



Beneficios de la GALVANIZACIÓN en la Industria Agrícola





Agenda

- **Corrosión**
- **Conceptos Básicos de la Galvanización**
- **Galvanización & Sustentabilidad**
- **Casos de éxito en el sector Agrícola**
- **Comparativo de costos**



¿Quién es el mayor
consumidor de
acero del mundo?

nexa



CORROSIÓN
=
HERRUMBE

Corrosión

Tendencia que tienen los materiales a volver a su estado natural, es decir, mineral, en el caso del acero.



La corrosión es un fenómeno que **depende del medio ambiente** y puede ser más agresivo en algunas zonas y menos agresivo en otras. La presencia de **sales, gases y humedad, asociados con altas temperaturas y vientos** pueden hacer que un ambiente sea extremadamente agresivo para el acero.

Aproximadamente el **30% de la producción mundial de hierro y acero se pierde debido a la corrosión**, ya que los metales siempre tienden a volver a su estado energético más bajo (estado más estable), como el mineral.

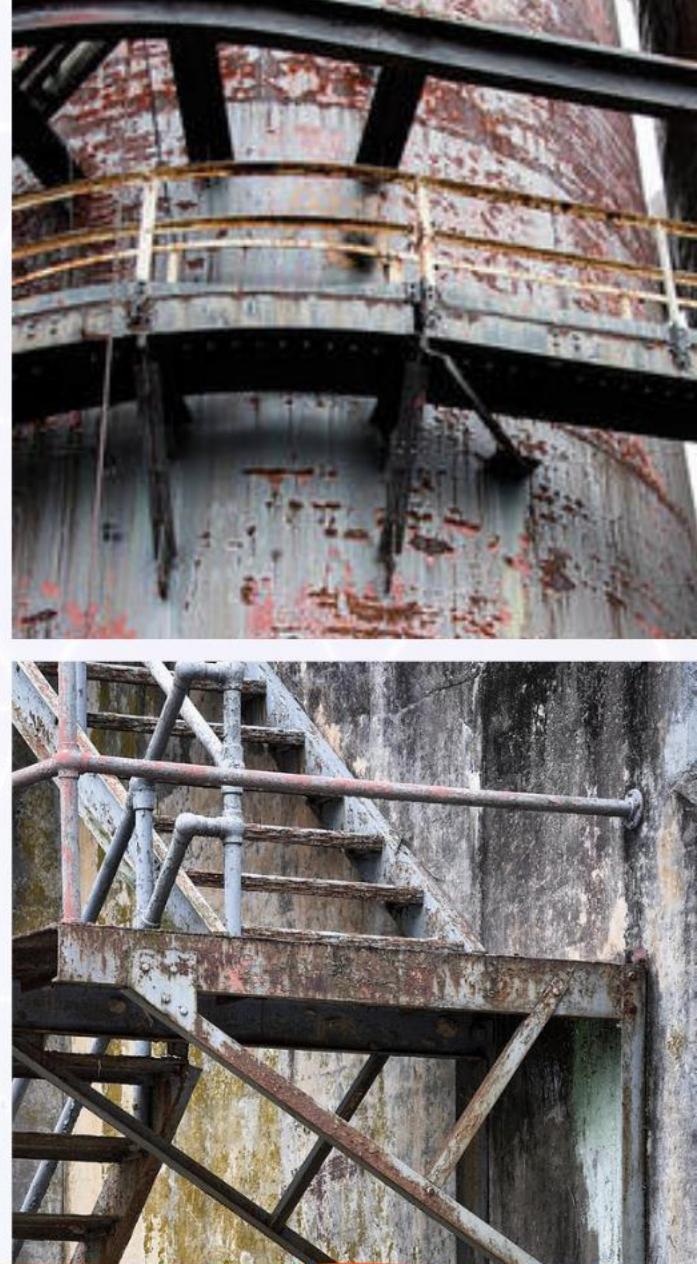
Los costos de corrosión corresponden al **1 al 5% del PIB de los países**.



Estimación media de costo de corrosión:
3,4% del PIB mundial

PIB 2019 Chile = USD 282.3 miles de millones
~ 3.4% del PIB gastado en mantenimiento de corrosión
~ USD 9.6 miles de millones / año

Con el uso de adecuadas **técnicas de protección** contra la corrosión, se estima que podrían ser ahorrados alrededor de **25% - USD 2.4 miles de millones/año**



Métodos de Protección del Acero

- Aleaciones con otros materiales:
 - Acero inoxidable. Crea una capa de óxido de cromo;
 - Acero Corten. Capa protectora de Fe, Cu y P;
- Recubrimientos Protectores:
 - Orgánicos. Pinturas y barnices;
 - Cerámicos;
 - **Metálicos. Galvanización o metalización.**
- Métodos electroquímicos:
 - Protección catódica mediante ánodos de sacrificio.



Corrosividad atmosférica

El zinc tiene una vida útil muy larga. Las tasas de corrosión del zinc dependen del lugar donde se instalen las estructuras según la categoría de corrosividad.

Categoría de corrosividad	Tasa media anual de corrosión del zinc ($\mu\text{m/año}$)	Tasa media anual de corrosión del acero al carbono ($\mu\text{m/año}$)
C1 – Muy Baja interior: seco	<0,1	<1,3
C2 – Baja interior: condensación ocasional exterior: rural	0,1 a 0,7	1,3 a 25
C3 – Media interior: alta humedad, poca contaminación del aire exterior: interior urbano o costa urbana	0,7 a 2,1	25 a 50
C4 – Alto interior: piscinas, plantas químicas exterior: interior industrial o costa urbana	2,1 a 4,2	50 a 80
C5 – Muy Alto interior: edificios o áreas con casi condensación permanente y con alta contaminación exterior: industrial con alta humedad o alta salinidad costal	4,2 a 8,4	80 a 200
CX – Extrema interior: edificios o áreas con casi condensación permanente y con alta contaminación exterior: zonas costeras y mar adentro con alta salinidad	8,4 a 25	>200



Factores que determinan la Corrosividad Atmosférica según ISO 9223:

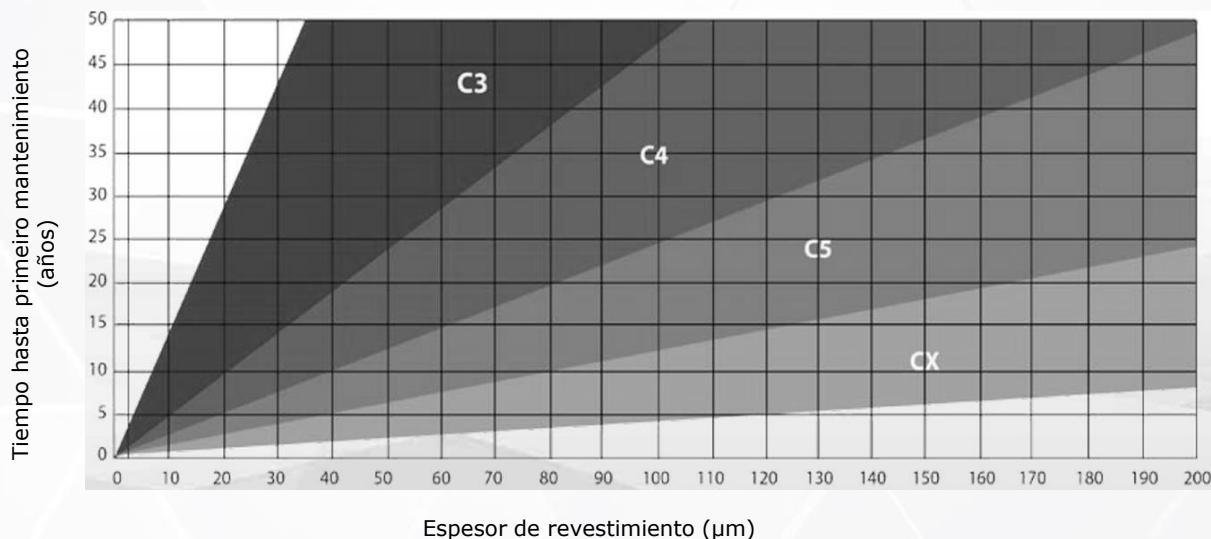
- Humedad ambiental;
- Concentración de cloruro;
- Concentración de dióxido de azufre.

Corrosividad atmosférica

La relación entre el espesor del revestimiento galvanizado y el tiempo estimado para realizar el mantenimiento se muestra en la siguiente tabla.

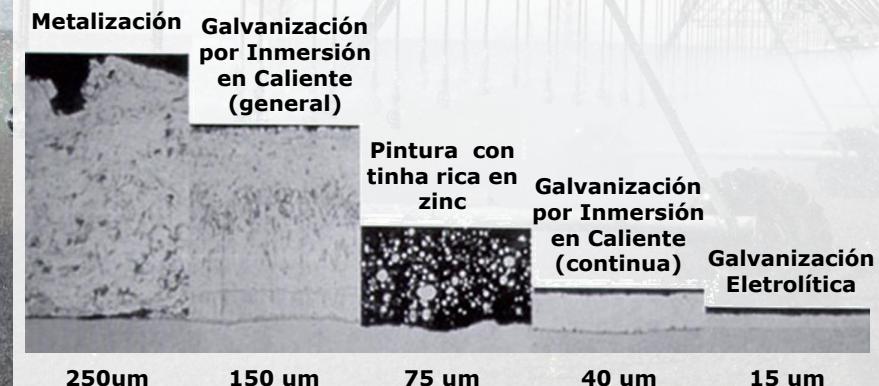
Sistema	Norma de Referencia	Espesor Mínimo (μm)	Categoría de corrosividad			
			C3	C4	C5	CX
Galvanizado en caliente	ISO 1461	85	40/100	20/40	10/20	3/10
		140	67/100	33/67	17/33	6/17
		200	95/100	48/95	24/48	8/24
Chapa galvanizada el caliente	EN 10346	20	10/29	5/10	2/5	1/2
		42	20/60	10/20	5/10	2/5
Chapa electro depositado	ISO 2081	5	2/7	1/2	1/1	0/1
		25	12/36	6/12	3/6	1/3

Relación entre el espesor del revestimiento galvanizado y la vida útil estimada.



Métodos para Combatir la corrosión

Hay varios recubrimientos disponibles en el mercado para protección contra la corrosión:



Criterios para definición del sistema adecuado

- Tamaño de la estructura;
- Agresividad del entorno que se expuesto;
- Condiciones de acceso en caso de necesidad de mantenimiento;
- Durabilidad esperada.

Vamos conocer
más sobre la
GALVANIZACIÓN



Galvanización

El proceso de **galvanización en caliente**, consiste en sumergir piezas de acero o hierro (de diversas formas, pesos y complejidades) en un baño de zinc fundido a 450°C, garantizando una **mayor protección del acero contra la corrosión**.

La rápida reacción de la superficie del acero con el zinc fundido produce una **capa compuesta por diferentes aleaciones de ferro-zinc**, donde esta unión se denomina **interacción metalúrgica**. Después de retirar la estructura del baño de zinc fundido, además de la capa intermetálica, se forma una capa de zinc puro en la superficie.

Tipos de Galvanización

Electrolítica (3% del mercado)

Inmersión en caliente (97% del mercado), que puede ser continua o general

Galvanización por **Inmersión en Caliente** en el mercado es conocida por:

Cincado por
inmersión
en caliente

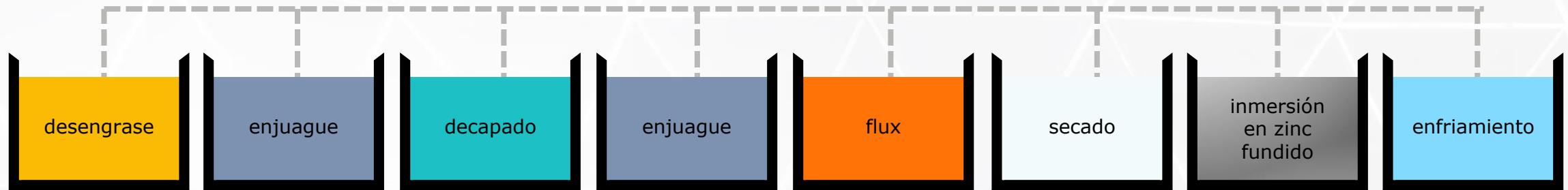
Cincado al
fuego

Galvanización
al fuego



Galvanización

Por inmersión en caliente > Etapas del proceso general



Por este proceso, son galvanizadas piezas de acero listas o casi-listas, limitadas en tamaño por la longitud de la cuba de Zinc.

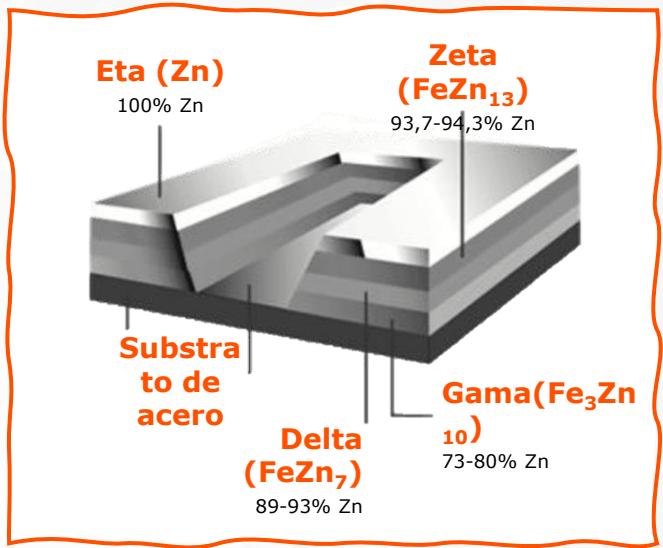
Ocurre la formación de una unión metalúrgica que garantiza una fuerte adherencia del revestimiento de zinc, el cual es superior se comparada con otras formas de revestimiento, como pintura.

Galvanización

Doble protección contra la corrosión

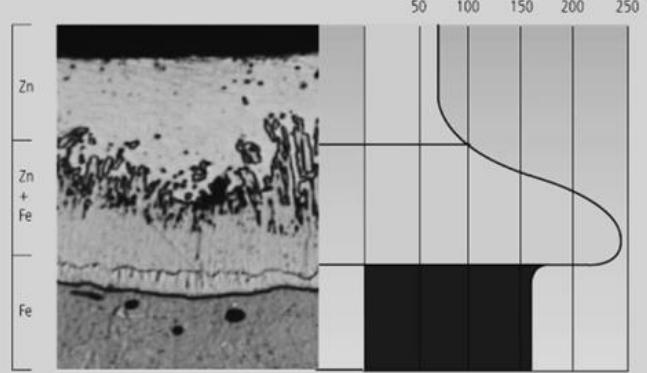
Protección por Barreira

La capa de zinc aisla el substrato de acero, protegiendo del contacto con el medio expuesto.



Dureza Vickers

Micro sección de la capa galvanizada por inmersión en caliente, enseñando las variaciones de la rigidez del revestimiento. Las aleaciones de zinc-hierro son más rígidas de que e substrato de acero.



nexa

Galvanización

Protección Catódica

El zinc sufre corrosión preferencial sobre el acero se sacrifica para protegerlo.

El **zinc** es menos electronegativo que el acero, el hierro fundido



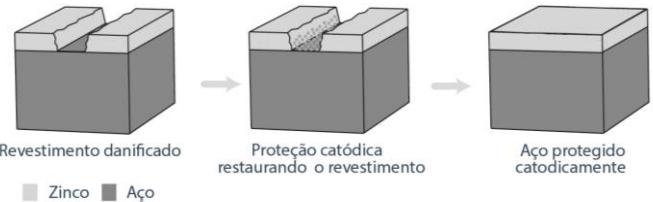
ANÓDICO (mais suscetível à corrosão)
Magnésio e suas ligas

Zinco
Acerro
Cádmio
Ferro Fundido

Chumbo
Latões
Bronzes
Cobre

Aço inoxidável, tipo 410
Aço inoxidável, tipo 304
Aço inoxidável, tipo 316
Titânio

CATÓDICO (mais resistente à corrosão)



"La "cicatrización" se produce en áreas expuestas con un ancho entre 1 mm y 5 mm, dependiendo del electrolito en contacto con el revestimiento galvanizado y el área expuesta."

Fonte: AGA - American Galvanizers Association

Proceso de Cicatrización

1. Se forma una célula galvánica;
2. El zinc alrededor del punto dañado se oxida, sacrificándose;
3. El producto de esta corrosión se precipita sobre la falla, protegiendo la región;
4. El acero se mantiene protegido por ser más electronegativo que el zinc.

Protección en cantos vivos con capa uniforme



Protección interna y externa

nexa



Necesita de más protección?

Sistema Duplex

Los sistemas dúplex promueven una vida útil superior que la simple suma de vida útil del galvanizado + vida útil de pintura. La vida útil es de **1,5-2 veces mayor** que esa suma.

COMO CALCULAR

$$\text{Duplex} = \text{factor sinérgico (zinc + pintura)}$$

Ejemplo:

Pintura = 10 años

Galvanización = 40 años

Sistema Duplex = 75 años (1.5 veces)

Factor Sinérgico	Clasificación	
Industrial	1.5	2.0
Marítimo (imersão)	1.5	1.6
Clima no agresivo	2.0	2.7



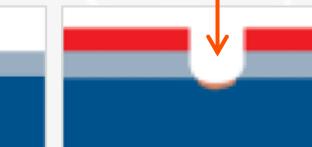
Pintura sobre
acero
galvanizado



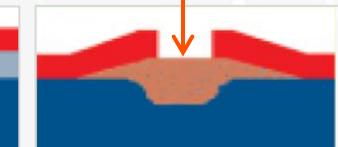
Pintura sobre
acero
não
galvanizado



Galvanizado



Galvanizado +
Pintura



Pintura

Corrosión Zinc
60 g/m²/ano
8 µm/ano

Corrosión Acero:
1500 g/m²/ano
200 µm/ano

Proceso Normalizado

ISO 1461 – Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specification and test methods.

ISO 14713-2 – Zinc coatings – Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures – Part 2: Hot dip galvanizing

ASTM A123 - Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products



Galvanización & Sustentabilidad

Se estima que de **cada 2 toneladas** de acero producidos, **1 es para substituir** el acero corroído.

Galvanización - Es el uso eficiente del zinc para proteger el acero por largos períodos, **economizando recursos** con un menor impacto en el medio ambiente.



+sustentável
-manutenções



Galvanización & Sustentabilidad

La Industria del Acero y el cambio climático

La pandemia aceleró la concientización cuanto a necesidad del cambio climático

Impulso creciente para que los Gobiernos lideren las políticas de descarbonización

La UE, Japón, Corea del Sur y +110 países han declarado su intención de **neutralidad de carbono al 2050**. China anunció que lo haría antes del 2060. Canadá, Brasil y Argentina entre 2050-60.



El desafío implica en acciones de:

- Economía Circular
- Desarrollo de Tecnologías e Infraestructura (CCUS)
- Uso de Energías Renovables e Hidrógeno

Las emisiones de la industria del acero deben **disminuir en al menos un 50% para 2050** para cumplir con los objetivos energéticos y climáticos globales.

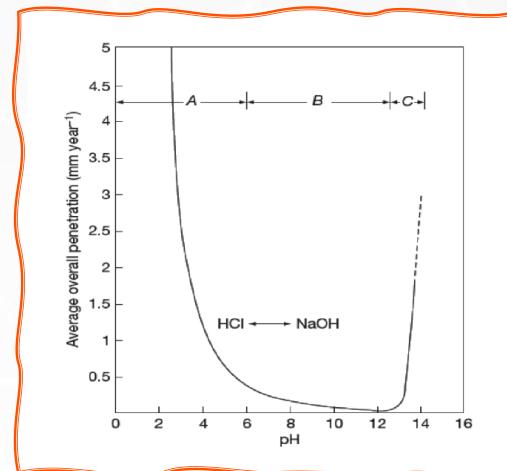
Las siderúrgicas de todo el Mundo ya se han comprometido con objetivos de reducción de emisiones de CO₂ a mediano (2030) y largo plazo (2050)



Galvanización & Industria Agrícola

Los entornos de la industria agrícola pueden ser agresivos y las demandas impuestas al acero suelen ser elevadas, llevando el **acero a un alto esfuerzo**. Tales condiciones incluyen:

- Inmersión total en agua;
 - Condiciones de abrasión e impacto;
 - Humedad a largo plazo en superficies;
 - Temperaturas elevadas;
 - Acidez y alcalinidad;
- Para estos casos, se sugiere la utilización del **Sistema Duplex**.



Efecto del pH en la tasa de corrosión (a) corrosión rápida, (b) película estable – baja tasa de corrosión, (c) corrosión rápida.

Reproducido de Roetheli, B.E., Cox, G.L.; Littreal, W.B. *Metals and Alloys* 1932, 3, 73.

Los principales proyectos agrícolas, están en contacto con suelos que muchas veces tienen características altamente corrosivas.

Iones de cloruro: Disminuyen la resistividad del suelo y aumentan la tasa de corrosión;

Efecto de la humedad: afecta principalmente a la actividad de los iones de cloruro;

<17,5% - la concentración de iones de cloruro **no afecta significativamente** la velocidad de corrosión del zinc;

>17,5% - la concentración de iones de cloruro **tiene un efecto significativo** sobre la velocidad de corrosión del zinc;

pH < 7,0 - tienen una **mayor tasa de corrosión** en los recubrimientos de zinc;

pH > 7,0 - proporcionan una **vida útil más prolongada** a los recubrimientos de zinc;

Resistividad del suelo ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Clasificación de corrosividad	Tipo de suelo
>20,000	No corrosivo	Arenoso / Cascallo
10,000 a 20,000	Ligeramente corrosivo	Arenoso / Limoso
5,000 a 10,000	Moderadamente corrosivo	Limoso
3,000 a 5,000	Corrosivo	Lodo
1,000 a 3,000	Altamente corrosivo	Arcilloso-limoso
<1,000	Extremadamente corrosivo	Arcilloso / "Turba"

Fuente: AGA / P.R. Roberge, Corrosion inspection and monitoring / IZA - International Zinc Association

Galvanización & Industria Agrícola

La industria agrícola cuenta con **importantes inversiones en infraestructura**, en las que el **acero juega un papel muy importante**, ya que está presente en varias estructuras, tales como:

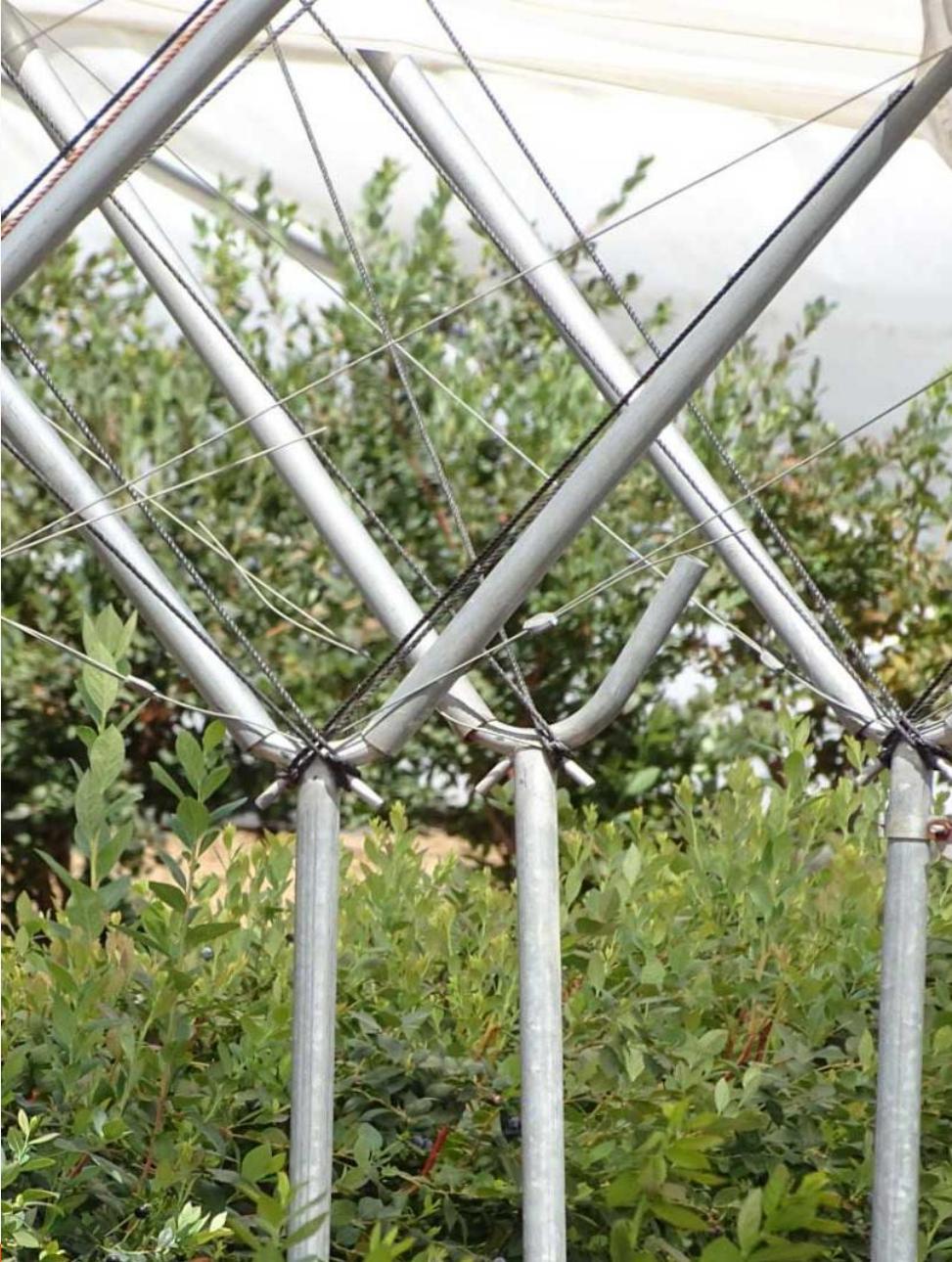
- Superficie (soportes para tanques, pórticos para tuberías, estructuras de almacenamiento, invernaderos, escaleras y barandillas).
- Pozos y galerías (utilería, artefactos de acero para estaciones y caballetes);
- Retención (soportes de techo, estribos para tubos, silos).
- Transporte (estaciones de transferencia de frutas, rieles móviles eléctricos, pivotes de riego);

Realizar el **mantenimiento de estas estructuras puede resultar complicado** por el entorno en el que están instaladas, incluidos **ambientes con acceso limitado**.

Por lo tanto, se debe especificar un sistema de protección para el acero que **no necesite mantenimiento**, que sea duradero y económico.

GALVANIZACIÓN PROPORCIONA AL ACERO

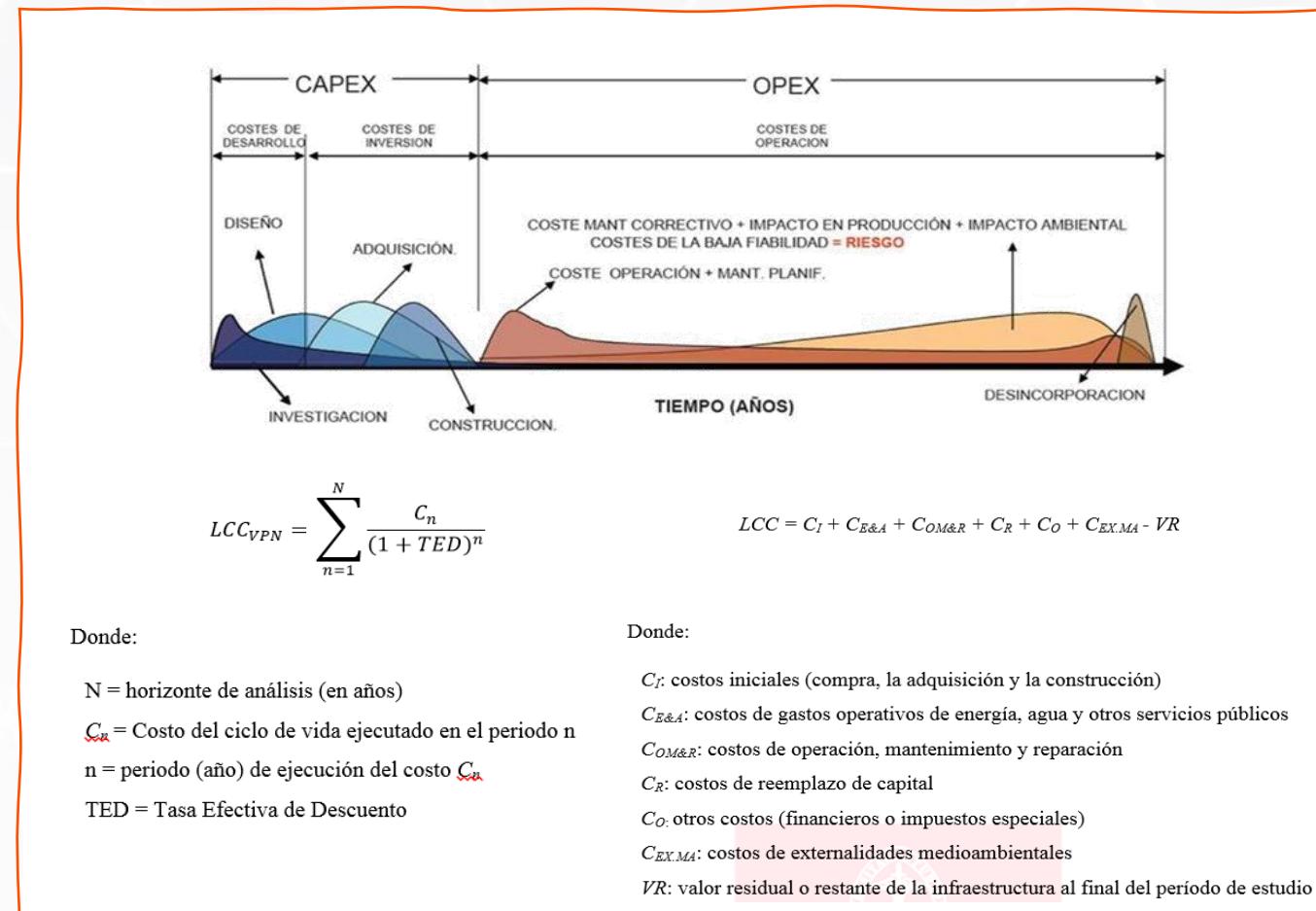
protección contra la corrosión y resistencia a la abrasión



Comparativo de Costos

Concepto de costo de ciclo de vida

- La **sostenibilidad** se enfoca en tener en cuenta el **futuro**. Por eso, se debe evitar la postura que solamente se preocupa por el **presente** y que solo considera los **costos actuales**, y adoptar una más **progresista** que incluya el análisis de los **costos a largo plazo**.
- Evaluar el costo de un proyecto durante **todo su período de validez (vida útil)** garantiza una mayor estabilidad económica para **futuras generaciones**.
- En el sector construcción se emplea, principalmente, el "**Análisis de Costo de Ciclo de Vida**" (LCCA por sus siglas en inglés), el cual es un método de **evaluación comparativa** que permite determinar el "**costo real**" de las alternativas de diseño de una obra.
- LCC automatizado online: lccc.galvanizeit.org

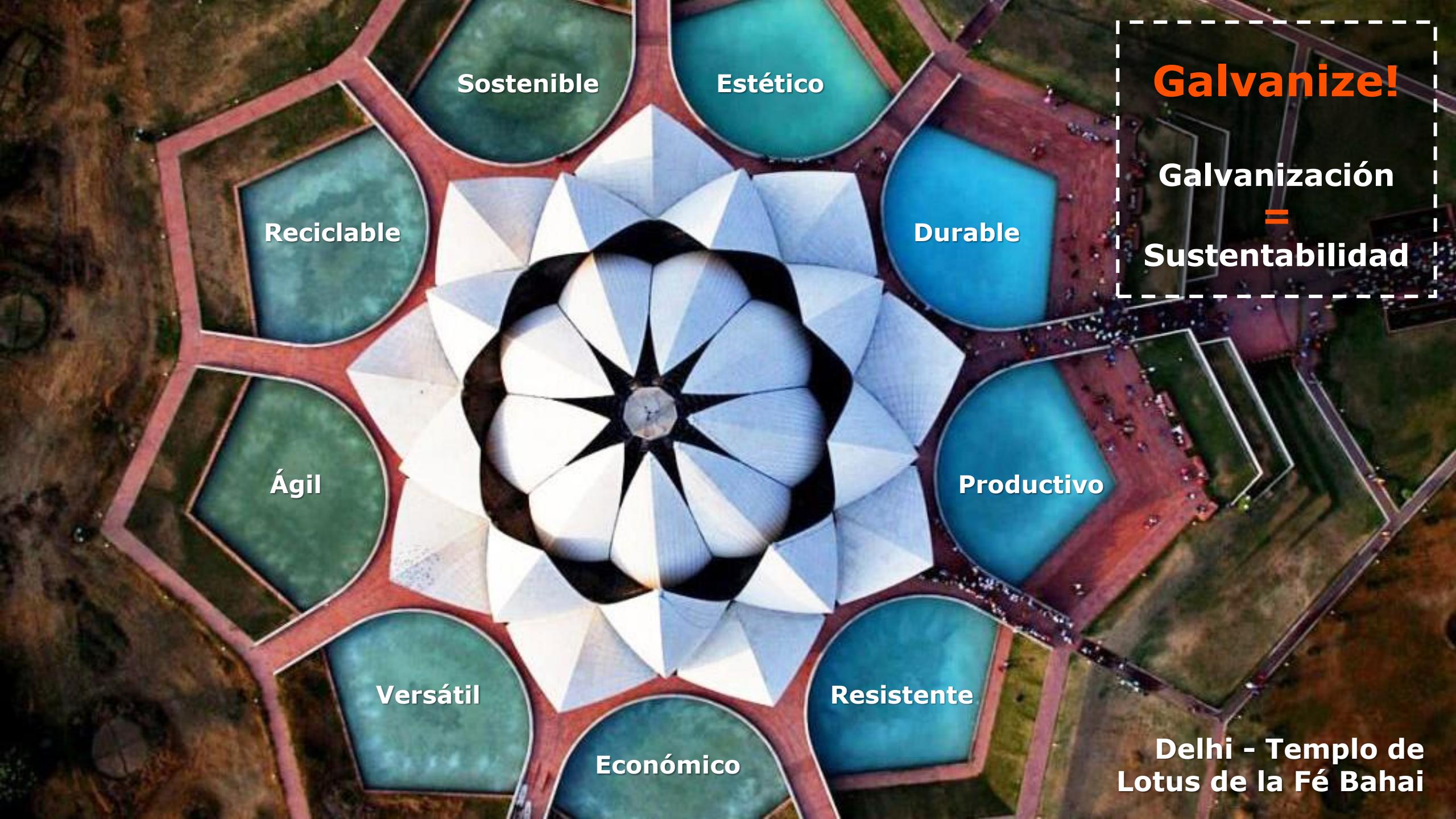


Comparativo de Costos

Análisis financiero

- Costos directos (iniciales y de mantenimiento);
- Costos indirectos (facilidad de acceso, tiempos de viaje a la ubicación de ejecución del proyecto, pérdida de productividad durante mantenimiento, clima, etc.);
- Algunos estudios muestran que estos costos indirectos son, por lo general, de 5 a 11 veces más onerosos que el costo directo total;
- Para sistemas de pintura y revestimientos industriales de alto rendimiento:
 - ✓ El material (sistemas de pintura/revestimiento disponible);
 - ✓ El número de revestimientos necesarios para afrontar el medio ambiente;
 - ✓ El método de limpieza de la superficie;
 - ✓ Si necesario, un ambiente cubierto para permitir el proceso de adherencia.





Galvanize!

Galvanización

=

Sustentabilidad

**Delhi - Templo de
Lotus de la Fé Bahai**



¡Muchas gracias!

Renato Tozin

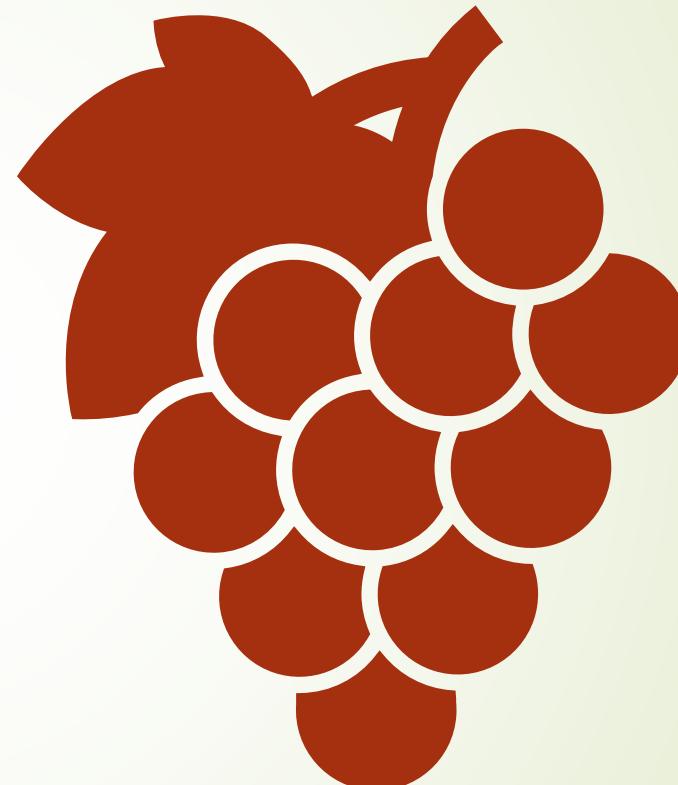
renato.tozin@nexaresources.com



nexa
ZINC | international
zinc association

Tecnologías innovadoras en estructuras de conducción de viñedos

POSTES METÁLICOS GALVANIZADOS
POR INMERSIÓN EN CALIENTE



AAGIC



DISPARADORES

- ▶ Reemplazo de postes de madera impregnada por un material resistente, durable y sostenible
- ▶ Utilización de tecnología ya probada en otras regiones vitícolas del mundo: postes metálicos galvanizados por inmersión en caliente



Primera Jornada Mendoza, Argentina 30 de agosto 2018

**“Nuevas tecnologías para
viñedos: Postes metálicos
Galvanizados por
Inmersión en Caliente”**

- ▶ IZA, International Zinc Association.
- ▶ INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- ▶ INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- ▶ Fecovita, Federación de Cooperativas Vitivinícolas Argentinas, la mayor cooperativa de Sudamérica.
- ▶ Ministerio de Producción de la Nación.
- ▶ Asociación Bodegas Argentinas.
- ▶ AAGIC, Asociación Argentina de Galvanizado por Inmersión en Caliente
- ▶ Bodegas: Chandon, Viña Cobos, Eno Rolland.
- ▶ Acindar (Arcelor Mittal).
- ▶ Ternium –Siderar.

¿QUÉ TENEMOS ACTUALMENTE?

POSTE DE MADERA

- ▶ Poste de madera impregnado con CCA (Cromo, Cobre y Arsénico) en aproximadamente 6 kg/poste.
No apto para un cultivo orgánico.
- ▶ Durabilidad aproximada de 5 a 8 años, dependiendo el suelo y del sistema en que participa: manual o mecánico.
- ▶ Sistema mecánico: durante el proceso de cosecha, el poste es vibrado para desprender el racimo.
Este procedimiento genera quebraduras y el consecuente reemplazo prematuro del poste.
- ▶ El poste de madera no es mecanizable. Las tareas de alambrado son manuales en cada unidad.
- ▶ La dimensión y peso del poste de madera lo hacen poco práctico para el manejo en viña.
- ▶ La disposición final del poste no está resuelta. Actualmente se estiban en el campo.

PROPUESTA

POSTE METÁLICO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

- ▶ Apto para cultivo orgánico.
- ▶ Mayor vida útil. Acompaña el ciclo de la vid en su periodo de máximo rendimiento.
- ▶ Mayor resistencia a las solicitudes verticales u horizontales (vientos).
- ▶ Mayor resistencia ante la vibración durante las labores mecánicas.
- ▶ Mantiene la geometría del sistema de conducción, permitiendo la mecanización de labores.
- ▶ Su mecanizado permite la colocación y amarrado de alambres de manera rápida y eficaz.
- ▶ Fácil hincado, reduce el costo de mano de obra.
- ▶ Mejor manejo en viña.
- ▶ Proceso industrializado: uniformidad, trazabilidad.
- ▶ 100 % Reciclable.

Postes metálicos galvanizados por inmersión en caliente



Sistemas antigranizo

- Pera
- Manzana
- Vid



Postes metálicos galvanizados por inmersión en caliente

Mecanización de
la instalación:
Equipos para
hincado de postes



Postes metálicos galvanizados por inmersión en caliente



Control de plagas

Postes metálicos galvanizados por inmersión en caliente

Poda

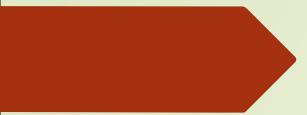


Postes metálicos galvanizados por inmersión en caliente



Cosecha





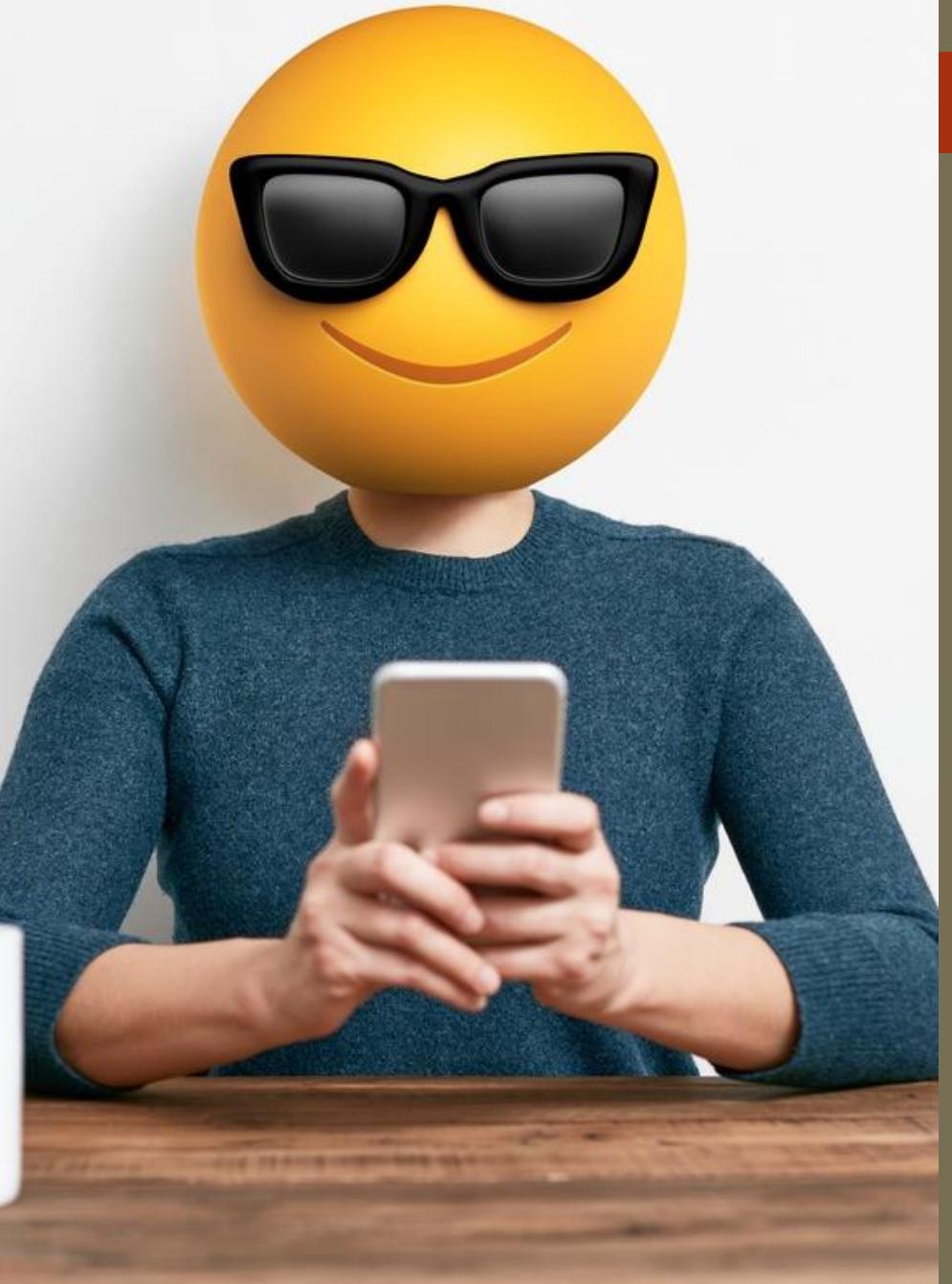
Segunda Jornada Mendoza, Argentina 5 de diciembre de 2019

**“Tecnologías innovadoras en
estructuras de
conducción de viñedos”**

- ▶ IZA, International Zinc Association.
- ▶ INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- ▶ INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- ▶ AAGIC, Asociación Argentina de Galvanizado por Inmersión en Caliente
- ▶ Universidad Tecnológica Nacional
- ▶ CONICET
- ▶ Asociación de Industriales Metalúrgicos de Mendoza
- ▶ Tecnovid
- ▶ Maderas plásticas de Mendoza
- ▶ MH Agroservicios
- ▶ Viñas Mendocinas Don Víctor
- ▶ Bodega Salentein
- ▶ Grupo Peñaflor
- ▶ ACOVI, Asociación de Cooperativas Vitivinícolas Argentinas
- ▶ Fecovita, Federación de Cooperativas Vitivinícolas Argentinas
- ▶ TDL Agro
- ▶ Ternium –Siderar.

MÁS DUDAS QUE CERTEZAS...





- Sustentabilidad
- Disposición final
- Seguridad en la homogeneidad del producto (proceso industrial)
- Costo de instalación
- Espacio de almacenamiento
- Costo de transporte
- Adaptación a labores mecánicas

- 
- ▶ Vida útil
 - ▶ Vida útil del viñedo
 - ▶ Vida útil del poste
 - ▶ Costos
 - ▶ Resistencia
 - ▶ Modelo / Marca
 - ▶ Desarrollo
 - ▶ Espesor del acero
 - ▶ Cantidad de perforaciones
 - ▶ Espesor del recubrimiento de zinc (¿250? ¿350? ¿600?)
 - ▶ Adaptación a diferentes condiciones (no copiar el modelo europeo)
 - ▶ En cultivos N-S, ¿cómo cambian las condiciones con malla y zonda?
 - ▶ ¿Huella de Carbono?

Factores para la elección de un poste para viñedo

- ▶ Aspectos técnicos:
 - ▶ Resistencia mecánica
 - ▶ Durabilidad
- ▶ Aspectos económicos: costo-beneficio
- ▶ Características del viñedo: hábitos de crecimiento, vigor de la vid
- ▶ Posibilidad de mecanización / tecnificación
- ▶ Factores ambientales: temperatura, topografía, vientos, lluvia, suelo
- ▶ Vida útil
- ▶ Disponibilidad del producto en el mercado
- ▶ Facilidad de instalación: manual / mecánica
- ▶ Facilidad de manejo de alambres
- ▶ Sustentabilidad – Enfoque Ciclo de Vida

Factores para la elección de un poste para viñedo

- ▶ Resistencia a la corrosión
- ▶ Resistencia estructural
- ▶ Prolongada vida útil
- ▶ Infraestructura sostenible

El Galvanizado por Inmersión en Caliente es una alternativa para los postes de conducción de viñedos. Combina durabilidad con resistencia mecánica del acero

Permite la mecanización de labores.

Apto para cultivos orgánicos. No tiene productos químicos.

Es sostenible

Amenazas

Estables

- Relativas al material y la fabricación
- Relativas a su resistencia mecánica
- Relativas a su instalación

Dependientes del tiempo

- Corrosión atmosférica
- Corrosión por suelos

Independientes del tiempo

- Manejo incorrecto
- Factores meteorológicos

Corrosividad atmosférica

- Temperatura
- HR ambiente
- Ciclos térmicos
- Condensación – TDH
- Radiación solar

Existe el Mapa de corrosividad atmosférica de Argentina
B. Rosales, 1997

Corrosividad de los suelos

- Cantidad de agua
- Textura, capacidad de drenaje, contenido de aire
- Composición química
- Resistividad
- pH
- Contaminación externa (agroquímicos)
- Formación de macroceldas
- Potencial redox
- Presencia de microorganismos – Hongos
- Partículas de carbón – Cenizas
- Presencia de carbonato de calcio y magnesio
- Presencia de sulfuros

Necesario: Mapa de corrosividad de suelos
No extrapolables datos obtenidos en otros países



Proyecto de uso de postes metálicos GIC

Finalidad

- Adopción a nivel nacional de tecnologías existentes y probadas
- Introducción de un producto que permita innovar en labores agrícolas tradicionales
- Contar con información técnica sobre el comportamiento y resistencia a la corrosión atmosférica y de suelos
- Conocer su resistencia mecánica

INDISPENSABLE: Colaboración y competencias diferenciadas trabajando de manera conjunta

Proyecto de uso de postes metálicos GIC

Objetivos parciales

- Determinar las zonas seguras para su uso
- Confirmar su durabilidad
- Comparar sostenibilidad y ACV de los postes metálicos respect de otros materiales

Objetivos finales

- Los fabricantes y proveedores contarán con información técnica que permita un óptimo diseño del poste, tipo de acero y tipo y espesor de revestimiento a ofrecer para cada suelo y clima
- Los usuarios contarán con una herramienta objetiva de análisis que les permitirá tomar decisions técnica y económicamente adecuadas para sus suelos, climas y cultivos.

Desarrollo experimental

Desarrollo e implementación de un sistema de sensado, adquisición, almacenamiento y análisis de datos

- Analizar las características fisicoquímicas de los suelos y del agua de regadío
- Determinar las cargas que actuarán sobre el sistema:
 - ✓ Ambientales (vientos)
 - ✓ Fruta
 - ✓ Follaje
- Análisis del ciclo de vida evaluando su vida útil, mantenimiento, reutilización, materiales y consumo de energía en las etapas de producción

The background image shows a panoramic view of a valley. A river flows from the center-left towards the right, reflecting the surrounding green vineyards and hills. In the distance, a small town with several buildings and a church steeple is nestled among the hills. The foreground is filled with lush green vineyard rows.

Gracias!!

An orange arrow points from the bottom left towards the text.

Gerencia@AAGIC.com.ar