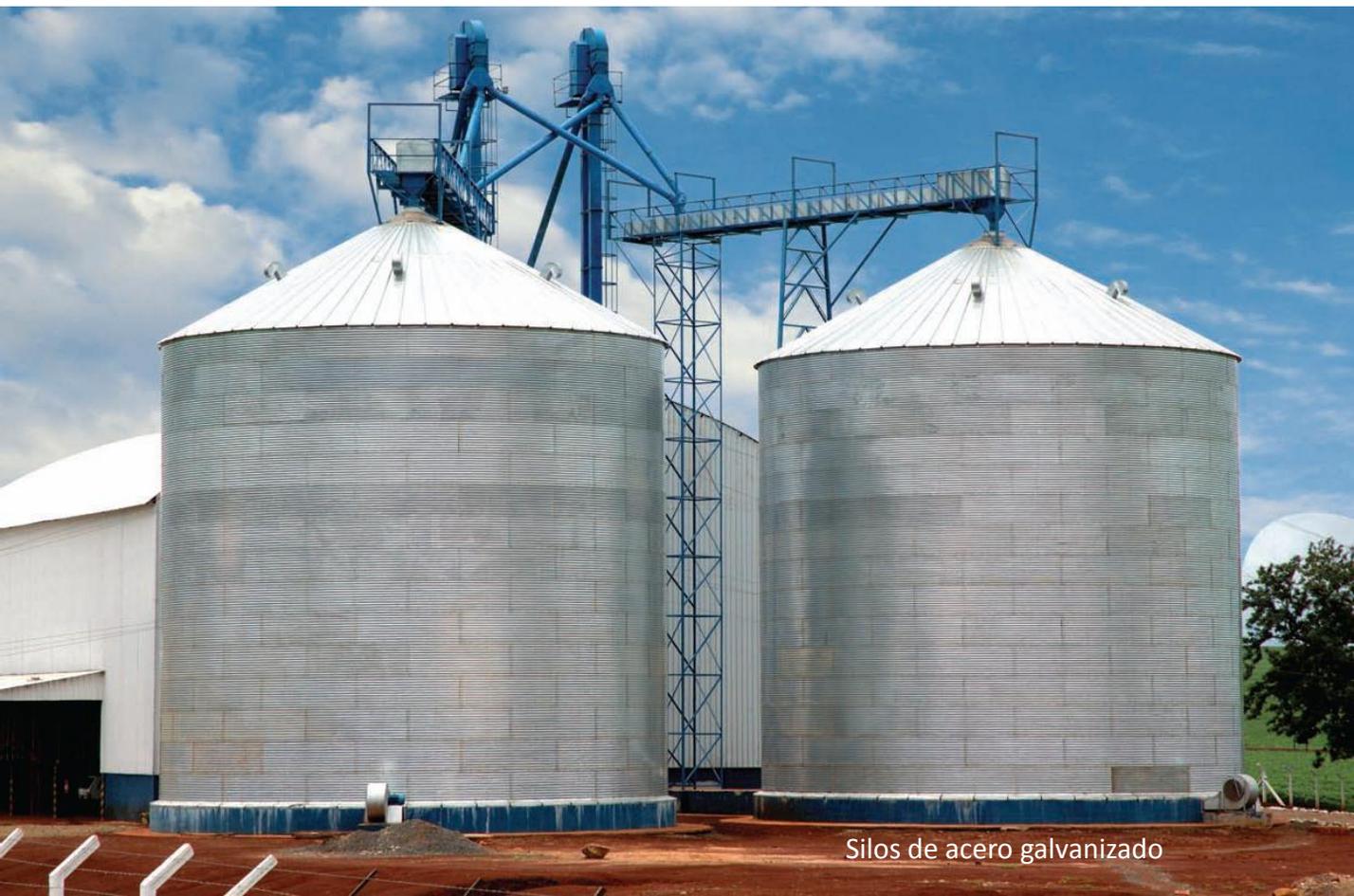
Las características térmicas de acero galvanizado son casi idénticas a las del acero no galvanizado con relación a la pintura en polvo. Existen muchos ejemplos al respecto. Sin embargo, el tratamiento previo de la superficie

galvanizada dependerá de diversos tipos de polvo que se pueden utilizar, como el poliéster, epoxi o híbridos.

Esto incluye generalmente una forma de tratamiento previo químico, como la cromatización y la fosfatización, leve tratamiento térmico, seguido por la aplicación del polvo. La exitosa aplicación de un recubrimiento en polvo a cualquier superficie metálica requiere que las instrucciones proporcionadas por el fabricante del polvo se observen en cada detalle. Por lo tanto, lo ideal es que el trabajo sea realizado por un aplicador autorizado o con experiencia. Así como en el caso de la pintura líquida, existe una amplia gama de colores disponibles.

Es muy importante que el galvanizador sea informado de que el material será recubierto de polvo y que el tratamiento de post-galvanización debe hacerse en función del tipo de acabado elegido.

Un número limitado de productos para la aplicación directa está disponible para su uso en acero galvanizado. Al tener un trabajo de preparación adecuada, el uso de la tinta de aplicación directa no requiere ningún tratamiento previo químico o mecánico. Estos productos son conocidos por ser utilizados en varias aplicaciones.



Silos de acero galvanizado

## CAPÍTULO 8

### CALIDAD E INSPECCIÓN

SE PUEDEN OBSERVAR PEQUEÑOS CAMBIOS EN EL ACABADO DE ACERO GALVANIZADO QUE NO AFECTAN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA PROTECTORA.

EL GRUPO DE GALVANIZADORES ICZ INSISTE EN QUE LAS EMPRESAS MIEMBROS DEBEN MANTENER LOS ESTÁNDARES MÁS ALTOS DE CALIDAD MEDIANTE LA EJECUCIÓN DE LA REGLA ABNT NBR 6323. LOS REQUISITOS NORMATIVOS DE ESTAS REGLAS GARANTIZAN QUE EL RECUBRIMIENTO DE ZINC SEA CONTINUO EN EL GROSOR ESTABLECIDO.





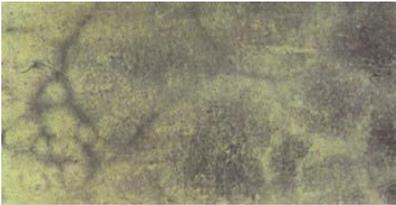
## ACABADO DEL RECUBRIMIENTO

La Figura 26 resume las condiciones observables en el acabado. Las variaciones por lo general son causadas por las características de su propio acero, y la aceptabilidad de un revestimiento debe ser considerado, especialmente en su rendimiento a largo plazo y su resistencia a la corrosión.

Aparéncia	Aceptabilidad de la protección (No necesariamente de la apariencia)
Recubrimiento en gris opaco (No contiene zinc libre, sólo aleación de hierro y zinc)	aceptable
Exceso de zinc acumulado	aceptable, siempre que no comprometa la funcionalidad de la pieza
Manchas de óxido	aceptable (quitar fácilmente con un cepillo rígido)
Aspereza General	aceptable, siempre estaban de acuerdo
Sin uniformidad y drenaje (Drenaje desigual)	aceptable, siempre estaban de acuerdo
Grumos (grano)	aceptable, siempre que la contaminación con sedimento no sea excesiva
Corrosión blanca	aceptable, siempre que no comprometa el espesor de revestimiento ABNT NBR 6323
Mancha de flujo	aceptable, siempre que sea retirada y el zinc permanezca intacto
Puntos de vista	inaceptable, zonas dañadas se pueden retocar según ABNT NBR 6323

Figura 26: Resumen de las variaciones en el acabado de los materiales galvanizados

## RECUBRIMIENTO EN GRIS OPACO



La causa de este aspecto es la distribución de hierro para formar fases de la aleación Fe-Zn en la superficie del recubrimiento. Se desarrolla en zonas localizadas, pero se puede extender sobre toda la superficie de la pieza. Ocurre principalmente en aceros con contenido relativamente alto de silicio o fósforo, sustancias más reactivas con el zinc fundido. Debido a que estos recubrimientos son en muchos casos más gruesos que los normales, ostentan una vida más larga. Rara vez se da el caso de que el galvanizador disminuya ese efecto, el cual es el resultado de la composición química del acero.

## MANCHAS DE ÓXIDO



El acero galvanizado a veces tiene manchas de óxido. Esto puede dar la impresión equivocada de que hay defectos en el recubrimiento y en ocasiones ser visualmente inaceptable. Este efecto puede darse debido a uno o más de los siguientes factores:

- Contacto directo de las piezas galvanizadas con acero sin protección o con la protección inadecuada (por ejemplo, las secciones de acero galvanizado fijadas con tornillos de acero sin protección, laminados o pintadas);

- Los depósitos de polvo de hierro y acero de otras operaciones o fuentes sobre la superficie galvanizada;

- El drenaje de agua de una pieza de acero sin protección o insuficiente protegida (por ejemplo, las áreas dañadas en las estructuras de acero pintadas);

- Residuos de limpieza en soldaduras o placas sobrepuestas;

- Durante la limpieza, el ácido puede penetrar en el área de soldadura a través de los orificios para pernos u otros espacios en la soldadura (chorro ácido);

- Óxido en zonas soldadas después de la galvanización y dejadas sin protección o con protección inadecuada;

- Agua corriente de otros materiales, materiales conocidos como el cobre y ciertos tipos de madera dura (por ejemplo, el roble). Este efecto puede ocurrir siempre que el

agua disuelva materiales de una superficie y los deposite en el acero galvanizado.

Para evitar las manchas de óxido, todas las partes de la estructura deben recibir una protección eficaz contra la corrosión, cuando sea posible. Tuercas, tornillos y otros fijadores también deben ser galvanizados por inmersión en caliente (véase el Capítulo 4). La soldadura deberá ser continua, cuando sea posible, para minimizar la retención de residuos de limpieza y también estar libres de desechos. Las estructuras deben estar diseñadas para evitar la afluencia del agua de otros metales en el acero galvanizado. Cuando sea necesaria la soldadura después de la galvanización, las zonas soldadas deben ser cuidadosamente limpiadas y el recubrimiento de zinc restaurado.

Las manchas de la mayoría de fuentes externas no tienen ningún efecto sobre la vida útil del revestimiento. Sin embargo, las zonas afectadas se pueden limpiar para mejorar el aspecto de la estructura. Por lo general, puede utilizar un cepillo duro o polvo abrasivo para remover la mancha y dejar el recubrimiento galvanizado intacto.

## ASPEREZA GENERAL



El recubrimiento áspero ocurre debido a la formación irregular de capas de Fe-Zn y Zn puro, debido a la composición química de la superficie de acero o el estado superficial de la pieza. Estos factores se encuentran fuera del control del galvanizador. Al tener baja potencia de cobre, el zinc no corrige las fallas en la superficie del material. La rugosidad originada en el proceso de galvanización se debe al exceso de extracción, la inmersión por tiempo prolongado del tanque de galvanización o la alta temperatura del zinc fundido.

El recubrimiento áspero suele ser más grueso que el recubrimiento convencional. En aplicaciones donde el acabado áspero es estéticamente inaceptable o perjudica el rendimiento del producto, rara vez es posible que el galvanizador pueda alcanzar una cierta mejora. La composición química y la superficie del material deben ser cuidadosamente especificadas.

## SIN UNIFORMIDAD Y DRENAJE (DRENAJE DESIGUAL)



Asimismo, puede presentarse una capa irregular dependiendo de la complejidad y la composición química del material procesado. No se puede exigir el mismo acabado para la galvanización de piezas ejecutadas por un proceso discontinuo u otro continuo.

Dependiendo de la geometría de las piezas, algunas variables del proceso deben tenerse en cuenta, como la temperatura del zinc fundido, la velocidad y la salida de la parte de inmersión del baño de zinc, velocidad de enfriamiento y el tiempo de permanencia de la pieza en el baño de zinc.

El exceso causado por el flujo desigual del zinc en una pieza, cuando se retira de la bañera, puede suceder por causa de la forma de la trayectoria de los componentes. No se daña la vida útil del recubrimiento.

Las puntas afiladas del exceso de zinc solidificado no son aceptables, ya que pueden presentar riesgos durante la manipulación. Las fabricaciones con áreas en las que las puntas se retiraron, dejando al descubierto el acero, exigen la reparación de la cubierta según las explicaciones en el dorso.

## GRUMOS (grano)



Son depósitos de diversos tipos, formas y dimensiones que forman parte de la capa de zinc. Los grumos se forman cuando las impurezas del baño de zinc (lodos, óxidos, plomo), se fijan en la superficie de la pieza con zinc en el momento de su retirada de la bañera.

La presencia de excesiva cantidad de grumos suele ser causa de rechazo, ya que tienden a debilitar el recubrimiento.

## CORROSIÓN BLANCA



Es el nombre dado a los depósitos blancos que se forman en la superficie de la pieza con zinc, debido al almacenamiento o transporte en condiciones de mala ventilación o humedad.

A pesar de la apariencia, la corrosión blanca no pone en peligro la capa de zinc original. En caso de duda, debe procederse a una limpieza del área afectada y verificar su espesor.

Para evitar la corrosión blanca en el almacenamiento, las piezas recubiertas de zinc deben ser transportadas y almacenadas en un lugar seco y aireado. Si son almacenadas al aire libre, las piezas no deben estar en contacto cercano: la circulación libre de aire es necesaria para evitar la condensación y la retención de la humedad. Se debe evitar el agrupamiento o contenedor cerrado, porque la acción capilar puede dibujar superficies de agua en el contacto cercano. Las piezas no deben almacenarse en contacto directo con el suelo.

Para prevenir la aparición de corrosión blanca, los galvanizadores utilizan un proceso de estabilización pasiva, que consiste en aplicar una solución que inhibe la corrosión blanca. Sin embargo, estas medidas no se encuentran exentas de atención en el almacenamiento del acero galvanizado.

### MANCHAS DE FLUJO



Cuando el flujo se utiliza durante el proceso de inmersión de la pieza en el baño de zinc, se puede unir a la superficie de la pieza y causar manchas de negro en el recubrimiento. Estos elementos tienden a absorber la humedad y a formar un compuesto ácido.

Los depósitos de flujo eliminados de la superficie de la pieza en el momento de la retirada de la bañera, no justifican el rechazo, ya que, mediante la retirada del tanque, el recubrimiento de zinc se mantiene intacto.

### PUNTOS DESCUBIERTOS



Debido a la acción del sacrificio del zinc, las fallas pequeñas, 8 mm<sup>2</sup> a lo sumo, son protegidas y ejercen poco efecto sobre la vida del recubrimiento. Grandes áreas descubiertas son generalmente el resultado de procesos defectuosos y deben ser rechazadas.

Las causas del problema sólo serán responsabilidad del galvanizador si hubo un tratamiento previo deficiente, excesiva temperatura de secado antes de la galvanización o piezas apoyándose unas sobre otras durante la inmersión en el baño.

Los puntos descubiertos pueden ser

causados también por los defectos del acero laminado. Pequeñas áreas de la capa pueden a veces paralizar las operaciones de corte o soldadura después de la galvanización. Los hierros fundidos de color gris en el decapado químico presentan nódulos de grafito que afloran en la superficie y causan fallos en la galvanización. Por lo tanto, se recomienda el chorreamiento de estos materiales antes de la galvanización.

A pesar de la excelente resistencia del recubrimiento de zinc, pueden dañarse áreas pequeñas durante el transporte, manipulación y montaje. La reparación de estas áreas debe ser realizada de acuerdo con ABNT N BR 6323.



## RETOQUE DE REVESTIMIENTOS DAÑADOS

Pequeñas áreas de la capa puede ser dañadas a través de operaciones como el corte o la soldadura después de la galvanización y, a pesar de que el recubrimiento galvanizado tiene una excelente resistencia a los tratamientos agresivos, pequeñas áreas de daño pueden presentarse ocasionalmente en el transporte y construcción. Debido a la protección de sacrificio del zinc, los pequeños fallos no causan la reducción de la protección. Sin embargo, generalmente con fines estéticos, la capa se renueva aunque sólo sea en pequeñas áreas.

De acuerdo con ABNT NBR 6323, los defectos que no excedan del 0,5% de la superficie pueden ser retocados por metalización (proyección térmica) o por la aplicación de pinturas ricas en zinc. Estas reparaciones deben hacerse sobre la superficie limpiada adecuadamente. La pintura rica en zinc es más fácil de ser aplicada, especialmente en el campo.

## MEDICIÓN DEL PESO O DEL GROSOR DEL RECUBRIMIENTO

-En la mayoría de los casos, el proceso asegura un peso de recubrimiento y espesor suficiente para satisfacer las demandas tanto del ABNT y otras normas internacionales. Las pruebas determinan el

éxito del proceso;

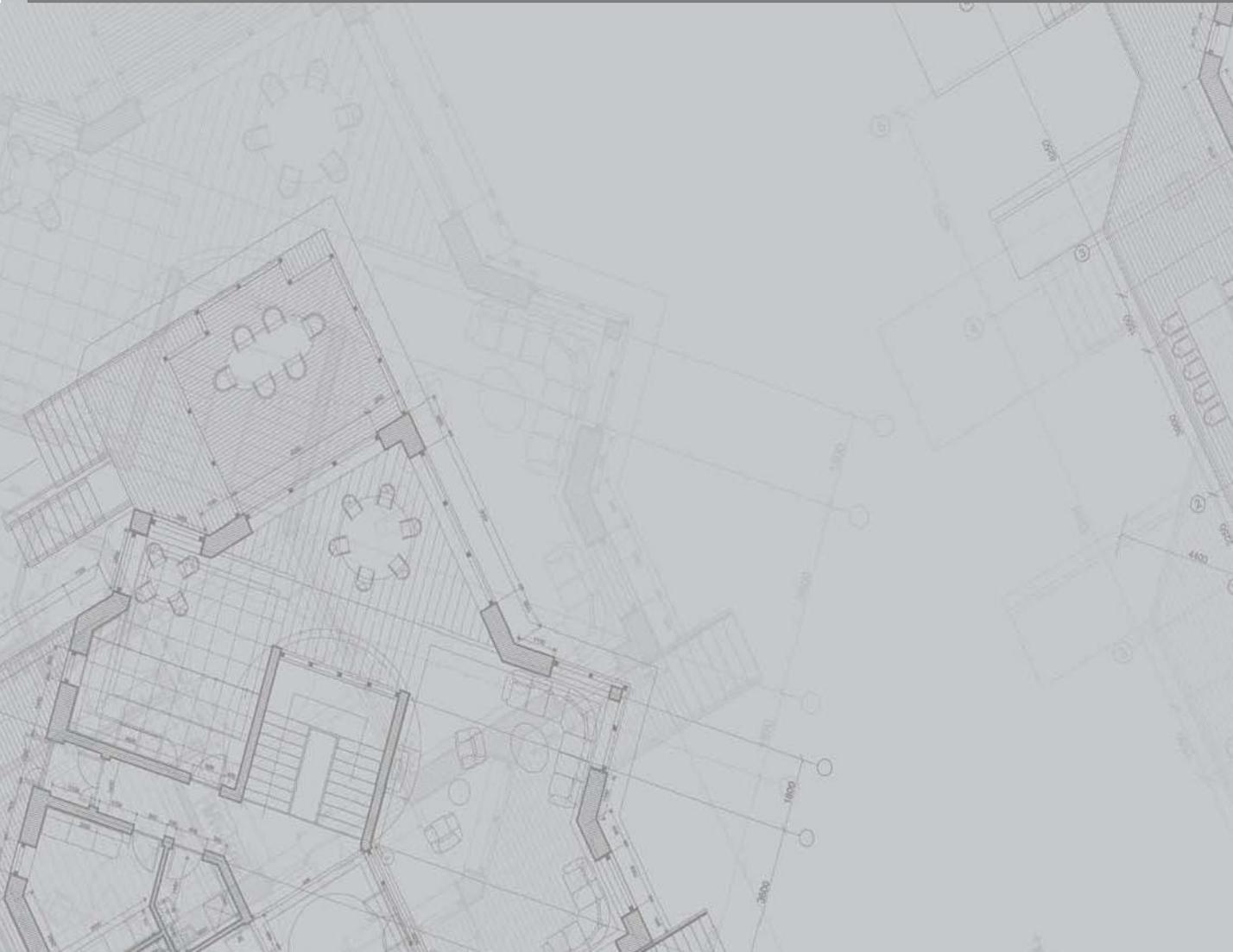
- Peso de la capa: ABNT NBR 7397, ensayo destructivo que se aplicarán en la pieza de ensayo consiste en verificar el peso de (g/m<sup>2</sup>) de zinc en la pieza. Esto es una prueba que se debe hacer al inicio;

- Espesor de la capa ABNT NBR 7399, que permite a los ensayos no destructivos, con precisión, sabiendo que el espesor del recubrimiento aplicado en la pieza. Hay dispositivos, la atracción magnética y el principio de inducción magnética. Estos ensayos no destructivos se pueden realizar en cualquier etapa de la vida de una sola pieza galvanizada con el fin de fijar el espesor del recubrimiento de zinc restantes.

## CAPÍTULO 9

### NORMAS DE REFERENCIA

EL PRESENTE CAPÍTULO SE REFIERE A DIVERSAS NORMAS INTERNACIONALES SOBRE GALVANIZACIÓN POR INMERSIÓN EN CALIENTE Y OTROS TIPOS DE REVESTIMIENTOS DE ZINC.





**Invernaderos con acero galvanizado**

## **NORMAS BRASILEÑAS**



**NBR6323**

Galvanoplastia productos de acero o hierro fundido - Especificación

**NBR7397**

Productos de acero o hierro fundido recubierto con zinc por inmersión en caliente - Determinación de la masa de recubrimiento por unidad de área - Método de ensayo

**NBR7398**

Producto de acero o hierro fundido recubierto con zinc por inmersión en caliente - Verificación de la adhesión del Revestimiento

**NBR7399**

Producto de acero o hierro fundido galvanizado en caliente - Control del espesor del proceso de recubrimiento no es destructivo - Método de ensayo

**NBR7400**

Galvanización de productos de acero o hierro fundido en caliente por inmersión - Verificación de la uniformidad de los revestimientos - Método de ensayo

**NBR7414**

Galvanización de productos de acero o hierro fundido galvanizado en caliente - Terminología

**NBR14267**

Elementos sistema de fijación - Piezas roscadas galvanizadas por inmersión en caliente - Especificación

**NBR14643**

Corrosión atmosférica – Clasificación de corrosividad de las atmósferas

## **NORMAS BRITÁNICAS Y EUROPEAS**

**BS EN ISO 1461: 1999**

Especificaciones y métodos de ensayo para recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente sobre artículos fabricados con hierro y acero

**Certificación BS EN ISO 14713: 1999**

Protección contra la corrosión del hierro y el acero en las estructuras - Revestimientos de zinc y de aluminio - Directrices

**BS 7371: Parte 6: 1998**

Revestimientos en los fijadores de metal - Especificación inalambrica de recubrimientos galvanizados por inmersión Caliente

**BS EN 244 10: Parte 2: 2001**

Productos de alambre de acero y cables - Recubrimientos metálicos no ferrosos en el alambre de acero

BS EN 10326 / 10327: 2004  
Recubrimientos de zinc por inmersión en caliente sobre chapa de acero

BS 3083: 1988  
Hoja revestida y corrugada por inmersión en caliente para usos generales

## OTRAS REGLAS PARA EL RECUBRIMIENTO DE ZINC

BS EN 12 329: 2000  
Protección contra la corrosión de los metales. Recubrimientos electrodepositados de zinc con el tratamiento complementario de hierro y acero

BS EN ISO 2063: 2005  
De aluminio y revestimientos de zinc por el aerosol

BS 3382: Parte 2: 1961  
El zinc laminado en componentes roscados

BS 4921: 1988  
Recubrimientos sherardizados sobre artículos de acero y hierro

## OTRAS NORMAS BRITÁNICAS DE INTERÉS

BS 7361: Parte 1: 1991  
Protección catódica

BS EN 13636: 2004  
Cátodo de propiedades de los tanques metálicos enterrados y tuberías correspondientes

BS 7173: 1995  
Limpieza y preparación de superficies metálicas

BS 6484: 1979  
Corrosión bimetalica en contacto

BS 7079: 1994  
Preparación de la superficie de sustratos de acero antes de la aplicación de recubrimientos

BS EN ISO 2178: 1995  
Medición del espesor del recubrimiento: método magnético

BS EN ISO 9001: 2000  
Sistema de gestión de calidad

BS EN ISO 11124: las partes 3 y 4  
Chorro de hierro enfriado y grava para la limpieza abrasiva

BS EN 971:1: 1996  
Términos y definiciones de pinturas y

barnices para materiales de revestimiento. Condiciones Generales

BS EN 23270: 1991  
Especificación de la temperatura y la humedad las pruebas y el tratamiento de pinturas, barnices y sus materias primas

BS 4395: Partes 1 y 2: 1969  
Pernos, la fricción de alta resistencia

BS EN 14399: Partes 1-6: 2005  
Conjuntos estructurales del perno de alta resistencia para precarga

BS EN ISO 1460: 1995  
Determinación de la masa de recubrimiento de galvanización en caliente: gravimétrico

BS EN ISO 1463: 2004  
Método microscópico de medición del espesor del revestimiento

BS EN ISO 2064: 2000  
Definición y medición relacionadas con la convención del espesor de revestimiento

BS EN ISO 12944: 1998  
Pinturas y barnices - protección contra la corrosión de estructuras de acero mediante los sistemas de pintura de protección

## NORMAS ASTM

A123/A123M - 02  
Recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente sobre productos fabricados

A90 / A 90M - 01  
Método de ensayo para el peso del recubrimiento de zinc sobre hierro y artículos de acero

A143 - 03  
Protección contra la fragilización

A1531A 153M - 05  
Recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente sobre las herramientas de acero y hierro

A325 - 06  
Tornillo de acero de alta resistencia al carbono

A384-02  
Protección contra la distorsión

A385 - 05  
Práctica para ofrecer un acabado galvanizado de alta calidad

A6531A 653m - 06  
Chapas de acero galvanizadas por

inmersión en caliente

A767 / A 767M - 05  
Barras de refuerzo galvanizados por inmersión en caliente

A780 - 01  
Reparación de galvanizado por inmersión en caliente dañado

## NORMAS DIN

DIN 267  
Los sujetadores galvanizados por inmersión en caliente

DIN EN ISO 1461  
Recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente sobre artículos manufacturados de hierro y acero - Especificaciones y métodos de ensayo

DIN 50978  
Ensayo de adherencia de los revestimientos, galvanizado en caliente

DIN 50 933  
La medición del espesor del recubrimiento mediante un lápiz óptico

DIN 51 213  
Pruebas de recubrimientos de zinc y cables

DIN 59 231  
Chapa ondulada galvanizada

DIN 50 961  
Zinc laminado

DIN EN ISO 2063  
Revestimientos de aluminio y zinc por aerosol

## NORMAS SUECAS

3192 SS  
Los componentes roscados galvanizados en caliente

SS 055 900  
Acero de limpieza por aplicación de chorreado

SS 3683  
Principios y requisitos para la galvanización en caliente

SS EN ISO 1461  
Recubrimientos para galvanizado por inmersión en caliente en fabricados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de prueba

## NORMAS ISO

ISO 1459  
Protección por galvanización en caliente: los principios rectores

ISO 2063  
Spray de metal de zinc y aluminio

ISO 2081  
Recubrimientos de zinc laminado

ISO 3575  
Chorros continuos galvanizados en caliente  
Pág. 51

## NORMAS AUSTRALIANAS

AS / NZS 4680  
Recubrimientos para galvanizado en caliente (zinc) en la fabricación de artículos ferrosos

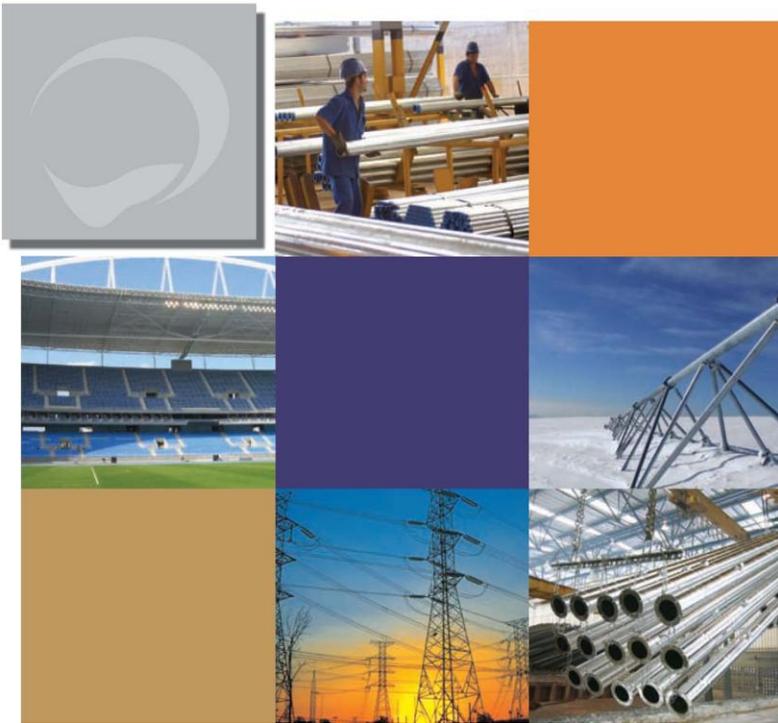
AS / NZS 4534  
Los recubrimientos de aleación de zinc / cables de aluminio

AS / NZS 4791  
Recubrimientos para galvanizado en caliente (zinc) en secciones ferrosas

abiertas, aplicados por un proceso en línea

AS / NZS 4792  
Recubrimientos para galvanizado en caliente (zinc), sobre secciones vaciadas ferrosas, aplicadas mediante un proceso continuo o especializado.





Con sincero agradecimiento a la Asociación de Galvanizadores del Reino Unido y el Grupo de Galvanizadores





Tel.: (11) 3214-1311 | E-mail: [contato@icz.org.br](mailto:contato@icz.org.br)  
[www.icz.org.br](http://www.icz.org.br)  
[www.portaldagalvanizacao.com.br](http://www.portaldagalvanizacao.com.br)