

EL ACERO GALVANIZADO Y LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

SOLUCIONES PARA UNA ECONOMÍA CIRCULAR



La Asociación Europea de Galvanizadores (EGGA) es la organización industrial del sector europeo de la galvanización general. Es una federación de 14 asociaciones nacionales que representan al sector en Europa.

La *"Iniciativa Europea sobre la Galvanización y la Construcción Sostenible"* comenzó a principios de la década de 2000 mediante la elaboración de un análisis multidisciplinar con numerosas partes interesadas que culminó con la publicación, en 2008, del documento *"La Galvanización y la Construcción Sostenible: Guía para proyectistas"*¹ bajo la dirección del profesor Tom Woolley, un profundo defensor de la construcción sostenible que impulsó un nuevo y emocionante enfoque sobre el galvanizado en caliente y su relación con el diseño sostenible.

La presente publicación expone cómo la industria del galvanizado está avanzando, manteniendo el acero galvanizado a la vanguardia de las soluciones para afrontar el cambio climático e implantar la economía circular, cuyos objetivos se encuentran ya claramente establecidos en las políticas actuales.

El acero galvanizado es capaz de ofrecer soluciones innovadoras que optimizan la durabilidad y facilitan la circularidad de las estructuras y los componentes de acero. Mediante este sencillo y bien establecido método de protección del acero, este tipo de soluciones son de fácil aplicación.

Portada: MFO-Park, Zúrich: El acero galvanizado se ha usado para renovar un antiguo emplazamiento industrial

EL ACERO GALVANIZADO Y LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

SOLUCIONES PARA UNA
ECONOMÍA CIRCULAR



Publicado por EGGA | Septiembre 2021

© Copyright 2021 European General Galvanizers Association

www.egga.com



Producir



Reciclar



Usar



Refabricar



Reutilizar

CONTENIDO

- 7 El reto de la construcción sostenible
 - 9 El acero galvanizado en la economía circular
 - 18 Acero galvanizado: puesta en práctica de las políticas de economía circular
 - 25 Diseño para la reutilización del acero galvanizado
 - 27 La capacidad de reutilización del acero galvanizado
 - 37 Regalvanización de infraestructuras de acero galvanizado
 - 43 Reciclaje del zinc del acero galvanizado al final de su vida útil
 - 47 Evitar el mantenimiento reduce las emisiones de carbono
 - 52 Sostenibilidad del ciclo de vida de las estructuras de acero galvanizado
 - 57 Cómo la galvanización protege el acero
 - 63 La industria de la galvanización
 - 69 Declaraciones Ambientales de Producto
 - 72 Galvanización para edificios saludables
 - 75 Referencias
 - 77 Agradecimientos y reconocimientos
 - 79 Más información sobre el acero galvanizado
-
- Estudios de caso**
 - 13 La Casa Verde – diseño para la flexibilidad y la reutilización
 - 16 Punto de información – listo para ser reubicado y reutilizado
 - 23 Diseñado para la deconstrucción – Fraunhofer IWKS
 - 31 Tribuna de Gramsbergen – renacimiento después de 40 años
 - 34 Casa del árbol de Dursley
 - 40 Centro de conocimiento energético de Leeuwarden
 - 45 Casa D6 – vivienda reversible sostenible
 - 46 Pensando en el futuro – rediseño con acero galvanizado
 - 54 Puente Lydlinch – construido en 1942 y en excelentes condiciones
 - 56 Edificio ferroviario en Baviera: 120 años de vida y continúa inalterado
 - 61 Ópera de Garsington – pabellón desmontable
 - 74 Por favor, siéntese



EN ISO 1461

A lo largo de este documento, el término "acero galvanizado" hace referencia a artículos de acero que, tras ser producidos o fabricados, han sido sumergidos en un baño de zinc fundido. Este es el proceso de galvanización por lotes (o "general") llevado a cabo habitualmente conforme a la norma EN ISO 1461, con objeto de lograr un recubrimiento grueso de zinc, resistente y que cubra completamente el artículo de acero. Ningún otro tipo de acero galvanizado es capaz de obtener este resultado.

THE GREEN HOUSE

eat meet relax enjoy



EL RETO DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La preocupación por los efectos del cambio climático es seria y urgente

Para evitar los efectos adversos del cambio climático, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha recomendado que se reduzcan las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, entre los cuales el CO₂ es el más importante, para lograr la neutralidad climática en 2050. El objetivo es limitar el calentamiento global a 1,5°C por encima de los niveles preindustriales².

Con la población mundial en crecimiento y el consiguiente aumento del uso de materiales, resulta evidente la necesidad de un nuevo enfoque para maximizar el valor de las materias primas manteniendo los edificios, las infraestructuras, los recursos y los materiales en uso durante el mayor tiempo posible.

La primera ley europea sobre el clima³, introducida por la Comisión Europea en 2020, propone un objetivo legalmente vinculante de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050, como parte del Pacto Verde de la UE⁴. Este ambicioso objetivo se apoya en iniciativas para lograr la transición de

la industria hacia un modelo más sostenible, basadas en los principios de economía circular.

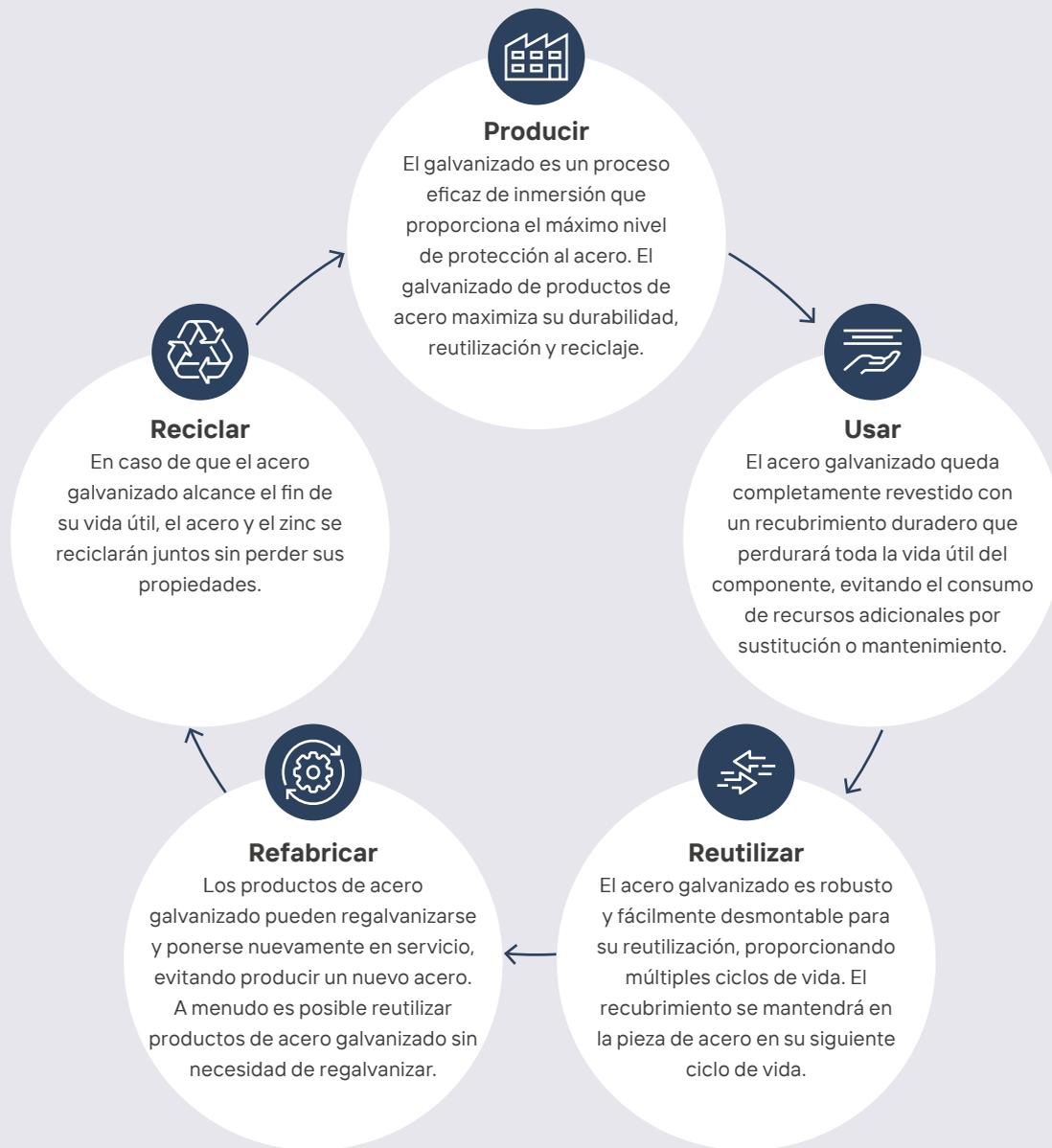
El sector de la galvanización acoge con satisfacción el creciente interés en el desarrollo de una economía más circular, incluyendo el diseño para maximizar la durabilidad, la deconstrucción, el desmontaje y la flexibilidad, así como la reutilización, la recuperación o la refabricación de materiales. Las estructuras y componentes de acero galvanizado son excelentes materiales circulares para edificios bajos en carbono.

El acero es esencial para satisfacer las necesidades cotidianas de la sociedad y lo seguirá siendo en el futuro. Ya sea para los sistemas de transporte, las infraestructuras, la vivienda, las fábricas, la agricultura o la energía, el acero es ampliamente reconocido como el "material permanente en la economía circular".

En la búsqueda de la sostenibilidad en el uso de materiales, la combinación del galvanizado en caliente y el acero, representan una alternativa inmejorable para el diseño sostenible.

Izquierda

La Casa Verde (ver pág. 12+13)



EL ACERO GALVANIZADO EN LA ECONOMÍA CIRCULAR

Economía Circular en la Construcción

La economía circular consiste en pasar del modelo empresarial lineal, en el que los productos se fabrican a partir de materias primas y luego se desechan al final de su vida útil, a modelos empresariales circulares en los que el diseño inteligente hace que los productos o sus partes se reparen, se reutilicen, se retornen y se reciclen.

Una economía circular pretende reconstruir el capital, ya sea financiero, manufacturero, humano, social o natural. Este enfoque mejora el flujo de bienes y servicios. El concepto de economía circular impulsa el uso eficiente de los recursos. Además, se asegura de que los recursos se asignen de forma eficiente a los productos y servicios de manera que se maximice el bienestar económico de todos.

Además, los productos tienen que estar diseñados para ser duraderos, fáciles de reparar y en última instancia, para ser reciclados. El coste de la reutilización, reparación o refabricación de los productos tiene que ser competitivo para fomentar estas prácticas. La simple sustitución de un producto por otro nuevo debe dejar de ser ya la práctica habitual.

La economía circular garantiza también el mantenimiento del valor en un producto cuando llega al final de su vida útil, reduciendo o eliminando al mismo tiempo los residuos. Esta idea

es fundamental para el concepto de la "triple línea de base" del desarrollo sostenible que se centra en la interacción entre los factores medioambientales, sociales y económicos. Es imposible alcanzar una verdadera economía circular sin un enfoque basado en el análisis de ciclo de vida.

La construcción es una prioridad para alcanzar la economía circular ya que, teniendo en cuenta el ciclo de vida completo del edificio⁵, el sector es responsable del:

- 50% de las materias extraídas
- 50% del consumo total de energía
- 33% del consumo de agua
- 35% de la generación de residuos

La construcción circular significa pensar desde un principio en cómo diseñar un edificio para poder desmontar fácilmente sus componentes al final de su vida útil, con objeto de que sean reutilizados.

Características del acero galvanizado





Para lograrlo, los arquitectos están cambiando su forma de pensar para:

- Diseñar edificios flexibles y adaptables, que mantengan su funcionalidad durante un largo tiempo, pero que puedan modificarse.
- Diseñar para la re-funcionalidad. Tener en cuenta en la fase de diseño futuros nuevos usos y usuarios de un edificio.
- Asegurar que los componentes sean reutilizables y diseñar el edificio en consecuencia.
- Utilizar recursos con un valor residual positivo.

¿Por qué el acero galvanizado?

Reconocer que el concepto de economía circular es fundamental para optimizar la sostenibilidad de los materiales ha vuelto a situar la sencillez, robustez, durabilidad y reciclabilidad inherente de las estructuras y componentes metálicos a la vanguardia del diseño sostenible:

- La galvanización por inmersión en caliente del acero garantiza el máximo nivel de protección contra la corrosión.
- La estructura o componente alcanzará su esperanza de vida sin necesidad de mantenimiento.

- El galvanizado acompañará a la estructura de acero en sus múltiples ciclos de reutilización.
- El galvanizado es climáticamente resiliente dado que su capacidad de protección no se ve afectada por cambios de temperatura u otros factores climáticos.
- El galvanizado se une al acero lo que permite reutilizar el producto sin necesidad de un nuevo recubrimiento (piense en los andamios que se ensamblan y desmontan repetidamente en nuestros edificios).
- El acero galvanizado que haya llegado al fin de su vida útil o que se haya desinstalado por cualquier motivo, puede ser regalvanizado y devuelto a su uso original.
- Si los ciclos de reutilización llegan a su fin el acero y el zinc se reciclan juntos en los habituales y bien conocidos procesos de reciclaje del acero.
- El zinc vuelve a las fábricas de zinc sin perder sus propiedades inherentes, pudiendo retornar de nuevo al proceso de galvanización.

Si tuviéramos que diseñar un sistema pensando en la economía circular la galvanización en caliente sería el ejemplo perfecto. ¡Y no solo está presente hoy en día, sino que lleva décadas cumpliendo estos principios!



LA CASA VERDE – DISEÑO PARA LA FLEXIBILIDAD Y LA REUTILIZACIÓN



Reutilizar



La Casa Verde (*The Green House*) podría ser completamente desmantelada y reconstruida en otro lugar

La Casa Verde alberga un restaurante con su propia granja urbana y un centro de conferencias. Fiel a los principios de la economía circular todo el edificio es desmontable. Debido a su alto grado de precisión, los elementos de acero son fáciles de desmontar y volver a montar. Una característica especial de la estructura de acero de The Green House es su diseño en forma de cuadrícula, que permite realizar múltiples configuraciones del edificio con un solo kit de construcción.

En 15 años, está previsto que sea desmantelada y reconstruida en otro lugar. La reutilización también desempeñó un papel importante en la elección de los materiales para el proyecto.

El pabellón fue diseñado como un kit de construcción genérico con un marco de acero compuesto por secciones de acero galvanizado en caliente que se pueden desmontar fácilmente para su reutilización. También se utilizó galvanizado para las cerchas del enrejado de la fachada, el techo (incluyendo

la construcción de la cubierta de un pequeño invernadero), las balaustradas y la escalera de dentro del pabellón.

El acero galvanizado por inmersión en caliente remarca el carácter audaz de La Casa Verde y su invernadero de agricultura urbana. Los arquitectos también reconocieron que la galvanización por inmersión en caliente se presta perfectamente al desmontaje y reensamblaje, ya que el recubrimiento de zinc no se daña durante el proceso.

Los principios jerárquicos de la economía circular ilustran la importancia del acero galvanizado



Hacer realidad la Economía Circular

Los principios jerárquicos de la economía circular ilustran muy bien el importante papel de la galvanización en la mejora del reconocimiento del acero como material circular, ya que el revestimiento de zinc del galvanizado se convierte en parte integrante de la estructura de acero, resistiendo los impactos y la abrasión durante el desmontaje y la reutilización. Esta característica favorece la reutilización, refabricación y rediseño de estructuras y componentes de acero.

Reducir el peso de los productos y, por tanto, la cantidad de material utilizado es clave para la economía circular. La industria siderúrgica ha desarrollado aceros avanzados de alta resistencia para muchas aplicaciones. Estas calidades contribuyen a la ligereza de los productos, que van desde turbinas eólicas hasta paneles de construcción y automóviles, dado que con menos acero se logra la misma resistencia y funcionalidad. Al proporcionar el máximo nivel de protección, la galvanización evita las posibles pérdidas durante el servicio debidas a la corrosión, por lo que permite utilizar perfiles de acero más delgados y ligeros.

El acero puede reutilizarse o destinarse a nuevos usos, con o sin refabricación. Esto ya está sucediendo con componentes de automoción, edificios, vías ferroviarias y muchas otras aplicaciones. Y es interesante constatar que la reutilización del acero, no limitándolo a un primer y único destino, no es un concepto nuevo; la reutilización se remonta a la antigüedad (cuando se reconvertían las espadas en arados).

Ahora el futuro exige que las tasas de reutilización aumenten a medida que se generalice el ecodiseño, los diseños que incluyan el reciclaje y la eficiencia en el uso de los recursos. Las tasas de reutilización aumentarán a medida que se generalice el ecodiseño,

el diseño para la reutilización y el reciclaje y la eficiencia en el uso de los recursos.

Si los arquitectos e ingenieros quieren integrar elementos de acero reutilizables en la parte estructural de un edificio, el galvanizado es el sistema de recubrimiento ideal. El acero galvanizado no se verá afectado por las actividades de desmontaje y remontaje, a diferencia del acero pintado, que tendrá que ser repintado o, al menos, reparado. Además, el galvanizado ofrece al acero una mayor esperanza de vida que otros sistemas de recubrimiento, lo que permite una reutilización frecuente del material.

En una economía circular se producirá un cambio de los sistemas basados únicamente en productos efímeros a otros basados en los servicios. En ellos las reparaciones y el mantenimiento serán cada vez más importantes, al igual que los esfuerzos para limitar la distancia entre el taller y el usuario con el fin de minimizar el impacto medioambiental. Esto estimulará las economías locales y hará más fácil su utilización para el usuario final.

Los productos de acero son fácilmente reparables y una vez reparados, pueden volver a galvanizarse completamente.

El acero y el zinc son 100% reciclables y pueden reciclarse una y otra vez para crear nuevos productos de acero en un ciclo cerrado del material. El acero reciclado conserva las características intrínsecas del acero original y sus propiedades magnéticas garantizan una recuperación fácil y asequible en cualquier flujo de residuos, mientras que el elevado valor de la chatarra de acero garantiza la viabilidad económica del reciclado. Hoy en día, el acero es el material más reciclado del mundo. Cada año se reciclan más de 650 millones de toneladas de acero, incluida la chatarra nueva (descartes previos al consumo) y la de post-consumo⁶.

PUNTO DE INFORMACIÓN – LISTO PARA SER REUBICADO Y REUTILIZADO



El desarrollo de Les Glòries en el flanco este de Barcelona, ha sido una de las mejoras urbanísticas más importantes de la ciudad. Durante la regeneración de la zona, el Ayuntamiento de Barcelona quería instalar un Punto de Información para los residentes locales que sirviera también para proporcionar información a los turistas.

Los arquitectos locales Peris + Toral ganaron el concurso con una modélica estructura temporal que, tras cuatro años de uso como punto de información, podía posteriormente trasladarse a otro lugar. Tras una cuidadosa investigación de los posibles materiales, se

optó por una estructura que utilizaba para el marco exterior tubos de acero galvanizado combinados con una piel de policarbonato translúcido y módulos internos prefabricados de madera. Estos módulos sirven como mesas de información y punto de alquiler de bicicletas. El presupuesto final fue de 170. 000 euros.

Después de cumplir elegantemente su función desde 2015, el Ayuntamiento de Barcelona ha encargado a Peris + Toral el proyecto de reubicación de la obra para su reutilización como Centro Juvenil (*Casa de Joves*) en el barrio de Sant Martí, en Barcelona.

Debajo

La estructura es fácilmente desmontable y puede reubicarse y reutilizarse con el mínimo impacto





Izquierda

Se utilizó acero galvanizado para crear una estructura temporal y proteger el edificio durante la regeneración de la zona circundante. Se eligieron materiales que proporcionaban transparencia a la estructura, pero también podían ser fácilmente deconstruidos para dar una nueva vida

Debajo Izquierda

La estructura es tanto un punto de información como centro de alquiler de bicicletas eléctricas

Debajo

La estructura será reutilizada y reubicada por los arquitectos como un centro juvenil en otra parte de la ciudad



ACERO GALVANIZADO – PUESTA EN PRÁCTICA DE LAS POLÍTICAS DE ECONOMÍA CIRCULAR

La Comisión Europea ha publicado recientemente, "La Economía circular: Principios para el Diseño de Edificios"⁷, donde prevé tres escenarios (u objetivos) claves para lograr la reducción de los residuos, la optimización del uso de materiales y la reducción de los impactos medioambientales en el diseño y elección de materiales a lo largo del ciclo de vida.

A continuación se explican los tres objetivos de la Comisión:

Durabilidad

La durabilidad de los edificios requiere un diseño mejorado, un mayor rendimiento de los productos de construcción y un adecuado intercambio de información. Los elementos estructurales deben, siempre que sea posible, durar tanto como el propio edificio. Si no fuera posible debido a su obsolescencia intrínseca o a una necesidad anticipada de modificación de los requerimientos del edificio, deben ser reutilizables, reciclables o desmontables.

Alcance de los "Principios de Economía Circular de la CE para el Diseño de Edificios 2020"

Grupo objetivo	Objetivos específicos		
	Durabilidad	Adaptabilidad	Reducción de residuos
Usuarios de edificios, administradores y propietarios	Alto	Alto	Alto
Equipos de diseño	Alto	Alto	Alto
Contratistas y constructores	Alto	Alto	Alto
Fabricantes (de productos de construcción)	Alto	Alto	Alto
Equipos de desmontaje y demolición	Bajo	Bajo	Alto
Inversores, promotores y aseguradoras	Alto	Alto	Alto
Gobierno/reguladores/ autoridades locales	Alto	Alto	Alto

Adaptabilidad

Evitar la demolición prematura de edificios mediante el desarrollo de una nueva cultura del diseño.

Reducir los residuos y optimizar su gestión

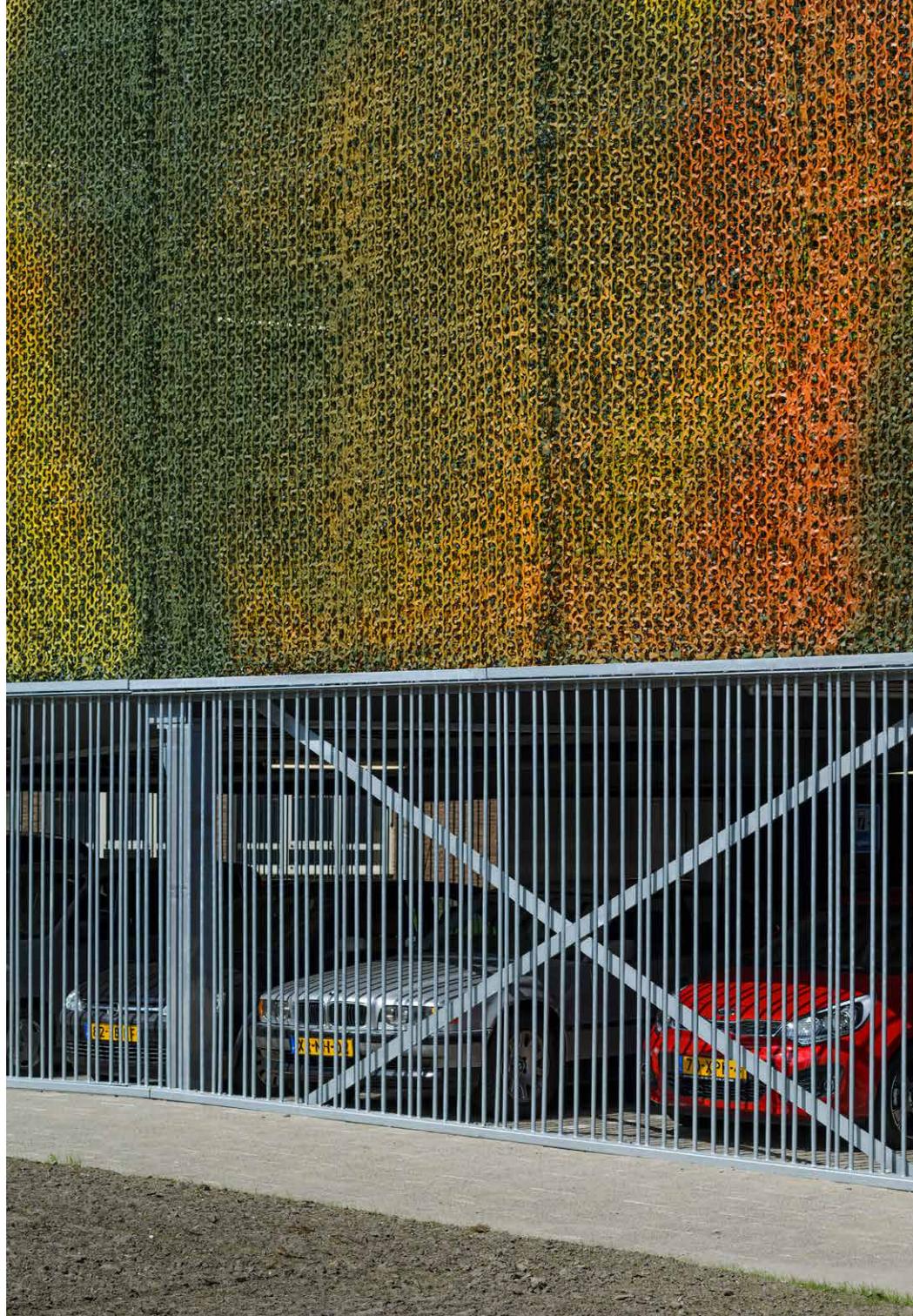
Diseñar productos y sistemas para que puedan reutilizarse, repararse, reciclarse o recuperarse fácilmente.

Promover una mayor utilización del acero galvanizado por lotes (general) encaja perfectamente con los nuevos objetivos de diseño de edificios para la economía circular. La gran durabilidad del acero galvanizado está ya ampliamente demostrada. Cuando se construye con acero galvanizado, la reutilización va más allá de estos objetivos. La reutilización es una valiosa estrategia que posibilita a la vez edificios adaptables y una reducción significativa de residuos.

La Comisión Europea ha identificado el modo en que cada uno de los principales actores de la cadena de valor de la construcción, pueden implantar estos principios. En el siguiente cuadro se detallan los principios fundamentales de estas políticas, destacando la importancia de la durabilidad del acero galvanizado.

Derecha

Aparcamiento en Moorsport, Leiden



Principios clave sobre durabilidad y otros aspectos en el marco de los "Principios de economía circular para el diseño de edificios 2020"

Grupo objetivo	Fundamentos para el uso del acero galvanizado
Usuarios de edificios, administradores y propietarios	<p>Minimización de los costes a largo plazo</p> <p>Los propietarios y los usuarios de los edificios tienen una visión global y a largo plazo</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reducir el costo total por metro cuadrado / promedio comparativo – Utilizar herramientas que incrementen el valor del edificio <p>Promover la durabilidad durante la fase de uso</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ofrecer incentivos mediante contratos basados en el rendimiento que promuevan el uso óptimo del edificio
Equipos de diseño (ingeniería y arquitectura de edificios)	<p>Es esencial conocer los principios de la economía circular para diseñar edificios y materiales</p> <p>Arquitectos y diseñadores deben estar familiarizados con los requisitos y estrategias de diseño, el concepto de análisis de ciclo de vida, las posibilidades de aumentar el contenido de materiales reciclados en los productos, la futura reutilización (producto, componente y construcción); la capacidad (futura) de reciclado y de transformación (potencial de reutilización y calificación según el <i>diseño reversible de edificios</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Alentar a los diseñadores a adoptar un enfoque basado en el ciclo de vida al diseñar nuevos edificios – Utilizar las guías existentes sobre DpD/A* y referencias sobre proyectos ya ejecutados <p>Los arquitectos y diseñadores deben tener en cuenta los costes y beneficios durante toda la vida útil</p> <p>Se debe tener en cuenta el ciclo de vida completo incluyendo el coste de explotación del edificio, así como los posibles cambios de uso. Esto incluye también los impactos y beneficios ambientales y sociales, la capacidad de transformación, el potencial de reutilización y la reciclabilidad</p>
Contratistas y constructores	<p>Utilizar técnicas de construcción que fomenten la durabilidad de los edificios y la resiliencia de los materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> – Simular diferentes escenarios de durabilidad y comparar costes – Incluir los recursos necesarios para la resiliencia al error de instalación – Para mejorar la durabilidad del edificio, utilizar técnicas de construcción que faciliten el mantenimiento y reparación de las diferentes partes del edificio y elementos constructivos

*Diseño para el desmontaje y la adaptabilidad

Grupo objetivo	Fundamentos para el uso del acero galvanizado
Fabricantes (de productos de construcción)	<p>Considerar la durabilidad durante todo el ciclo de vida del edificio basándose en las evidencias del ACV del producto</p> <ul style="list-style-type: none"> – Utilizar el cálculo del coste del ciclo de vida y la evaluación ambiental integrada ampliando el alcance más allá del propio ciclo de vida del edificio – Utilizar productos resistentes y de alta calidad, teniendo en cuenta sus características medioambientales y de uso <p>Se deben considerar los principios de ecodiseño y evaluar la durabilidad Las normativas sobre producto deberían incluir la durabilidad, así como un sistema para verificarla adecuadamente</p> <p>Deben desarrollarse soluciones para una mayor adaptabilidad Por ejemplo, en obra, prefabricación y sistemas modulares</p>
Inversores, promotores y aseguradoras	<p>Maximizar la durabilidad reducirá el riesgo financiero Es necesario promover la durabilidad en el marco global de la edificación y los productos de construcción, estableciendo cómo debe contabilizarse desde un punto de vista presupuestario y financiero</p> <p>Debe promoverse el análisis de Costes del Ciclo de Vida en las decisiones de inversión El aumento de ingresos que pueden generarse mediante el diseño reversible debería integrarse en todo el análisis de costes</p> <ul style="list-style-type: none"> – Capitalizando los riesgos futuros relacionados con las dificultades para deconstruir edificios y el coste de la gestión de los residuos – Considerando el valor residual de los edificios para permitir ahorros en hipotecas y flujos monetarios – Utilizando la norma ISO para el cálculo de los beneficios del DpD/A en el marco de la Contratación Pública Verde y de los sistemas de calificación de edificios sostenibles, lo que representará un aliciente a considerar en esta fase
Gobierno/ reguladores/ autoridades locales	<p>Reforzar las políticas que fomenten la reutilización y el reciclado de alta calidad de los edificios/materiales de construcción Integrar el enfoque del análisis del ciclo de vida en las políticas de construcción</p> <p>Proporcionar incentivos para el desarrollo de criterios de diseño para edificios circulares y sostenibles Los productos reversibles pueden requerir un consumo inicial de recursos mayor (debido, por ejemplo, a un diseño más resistente), pero permitirán recuperar los recursos e incluso reutilizar el producto en múltiples ciclos de vida</p>



DISEÑADO PARA LA DECONSTRUCCIÓN - FRAUNHOFER IWKS



Reciclar



Reutilizar



Arriba

Fraunhofer IWKS investiga la recuperación y reutilización de materiales para la economía circular

Izquierda

La fachada de acero galvanizado fue elegida para facilitar la futura deconstrucción y reutilización, así como por su estética natural

El Fraunhofer IWKS (Instituto para el Reciclaje de Materiales y Estrategias de Recursos) se encuentra a la vanguardia de la investigación sobre el uso responsable de los recursos naturales, basado en el principio de que los recursos deben utilizarse, pero no consumirse. Su investigación está centrada en la recuperación de materiales y su reintroducción en nuevos ciclos de producto.

El Fraunhofer IWKS llevará a cabo ahora su relevante investigación desde un nuevo edificio en Hanau, Alemania, construido de acuerdo con los mismos principios de sostenibilidad que rigen sus actividades. Esta oficina y centro técnico alberga a 80 empleados en un edificio de 2600m² que asegura desplazamientos cortos, cuidando la orientación y proporcionando espacios para la comunicación informal.

Uno de los objetivos importantes del edificio era lograr la certificación Plata de acuerdo con las Directrices para la Construcción Sostenible de Edificios Federales en Alemania (BNB). Diseñado por Hammeskrause Architekten

ba, el edificio está construido con materiales libres de sustancias nocivas y que pueden separarse y reutilizarse fácilmente o reciclarse en un futuro en caso de deconstrucción. Para dar respuesta a este enfoque se utilizó una gran cantidad de acero galvanizado en las fachadas del edificio. El recubrimiento galvanizado de estas fachadas desarrollará una pátina superficial altamente estable durante las próximas décadas y creará una solución estéticamente agradable y sostenible.

"Es posible combinar una construcción sostenible, con la más moderna infraestructura de investigación con tecnología puntera. Tanto en el exterior como en el interior, la sostenibilidad y la eficiencia energética eran nuestra máxima prioridad", dijo Andreas Meurer, miembro de la junta directiva de Fraunhofer-Gesellschaft en la inauguración oficial del edificio, añadiendo "La fachada está revestida, por ejemplo, con chapas de acero galvanizado. El acero realiza una importante contribución a la gestión de residuos cero. El acero es completamente reciclable. Se cierra así el ciclo del material, sin pérdida de calidad".



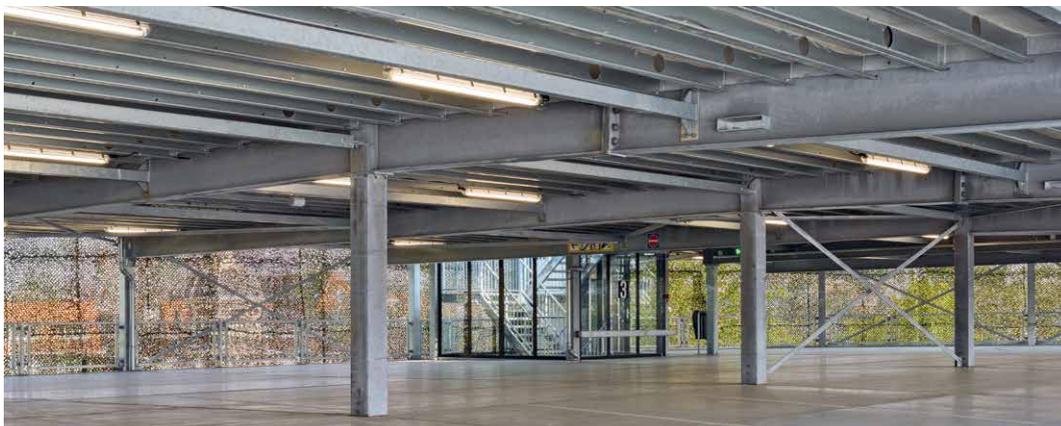
DISEÑO PARA LA REUTILIZACIÓN DEL ACERO GALVANIZADO

Los edificios y estructuras de acero galvanizado pueden diseñarse con la máxima flexibilidad, garantizando que los materiales de construcción disfruten de múltiples ciclos de vida. Los futuros diseños de estructuras de acero se volverán más modulares, utilizarán uniones atornilladas para facilitar su deconstrucción, logrando que los elementos sean más aptos para la reutilización. La galvanización general aporta mayor valor a los elementos constructivos reutilizados, ya que no requerirán un tratamiento protector adicional, encontrándose en perfectas condiciones en el momento de su reutilización.

Este aparcamiento de 450 plazas en Moorsport, Leiden, Países Bajos, utiliza acero galvanizado para garantizar que pueda ser fácilmente desmontado y reconstruido en otro lugar en el momento que los planes de desarrollo urbano lo requieran. Diseñada por la empresa de arquitectura Paul de Ruiter, la construcción desmontable está compuesta por columnas galvanizadas, vigas y paneles de fachada que configuran una estructura de 36,4 metros de ancho y 80,4 metros de largo. La galvanización también permite el uso de perfiles más ligeros de modo que entre más luz natural en el aparcamiento.

Izquierda y derecha

Este aparcamiento en Moorsport, en Leiden, fue diseñado en acero galvanizado para garantizar que se pudiera desmontar y reubicar fácilmente



Otro ejemplo de uso del acero galvanizado para crear una estructura flexible es el aparcamiento combinado para coches y bicicletas de Frankfurt. Está previsto que en 6-7 años el área cercana a la estación de ferrocarril sea rehabilitada, por lo que se necesitaban soluciones a corto plazo para el transporte urbano. La estructura ha sido diseñada para la deconstrucción y utiliza acero galvanizado por su facilidad de desmontaje y posterior reutilización.

Los edificios industriales y polivalentes de una sola planta ya están aprovechando las ventajas del acero galvanizado, la futura optimización de las conexiones y otros detalles de diseño reforzarán aún más la alianza entre la galvanización y la construcción con acero⁸. Por ejemplo, el uso de vigas de cuelgue atornilladas (en lugar de soldadas) tiene la doble ventaja de, por un lado, mejorar las posibilidades de reutilización y al mismo tiempo aumentar el tamaño de las estructuras que pueden sumergirse en un baño de galvanizado por inmersión en caliente.

Debajo superior

Las uniones atornilladas facilitan la reutilización y aumentan el tamaño de las estructuras galvanizadas

Debajo inferior e izquierda

Aparcamiento temporal y estacionamiento para bicicletas, Frankfurt



LA CAPACIDAD DE REUTILIZACIÓN DEL ACERO GALVANIZADO

Los diseños modulares y estandarizados que emplean uniones atornilladas permiten su reutilización

El creciente uso de aparcamientos temporales, que ofrecen soluciones flexibles y rápidas de construir, son una demostración de la capacidad del acero galvanizado a la hora de proporcionar múltiples ciclos de vida a las estructuras reutilizadas.

Los sistemas de aparcamiento temporal se pueden desmontar y reutilizar, ya sea de manera inmediata o almacenándose para su futuro uso. Puede aplicarse también el mismo enfoque a otras estructuras de acero diseñadas para la reutilización, con la ventaja

de contar con un recubrimiento galvanizado resistente a la abrasión y de gran durabilidad, que acompañará a los elementos de acero durante sus múltiples ciclos de vida.

Uno de los ejemplos mostrado a continuación son los 100-espacios en Stuttgart, esta instalación entró en funcionamiento en julio de 2018 y fue desmantelada en junio de 2019, tras 11 meses de funcionamiento. Sólo se necesitaron 7 días para desmantelarla y almacenarla, quedando lista para su siguiente etapa de vida.

Derecha

Los sistemas de aparcamiento temporal utilizan diseños modulares y flexibles en acero galvanizado



La dureza y resistencia a la abrasión del acero galvanizado ha demostrado su eficacia en una amplia variedad de aplicaciones, desde andamios reutilizados innumerables veces hasta puentes temporales- permanentes, diseñados para su despliegue rápido en zonas de desastre, pero que a menudo se convierten en una parte vital de la infraestructura local; pueden aguantar muchas décadas antes de que se requiera su trasladado a otra futura ubicación.

Estos mismos principios y experiencias con estructuras temporales y componentes reutilizables se están aplicando ahora al diseño de estructuras más complejas que requieren soluciones flexibles para la economía circular.

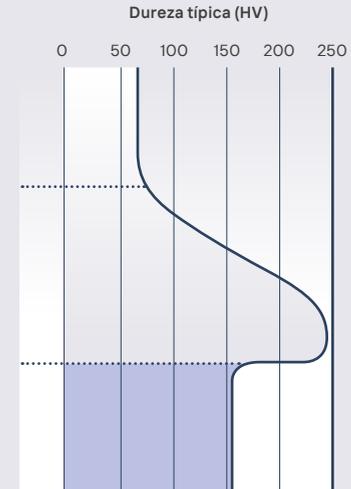
El porqué de la dureza y resistencia a la abrasión del acero galvanizado

Capa de zinc dúctil (que absorbe los impactos)

Capas de aleación de hierro y zinc más duras (resistentes a la abrasión)



Artículo de acero



Arriba

La robustez del acero galvanizado es importante en aplicaciones tales como puentes temporales-permanentes



El acero galvanizado se adapta a una amplia gama de aplicaciones desmontables y temporales

Quando la ciudad de Rotterdam celebró 75 años de su desarrollo urbano, los arquitectos MVRDV tuvieron la idea de construir una gigantesca escalera temporal con objeto de crear un mirador único para ver la ciudad.

La escalera de acero galvanizado de 29 metros de altura ("De Trap" en holandés) podría construirse con rapidez y posteriormente deconstruirse para su futura reutilización. Los visitantes podían caminar desde Stationsplein Groot Handelsgebouw hasta la azotea del edificio Groot Handelsgebouw. El cine de la azotea y las instalaciones de restauración eran el incentivo para subir los 57 metros hasta la cubierta.

De Trap es un desarrollo innovador que aprovecha la robustez del andamiaje con acero galvanizado





S.V. GRAMSBERGEN

KERKDIJK
TUINTECHNIEK

Van Braak
Zonweringen

PLUS
GRAMSBERGEN - BAALDEVELD

REGLING
SCROENWODE
GRAMSBERGEN

Bakker
GRAMSBERGEN

www.vanbraak.nl

USB Energie
eerlijke energie
www.gamsgr.nl

www.vanbraak.nl

www.vanbraak.nl

www.vanbraak.nl

www.vanbraak.nl

TRUIS

Ra

TRIBUNA DE GRAMSBERGEN – RENACIMIENTO DESPUÉS DE 40 AÑOS



Una tribuna existente de Elascon se salvó de la demolición gracias al entusiasmo y la decisión de un hombre. En el verano de 2011, Harry Haverkotte, exmiembro de la junta directiva de SV Gramsbergen, escuchó que sus vecinos de Hoogeveen se mudaban a un nuevo parque deportivo.

Le llamó la atención el buen estado de la tribuna principal, por lo que la compró por 7.000 € incluyendo el coste de desmontaje. La tribuna había sido construida originalmente en 1976. Por aquel entonces, la junta directiva de Hoogeveen adjudicó la construcción por 139.200 florines holandeses. Si se convierte a su valor actual equivaldrían a unos 163.000 €.

En dos años, una maravillosa grada de 32 metros de largo se levantó del suelo. Finalmente, la tribuna solo costó 35.000 € mientras que un nuevo edificio habría costado al menos 200.000 €. Todo fue reutilizado, excepto los tornillos, las tuercas y los viejos tableros de madera.

Los tableros fueron sustituidos por asientos nuevos. La única pintura decorativa que se tuvo que renovar fue la del interior del techo.

Durante el desmontaje se pudo comprobar el excelente estado del acero galvanizado. La estructura exterior había estado expuesta a la intemperie durante 40 años, pero el acero galvanizado estaba en perfectas condiciones y no necesitaba ser regalvanizado. El recubrimiento galvanizado restante tiene más de 100µm de espesor y la tribuna durará muchas décadas más.

Izquierda

La nueva tribuna del SV Gramsbergen había sido utilizada ya durante décadas en otro club cercano

Derecha

Tras décadas de servicio, el acero galvanizado estaba listo para ser reutilizado directamente en una nueva ubicación





Izquierda

La tribuna original de Elasco
sirvió al club Hoogeveen desde su
construcción en 1976



Extremo izquierda

Cuando los Hoogeveen se
trasladaron a un nuevo estadio, SV
Gramsbergen desmanteló la grada
para reutilizarla en su terreno

Izquierda

Incluso las pequeñas uniones
de acero galvanizado estaban
en buenas condiciones para
ser desmontadas y reutilizadas
directamente



Izquierda

La tribuna reconstruida de SV
Gramsbergen lista para una nueva
vida que, gracias al acero galvanizado,
podría alcanzar los 100 años

Medidas para una mayor reutilización de las estructuras de acero

PROGRESS (abreviatura inglesa de PROvisions for GREater reuse of Steel Structures -Medidas para una Mayor Reutilización de Estructuras de Acero), fue un proyecto financiado por el RFCS de la UE centrado en la reutilización de edificios de una sola planta⁸. El estudio y sus recomendaciones proporcionan un nuevo impulso al futuro empleo del acero galvanizado para maximizar las posibilidades de reutilización.

El proyecto proporciona recomendaciones e información práctica sobre la fabricación y detalle de edificios de una sola planta elaborados con acero recuperado, y sobre el diseño de edificios para su posterior desmontaje y reutilización.

Pórtico diseñado para su reutilización con elementos modulares y estandarizados



CO₂ Ahorro de carbono en el siguiente ciclo de vida de reutilización – 98 toneladas CO₂

€ Beneficios según el análisis de Coste del Ciclo de Vida – 24.000 €

La futura optimización de las uniones y otros detalles de diseño reforzarán más aún la alianza entre galvanización y construcción con acero. Por ejemplo, el uso de uniones atornilladas tiene la doble ventaja de mejorar las posibilidades de reutilización y al mismo tiempo, aumentar el tamaño de las estructuras que pueden galvanizarse en caliente.

"Para estructuras con múltiples ciclos de montaje y desmontaje, las soluciones en acero galvanizado son las más adecuadas"

Recomendaciones Europeas para la Reutilización de Productos de Acero en Edificios de una Sola Planta.

Para más información:
www.steelconstruct.com/eu-projects/progress



CASA DEL ÁRBOL DE DURSLEY



Refabricar Reutilizar

Construida en una pequeña parcela en el centro de Dursley, Inglaterra, esta casa fue diseñada para tener un impacto mínimo en los árboles circundantes y preservar el hábitat natural del lugar. La Casa del Árbol atrajo mucho interés por su bella estructura en voladizo, su bajo impacto ambiental y por el romanticismo de vivir en una "casa del árbol".

El cliente insistió en que la casa debía provocar un impacto mínimo en el entorno y ser lo más ambientalmente respetuosa posible.

La reutilización de elementos de acero galvanizado fue una parte muy importante del proyecto. Tras 20 años de uso, fueron recuperados 76 paneles de malla de acero de una empresa local de fabricación de motores – los paneles se limpiaron y se galvanizaron para formar las pasarelas principales alrededor de la casa.

Las balastradas para las pasarelas se proyectaron inicialmente de acero inoxidable, pero tras llevar a cabo un cuidadoso análisis de costes, se readaptaron unas vallas de malla

de acero para ovejas para elaborar los paneles instalados dentro de los perfiles de acero galvanizado.

La escalera de caracol se adquirió por menos de 200 € en un almacén de chatarra, después de haber sido utilizada durante los últimos 15 años como escalera de incendios en una tienda local.

Para mantener el enfoque de reutilización, el suelo del primer piso está compuesto de pizarra reciclada de un garaje local de Rolls-Royce y el suelo del segundo piso está hecho en madera de haya recuperada de un gimnasio escolar local.

La ubicación del edificio dentro del emplazamiento estaba condicionada por la presencia de 27 árboles protegidos. Para proteger las raíces de los árboles el suelo debía permanecer intacto, por lo que se proyectó un edificio elevado.

Este complejo edificio dispone de pilotes de acero (evitando las raíces de los árboles) en



Arriba

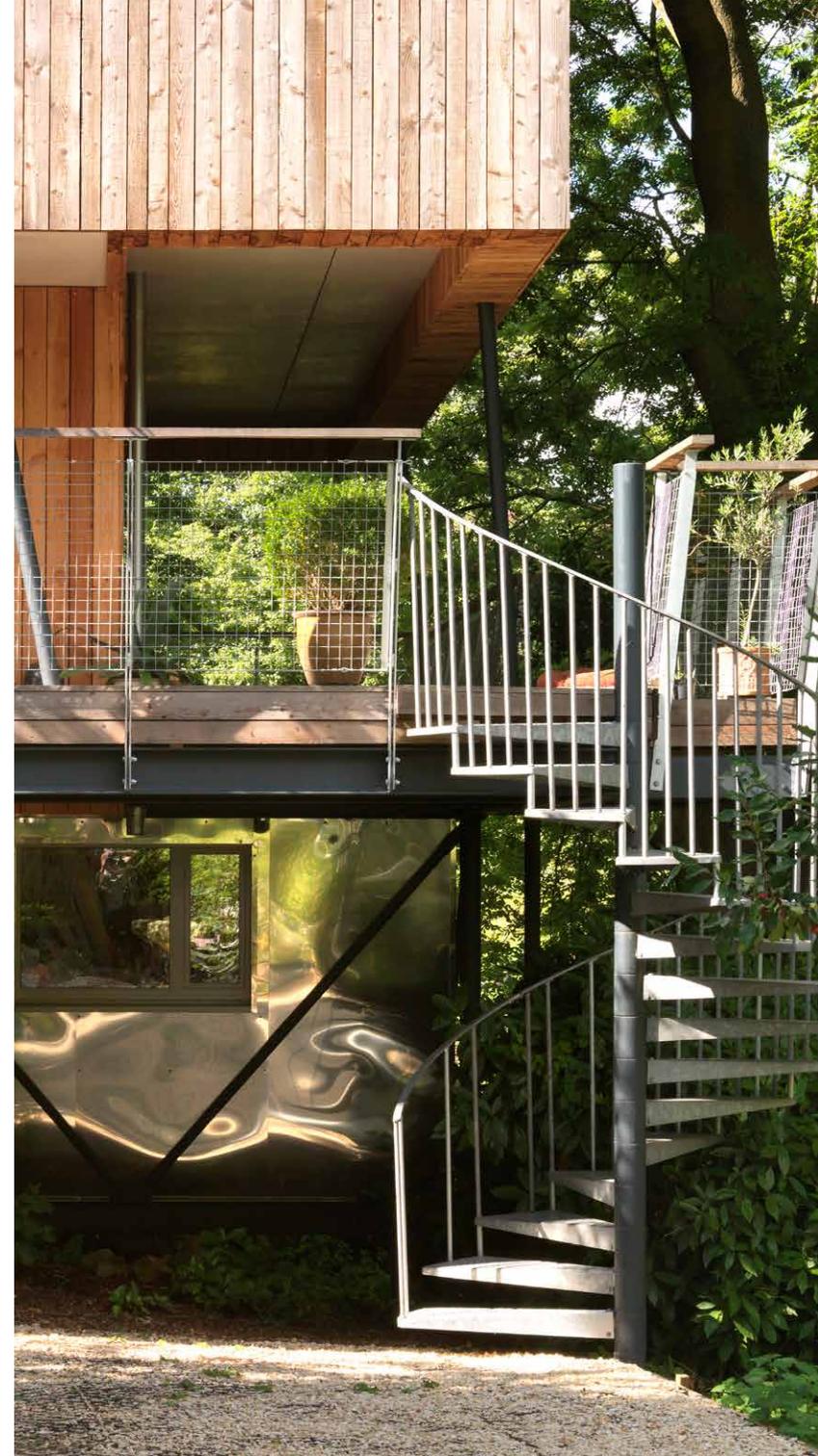
La reutilización de componentes de acero galvanizado fue una parte importante del proyecto. Los suelos de malla de acero ya habían sido utilizados durante 20 años en una empresa local

lugar de cimientos de hormigón. La estructura principal de la casa es un entramado doble de madera que se asienta sobre una estructura de acero que, a su vez, se encuentra instalada sobre unos postes atornillables diseñados para minimizar la perturbación del suelo. Estos postes atornillables de acero galvanizado tienen 10m de longitud y están diseñados para ser reutilizados en un futuro.

El edificio obtuvo la certificación PassivHaus y cumple con los estrictos criterios de eficiencia energética y confort térmico para garantizar que el consumo se mantiene por debajo de los 15kWh/m² al año. El edificio también cuenta con paneles solares termodinámicos y su propio suministro de agua, reduciendo así aún más su huella de carbono.

Derecha

La escalera se utilizó anteriormente como escalera de incendios en una tienda local



Ciclo de renovación de barreras de seguridad de acero galvanizado para carreteras (Rijkswaterstaat)



REGALVANIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE ACERO GALVANIZADO



Las barreras de acero galvanizado para carreteras se pueden desmontar para reutilizar o regalvanizar logrando hasta un 70% de reducción en emisiones de CO₂

El acero galvanizado por lotes se usa de manera extensiva en infraestructuras proporcionando décadas de servicio sin mantenimiento. En la búsqueda de soluciones más circulares, la renovación y reutilización de estos omnipresentes productos de acero presenta grandes oportunidades.

La Dirección General de Obras Públicas y Gestión del Agua de los Países Bajos (Rijkswaterstaat), tras realizar un análisis de la cadena de suministro y de su potencial para mejorar la circularidad, manteniendo al mismo tiempo la seguridad vial⁹, ha tomado recientemente la decisión de poner en práctica i) la reutilización directa y ii) la regalvanización y reutilización de las barreras de protección de las carreteras.

Un proyecto que colocó a toda la cadena de suministro bajo la "lupa de la economía circular" y que involucró, con el apoyo de agencias especializadas, a instaladores, proveedores de barreras de seguridad y galvanizadores. Esta solución se está ya validando en un proyecto en las carreteras holandesas.

"Gracias al entusiasmo y a una actitud abierta de todos, hemos determinado que es técnica y económicamente viable. La renovación de las barreras de seguridad es una solución lógica, pero no es habitual", dice Henk Senhorst, director de proyectos de Rijkswaterstaat.

El resultado de algunos análisis motivaron que Rijkswaterstaat siguiera adelante con la reutilización y la regalvanización. Descubrieron que las barreras se reemplazaban a menudo por diversas razones de mantenimiento, pero que podrían tener una vida útil de hasta 24 años. Estos productos pueden reutilizarse directamente en las carreteras.

Las barreras de carretera usadas que requieren regalvanización pueden renovarse generando ventajas significativas frente a unas nuevas:

- 40% de reducción de los costes medioambientales
- Reducción del 70% de las emisiones de CO₂
- 10% de reducción de costes

Ahorros de carbono con la regalvanización y la reutilización

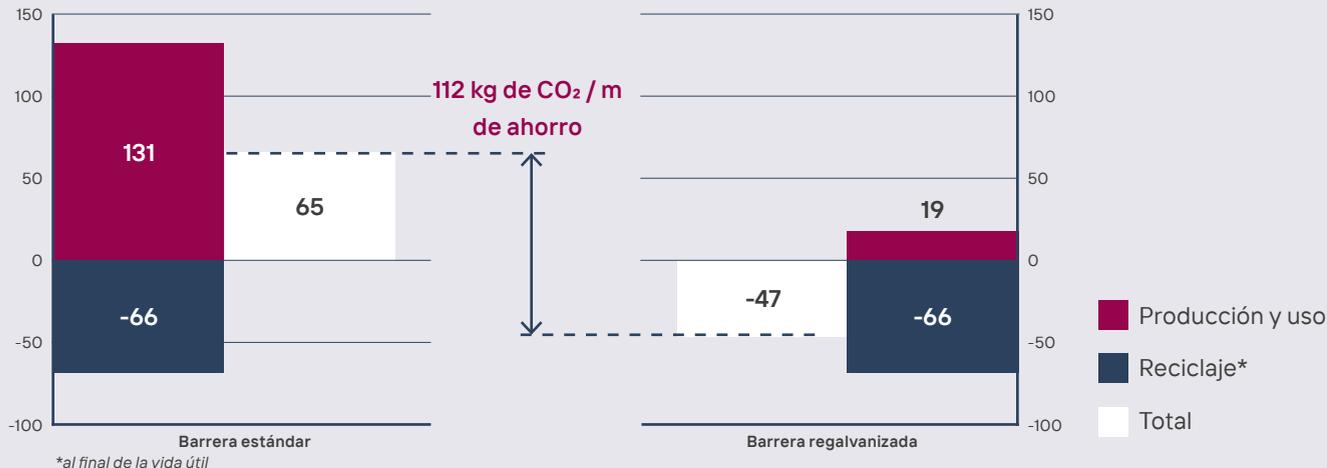
TU Delft examinó por primera vez las oportunidades de regalvanización en los Países Bajos en 2017¹⁰. Determinaron que se sustituían anualmente 350 kilómetros de barreras de seguridad de carreteras, muchas de las cuales eran reutilizables.

El estudio demostró que, en promedio, el 67% de estos valiosos componentes eran aptos para la reutilización mediante su limpieza, desmontaje y regalvanización.

TU Delft calculó que este sencillo procedimiento podría ahorrar 26 kton de CO₂, lo que equivale a más de 8,3 millones de kilómetros en coche. La razón se debe a que, al usar barreras de seguridad galvanizadas, por cada metro de barrera de seguridad instalada, hay un ahorro de 112kg de CO₂. Se trata de un ahorro que puede apreciarse de manera inmediata gracias a la aplicación de los principios de reparación y reutilización de la economía circular.

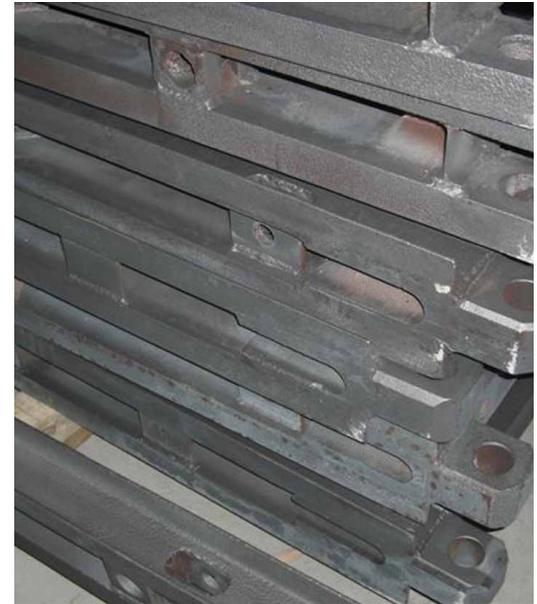
Reducción del Potencial de Calentamiento Global mediante la regalvanización de barreras de seguridad de carreteras usadas

Kg CO₂/m (datos correspondientes a 1 metro de barrera de seguridad)



El regalvanizado y la reutilización también pueden aplicarse a elementos que aún no se han beneficiado de la galvanización

Estos puentes temporales fueron pintados inicialmente, pero se les dio una nueva vida con el galvanizado. Otro ejemplo de reparación y reutilización hecho realidad gracias a la galvanización.



Arriba a la izquierda

Elementos de puentes pintados al final de su vida útil

Arriba a la derecha

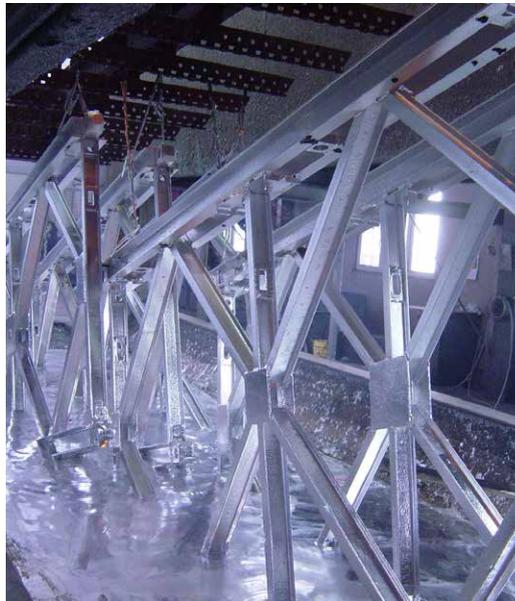
Elementos usados limpiados antes de galvanizar

Parte inferior izquierda

Regalvanización de elementos usados

Debajo a la derecha

Nueva vida en puentes galvanizados



CENTRO DE CONOCIMIENTO ENERGÉTICO DE LEEWARDEN



Reutilizar

El Centro de Conocimiento Energético de Leeuwarden está construido en el antiguo vertedero de Skinkeskâns, al oeste de Leeuwarden, en los Países Bajos. Este innovador edificio de oficinas se encuentra integrado arquitectónicamente en el paisaje, forma parte de un Campus de Energía y albergará una amplia gama de instituciones de investigación y conocimiento en el campo de la sostenibilidad. El Centro tiene una cimentación adaptada y su diseño vanguardista, así como la elección de materiales, siguieron criterios de circularidad.

Bart Cilissen de Achterbosch Architects ha descrito su enfoque hacia la circularidad... *"El principio rector fundamental fue: aplicar criterios basados en la lógica sin obsesionarse con los certificados de sostenibilidad. La atención se centró en la elección correcta de los materiales de construcción y su aplicación. Se podría definir como: hacer visible la circularidad. Como arquitectos, en cada proyecto, tratamos de pensar de manera circular tanto como sea posible. En la fase de diseño, también hay que pensar en la reutilización de los materiales de construcción que se han utilizado. Cuando*

finalmente se desmantele el edificio la estructura completa de acero galvanizado se podrá desatornillar."

Los arquitectos eligieron acero galvanizado para toda la estructura por su simplicidad y armonía con el entorno. . . *"Hemos elegido de manera intencionada la galvanización en lugar del recubrimiento epoxi, para que refleje la nobleza del material manteniendo sus propiedades organolépticas metálicas. La gente se sorprende al principio al ver que el acero no está "teñido", pero cuando se cuenta la historia que hay detrás lo entienden inmediatamente. Me encanta ese tono gris que encaja perfectamente con la madera envejecida de la fachada de láminas. Además, también mantuvimos discusiones con los residentes de la aldea vecina que temían que el edificio se erigiera como una especie de faro en la parte superior del montículo. Por eso elegimos una fachada de madera que envejeciera con el tiempo. El acero galvanizado refleja en cierta medida los días claros u oscuros y absorbe el color del entorno",* cuenta Bart Cilissen.



Derecha

El diseño vanguardista del centro y la elección de materiales siguieron criterios de circularidad

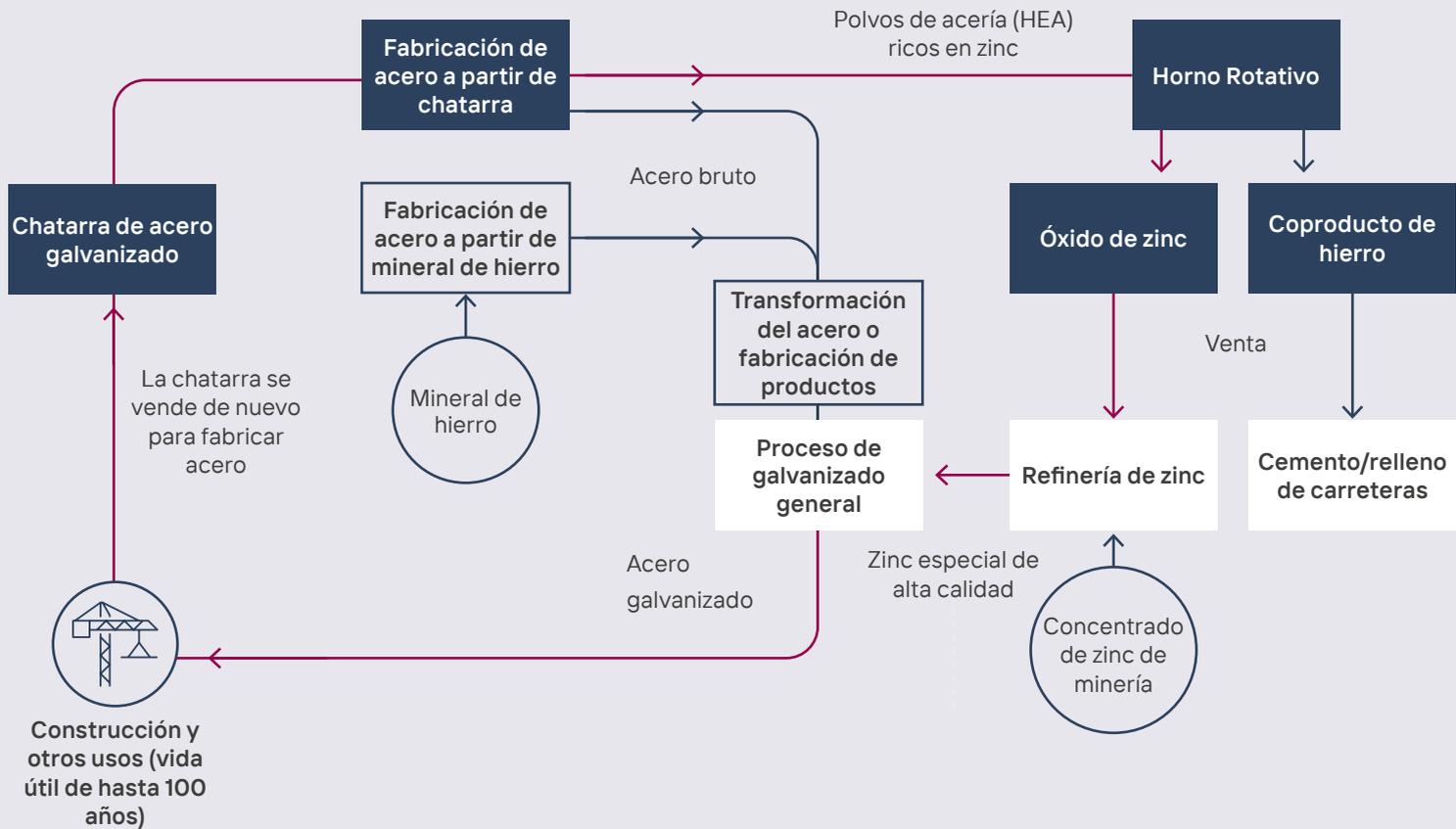
Los arquitectos buscaron en la medida de lo posible soluciones prefabricadas. El acero galvanizado se montó como un mecano, el suelo y las fachadas se completaron con elementos estructurales de madera y la cubierta está compuesta por perfiles perforados.

Otro objetivo era lograr un edificio lo más ligero posible. Construir sobre un antiguo vertedero era todo un reto. Los residuos están cubiertos con una lámina que no puede sufrir daños por lo que era implanteable instalar unos cimientos pesados.

El edificio flota sobre unas losas en el lecho de arena ubicado sobre la lámina. Las 108 columnas de acero se colocaron libremente, cada columna sobre su propia losa de hormigón. Con objeto de lograr un edificio ligero y circular, la combinación de acero y madera era la mejor elección. Se evitó utilizar hormigón en la estructura del edificio.



Recuperación del zinc del acero galvanizado sin perder sus propiedades tras muchas décadas de servicio



RECICLAJE DEL ZINC DEL ACERO GALVANIZADO AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL

El acero y el zinc se reciclan juntos y se separan fácilmente

Al final de su vida útil -y si no es posible la reutilización- el acero galvanizado puede reciclarse fácilmente junto con otras chatarras de acero en los hornos eléctricos de arco (HEA). Todo el zinc remanente del recubrimiento se volatiliza durante el proceso de reciclaje quedando recogido en el polvo de acería. Posteriormente es reciclado en instalaciones especializadas, volviendo con frecuencia a ser utilizado en la producción de zinc refinado.

Desde principios de la década de 1980, para procesar los polvos de HEA que contienen zinc y otros elementos valiosos, se utilizan hornos rotatorios. En Europa se alcanza la impresionante cifra de reciclaje del 98% de los polvos de acería HEA¹¹. Este es el método más comúnmente utilizado, pero también han surgido otros procesos innovadores, como el horno giratorio, el horno múltiple y el horno de baja combustión. El horno rotatorio se diseñó originalmente para el tratamiento de residuos de lixiviación durante la producción primaria de zinc, dado que los polvos HEA tienen características muy similares a esos residuos, la tecnología se ha adaptado relativamente bien

a su reciclado. El primer horno de reciclaje de polvos de HEA arrancó en Duisburg, Alemania, a principios de los años 80.

El contenido en zinc de estos polvos es la razón principal de su recuperación. El uso generalizado de zinc en los recubrimientos de acero, en particular en el sector automoción, ha aumentado el contenido de zinc del polvo de acería de modo que su recuperación es muy rentable. En general con concentraciones >15% la recuperación es económicamente viable; y la mayoría de los polvos alcanzan estos niveles.

El principal producto del reciclaje de polvo HEA en hornos rotatorios es el "óxido de zinc". Vendido a las refinerías de zinc primario, sustituye parcialmente al zinc extraído de la minería. Posteriormente, la refinería de zinc produce los mismos lingotes de zinc (u otros productos de zinc de gran pureza) que pueden ser utilizados directamente en el proceso de galvanizado. Este círculo puede continuar infinitamente sin pérdida de calidad del zinc durante el proceso.



CASA D6 – VIVIENDA REVERSIBLE SOSTENIBLE



Reutilizar



Izquierda

Todas las conexiones están diseñadas de manera reversible para facilitar la futura deconstrucción

El proyecto de esta casa en la región alemana de Oberberg, consistía en construir una vivienda unifamiliar sostenible que incorporara el paisaje circundante en el espacio habitable y creara espacios cubiertos al aire libre para los días lluviosos de verano de la región. El edificio sigue el concepto tradicional de casa comunal diáfana alargada, donde las habitaciones principales ocupan todo el ancho.

La sala de estar situada en el centro del edificio se extiende ampliamente bajo la cubierta formando un espacio central común desde el que se accede a los dormitorios, baños y dormitorio principal de la planta superior. Las dos unidades independientes están conectadas por una pasarela de acero galvanizado con una rejilla translúcida que conduce a la galería común en la sala de estar. La esbelta construcción de acero y el esqueleto de madera están compuestos por uniones reversibles en todos los puntos.

Las vigas principales de acero galvanizado están atornilladas a las columnas y sirven para soportar las delgadas vigas de madera del

techo, lo que garantiza que el edificio tenga la capacidad de ver deconstruida y reutilizada su estructura de acero galvanizado. Las vigas permanecen visibles y crean una atmósfera cálida para vivir. El resultado de Aretz Dürr Architektur es una arquitectura que se centra en lo mínimo y esencial para lograr el mejor resultado posible. El edificio fue "Casa del Año 2020" en Alemania.



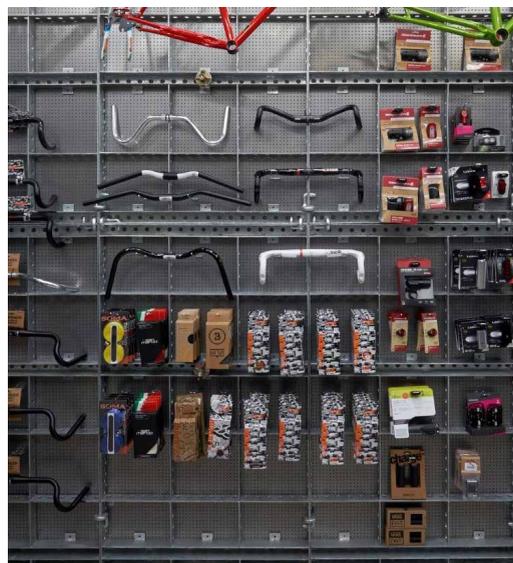
PENSANDO EN EL FUTURO – REDISEÑO CON ACERO GALVANIZADO



Los componentes y elementos de acero galvanizado son soluciones estándar para una amplia gama de aplicaciones. En este ejemplo innovador, BeL – Sozietät für Architektur previó una futura etapa de utilización seleccionando un sistema de encofrado modular con acero galvanizado, necesario en cualquier caso durante la construcción con hormigón.

Mediante la adaptación de este sistema de encofrado de acero galvanizado a los accesorios, equipamientos, estanterías y tabiques de esta tienda de ciclocrós en Colonia, se garantiza la posibilidad de reutilizar estos elementos cuando el taller ya no los necesite. Los componentes de acero galvanizado seguramente tendrán un valor positivo en el futuro y hoy en día crean un telón de fondo sólido y creativo para la tienda

Los componentes estándar de construcción de acero galvanizado utilizados como mobiliario comercial, pueden reutilizarse



Extremo Izquierda
**Tienda de bicicletas Staub & Teer,
Colonia**

Izquierda
**Expositor de la tienda realizado
con los componentes estándar del
encofrado, listos para su posterior
reutilización**

EVITAR EL MANTENIMIENTO REDUCE LAS EMISIONES DE CARBONO

No prestar la debida atención a la hora de elegir la protección óptima contra la corrosión puede dejar una “hipoteca oculta” debido a los repetidos costes de mantenimiento, aumentando significativamente la huella de carbono del ciclo de vida de los edificios y las infraestructuras.

La capacidad de la galvanización para optimizar la durabilidad de las estructuras y componentes de acero reporta importantes ventajas medioambientales, económicas y sociales.

La frecuente necesidad de mantenimiento de las estructuras metálicas pintadas conlleva elevados costes económicos y medioambientales. Estas cargas pueden reducirse considerablemente realizando una inversión inicial en un sistema de protección con una mayor durabilidad.

La durabilidad a largo plazo que proporciona el galvanizado conlleva un coste medioambiental relativamente bajo en términos de energía y otros impactos globalmente relevantes, especialmente si se compara con el valor energético del acero que se protege.

Ya sea reduciendo las operaciones de mantenimiento o evitando el prematuro reemplazo de productos de acero, la galvanización reducirá las emisiones de carbono de la construcción.

En un estudio del Departamento de Sistemas de Tecnología Ambiental, del Instituto de Tecnología de Protección Ambiental de la Universidad Técnica de Berlín, se compararon los resultados del análisis del ciclo de vida¹² (ACV) de un recubrimiento de pintura (EN ISO 12944) y de la galvanización por inmersión en caliente (EN ISO 1461) de un aparcamiento con estructura de acero.

En las comparaciones del ACV es fundamental la unidad funcional, es decir, la magnitud de referencia que se utiliza para la comparación. No se puede realizar una comparación objetiva si las variables de comparación no son idénticas.

Estos valores se definieron en el estudio de modo que los dos sistemas debían proporcionar protección contra la corrosión a una estructura de acero con una esperanza de vida útil de 60 años. Para ello, se consideró una estructura de acero de un aparcamiento de varios niveles, con una superficie de acero de 20 m²/t. Se asumió que la estructura estaba expuesta a un nivel medio de corrosión (categoría de corrosión C3 de la norma ISO 9223).

El sistema de galvanización por inmersión en caliente es un tratamiento excepcional de prevención de la corrosión mediante la inmersión en zinc fundido. Con un espesor de recubrimiento galvanizado de 100 µm y una tasa media de corrosión para la categoría C3 de 1 µm/año, la durabilidad calculada superaba con creces los 60 años.

Para garantizar la prevención de la corrosión durante 60 años con el sistema de recubrimiento de pintura, en primer lugar, los componentes se deben limpiar con chorro de abrasión para eliminar el óxido. A continuación se pintan en obra mediante la aplicación de tres capas, con un espesor total de recubrimiento de 240 µm. Después de 20 y 40 años es necesario llevar a cabo operaciones de mantenimiento in situ, incluyendo la limpieza parcial y la renovación del recubrimiento.

En la página contigua se presenta un resumen de los dos sistemas.

Los resultados están representados en base a cinco categorías de impacto ambiental distintas. El gráfico de barras muestra las categorías de impacto ambiental. Los resultados se presentan normalizados respecto al mayor factor contribuyente (consumo de recursos).

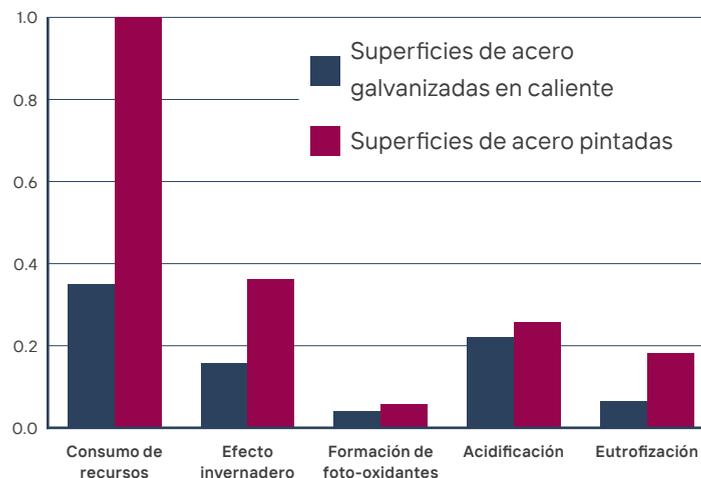
Los factores contribuyentes son comparativamente menores para el sistema de galvanizado en caliente respecto al de pintura en todas las categorías de impacto. Se observan diferencias significativas en varias categorías de impacto. Comparada con la pintura, la galvanización en caliente obtiene una puntuación en la categoría de eutrofización de tan sólo el 18%, en la categoría de consumo de recursos sólo del 32% y en relación al efecto invernadero del 38%. El galvanizado en caliente se caracteriza por un menor consumo de recursos y una menor contaminación a lo largo de su vida útil.

El estudio demuestra que el análisis del ciclo de vida es un método válido de comparación ecológica de productos. En él se ponen de manifiesto marcadas diferencias entre estos dos bien conocidos sistemas anticorrosivos para estructuras de acero.

En una estructura de acero con una larga esperanza de vida útil, el sistema de galvanización en caliente presenta menor impacto ambiental que un sistema de pintura.

La larga vida útil y la ausencia de mantenimiento, las conocidas ventajas del galvanizado en caliente, son la base de estos beneficios medioambientales. En este ejemplo, como se muestra en la tabla contigua, se logró un ahorro de 57 toneladas de CO₂ durante los 60 años de vida útil del aparcamiento.

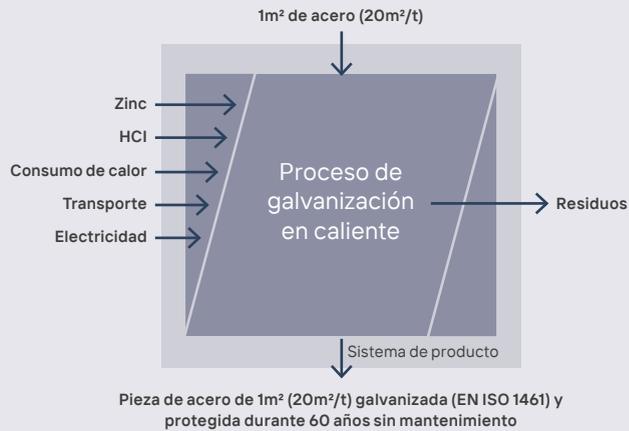
Comparación de los aparcamientos con estructura de acero de más de 60 años de vida útil: Resultados del ACV normalizados respecto al mayor factor contribuyente



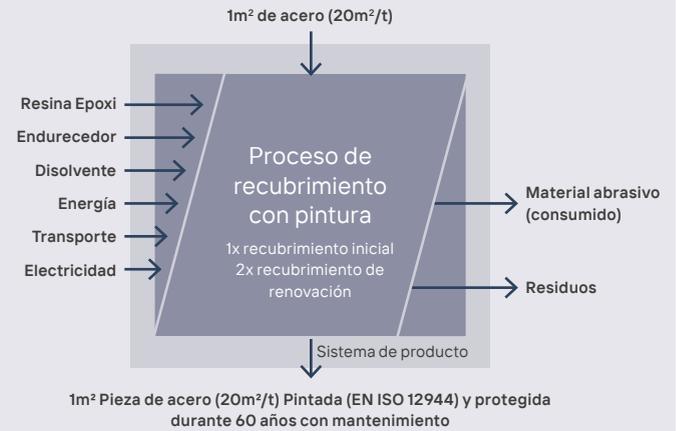
Comparación de un aparcamiento de estructura de acero durante sus 60 años de vida útil: Emisiones de CO₂

Vida útil (años)	Estructura de acero galvanizado en caliente (kg de CO ₂ equivalente)	Estructura de acero pintado (kg de CO ₂ equivalente)	Ahorro por galvanizado en caliente (kg equivalente de CO ₂)
60	41,500	98,600	57,100
40	41,500	71,600	30,100
20	41,500	60,500	19,000

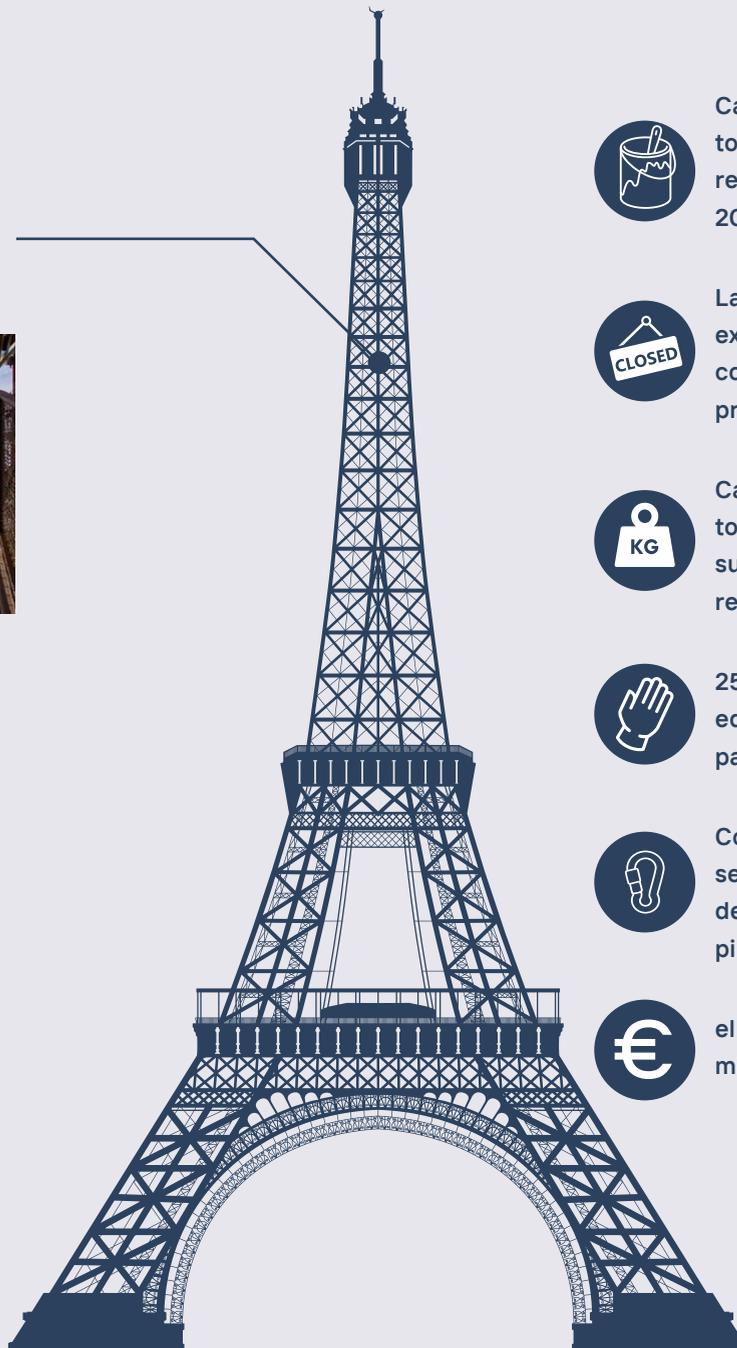
Sistema de Galvanizado



Sistema de Pintura



Las secciones superiores de la Torre Eiffel se pintan cada 5 años y las inferiores cada 10 años



Cada repintado consume 60 toneladas de pintura y entre cada repintado, se erosionan entre 15 y 20 toneladas de pintura



La eliminación de toda la pintura existente antes de volver a pintar conlleva inevitablemente cierres prolongados



Cada repintado añade ~40 toneladas de pintura – lo que supone 700 toneladas más de peso respecto al diseño previsto



25 pintores, con 1.500 equipaciones de trabajo y 1.000 pares de guantes de cuero



Contando con 50 km de líneas de seguridad y 8.000 m² de redes de seguridad, 1.500 pinceles de pintura y 5.000 discos abrasivos



el repintado más reciente costó 4 millones de euros

LA TORRE EIFFEL – UN LEGADO DE MANTENIMIENTO



Construida en 1889, la carpintería metálica de la Torre Eiffel ha sido repintada 19 veces

Cuando Gustave Eiffel construyó su famosa torre en 1889 para la Exposición Internacional y las celebraciones del centenario de la Revolución Francesa, se concibió como una estructura temporal. Poco sabía él que 130 años después seguiría siendo el monumento de referencia más querido de París.

Pero esta longevidad tiene un precio. La carpintería metálica de la Torre Eiffel se ha repintado 19 veces y un ciclo de pintura de mantenimiento dura 18 meses, a un coste de 4 millones de euros¹³. Los costes del repintado se estiman en torno a un 14% del coste actual de construcción de la torre.

Pero son los gastos en recursos, los riesgos para la seguridad de los trabajadores y las consecuencias estructurales de estas repetidas manos de pintura lo que pasa desapercibido para los millones de turistas que visitan esta emblemática estructura. Con unas 40 toneladas de pintura residual añadidas a la estructura en cada repintado, las consecuencias estructurales de esta masa adicional tendrán que resolverse en algún momento.

En los últimos programas de pintura, ha sido necesario comenzar a retirar las 19 capas de pintura anteriores de determinadas zonas de la torre para mantener su integridad estructural.

Una lección para las estructuras actuales que, con demasiada frecuencia, se construyen sin tener en cuenta la durabilidad y la necesidad de evitar el mantenimiento.

SOSTENIBILIDAD DEL CICLO DE VIDA DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO GALVANIZADO

Los costes del ciclo de vida y los impactos ambientales se reducen considerablemente cuando se utiliza acero galvanizado para las estructuras.

Estos beneficios se han cuantificado en un estudio del Instituto Federal de Investigación de Carreteras (BAST) de Alemania, según el cual, cuando se considera el ciclo de vida completo de su estructura¹⁴, los puentes galvanizados son considerablemente más económicos y beneficiosos para el medio ambiente que los puentes pintados.

El estudio realizado por la Universidad de Stuttgart y el Instituto Tecnológico de Karlsruhe, consideró un puente de 45 metros de envergadura típico de los pasos elevados de autopista. La vida útil esperada era de 100 años. Durante este período, el puente pintado sería sometido a una sustitución completa de su recubrimiento de pintura en, al menos, dos ocasiones. El puente de acero galvanizado no requeriría mantenimiento alguno.

Uno de los resultados más sorprendentes de este estudio fue la muy significativa reducción de los costes indirectos que de otro modo surgen cuando se requieren extensas actividades de mantenimiento. Esta reducción de costes indirectos es incluso mayor que la reducción de costes de mantenimiento directos durante todo el ciclo de vida.

Las ventajas de sostenibilidad del ciclo de vida del acero galvanizado han sido demostradas en estudios similares, incluida la interesante evaluación comparativa de Rossi et al¹⁵ que demostró que los beneficios en el coste del ciclo de vida de la galvanización son significativos incluso en estructuras con una vida útil más corta.

Debajo

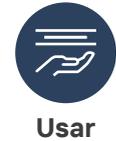
**Puente galvanizado sobre el Rur,
Monschau, Alemania**



Resumen del estudio BAST sobre la sostenibilidad del ciclo de vida de los puentes de acero



PUENTE DE LYDLINCH - CONSTRUIDO EN 1942 Y EN EXCELENTES CONDICIONES



Ya en 1942 el Ministerio de Defensa estaba considerando bocetos de esquemas para la invasión del Día D. El lugar y el momento de los desembarcos eran un absoluto secreto, pero el rápido desplazamiento de la fuerza invasora hacia los puertos de la costa sur era el elemento común de todas las alternativas posibles.

Una de estas rutas, la A357 a través de Dorset, necesitaba ser mejorada en Lydlinch. El pintoresco y estrecho puente de piedra sobre el río Lyden no resistiría el peso de los tanques pesados. En 1942, los ingenieros del ejército canadiense erigieron, junto a la estructura más antigua, el puente temporal Callender-Hamilton en acero galvanizado. Los tanques y el equipo pesado fueron desviados a través del puente galvanizado en su camino a Europa. El puente no estaba destinado a ser una estructura permanente, pero ha permanecido en servicio desde que se pasó su control al Consejo del Condado de Dorset. Desde entonces ha soportado el tráfico de la carretera hacia el este.

Desde que fue erigido el puente sólo ha experimentado cambios menores en su diseño original. En 1985 y en 2009 se realizaron reparaciones de la cubierta de madera. El único trabajo de importancia estructural consistió en reforzar el puente en 1996 para que pudiera ajustarse a la nueva normativa, con el fin de permitir el paso de camiones de 40 t.

En ese momento, Ted Taylor, ingeniero jefe de puentes de Dorset, dijo: *"El puente estaba en extraordinariamente buenas condiciones, no hemos tenido ningún problema a la hora de adaptar este "puente temporal" a la nueva normativa"*.

El refuerzo consistió en el atornillado de secciones "T" a las vigas transversales existentes y la incorporación de algunas vigas longitudinales, quedando las dos armaduras principales como estaban en 1942. En algunas secciones en las que se había realizado mucho corte y reajuste del diseño, las secciones fueron regalvanizadas.



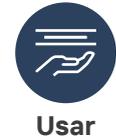
El puente fue inspeccionado en 2014 y se encontraba en muy buenas condiciones.

Los componentes inspeccionados incluían el armazón diagonal principal, las placas de junta y algunas cabezas de pernos. Los espesores medios del recubrimiento en el armazón diagonal variaron de $126\mu\text{m}$ a $167\mu\text{m}$. En las secciones de la placa los espesores medios fueron de $131\mu\text{m}$ a $136\mu\text{m}$. En las cabezas de los pernos, los espesores medios del recubrimiento galvanizado oscilaron entre $55\mu\text{m}$ y $91\mu\text{m}$.

Habiendo comenzado su vida como una estructura temporal, el puente Callender-Hamilton en Lydlinch, sigue en buenas condiciones 78 años después de su construcción y se espera que alcance una vida de más de 100 años.



EDIFICIO FERROVIARIO EN BAVIERA: 120 AÑOS DE VIDA Y CONTINÚA INALTERADO



En junio de 1898, la Royal Bavarian State Railways encargó el tramo del Ferrocarril de Ammersee desde Mering hasta Schondorf junto con la estación de St. Ottilien. El edificio de la estación era una pequeña caseta de chapa ondulada galvanizada en caliente, que servía tanto de taquilla como de sala de personal.

Con la construcción de un nuevo edificio para la estación en 1914, la caseta quedó en gran parte obsoleta y en 1925 fue abandonada rodeada de maleza al borde de una pradera, donde se utilizó para albergar una bomba de agua hasta los años

80. En 2001, la caseta fue restaurada por los monjes de la Archi-Abadía de San Ottilien. La restauración consistió fundamentalmente en la limpieza de las chapas de la caseta la cual se ha vuelto a instalar en la estación de tren de St. Ottilien, cerca del andén.

Después de 120 años de servicio, la mayoría de las chapas onduladas galvanizadas en caliente siguen intactas, lo cual es prueba evidente de la indiscutible longevidad y flexibilidad del acero galvanizado en construcción.



Izquierda

Cuando se inspeccionaron en 2016, muchas de las chapas de acero galvanizado todavía mostraban su típico "brillo" y el espesor del revestimiento media > 90 micras

CÓMO LA GALVANIZACIÓN PROTEGE EL ACERO



Arriba superior

La inmersión en zinc fundido proporciona una cobertura completa del acero galvanizado

Arriba inferior

Vigas de puente galvanizadas a la espera de envío

La galvanización por lotes (general) según la norma EN ISO 1461¹⁶ es un sistema de protección del acero contra la corrosión, mediante el cual el acero se recubre con zinc para evitar su oxidación. Se trata de un proceso sencillo pero muy eficaz en el que los componentes de hierro o acero limpios se sumergen en zinc fundido (normalmente en torno a 450°C). Mediante una reacción metalúrgica se forman unas aleaciones zinc-hierro creando una fuerte unión entre el acero y su capa protectora.

El tiempo típico de inmersión suele ser de entre cuatro y cinco minutos, pero puede ser más prolongado en artículos pesados o cuando se requiere que el zinc entre en huecos internos. Al retirarse del baño de galvanización sobre la capa de aleación quedará depositada una capa de zinc fundido. A menudo las piezas se enfrían para exhibir la típica apariencia brillante asociada a los productos de acero galvanizado.

En realidad no existe un límite claro entre el acero y el zinc. La unión metalúrgica proporciona una transición gradual entre

los metales a través una serie de capas de aleación. La temperatura, humedad o calidad del aire en planta no afectan a la calidad del recubrimiento galvanizado.

El zinc destaca por su capacidad de proteger el acero contra la corrosión. La durabilidad del acero aumenta considerablemente cuando se recubre con zinc. Ningún otro material puede proporcionar al acero una protección tan eficaz y rentable.

El acero desprotegido se corroe casi en cualquier ambiente. Los recubrimientos galvanizados detienen su corrosión mediante barrera física y por protección electroquímica. El recubrimiento proporciona una barrera metálica continua e impermeable impidiendo que la humedad y el oxígeno alcancen el acero. El revestimiento reacciona con la atmósfera formando una pátina compacta que es insoluble en el agua de lluvia. Investigaciones realizadas a lo largo de muchos años han demostrado que la vida útil de esta barrera protectora es proporcional al espesor del recubrimiento de zinc, que puede variar desde

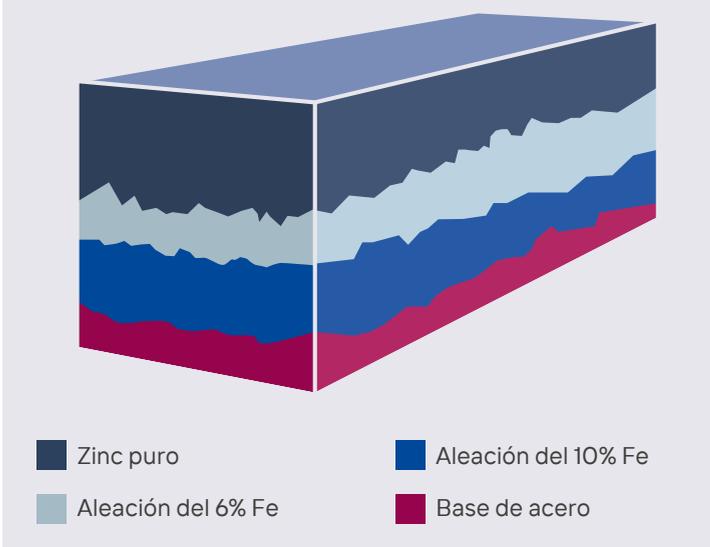
45µm a más de 200µm. En otras palabras, duplicar el espesor del revestimiento duplicará su vida útil.

El zinc también protegerá galvánicamente al acero. Cuando el acero desnudo se expone a la humedad, por ejemplo en un área dañada, se forma un par galvánico. El zinc se corroe antes que el acero en torno al punto dañado, formando productos de corrosión que precipitan sobre la superficie, protegiéndola y sin observarse corrosión en los laterales del área dañada.

Las capas de aleación son habitualmente más duras que el acero subyacente, por lo que la galvanización ofrece una protección única contra los efectos mecánicos. El galvanizado en caliente es 20 veces más duro, 10 veces más resistente a la abrasión, 8 veces más resistente a los impactos y tiene hasta 4 veces más adherencia que la pintura¹⁷. Los bordes de los componentes de acero pueden oxidarse cuando se pintan, o se cortan o moldean con chapas de acero pre-recubiertas. Esto no ocurre con el acero post-galvanizado, ya que los bordes de corte quedan completamente cubiertos y además el recubrimiento suele ser más denso en las esquinas y bordes.

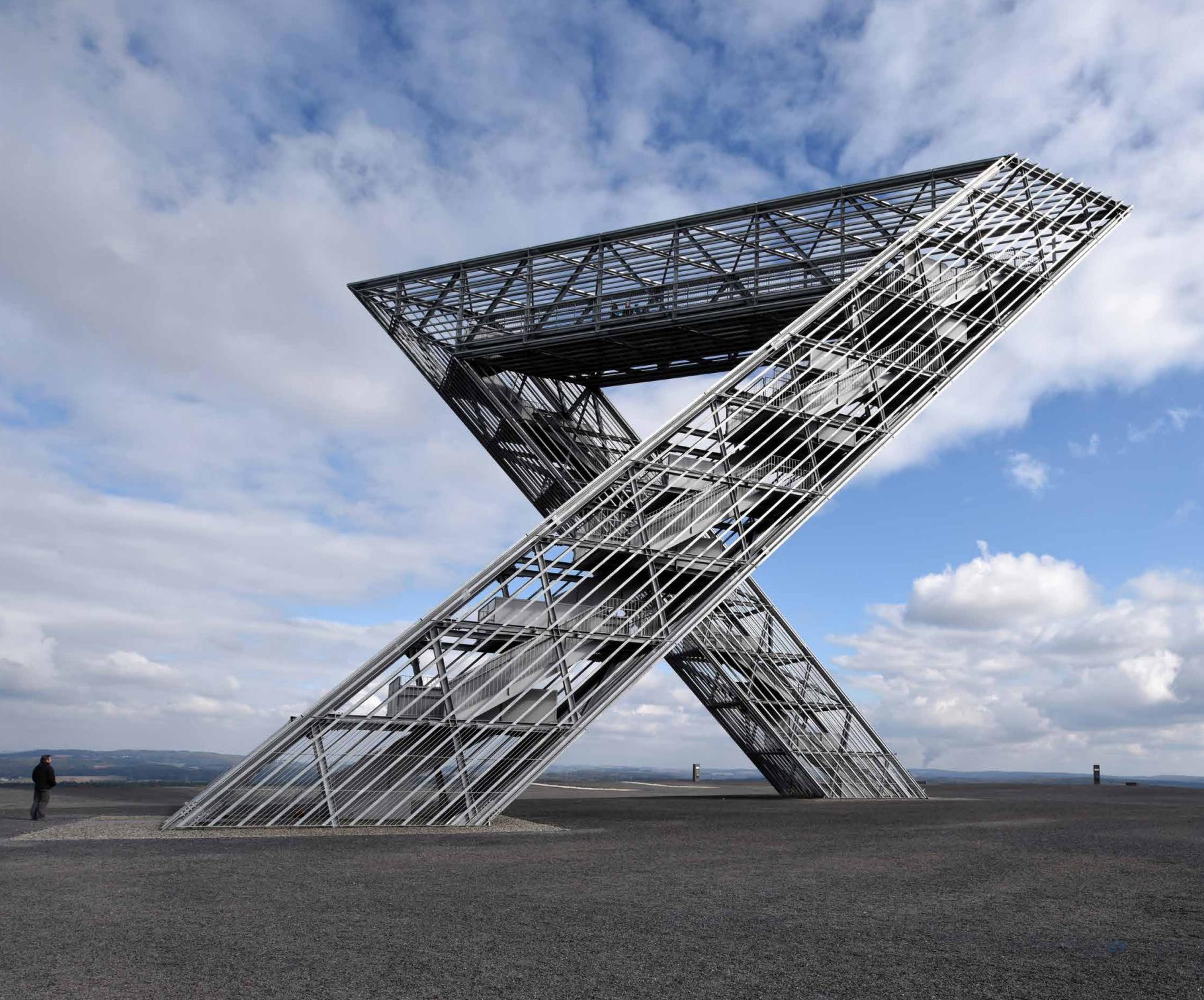
El galvanizado ofrece una excelente resistencia química y térmica. El valor del pH es un factor importante que influye en el comportamiento frente a la corrosión por líquidos de los recubrimientos de zinc. En un rango de soluciones con pH entre 5,5 y 12,5, estos recubrimientos presentan un comportamiento estable formando una capa protectora sobre la superficie del zinc con tasas de corrosión muy bajas. La resistencia térmica también es excelente. Las estructuras de acero galvanizadas en caliente ubicadas en remotes de esquí, en regiones alpinas o en las estaciones de investigación de la Antártida son un ejemplo.

Esquema de una sección del recubrimiento típico del galvanizado en caliente



Al sumergir acero en zinc fundido, incluso las áreas inaccesibles quedan protegidas contra la corrosión. El galvanizado en caliente protege los perfiles huecos tanto interna como externamente.

La galvanización por inmersión en caliente también mejora la resistencia al fuego de determinadas estructuras de acero¹⁸. Combinado con otros aspectos de ingeniería contra incendios, este efecto permite a menudo alcanzar el tiempo necesario de resistencia al fuego evitando el sobredimensionamiento de vigas y columnas de acero, u otros métodos de protección contra incendios que consumen energía y recursos.





ÓPERA GARSINGTON - PABELLÓN DESMONTABLE



Reutilizar



Arriba superior

El acero galvanizado facilita la construcción y deconstrucción del pabellón todos los años

Arriba inferior

El pabellón de la ópera acoge actuaciones durante todo el verano

El traslado de Garsington Opera a Wormsley, una exuberante finca pastoral inglesa entre Londres y Oxford, ha mejorado notablemente sus instalaciones en línea con las expectativas de los asistentes a la ópera del siglo XXI. El nuevo pabellón ofrece una acústica excelente y un escenario perfecto para disfrutar de espectáculos de ópera de la más alta calidad.

El pabellón de verano de 600 asientos está diseñado para ser desmontado todos los años en un plazo de entre 3-4 semanas y no dejará ningún rastro cuando se retire.

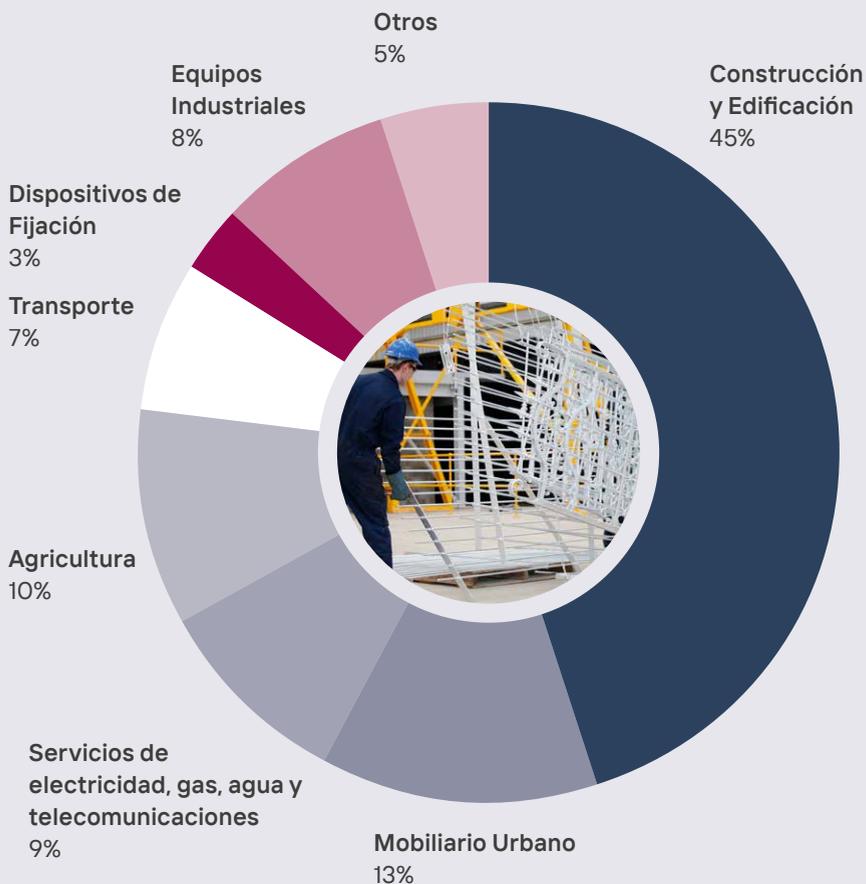
El pabellón se construyó utilizando técnicas de prefabricación que minimizaban los residuos materiales, aseguraban una necesidad de mano de obra razonable, reducían el tiempo de construcción in situ y permitían un montaje/desmontaje de la estructura de acero galvanizado lo más rápido y económico posible.

Toda la estructura de acero fue prefabricada y galvanizada, proporcionando un acabado protector resistente a la corrosión y sin mantenimiento.

Se eligió el recubrimiento galvanizado por su protección a largo plazo (Garsington tiene un contrato de arrendamiento de 15 años y el edificio ha sido diseñado para una vida útil de, al menos, ese período) y por su durabilidad, aspecto clave teniendo en cuenta que el edificio está diseñado para ser instalado y desmontado anualmente. También fueron de suma importancia para el equipo de diseño la reducción del impacto ambiental debido a las nulas necesidades de mantenimiento del recubrimiento.

Una innovadora investigación de la acústica permitió el uso de una construcción ligera de tela y acero galvanizado, la cual, normalmente, no se asocia a la construcción de auditorios, todo ello capaz de ser montado y desmontado repetidamente sin dañar los componentes.

El galvanizado general conforme a la EN ISO 1461, es ampliamente utilizado en construcción, infraestructuras y fabricación



Fuente: EGGA

1836

Primeras patentes industriales para el proceso de galvanizado

~22.500

Empleos directos

8 Millones

Toneladas de productos siderúrgicos protegidos anualmente

700

Plantas de galvanización que proporcionan servicio local en toda Europa



Principalmente PYMEs o empresas medianas que proporcionan empleo local y valor social



Cualquier producto puede ser galvanizado, desde pequeños elementos de fijación hasta grandes vigas estructurales de más de 20 metros de longitud

LA INDUSTRIA DE LA GALVANIZACIÓN

La industria de galvanización general de Europa está distribuida estratégicamente por todo el continente, lo cual garantiza que la capacidad de galvanización esté disponible localmente para las industrias de fabricación y construcción. El acero no tiene que recorrer grandes distancias para llegar a la planta galvanizadora más cercana, lo que permite reducir al mínimo los costes de transporte y su impacto ambiental.

Cada planta está configurada para adaptarse a la demanda de producción de acero local. Las plantas más pequeñas se especializarán en componentes más ligeros, mientras que las estructuras de acero más grandes se procesarán en plantas mayores. Esta evolución natural de la industria ha creado un sector altamente eficiente y competitivo.

La galvanización se aplica en una amplia variedad de usos. Aunque la construcción genera la mayor demanda, hay importantes aplicaciones del acero galvanizado general en las energías renovables, el transporte, la agricultura, los servicios públicos y una gran

variedad de usos en ingeniería industrial. Donde se usa acero, siempre hay galvanización.

La mayoría de las empresas de la industria del galvanizado son PYMEs y muy a menudo son empresas familiares con una larga tradición.

Las plantas desempeñan un papel importante en la generación y mantenimiento del empleo local y el desarrollo económico de sus regiones. Se estima que la industria europea de galvanización general emplea a unas 22.500 personas y tiene un valor económico de 3.200 millones de euros.

La galvanización se realiza siempre en una planta industrial que lleva a cabo todas las fases del proceso. El acero entra por un extremo de la planta y el producto galvanizado acabado sale por el otro.

La principal materia prima es el zinc, el cual se utiliza en el proceso de galvanización de manera muy eficiente. La operación de inmersión garantiza que cualquier resto de zinc que no quede protegiendo al acero permanecerá en el baño de galvanización. El zinc que se oxida en la superficie del baño (denominado "ceniza") se retira y se recicla fácilmente (a veces en el mismo sitio). Las matas formadas en el fondo del baño se retiran periódicamente y su reciclado tiene también un alto valor de mercado.

Para calentar el baño de galvanización se requiere energía y normalmente se utiliza gas natural o, en algunos casos, hornos eléctricos. Aunque la industria de galvanización no se considera uno de los sectores industriales con mayor consumo energético, ha realizado grandes esfuerzos para gestionar su consumo de manera eficiente. En algunos países, la industria de la galvanización ha establecido objetivos de eficiencia energética y ha fomentado una mejor gestión de la energía y nuevas tecnologías para alcanzar estos objetivos. Ejemplos de estos avances son:

- Introducción de energía solar para las necesidades energéticas de las plantas
- mejoras tecnológicas en los quemadores para lograr una mayor eficiencia energética
- tapas de baño más eficientes (utilizadas durante las etapas de mantenimiento y/o inactividad)
- mayor uso del calor residual para calentar los tanques de pretratamiento
- energía eléctrica para el transporte y elevación in situ

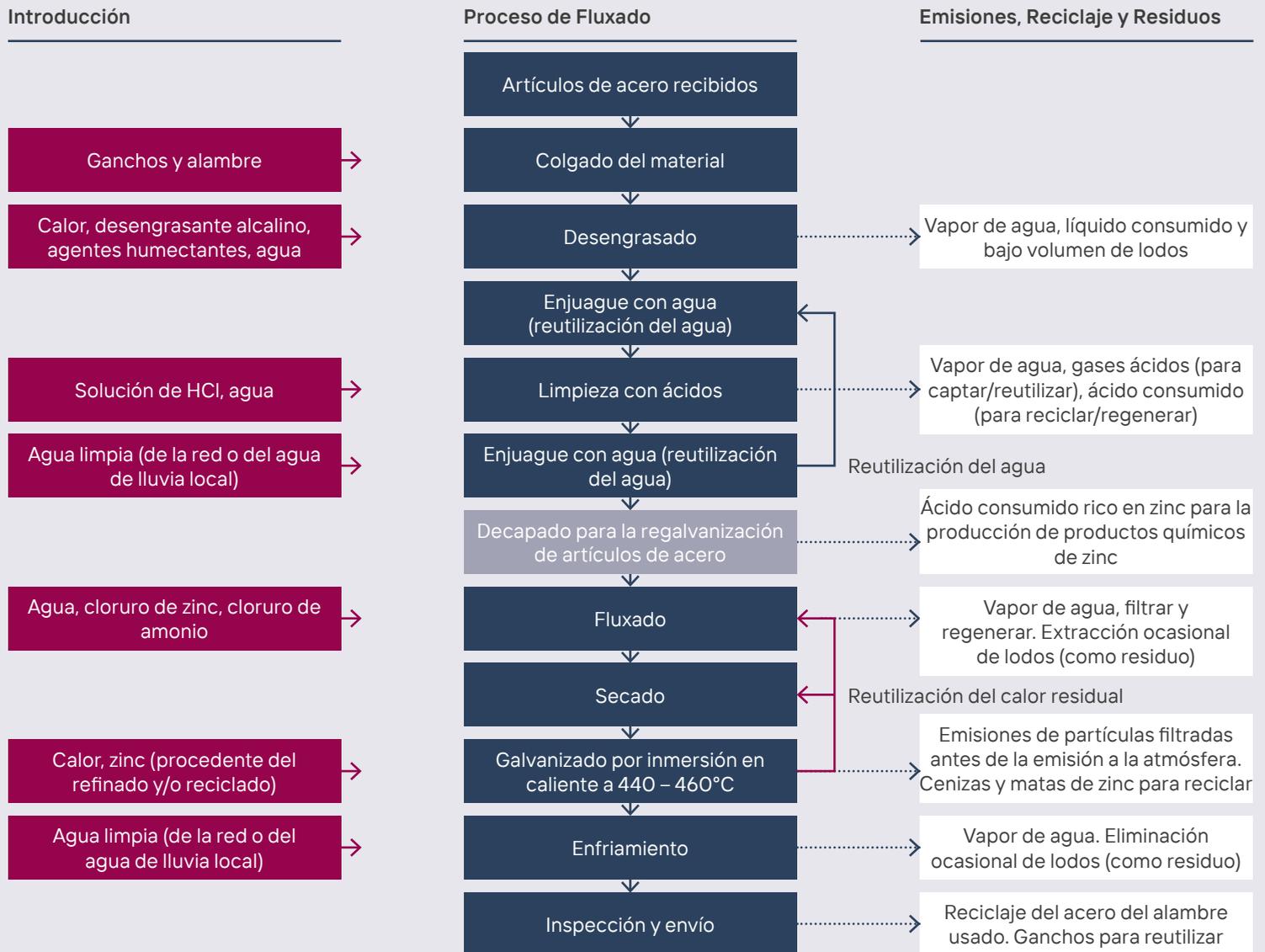
Las emisiones de la instalación se controlan cuidadosamente para evitar molestias o problemas en el entorno. Las plantas de galvanización están reguladas por la Directiva de Emisiones Industriales de la UE¹⁹ y el Documento sobre Mejores Técnicas Disponibles (BREF)²⁰ para la galvanización en caliente, el cual establece los niveles máximos de emisión en toda Europa.

Las etapas del pretratamiento en el proceso de galvanización están destinadas principalmente a la limpieza de los artículos de acero. Los productos químicos consumidos durante el proceso, como el ácido clorhídrico y las soluciones de fluxado, disponen de alternativas de reciclado y/o regeneración. Por ejemplo:

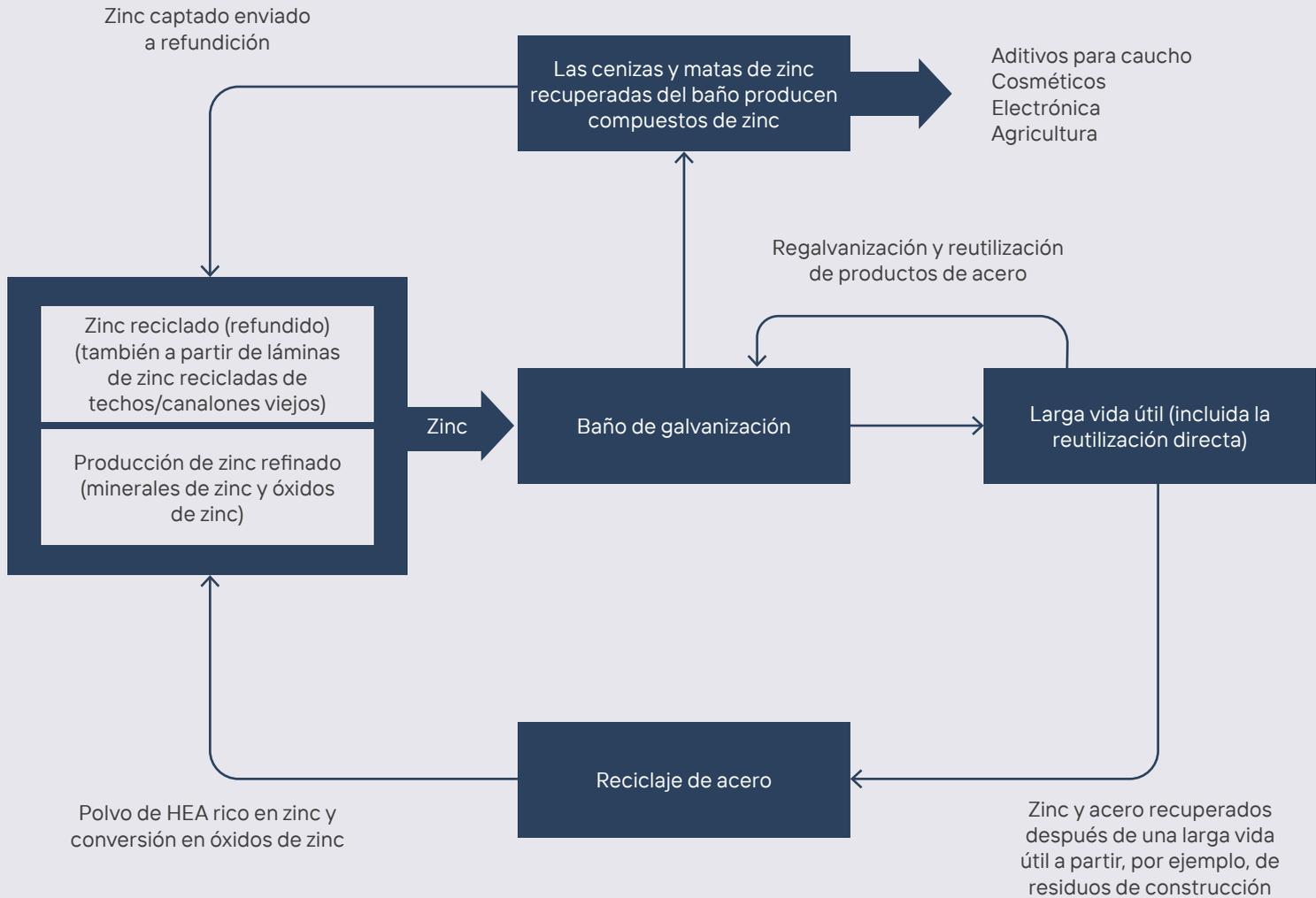
- Las soluciones de ácido clorhídrico gastadas se utilizan para producir cloruro de hierro para el tratamiento de aguas residuales municipales
- La mejora del control y del mantenimiento de los depósitos de fluxado consigue que rara vez se desechen los residuos y que sólo se eliminen periódicamente pequeñas cantidades de lodos. En muchas plantas se lleva a cabo el reciclaje del fluxado en circuito cerrado.
- Se han desarrollado desengrasantes ácidos a temperatura ambiente.

Las plantas de galvanización utilizan volúmenes de agua relativamente bajos en comparación con otras tecnologías de recubrimiento. De hecho, es muy raro que una planta de galvanización descargue aguas residuales. Cualquier agua que se genere puede ser reincorporada al proceso, solo ocasionalmente pueden generarse pequeños volúmenes que son tratados de manera externa. Incluso algunas plantas de galvanización captan y usan el agua de lluvia evitando así el consumo de agua de red.

El proceso de galvanización: materias primas, emisiones, residuos y flujos de reciclaje



Flujo del zinc reciclado en el proceso de galvanización tras décadas de servicio



Hechos y cifras sobre el Zinc

El zinc es un elemento abundante en la naturaleza y goza de un ciclo de reciclaje maduro y económicamente atractivo.



7 millones de toneladas de zinc recicladas al año



1.900 millones de toneladas de recursos conocidos



0,5 millones de toneladas de zinc usadas en el galvanizado general en caliente, protegen 8 millones de toneladas de acero en Europa cada año



12 millones de toneladas anuales de zinc de producción minera



Uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre



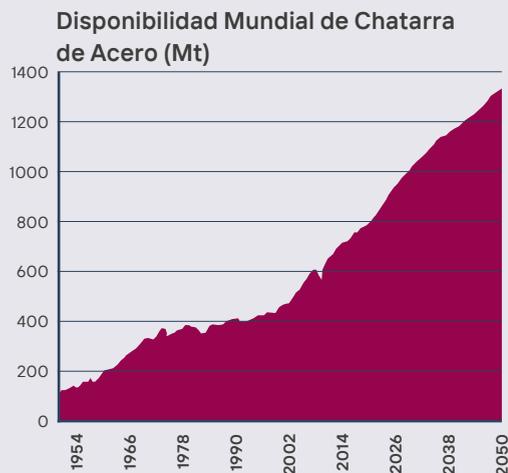
19 millones de toneladas de zinc en todos los usos al año

Fuente: Asociación Internacional del Zinc; Servicio Geológico de EEUU; EGGA



Descarbonización de la producción de acero

Los productores de acero están fijando ambiciosos objetivos de reducción de sus emisiones de CO₂ e invirtiendo en proyectos de transformación. La Asociación Mundial del Acero reúne a los principales fabricantes de acero del mundo y aboga por un enfoque de tres vías que no sólo reducirá las emisiones de CO₂, sino que también contribuirá a crear una operativa más sostenible de la economía mundial:



Vía 1- Reducir el impacto

Mejorando la eficiencia operativa:

Mediante un proceso de revisión de la eficiencia en cuatro etapas ("estrategia escalonada").

Maximizar el uso de la chatarra: El acero es ya el material más reciclado del mundo y se espera que la disponibilidad mundial de chatarra alcance los mil millones de toneladas en 2030, lo que reducirá aún más el CO₂ por tonelada de acero producido.

Tecnología de vanguardia: revolucionar la fabricación de acero mediante el uso del hidrógeno en sustitución de los combustibles fósiles y la captura y almacenamiento de carbono para prevenir las emisiones.

Vía 2 – Productos avanzados de acero que permitan la transformación de la sociedad

El acero contribuye enormemente a reducir las emisiones en otros sectores - movilidad, energías renovables y edificios de consumo cero.

Vía 3 - Promoción del uso eficiente de los recursos y materiales mediante la economía circular

La industria siderúrgica está trabajando con sus consumidores para fomentar el uso del enfoque de ciclo de vida completo de los productos de acero, tanto en el diseño como en la elección de materiales.

Para mayor información:
www.worldsteel.org

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

La información ambiental sobre el galvanizado general está disponible para usuarios y responsables políticos

Los datos del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) constituyen una herramienta esencial para el estudio detallado de los impactos medioambientales del ciclo de vida de los productos y servicios. Sin embargo, los datos del ICV no son fáciles de interpretar para los usuarios de los productos y cada vez es más frecuente comunicar el comportamiento medioambiental utilizando el formato más sencillo de la declaración ambiental del producto (DAP).

EGGA ha desarrollado un estudio paneuropeo de ICV de un producto promedio de acero galvanizado. El resultado final de este trabajo fue un conjunto de datos de inventario de ciclo de vida para el proceso de galvanización general, el cual estaba basado en datos procedentes de miembros de las Asociaciones Nacionales de EGGA de acuerdo con la norma ISO 14040/14044²¹. Las medias de energía, consumo de recursos y emisiones de sustancias al medioambiente, se calcularon conforme a los límites del sistema definidos, resultando un ICV de una muestra de instalaciones representativa a escala europea.

La galvanización por inmersión en caliente es un servicio de protección anticorrosiva que puede ser suministrado por una variedad de operadores. Dado que en la fase de especificación de, por ejemplo, proyectos de construcción, no es posible identificar el galvanizador final, parece poco útil contar con una DAP corporativa. En este contexto, EGGA designó a la consultora italiana Life Cycle Engineering con objeto de producir una DAP sectorial para la galvanización en caliente de productos siderúrgicos.

La DAP se basa en una muestra que abarca más de un millón de toneladas (~19%) de la producción de 66 empresas en 14 países, de un grupo de instalaciones consideradas altamente representativas de la industria europea²².

De acuerdo con las normas establecidas por el Sistema EPD Internacional®: Reglas de Categoría de Producto (RCP) 2011:16 "Protección de la corrosión en los productos de acero"²³, la unidad declarada (la unidad de referencia a la que se refieren los resultados) queda definida por una chapa de acero de 1 m²

de espesor para un año de protección, calculada sobre la base de una vida útil de 63 años prevista en la norma EN ISO 14713-1.

Los resultados muestran que el impacto medioambiental del galvanizado en proporción al del total del producto es muy bajo (~5% para el Potencial de Calentamiento Global).

Los datos medioambientales para la galvanización general están a disposición de usuarios y autoridades competentes.

A continuación, se muestra un resumen simplificado de los resultados de la DAP para los principales indicadores de impacto ambiental requeridos por las RCP. Para más detalles sobre la DAP visite www.ateg.es o www.egga.com.

La industria del galvanizado también colabora estrechamente con la industria de la construcción de acero a nivel nacional para garantizar la disponibilidad de datos medioambientales transparentes y rigurosos de los productos de acero galvanizado:

- En Alemania, [bauforumstahl e. V.](#) e [Industrieverband Feuerverzinken e. V.](#) han colaborado en la publicación de una DAP "Aceros estructurales galvanizados en caliente: perfiles laminados abiertos y chapa gruesa" de acuerdo con los requisitos del [Institut Bauen und Umwelt e.V.](#)²⁴
- En los Países Bajos, [Zink Info Benelux](#) ha trabajado con socios de la industria siderúrgica para incluir datos sobre el acero galvanizado en la base de datos nacional [Milieu Relevante Product Informatie \(MRPI\)](#) para productos de construcción.
- En Francia, [Galvazinc](#) ha elaborado una Ficha de Declaración Ambiental y Sanitaria (FDES) para el acero galvanizado.

Bases de la DAP sectorial de EGGA para la galvanización en caliente

Superficie	Chapa de acero con dimensiones 1m x 1m x 8mm y un peso de 62,4kg
Espesor de revestimiento galvanizado (según EN ISO 1461)	85 micras
Exposición medioambiental	Categoría de corrosividad C3 (según se define en la norma ISO 9223) con una tasa media de corrosión del zinc de 1,35 micras al año
Vida útil prevista del recubrimiento galvanizado sin mantenimiento	Mínimo 63 años
Unidad Funcional (resultados)	Cargas por año de protección

Resultados de la DAP sectorial de EGGA (cargas por año de protección para una chapa de acero de 1m x 1m x 8mm).

Indicadores de Impacto Medioambiental	Contribución de la galvanización al producto de acero galvanizado conforme a la norma EN ISO 1461
Potencial de calentamiento global, GWP [kg CO ₂ eq]	0,12
Potencial de agotamiento de la capa de ozono, ODP [kg de CFC-11 eq]	1,28E-08
Creación de ozono troposférico, POCP [kg C ₂ H ₄ eq]	3,50E-05
Potencial de acidificación, AP [kg SO ₂ eq]	1,05E-03
Potencial de eutrofización, EP [kg PO ₄ eq]	9,30E-05
Agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles, ADP-elementos [kg Sb eq]	1,19E-05
Agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles, ADP-combustibles fósiles [MJ]	1,55

Inventario de ciclo de vida de EGGA para acero galvanizado: descripción general del sistema



GALVANIZACIÓN PARA EDIFICIOS SALUDABLES

Las personas pasan, de media, sólo el 10% de su tiempo al aire libre; el 90% restante lo pasan en interiores²⁵. Por tanto, una buena calidad del aire en el interior es esencial para controlar los riesgos sanitarios y mantener la productividad en el lugar de trabajo.

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) derivados de materiales de construcción, muebles y acabados, como de los recubrimientos de pintura, desempeñan un papel importante en la calidad del aire interior. Las autoridades están poniendo el foco en la calidad de este aire debido a su repercusión en la salud y bienestar, así como el efecto que pueda tener en el rendimiento y la productividad. Aunque es difícil asociar ciertos COVs o productos específicos directamente con determinados problemas de salud, la evidencia es cada vez mayor y los efectos de algunos productos químicos son ya conocidos.

Al tratarse de un revestimiento inerte compuesto de zinc metálico, un elemento esencial de origen natural, el acero galvanizado es la elección perfecta para lograr una óptima calidad del aire interior, eliminando la presencia de COVs y otros materiales sintéticos.



Zinc – el material de construcción saludable

El zinc es esencial para la salud humana y vital para un sistema inmunológico saludable



El zinc mejora nuestra memoria y pensamiento al interactuar con otras sustancias químicas para enviar mensajes al centro sensorial del cerebro. El zinc también puede reducir la fatiga y los cambios de humor.

Debido a que el zinc se utiliza para generar células, es especialmente importante para el feto en crecimiento durante el embarazo, dado que sus células se dividen rápidamente.



En las mujeres el zinc puede ayudar a tratar los problemas menstruales y aliviar los síntomas del síndrome premenstrual.

El zinc es vital para el gusto y el olfato, es necesario para la renovación de las células de la piel y para mantener nuestro cabello y uñas sanos.

Usamos zinc en champús y productos para la protección solar.

En los hombres el zinc protege la glándula prostática y ayuda a mantener el recuento y la movilidad espermática.



El zinc ha demostrado ser eficaz en la lucha contra las infecciones y puede incluso reducir la duración y la severidad del resfriado común. Está cada vez más claro el papel que desarrolla el zinc en la atenuación de los efectos de la COVID-19²⁶.

El zinc nos ayuda a seguir adelante... y a disfrutar de estilos de vida saludables y activos. Entre todas las vitaminas y minerales, el zinc es el que tiene un efecto más fuerte en nuestro sistema inmunológico.

El zinc es vital para activar el crecimiento en lactantes, niños y adolescentes.

Para más información sobre el zinc y la salud humana: www.zinc.org/essential

POR FAVOR, SIÉNTESE



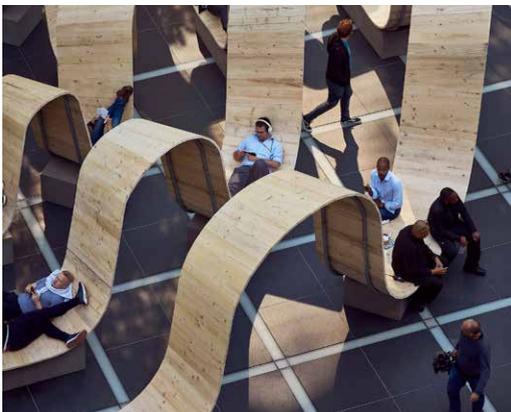
Refabricar Reutilizar

Por favor, Siéntese, consta de una serie de círculos concéntricos ascendentes y descendentes, que proporcionan bancos y arcos para que las personas se sienten y caminen bajo ellos. Se trata de una colaboración entre Arup y el diseñador británico Paul Cocksedge que pretendía transformar Finsbury Avenue Square en Broadgate, Londres, mediante una instalación comunitaria a gran escala que formó parte del Festival anual de Diseño de Londres.

Esta instalación única centra la atención en la reutilización y readaptación de los residuos de construcción, utilizando madera procedente de tablonos de andamios recuperados y postes de andamios de acero galvanizado.

Tras su traslado desde Broadgate en Londres, hay planes para volver a erigir la instalación en una nueva ubicación.

Esta instalación única utiliza postes de acero galvanizado y madera de tablonos, ambos provenientes de andamios recuperados



REFERENCIAS

¹ La Galvanización y la Construcción Sostenible: Guía para proyectistas. Editada por el Prof. Tom Woolley, publicada por EGGA (2008) y traducida por ATEG. <https://www.ateg.es/la-galvanizacion/informacion-especializada/la-galvanizacion-y-el-medioambiente>

² IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)] (En Inglés)

³ COM(2020) 563 final - Propuesta modificada de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley Europea del Clima») <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020PC0563&from=EN>

⁴ COM/2019/640 final – Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo europeo, al consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones - El Pacto

Verde Europeo <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>

⁵ ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels_en (En Inglés)

⁶ Steel - The Permanent Material in the Circular Economy, The World Steel Association, 2016. ISBN 978-2-930069-86-9 (En Inglés)

⁷ Circular Economy: Principles for Buildings Design (DG GROW), ec.europa.eu/docsroom/documents/39984 (En Inglés)

⁸ European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings, 1st Edition 2020, Ana M. Girão Coelho; Ricardo Pimentel; Viorel Ungureanu; Petr Hradil; Jyrki Kesti, Published by ECCS – European Convention for Constructional Steelwork (En Inglés)

⁹ Verkenning duurzame geleiderail Spoor bestaand: Rapportage en advies na de gezamenlijke ketenverkenning in 2020, Versie 1.0, Sjoerd Jongsma; Tim Brockhoff; Joost Meijer (TwynstraGudde). (En Holandés) circulairmaakindustrie.nl/app/uploads/2020/07/Rapportage-Verkenning-Duurzame-Geleiderail-inc.-bijlage-1-en-2.pdf and <https://rwsinnoveert.nl/@216458/innovatieopgaven/>

¹⁰ <https://www.ce.nl/publicaties/1540/lca-resultaten-van-geleiderails> (En Holandés)

¹¹ Piret N L 'Processing of Zinc-bearing Iron and Steelmaking Residues - An Overview', Lead & Zinc 2010, Pb-Zn Short Course, COM 2010, Vancouver (En Inglés)

¹² Ökobilanzieller Vergleich von Korrosionsschutzsystemen für Stahlbauten, Technische Universität Berlin, Berlin (2006) (En Inglés)

¹³ www.tou Eiffel.paris/en/the-monument/painting-eiffel-tower (En Inglés)

¹⁴ Kuhlmann, U.; Maier, Ph.; Ummenhofer, T.; Zinke, T.; Fischer, M.; Schneider, S. Untersuchung zur Nachhaltigkeitsberechnung von feuerverzinkten Stahlbrücken, Bergisch Gladbach, final report BAST Vorhaben FE 089.0291/2013, 2014. (En Inglés)

¹⁵ Comparative life cycle cost assessment of painted and hot-dip galvanized bridges, B. Rossi, S. Marquart, G. Rossi. Journal of Environmental Management, 197 (2017) 41-49, Elsevier. (En Inglés)

¹⁶ EN ISO 1461, Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero - Especificaciones y métodos de ensayo <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0044674>

¹⁷ *Die Feuerverzinkung im Leistungsvergleich*, H. Gackenhaimer, GAV-Kolloquium (2003) (En Alemán)

¹⁸ JIRKU, J. and WALD, F. Influence of Zinc Coating to a Temperature of Steel Members in Fire, Journal of Structural Fire Engineering, Vol 6, 2015 (En Inglés)

¹⁹ Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación),

DOUE 334, 12 de diciembre de 2010

²⁰ IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metal Processing Industry, 2001, European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (En Inglés)

²¹ ISO 14040, Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

²² Environmental Product Declaration: Batch Hot Dip Galvanizing of Steel Products to EN ISO 1461 – European Average, International EPD System Certification Number S-P-00915. <https://www.environdec.com/library/epd915>

²³ Product Category Rules 2011:16 Corrosion protection of fabricated steel products, Version 2.2, 2016-07-01. <https://test1.environdec.com/PCR/Detail?Pcr=7877>

²⁴ Hot-dip galvanized structural steel: Hot rolled steel sections and heavy plates bauforumstahl e.V. & Industrieverband Feuerverzinken e.V., EPD-BFS-20180167-IBG1-DE, Institut Bauen und Umwelt e.V. (2018) www.ibu-epd.com (En Inglés)

²⁵ Schweizer, Christian & Edwards, Rufus & Bayer-Oglesby, Lucy & Gauderman, William & Ilacqua, Vito & Jantunen, Matti & Lai, Hak-Kan & Nieuwenhuijsen, Mark & Künzli, Nino. (2007). Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe. Journal of exposure science & environmental epidemiology. 17. 170-81. 10.1038/sj.jes.7500490. (En Inglés)

²⁶ The Potential Impact of Zinc Supplementation on COVID-19 Pathogenesis Inga Wessels, Benjamin Rolles and Lothar Rink. Frontiers in Immunology. 2020; 11: 1712 (En Inglés)

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS

Esta publicación ha sido posible gracias a las asociaciones nacionales, miembros de la European General Galvanizers Association, que han compartido sus conocimientos sobre el acero galvanizado en la economía circular y han recopilado los casos de estudio que ilustran esta guía. Además, cuenta con valiosa información proporcionada por la Asociación Mundial del Acero, la Convención Europea para la Construcción con Acero y la Asociación Internacional del Zinc.

Referencias Imágenes

Portada Ikiwaner CC BY-SA 3.0

6, 12 & 13 Lucas van der Wee

11 Rasmus Hjortshøj/COAST

16 & 17 Peris+Toral Arquitectes

19,24 & 25 Pieter Kers - Beeld.nu

22 & 23 hanneskrause architekten bda

26 Jan Siefke (Below top), Jörg Hempel (Below bottom and left)

27 Christmann & Pfeifer

28 Mabey Bridge, Skate park gutesk7/Shutterstock.com

29 Ossip van Duivenbode

30 & 31 Maité Thijssen/Zink Info Benelux

32 FC Gramsbergen/Maité Thijssen/Zink Info Benelux

34 & 35 Charles Hosea Photography Limited

37 Rijkswaterstaat

39 Institut Feuerverzinken

EGGA quiere expresar su especial agradecimiento a Bruno Dursin (Benelux), Holger Glinde (Alemania), Iqbal Johal (Reino Unido/Irlanda) y Carola Hermoso Arnao (España) que han colaborado en la recopilación, análisis y preparación de la información que se presenta en esta Guía.

40 & 41 Tristan Fopma

44 & 45 Aretz Dürr Architektur

46 BeL - Sozietät für Architektur

49 Institut Feuerverzinken

50 & 51 Stéphane Compoin

52 Institut Feuerverzinken

54 & 55 Galvanizers Association

56 Institut Feuerverzinken /Flummi-2011 CC BY-SA 3.0

57 Galvanizers Association/Institut Feuerverzinken

59 Jan Siefke

60 Stephen Wright

61 Dennis Gilbert

62 Galvanizers Association

72 Greg Storrar

74 Mark Cocksedge

GLOSARIO DE TÉRMINOS SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR

Análisis del ciclo de vida

Recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los posibles impactos ambientales de un sistema de productos a lo largo de su ciclo de vida.

Coste del ciclo de vida

Metodología para la evaluación económica sistemática de los costes del ciclo de vida durante un período de análisis determinado.

Reciclaje

Cualquier operación de valorización mediante la cual los residuos se transforman en productos, materiales o sustancias, ya sea para los fines originales o para otros fines.

Renovación

Modificación y mejora de un edificio existente o de una obra de ingeniería civil para alcanzar unas condiciones aceptables.

Refabricación

La refabricación es el proceso por el cual un producto usado es devuelto, como mínimo, a sus prestaciones originales, equivalentes o mejores de las del producto recién fabricado.

Reparación

Devolución de un producto, componente, conjunto o sistema a un estado aceptable mediante la renovación o sustitución de piezas desgastadas, dañadas o degradadas.

Readaptación

Utilización de un artículo obsoleto considerado por su propietario como residuo, con otro uso totalmente distinto al original.

Reutilización

Cualquier operación mediante la cual productos o componentes que no sean residuos se vuelven a utilizar para el mismo fin para el que fueron concebidos.

MÁS INFORMACIÓN SOBRE ACERO GALVANIZADO

España

Asociación Técnica Española de
Galvanización
www.ateg.es
galvanizacion@ateg.es

Alemania

Industrieverband Feuerverzinken e.V.
www.feuverzinken.com
info@feuverzinken.com

Austria

Fachverband Metalltechnische Industrie
www.fmmi.at

Benelux

Zinkinfo Benelux
www.zinkinfobenelux.com
info@zinkinfobenelux.com

Francia

Galvazinc
www.galvazinc.com
info@galvazinc.com

Hungría

Hungarian Hot Dip Galvanizers Association
www.hhga.hu

Italia

Associazione Italiana Zincatura
www.aiz.it
info@aiz.it

Países Nórdicos

Nordic Galvanizers
www.nordicgalvanizers.com
info@nordicgalvanizers.com

Polonia

Polskie Towarzystwo Cynkownicze
www.portal-cynkowniczy.pl
office@portal-cynkowniczy.pl

Reino Unido e Irlanda

Galvanizers Association
www.galvanizing.org.uk
ga@hdg.org.uk

República Checa y Eslovaquia

Asociace českých a slovenských zinkoven
www.acsz.cz
info@acsz.cz

Rumanía

Asociația Națională a Zincatorilor
www.anaz.ro

Turquía

Genel Galvanizciler Derneği
www.galder.org.tr
info@galder.org.tr



www.ateg.es

galvanizacion@ateg.es