

# POTENCIAL GIC EN LATINOAMÉRICA

EMMANUEL A. RAMÍREZ G.  
(IZA, LATINOAMÉRICA)

PARA ASIMET, CHILE  
15 DE OCTUBRE, 2024



**ZINC** | international  
zinc association



# CONTENIDO

1. LA SOSTENIBILIDAD DEL ZINC
2. DESPERDICIO DE ACERO: UNA REALIDAD
3. LATINOAMÉRICA Y EL GIC
4. COSTOS Y TRABAJO POR HACER
5. VENTAJAS DEL GIC-APLICACIONES



# 1. LA SOSTENIBILIDAD DEL ZINC



- Varilla GIC: reduce resquebrajamiento del concreto.
- Almacenaje sin degradación del GIC.
- Múltiples aplicaciones
- GIC evita 1.2ton de CO2/ton acero



Imagen: American Galvanizers Association, Riviere Cochon Gras Bridge, Perches, Haití, 2019.



# ZINC: EL GRAN PROTECTOR

- Como protector del acero, no tiene igual.
- Infraestructura (pública y privada): puentes, túneles, vías de comunicación, automóviles, generadores eólicos y sistemas fotovoltaicos, sistemas eléctricos y de comunicación y mucho más
- La corrosión cuesta al año 2.2 trillones de usd, poco más del 3% del PIB mundial

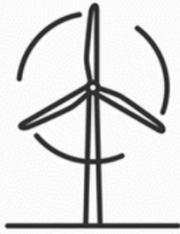


# DA PASO A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

No mantenimiento



Sistemas eólicos



Celdas solares



Electrolizador europeo: 500MW,  
6h al día= 250k hogares



VE, protegidos



Baterías de Zinc



# ¡OJO CON EL RECICLAJE!

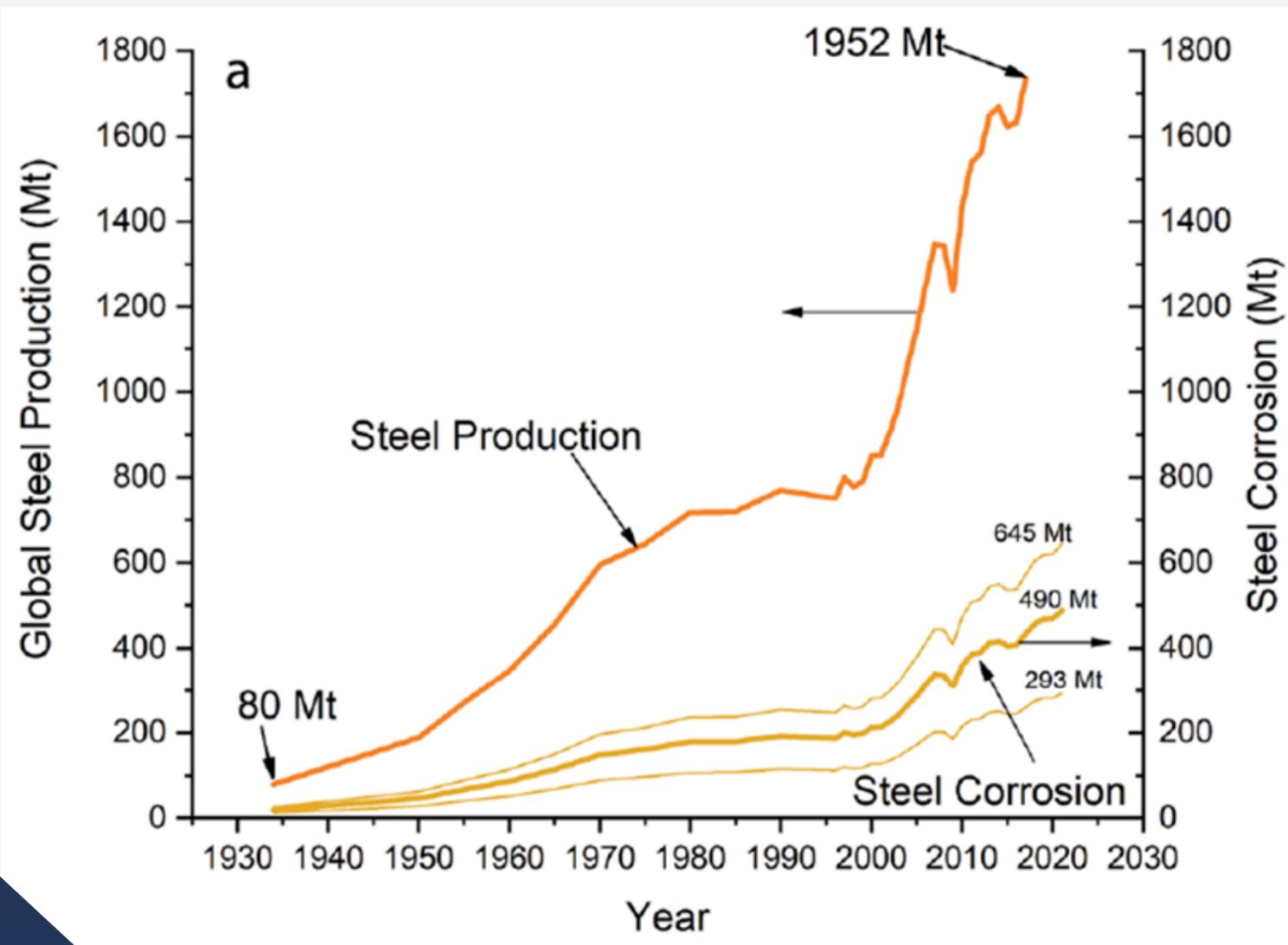
100% Reciclables  
60% Zn producido es  
aún usado



## Zn y Acero

Abundantes. Zn tiene el  
GHG (emisión de gases de  
efecto invernadero) más bajo

# 2. DESPERDICIO DE ACERO: UNA REALIDAD

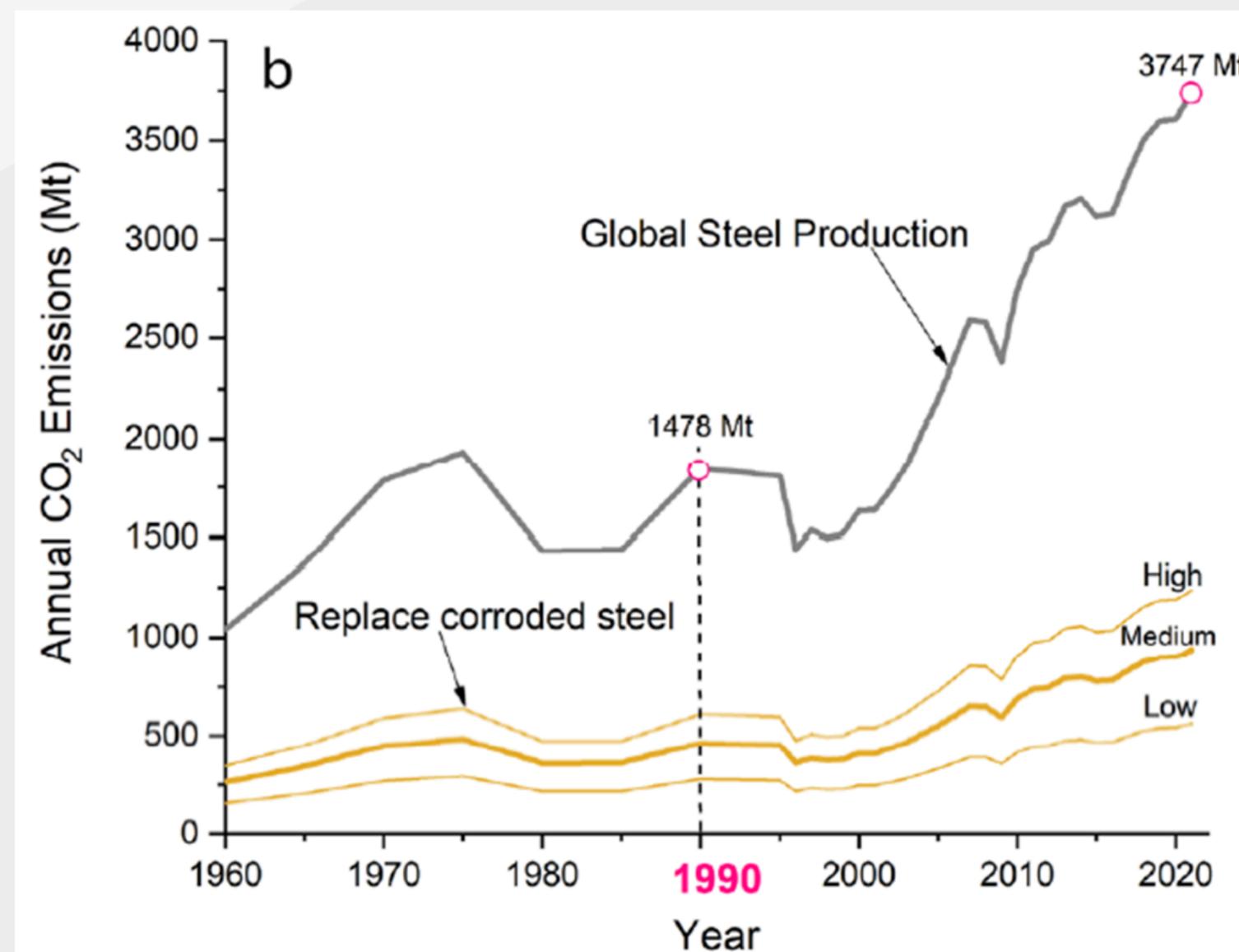


Corrosión: 290-650Mt/año

¿Y la infraestructura necesaria para:  
ciencia, salud, educación...?

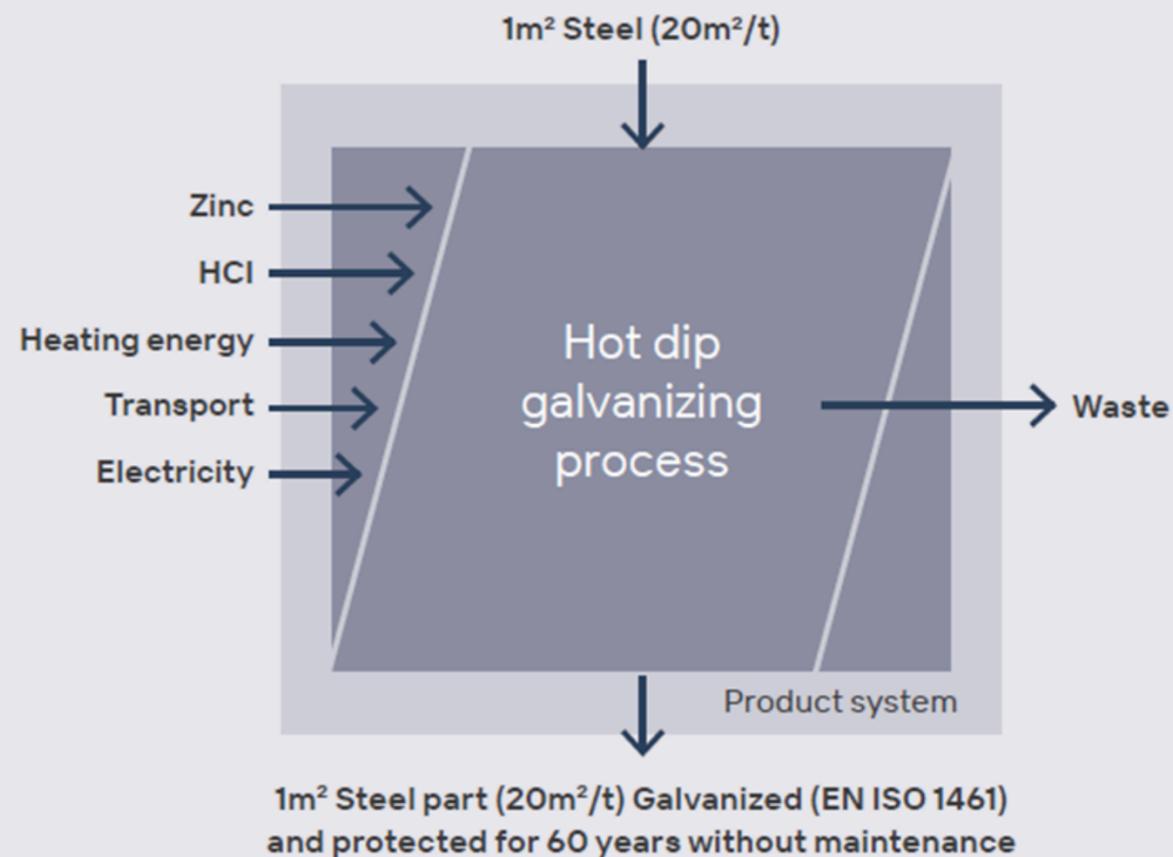
¿CO<sub>2</sub> en 2030 55% menos que en 1990?

2030: 4.1-9.1% CO<sub>2</sub>: por reemplazar acero corroído



Service Life (Years)	Hot Dip Galvanized Steel Structure (kg CO <sub>2</sub> equivalent)	Painted Steel Structure (kg CO <sub>2</sub> equivalent)	Saving by hot dip galvanizing (kg CO <sub>2</sub> equivalent)
60	41,500	98,600	57,100
40	41,500	71,600	30,100
20	41,500	60,500	19,000

### Galvanized System



### Paint System

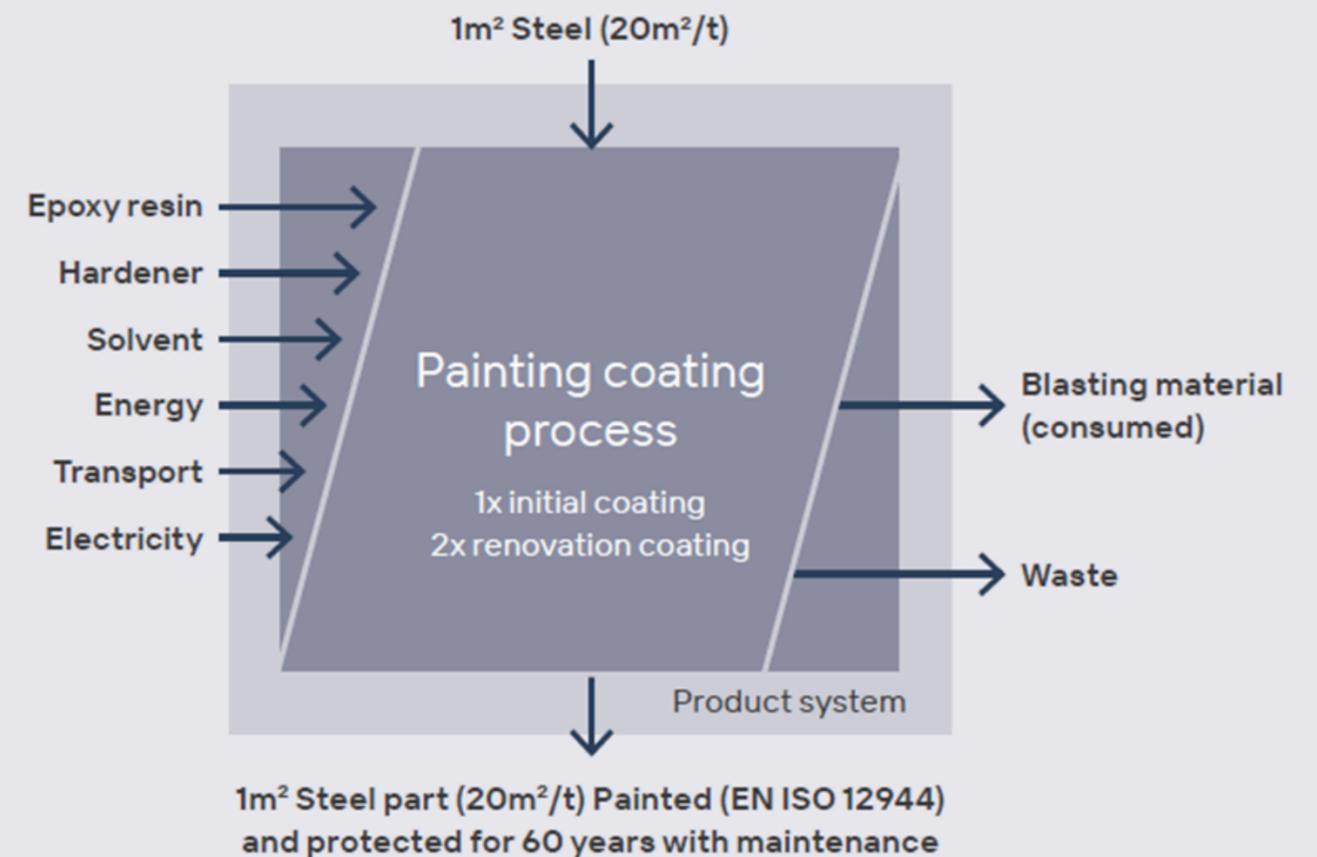
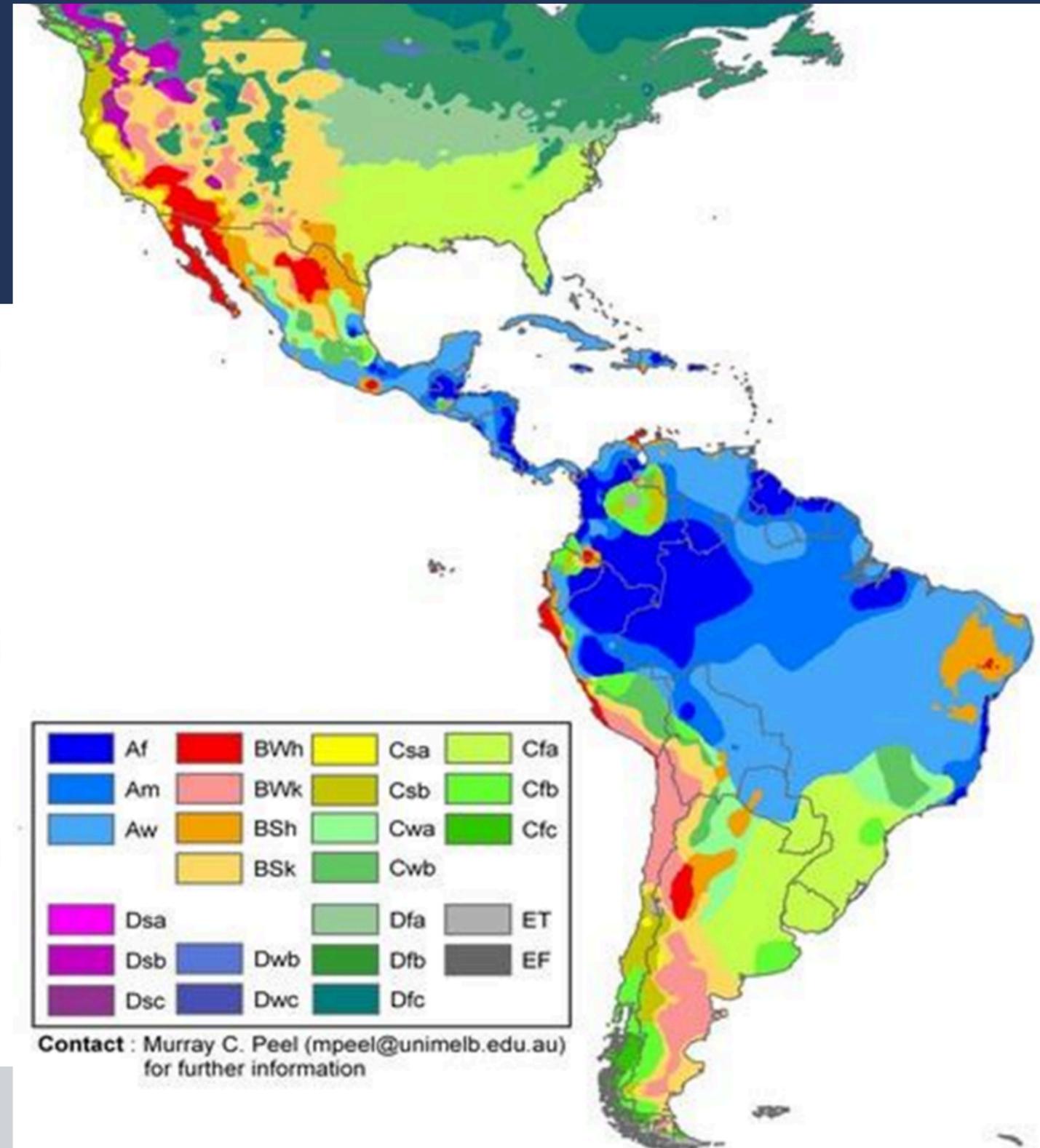
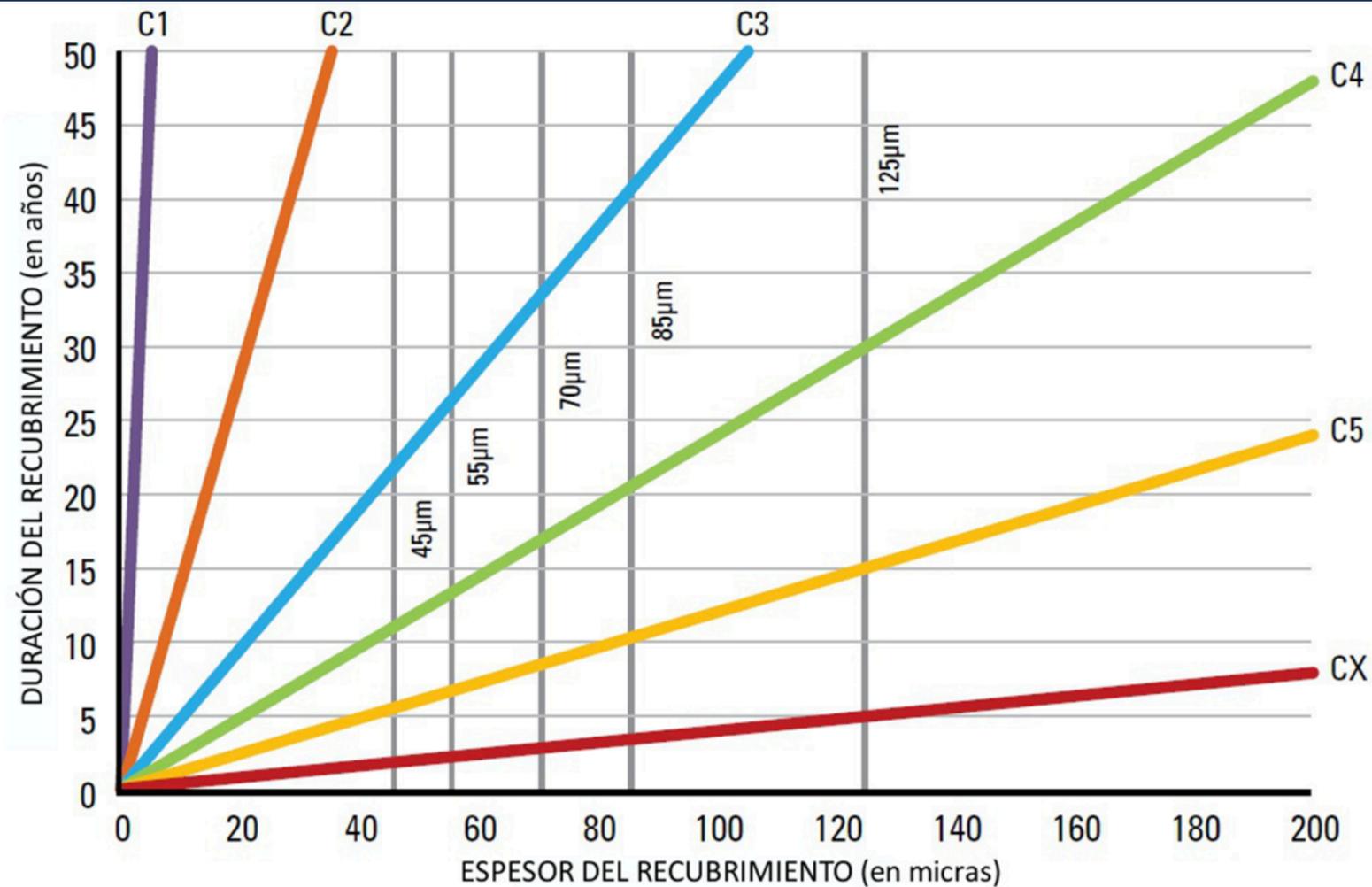


Tabla. GIC vs Recubrimiento barrera en un estacionamiento. Fuente: European General Galvanizers Association .

# 3. LA Y EL GIC ○ ○ ○ ○

- Climas según. Köppen-Geiger
- Checar: ISO 9223, 9224, 12944.
- Apoyo de: corrosionistas, asociaciones de galvanizadores, asociaciones de otros recubrimientos



Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

Gráfica: Tiempo requerido para el primer mantenimiento dependiendo del ambiente en el que se encuentra la pieza. Fuente: ISO 9224

# ISO 9223: CORROSIVIDAD Y VEL. DE CORROSIÓN

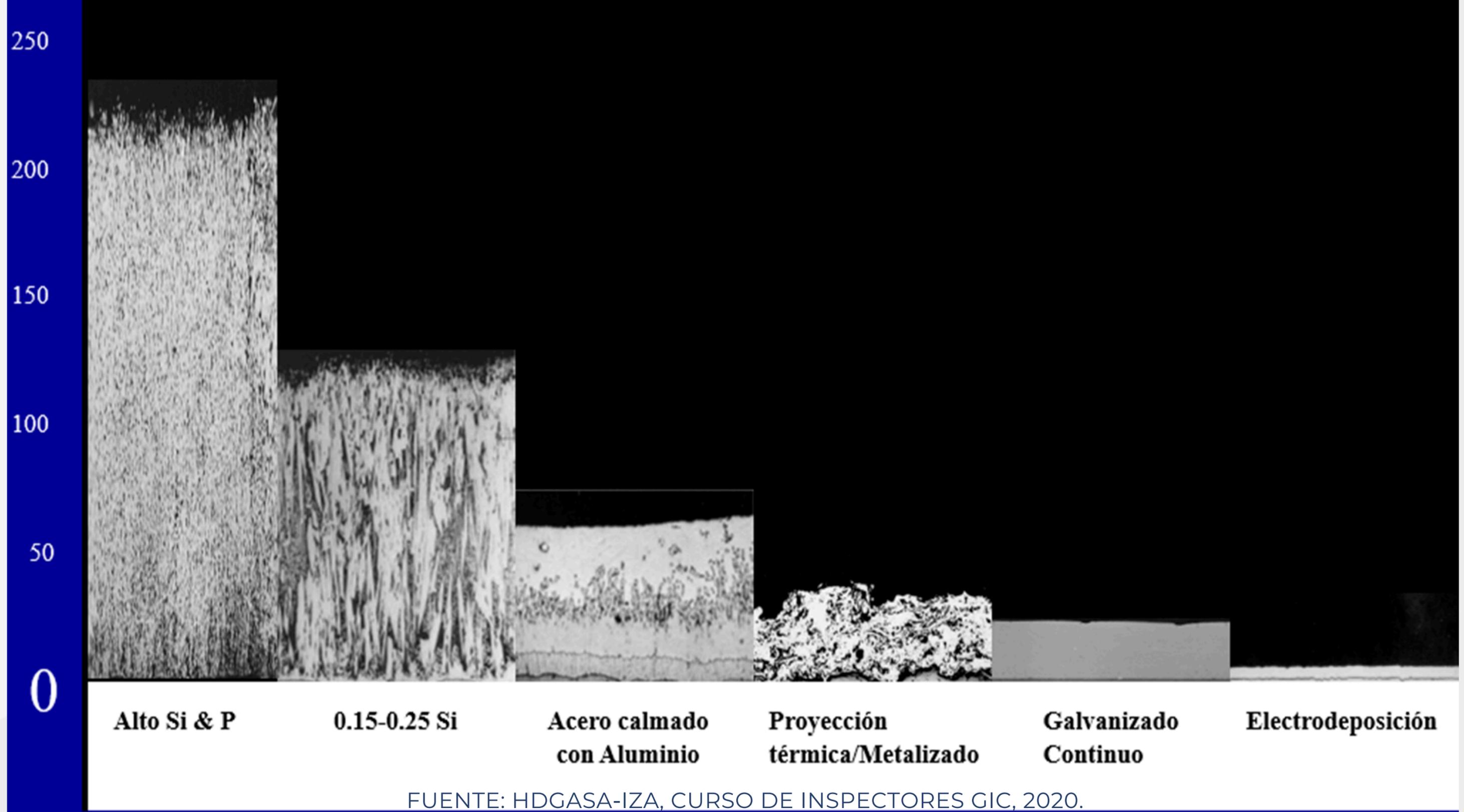
Category	Corrosivity
C1	Very low
C2	Low
C3	Medium
C4	High
C5	Very high
CX	Extreme

Tabla. Categorías de corrosividad de la atmósfera.  
Fuente: tabla 1, ISO 9223.

Corrosivity category	Corrosion rates of metals				
	$r_{\text{corr}}$				
	Unit	Carbon steel	Zinc	Copper	Aluminium
C1	g/(m <sup>2</sup> ·a)	$r_{\text{corr}} \leq 10$	$r_{\text{corr}} \leq 0,7$	$r_{\text{corr}} \leq 0,9$	negligible
	µm/a	$r_{\text{corr}} \leq 1,3$	$r_{\text{corr}} \leq 0,1$	$r_{\text{corr}} \leq 0,1$	—
C2	g/(m <sup>2</sup> ·a)	$10 < r_{\text{corr}} \leq 200$	$0,7 < r_{\text{corr}} \leq 5$	$0,9 < r_{\text{corr}} \leq 5$	$r_{\text{corr}} \leq 0,6$
	µm/a	$1,3 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,7$	$0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,6$	—
C3	g/(m <sup>2</sup> ·a)	$200 < r_{\text{corr}} \leq 400$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 15$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 12$	$0,6 < r_{\text{corr}} \leq 2$
	µm/a	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$0,7 < r_{\text{corr}} \leq 2,1$	$0,6 < r_{\text{corr}} \leq 1,3$	—
C4	g/(m <sup>2</sup> ·a)	$400 < r_{\text{corr}} \leq 650$	$15 < r_{\text{corr}} \leq 30$	$12 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$2 < r_{\text{corr}} \leq 5$
	µm/a	$50 < r_{\text{corr}} \leq 80$	$2,1 < r_{\text{corr}} \leq 4,2$	$1,3 < r_{\text{corr}} \leq 2,8$	—
C5	g/(m <sup>2</sup> ·a)	$650 < r_{\text{corr}} \leq 1\ 500$	$30 < r_{\text{corr}} \leq 60$	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 10$
	µm/a	$80 < r_{\text{corr}} \leq 200$	$4,2 < r_{\text{corr}} \leq 8,4$	$2,8 < r_{\text{corr}} \leq 5,6$	—
CX	g/(m <sup>2</sup> ·a)	$1\ 500 < r_{\text{corr}} \leq 5\ 500$	$60 < r_{\text{corr}} \leq 180$	$50 < r_{\text{corr}} \leq 90$	$r_{\text{corr}} > 10$
	µm/a	$200 < r_{\text{corr}} \leq 700$	$8,4 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$5,6 < r_{\text{corr}} \leq 10$	—

Tabla. Velocidades de corrosión  $r_{\text{corr}}$  para el primer año de exposición en las diferentes categorías de corrosividad. Fuente: tabla 2, ISO 9223.

○ ○ ○ ○ **MAYOR ESPESOR ES MAYOR TIEMPO DE PROTECCIÓN, EL GIC ES UNIFORME**



FUENTE: HDGASA-IZA, CURSO DE INSPECTORES GIC, 2020.

# 4. COSTOS Y TRABAJO POR HACER



**ZINC** | international zinc association



2022	Plantas GIC	% acero GIC vs Acero Producido	Prod. anual acero /Mt
Latinoamérica (~9 asociaciones)	~215	1.73	62.8
E.U.A y Canadá	~160	3.75	81.1
Alemania	~137	5.4	36.8
México	~40	1.25	~20
	<b>Capacidad GIC (45-100%)/Mt</b>	<b>% de acero GIC vs Acero Producido</b>	<b>Por Galvanizar (100% capacidad)</b>
México	0.25-0.55	1.25-2.77	<b>0.33Mt ¡AL MENOS!</b>
Latinoamérica	1.09-2.42	1.73-3.85	<b>1.33Mt ¡AL MENOS!</b>

\*5% Zn Consumo (capa, AGA).

Nota: Acero galvanizable: ~15% (AGA).

Tabla. El acero y el GIC en distintos países, con cultura GIC y sin cultura GIC.

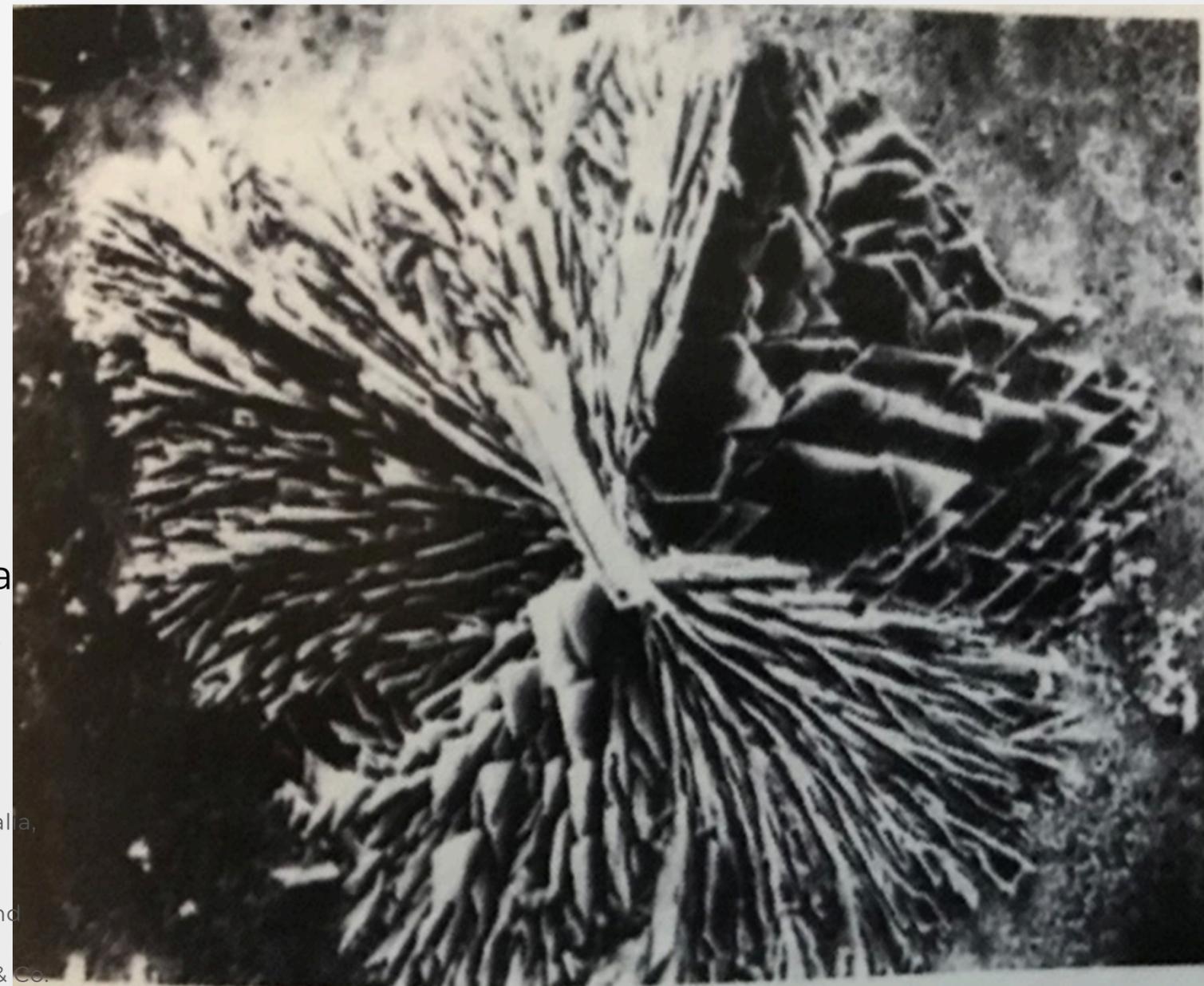
Fuentes: Industrieverband Feuerverzinken, American Galvanizers Association, Galvalatina, AMEGAC.

# 5. VENTAJAS DEL GIC Y APLICACIONES

## Pasivación en aire y concreto: anfótero

- Lieber y Gebauer (Hidroxizincato de Calcio).
- En la atmósfera (hidroxizincita)
- Pasivación favorecida  $6 \leq \text{pH} \leq 12$  (TD estable)

Fig. Cristales de  $\text{CaHZn}$  (Hidroxizincato de Calcio) in una solución saturada de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{pH}=12.6$ , 160X.



Yeomans S.R. (Andrade C., Cruz A.), Galvanized Steel Reinforcement in Concrete, pp.111-141, Elsevier, Australia, 2004.

Lieber W., Gebauer J., Einbau von Zink in calcium silicahydrate, Zement-kalk-Gips, 4, 161-164, 1969.

Liebau F., Amel-Zadeh A., The crystal structure of  $\text{Ca}[\text{Zn}_2(\text{OH})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - a retarder in the setting of Portland cement, Kistall und Technik, 7, 1-3, 221-227, 1972.

Maaß P., Peißker P. et.al. Handbook of hot dip galvanization. 3rd ed., pp.334, 357. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., Weinheim, Alemania, 2011.

# 5. CONTRASTES/ APLICACIONES



Imágenes: der. Puente Peatonal Veracruz, México, izq. Embarcadero en el Danubio, Alemania. Biblioteca IZA, Latinoamérica



Imágenes: der. cerca zona arqueológica Chichén Itzá, México, centro e izq. Schloss Lichtenstein, Alemania. Biblioteca IZA, Latinoamérica



Resbaladilla en playa del Carmen, Quintana Roo.  
<https://larazonqroo.wordpress.com/2014/05/30/invierten-10-mlls-en-rehabilitar-dos-parques/>



Parque con juegos infantiles, Alemania. Fuente: biblioteca IZA-LA



Juegos Infantiles, Yucatán, México, 2021.  
<https://yucatanahora.mx/donde-jugaran-los-ninos-si-lo-juegos-infantiles-estan-rotos-y-oxidados/>

Parque con juegos infantiles, Alemania. Fuente:  
biblioteca IZA-LA



Soldadura sobre GIC, México.



Soldadura sobre GIC e Inoxidable, Neuschwanstein, Alemania



Postes diversos, México, menos de 5 años de servicio

Postes diversos, Alemania, 30+ años de servicio.



Puente peatonal, Guayaquil, Ecuador, 2010-2023.

<https://www.instagram.com/p/CsCD-p4Pyco/?igshid=NjZiM2M3MzIxNA%3D%3D>



Puente peatonal + Elevador, Alemania, 2011....



Contrastes en Costa Rica, Volcán Poás. Fuente IZA-Grupo H7.



¿Par galvánico?, NOOOO. Alemania, Fuente: IZA-LA



Anuncios espectaculares, Estado de México, 2016.



Cargando VE con ayuda del GIC,  
Wiesbaden, Alemania, 2024



Herrerías y coladeras: 10 años de servicio, Edo. Mex. Biblioteca: IZA-LA.



Herrerías, Alemania, 30+ años de servicio. Biblioteca: IZA-LA



Diversas aplicaciones del GIC, República Checa.

# LA VARILLA GIC EN ACCIÓN



Hotel Emporio, Veracruz 90's-2009. Fuente:  
MetalyZinc

Cobo-Losey Álvarez Juan Carlos, Grupo Cobos- Metalyzinc, Acero de Refuerzo Galvanizado, LATIZA, 2010.



Puente, Boca Chica, FLorida (1972-...). Fuente IZA-AGA

# LA VARILLA GIC EN ACCIÓN



Figura 1.1. Acero de refuerzo expuesto con corrosión severa y desgaste de la sección de concreto en pila 1, cara oeste.



Figura 1.2. Acero de refuerzo expuesto con corrosión severa y desgaste de la sección de concreto en pila 1, cara oeste (acercamiento al recuadro de la Figura 1.1).



Puente Tioga, PA, (1974-...). Fuente IZA-AGA

Imágenes: Izq. Imágenes: Inspección Especial del Puente Sobreel Río Toro Amarillo, Ruta Nacional No.32: Evaluación de la condición de las pilas, Informe LM-PIE-UP-P04-2018. Derecha, puente Tioga, 1974, AGA.

Hoy en día es reconocido que las barras de refuerzo galvanizadas en caliente son una solución rentable para eliminar los efectos de la carbonatación y retrasar significativamente el ataque de los cloruros en entornos costeros e industriales, así como su uso para evitar manchas de óxido y desconchados en fachadas y elementos de superficie.



**Sydney harbour bridge:**  
485'000m<sup>2</sup> de metal pintado  
requieren 30'000L de pintura



Los velas de la Ópera de Sydney, instaladas en 1963, son ejemplo de protección sin mantenimiento durante más de 50 años gracias al galvanizado de la malla de refuerzo y los cables de tensado.



# Puente de Brooklyn, NY, U.S.A, 1833



- Cables galvanizados:
  - 32km , 2'300 tons.**Casi 200 años** y contando

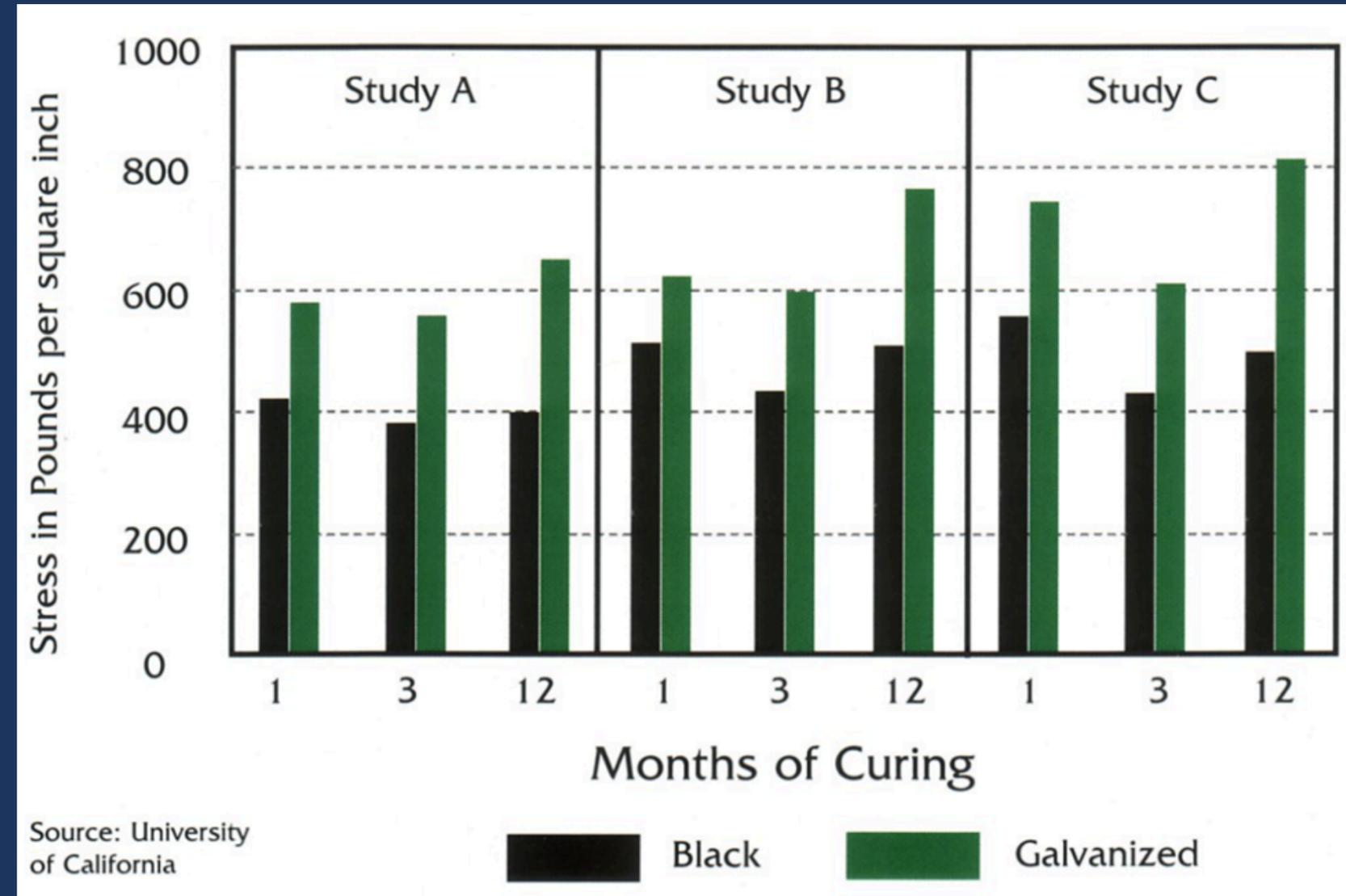
- **1999:** 2'700 ton de acero de refuerzo galvanizado.





# VARILLA GIC

- Retrasa considerablemente el inicio de la corrosión del zinc:
- Resistente a los efectos de la carbonatación.
- Alta resistencia a los cloruros 2-2.5X (vs Fe).
- Largo tiempo de vida (consumo total del zinc).
- Interacción benéfica con el concreto.
- 50 o más de 100 años de vida útil.



Gráfica. La adherencia superior de la varilla GIC.  
Fuente: Universidad de California.

# Amplia gama de usuarios...



## EDIFICACIÓN

**Estructuras,** Carpintería, Escaleras, Barandillas, Vallados, Condiciones, Andamios.



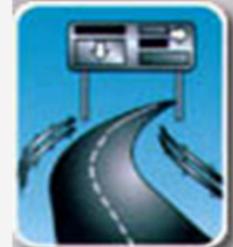
## GRANDES ESTRUCTURAS

Puentes, Túneles, Torres y Mástiles.



## ARMADURAS GALVANIZADAS PARA HORMIGÓN

Estructura, Construcciones Portuarias, Tableros de Puentes, Paneles de Fachada, Prefabricados de Hormigón.



## EQUIPAMIENTOS DE CARRETERAS

**Pasarelas,** Pórticos de Señalización, Barreras de Seguridad, Pantallas Acústicas, Parapetos.



## MOBILIARIO URBANO

Farolas, Semáforos, Contenedores, Marquesinas, Bancos, Instalaciones para Parques y Jardines.



## ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES

Torres y Subestaciones Eléctricas, Antenas de Telefonía, Repetidores de Televisión.



## INSTALACIONES INDUSTRIALES

Naves, Estructuras, Depósitos y Tuberías.



## AUTOMOCIÓN

Chasis, Carrocerías y Piezas Diversas de Automóviles y Camiones.



## AGRICULTURA Y GANADERÍA

Invernaderos, Silos, Almacenes, Establos y Corrales, Instalaciones Avícolas, Cercados y Equipos de Irrigación.



## ELEMENTOS DE UNIÓN

Tornillería, Clavos, Fijaciones y Accesorios de Tuberías.



## DEPORTE Y TIEMPO LIBRE

Estadios, Piscinas, Polideportivos, Teleféricos y Telesillas, Parques Infantiles.



## TRANSPORTE

Catenarias de Ferrocarril, Estaciones, Terminales, Embarcaderos, Almacenes e Instalaciones Auxiliares, Construcción Naval.

# Y LOS MANTENIMIENTOS...



trabajaba no le importó pintarle las dos patas delanteras a un

patas delanteras a un perro

Imagen:

<https://www.instagram.com/reel/C-jJJwwsLu4/?igsh=ZDI0MjFhOGw1eTZk>



Imagen. Espectaculares en Estado de México y la CDMX. Fuente: bibliotecas IZA-AMEGAC.



Imagen. Flotas de mantenimiento Estado de México y la CDMX. : biblioteca AMEGAC.

# CONCLUSIONES

1. El GIC no es un lujo ni una opción, es una necesidad.
2. Debido a las condiciones climáticas y el litoral de Latinoamérica, el uso de acero GIC debería ser estudiado e implementado.
3. El gobierno y especificadores de acero DEBEN CONOCER AL GIC y deberían garantizar al menos 10 años de vida útil sin mantenimiento.
4. Se debe llevar un control y monitoreo de las estructuras que contengan acero y presten servicio.
5. El precio inicial no representa el costo de vida útil de un material: LO BARATO SALE CARO.

**“*TODOS LOS EXCESOS SON  
MALOS, MENOS EL  
AMOR NI LA PROTECCIÓN  
CATÓDICA DEL ZINC*”**

Acciones poéticas EARG, 2024.



---

# GRACIAS

*Piensa en el futuro,  
galvanIZA...*



---

**ZINC** | international  
zinc association

