



GALVACHILE
CIRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Ruta del Galvanizado

Tema

Galvanizado en Chile, normativa
y aplicaciones de éxito

Christian Sánchez



Ruta del **Galvanizado**

Tema

**Galvanizado en Chile, normativa
y aplicaciones de éxito**

Expositores



Christian Sánchez
Especialista
Técnico y académico
de la USACH



Felipe Almonacid
Presidente Círculo
de Galvanizadores
de Chile

Y el Círculo de Galvanizadores de ASIMET - Chile



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE



Jornada de Conferencias 2021

24
junio



Chile 15:00 hrs.

Agenda

- 1 Contexto
- 2 Corrosión y Normas
- 3 Protección contra la corrosión
- 4 Corrosividad Atmosférica
- 5 Galvanizado
- 6 Normas chilenas
- 7 Ejemplos de corrosión
- 8 Sistema Dúplex
- 9 Algunos ejemplos



Información de asociados



- **Dirección:** Av. Presidente Eduardo Frei Montalva 9461, Quilicura - Santiago
- **Sitio web:** <https://www.zetaene.cl/>
- **Contacto:** mpaz@zetaene.cl



- **Dirección:** Av. Ochagavía N° 11055, San Bernardo, Santiago
- **Sitio web:** <https://www.gymsa.cl/>
- **Contacto:** asandoval@gymsa.cl



- **Dirección:** Av. O'Higgins Panamericana Norte #2086, Lote 3 Chillán, Bío Bío.
- **Sitio web:** <https://www.abasolovallejo.cl/>
- **Contacto:** rfelip@abasolovallejo.cl



- **Dirección:** Av. Américo Vespucio 2150, Quilicura - Santiago
- **Sitio web:** <https://www.bbosch.cl/>
- **Contacto:** falmonacid@bbosch.cl



- **Dirección:** Santa Margarita 0950 San Bernardo - Santiago
- **Sitio web:** <http://www.gvs.cl/>
- **Contacto:** avasquez@maestranzapyp.cl



- **Dirección:** Salar de Llamara 812, Pudahuel - Santiago
- **Sitio web:** <https://www.qdc.cl/>
- **Contacto:** rdelcampo@qdc.cl

TECNOVIAL

- **Dirección:** Santa Marta N° 1717 Maipú, Santiago.
- **Sitio web:** <https://www.tecnovial.cl/>
- **Contacto:** cfarias@tecnovial.cl





La corrosión del acero y la galvanización en caliente

M. Sc. Ing. Christian Sánchez Villa
Especialista pre y post Venta Bbosch S.A.





Corrosión y Normas

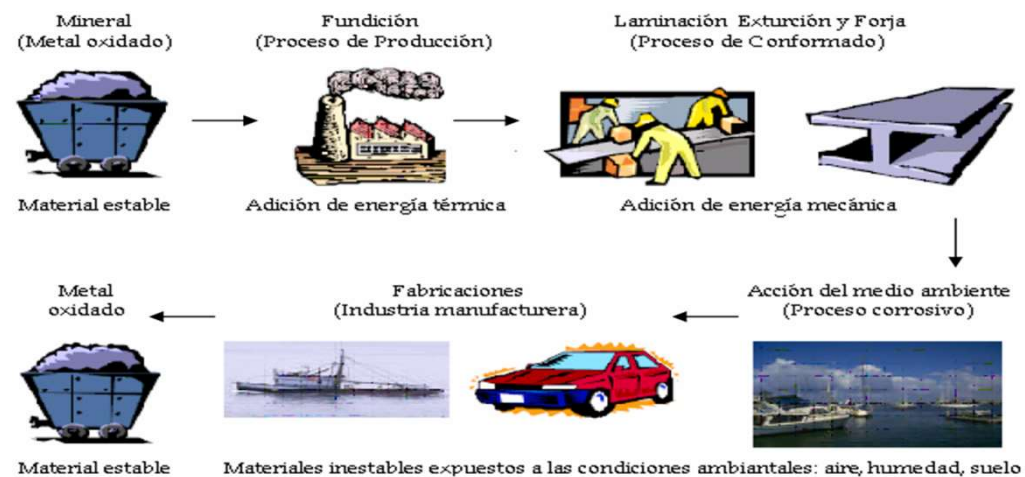
¿El mayor consumidor de acero del mundo?

La corrosión

El Acero volverá a su estado original de oxidación.



¿Por qué existe la corrosión?



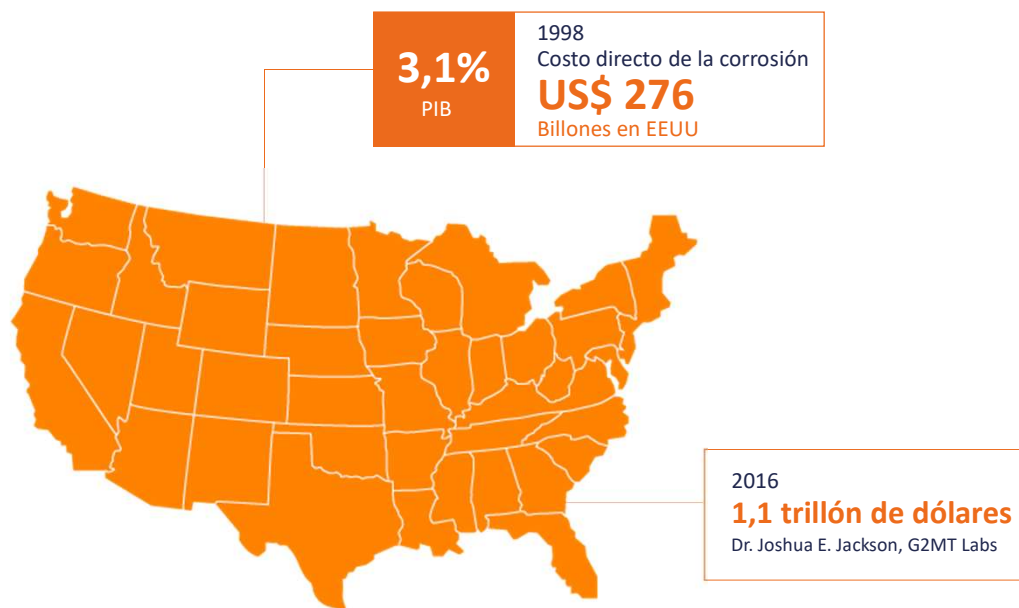
La corrosión

La corrosión puede ser definida como la destrucción y deterioro de un material por efecto de reacciones del medio ambiente.

> El Acero volverá a su estado original de oxidación.

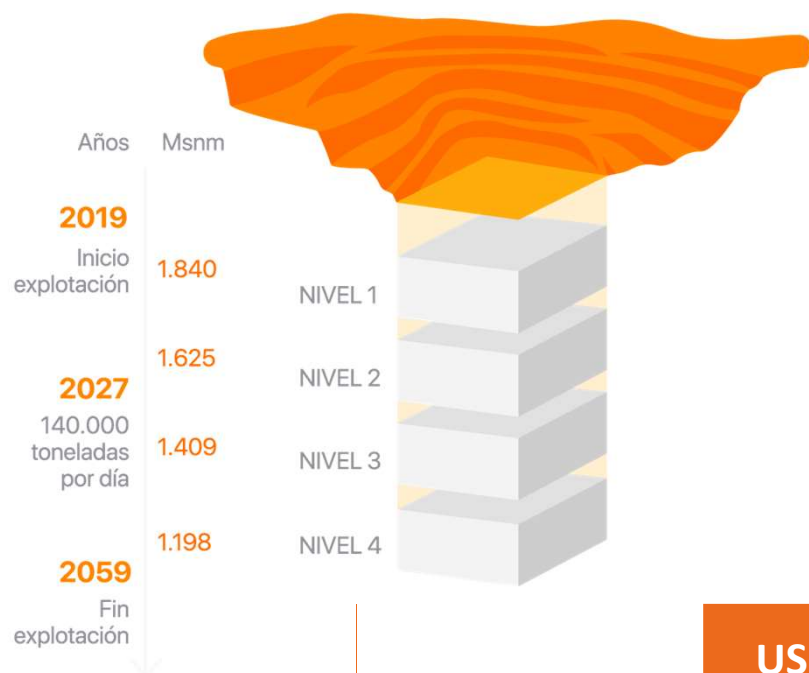
Corrosión

Fuente (NACE)



Inversión

Fuente (CODELCO)



Puente Canal del Chacao

US\$ 740
Millones en inversión

2,5 Km
Ancho del canal en el sitio

Chuquibambilla Subterránea

US\$ 4.200
Millones en inversión

140 mil
Toneladas de producción
diaria de mineral en pleno
régimen

Efectos de la corrosión

- Riesgo de accidentes en reparaciones.
- Daño prematuro estructural en las instalaciones.
- Altos costos de mantención preventiva y correctiva.
- Costos por detención de faena.
- Incidentes ambientales.

Mantenimiento de recubrimientos desde 2004 al 2015:

125,175 m²
de estructuras

US\$ 18,400,000
Costos de mantención

480,000 hp
sin accidente ni incidente
ambiental

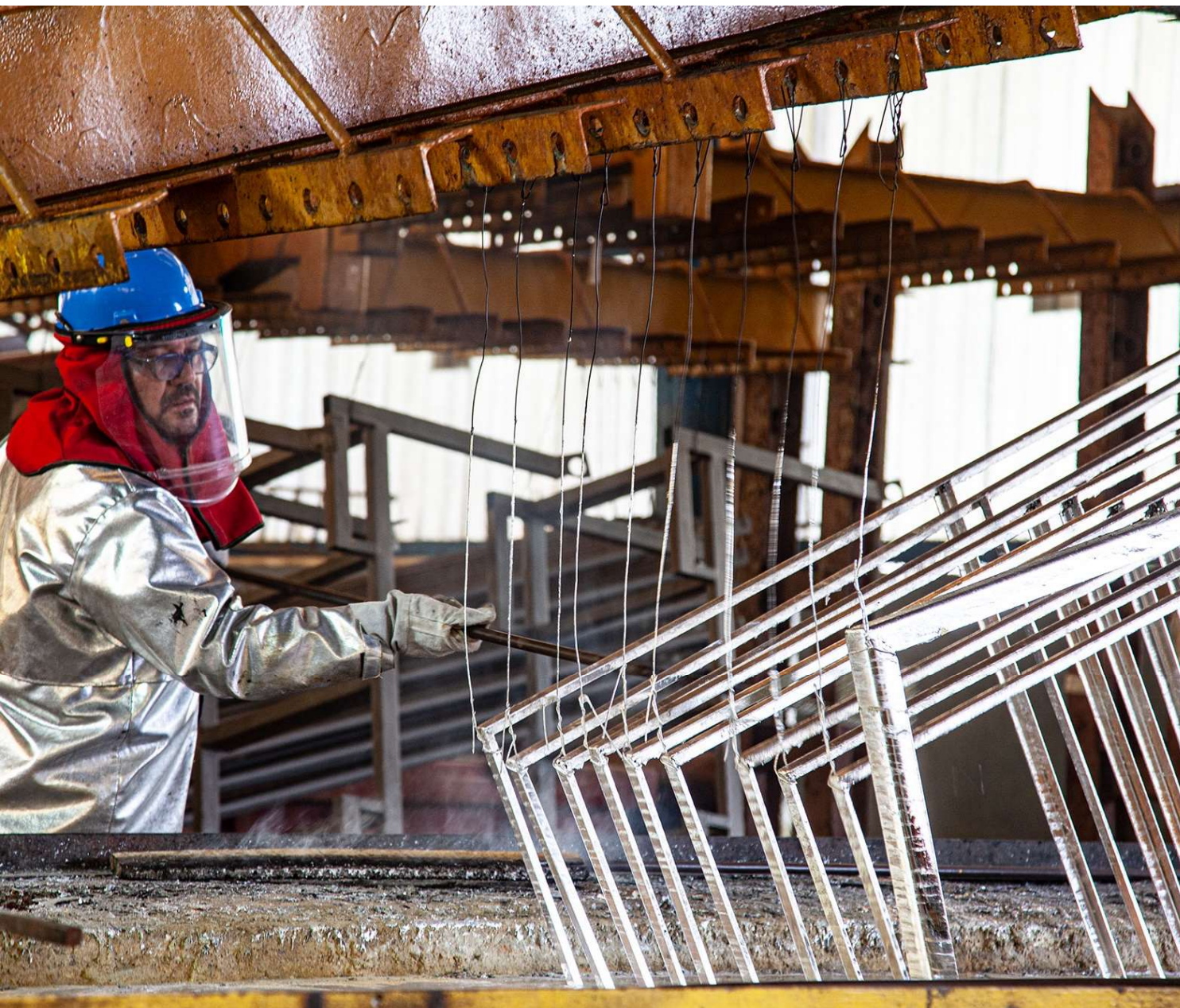


Infraestructura pública

¿Recursos para conservación?

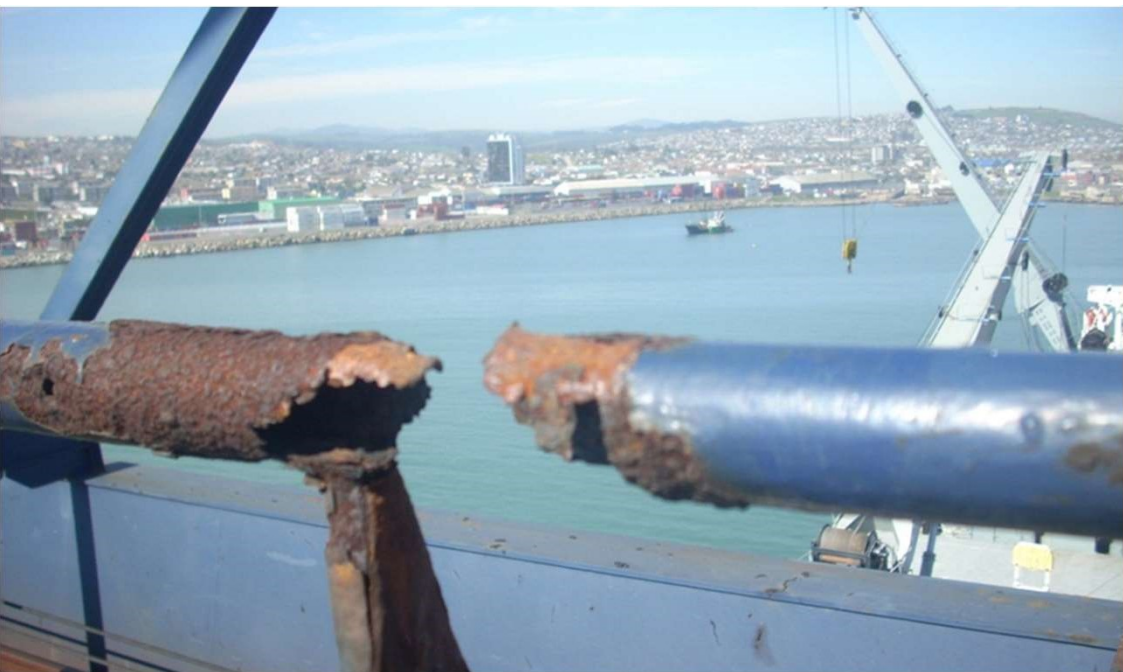


Mínima conservación de recubrimientos



Protección contra la corrosión

Protección contra la corrosión



Estructuras de acero

ISO 14713-1

ISO 12944

NCh 3348-1

Diseño y selección de **protección contra la corrosión**

**NORMA
CHILENA**

**NCh
3348/1**

Primera edición
2014.03.31

Recubrimientos de zinc - Orientaciones y recomendaciones para la protección en contra de la corrosión de hierro y acero en estructuras - Parte 1: Principios generales de diseño y resistencia a la corrosión.

Zinc coatings - Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures - Part 1: General principles of design and corrosion resistance.



Alitec, 1998

Estructuras de acero

Las normas NCh 3348 partes 1 y 2, están basadas en ISO 14713, recomendaciones y orientaciones para la protección contra la corrosión.



Corrosividad atmosférica

ISO 14713-1/ NCh 3348-1

Categoría de Corrosividad C*	Ambientes típicos: INTERIORES	Ambientes típicos: EXTERIORES
C1 $rcorr \leq 0,1$ Muy bajo	Los espacios calentados con una humedad relativa baja y una contaminación insignificante, por ejemplo, oficinas, escuelas o museos.	Zonas secas o frías, ambientes atmosféricos con una contaminación y tiempo de humedad muy bajos, por ejemplo, ciertos desiertos, la zona central del Ártico/Antártica
C2 $0,1 < rcorr \leq 0,7$ Bajo	Los espacios sin calefacción con temperaturas variantes y humedad relativa. Frecuencia baja de condensación y contaminación baja, por ejemplo, almacenamiento o instalaciones deportivas.	ZONAS TEMPERADA , ambiente atmosférico con contaminación baja ($SO_2 < 5 \mu g/m^3$), por ejemplo áreas rurales y pueblos pequeños. ZONAS SECA O FRÍA , ambiente atmosférico con breve tiempo de humedad, por ejemplo, desiertos o áreas sub-árticas.
C3 $0,7 < rcorr \leq 2$ Medio	Espacios con una frecuencia moderada de condensación y contaminación modera de procesos productivos, por ejemplo, plantas procesadoras de alimentos, lavanderías, fabricas de cerveza y lechería.	Zonas templadas , ambientes atmosféricos con una contaminación media ($SO_2 < 5 \mu g/m^3$ a $30 \mu g/m^3$), o algún efecto de cloruros, por ejemplo, áreas urbanas, áreas litorales, con deposito bajo el cloruros, zonas subtropicales y tropicales con atmosferas con contaminación baja.

* Tasa de corrosión para zinc (basado en exposiciones de un año), $rcorr (\mu m \times a^{-1})$ y nivel de corrosión.

ISO 14713-1/ NCh 3348-1

Categoría de Corrosividad C*	Ambientes típicos: INTERIORES	Ambientes típicos: EXTERIORES
C4 $2 < r_{corr} \leq 4$ Muy bajo	Espacio con una alta frecuencia de condensación y alta contaminación de un proceso productivo, por ejemplo, plantas de procesamiento industriales, piscinas.	Zonas temperada, ambientes atmosféricos con una contaminación (SO_2 30 $\mu g/m^3$ a 90 $\mu g/m^3$) o afecto a sustancias de cloruros, por ejemplo, áreas litorales sin rocío salino, exposición a fuertes de sales, descongelantes, zonas subtropicales y tropicales con la atmosfera con contaminación media.
C5 $4 < r_{corr} \leq 8$ Bajo	Los espacios con frecuencias muy alta de condensación y/o con contaminación alta de un proceso productivo, por ejemplo, minas, túneles para fines industriales, cobertizos sin ventilación en zonas subtropicales y tropicales.	Zonas templadas y subtropicales, ambiente atmosférico con una contaminación muy alta (SO_2 90 $\mu g/m^3$ a 250 $\mu g/m^3$) y/o efecto importante de cloruros, por ejemplo, áreas industriales, áreas litorales y emplazamientos protegidos en línea costera.
CX $8 < r_{corr} \leq 25$ Medio	Espacios con una condensación permanente o periodos de extensivos de exposición afectos de humedad extrema y/o con contaminación exterior, incluidos cloruros y material particulado que estimula la corrosión.	Zonas tropicales y subtropicales (tiempo de humectación), ambientes atmosféricos con una contaminación muy alta (SO_2 mayor que 250 $\mu g/m^3$), incluidas la contaminación respectiva y productiva y/o el efecto fuerte de cloruros, por ejemplo, áreas industriales extremas, áreas costeras y marinas con contacto ocasional con niebla marina.

* Tasa de corrosión para zinc (basado en exposiciones de un año), r_{corr} ($\mu m \times a^{-1}$) y nivel de corrosión.

Categorías de corrosividad

Ambiente		Pérdida promedio de acero (g/m ² /año)	Pérdida promedio de acero (μm/año)	Pérdida promedio de Zn (g/m ² /año)	Pérdida promedio de Zn (μm/año)
C1	Muy baja	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1
C2	Baja	10 a 200	1,3 a 25	0,7 a 5	0,1 a 0,7
C3	Media	200 a 400	25 a 50	5 a 15	0,7 a 2,1
C4	Alta	400 a 650	50 a 80	15 a 30	2,1 a 4,2
C5	Muy Alta	650 a 1500	80 a 200	30 a 60	4,2 a 8,4
CX	Extrema	>1500	>200	60 a 180	8,4 a 25

Durabilidad

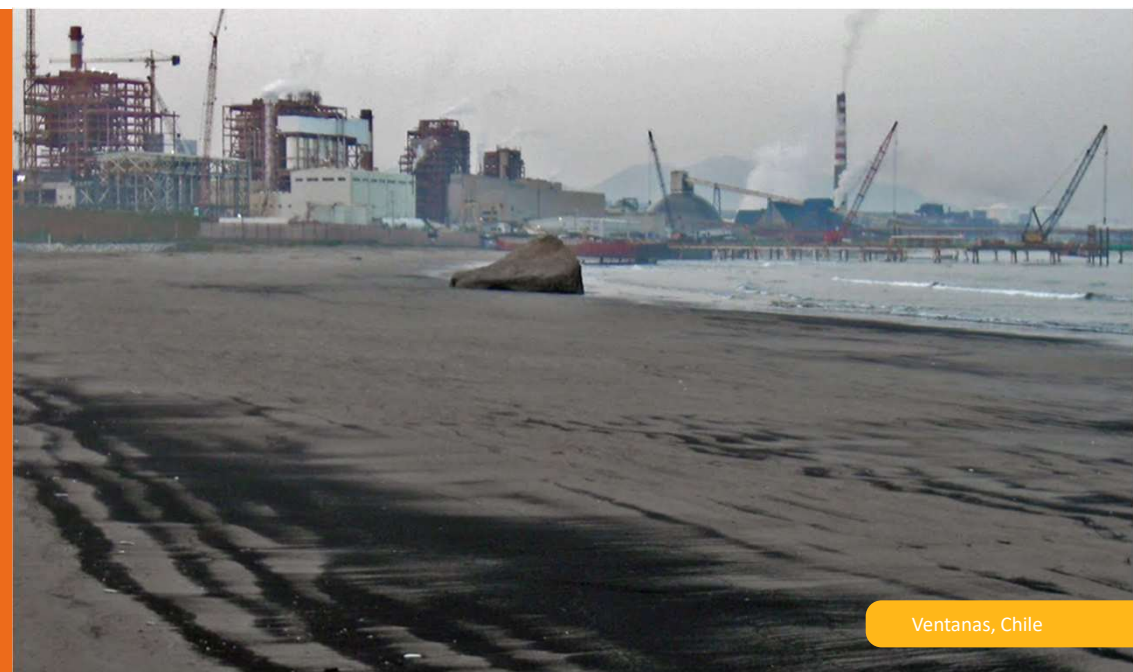
Vida hasta el primer mantenimiento para una selección de **sistemas de recubrimiento** en un rango de **categorías de corrosividad**.

Sistema	Norma de referencia	Espesor mínimo μm	Categoría elegida de corrosividad							
			C3		C4		C5		CX	
Galvanización en caliente	NCh 3346	85	40/>100	MA	20/40	MA	10/20	A	3/10	M
		140	67/>10	MA	33/67	MA	17/33	MA	6/17	A
		200	95/100	MA	48/95	MA	24/48	MA	8/24	A
Chapa galvanizada en caliente	EN 10346	20	10/29	A	5/10	M	2/5	B	1/2	MB
		42	20/60	MA	10/20	A	5/10	M	2/5	B
Chapa electro depositada	ISO 2081	5	2/7	B	1/2	MB	1/1	MB	0/1	MB
		25	12/36	A	6/12	M	3/6	M	1/3	MB

* (ISO 9223) vida mín./máx. (años) y clase de durabilidad (MB, B, M, A, MA)

Factores que determinan la **Corrosividad Atmosférica (ISO 9223)**

- Humedad ambiental (tiempo de humectación).
- Concentración de cloruros
- Concentración de dióxido de azufre

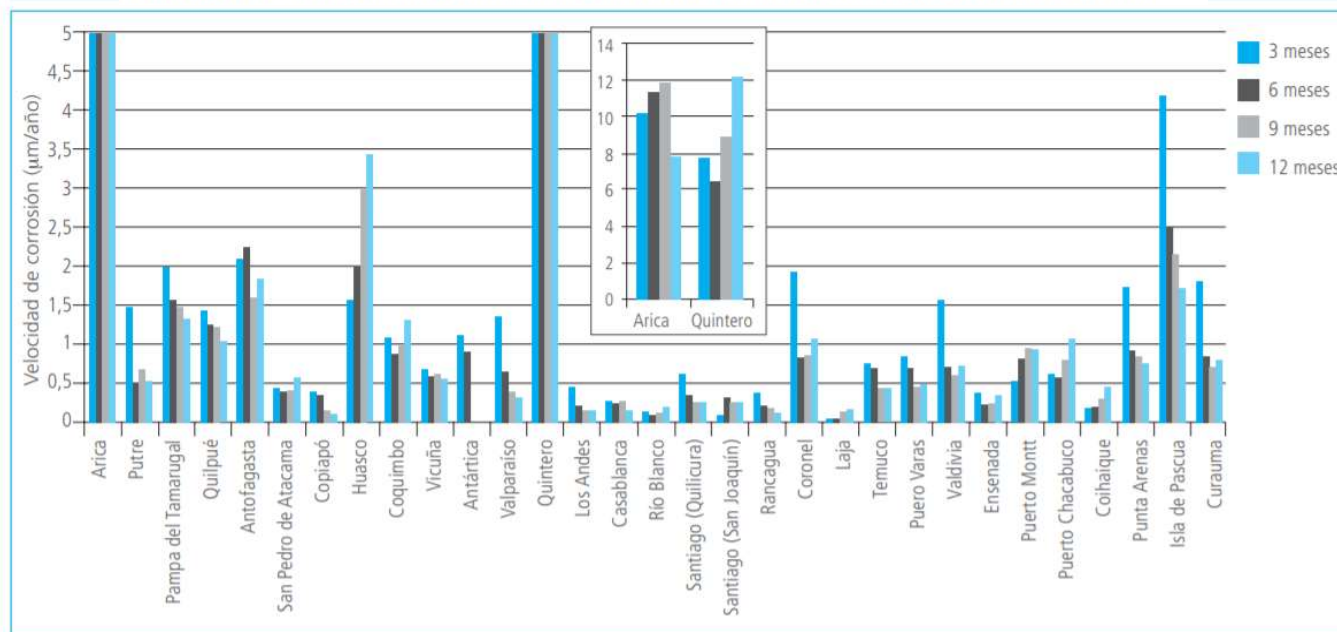


Ventanas, Chile

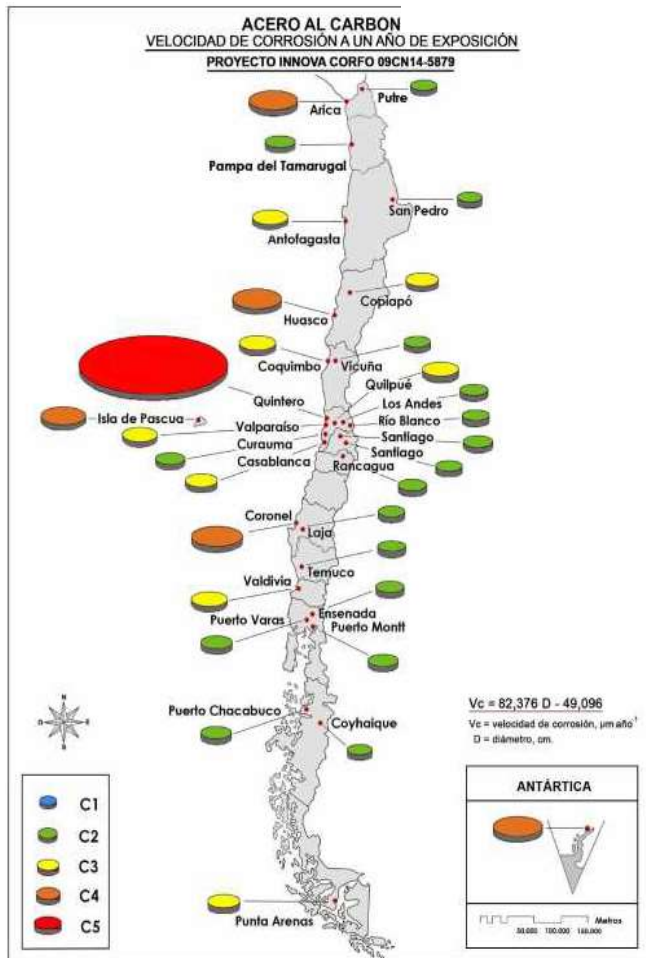
MAPA DE LA CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA DE CHILE PUCV 2010-2013



Velocidad de corrosión promedio de acero galvanizado en el período de estudio



MAPA DE LA CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA DE CHILE PUCV 2010-2013



Instituciones y Empresas participantes

Dirección Nacional de Obras Portuarias (DOP)

Puerto Ventanas S.A. (PVSA)

Galvanizadora Buenaventura Ltda., B. Bosch

Ministerio del Medio Ambiente

Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT)

Armada de Chile

<http://www.mapadecorrosionatmosfericadechile.cl/>





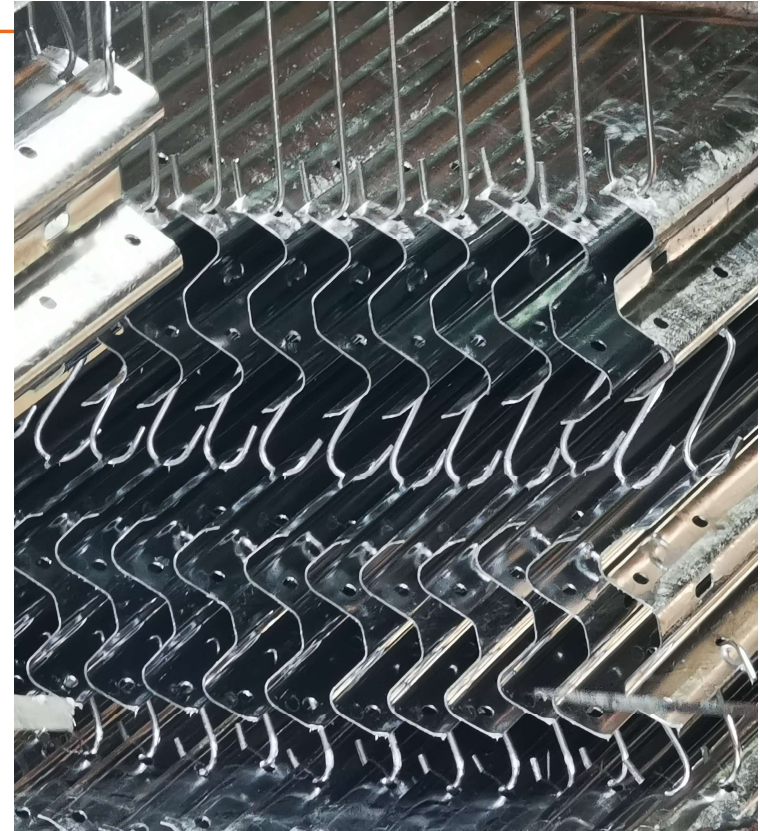
Galvanizado

Galvanizado en caliente

El galvanizado por inmersión en caliente es un recubrimiento de zinc que se aplica **sumergiendo** las piezas de acero en un baño de zinc fundido a una temperatura de, aproximadamente **450°C**, se caracteriza por la formación de diferentes capas de **aleaciones hierro-zinc** las que entregan alta adherencia y resistencia a la manipulación.

Recubrimiento de zinc sobre acero unido metalúrgicamente

- Protección de barrera.
- Protección catódica por sacrificio.



Planta de galvanizado Buenaventura, bbosch Santiago

Microestructura del recubrimiento

1. Eta

Es la capa más externa y está constituida por zinc prácticamente puro.

2. Zeta

Es la capa más gruesa, en la que pueden verse claramente cristales metálicos alargados orientados hacia el exterior, que contiene un 6% de hierro.

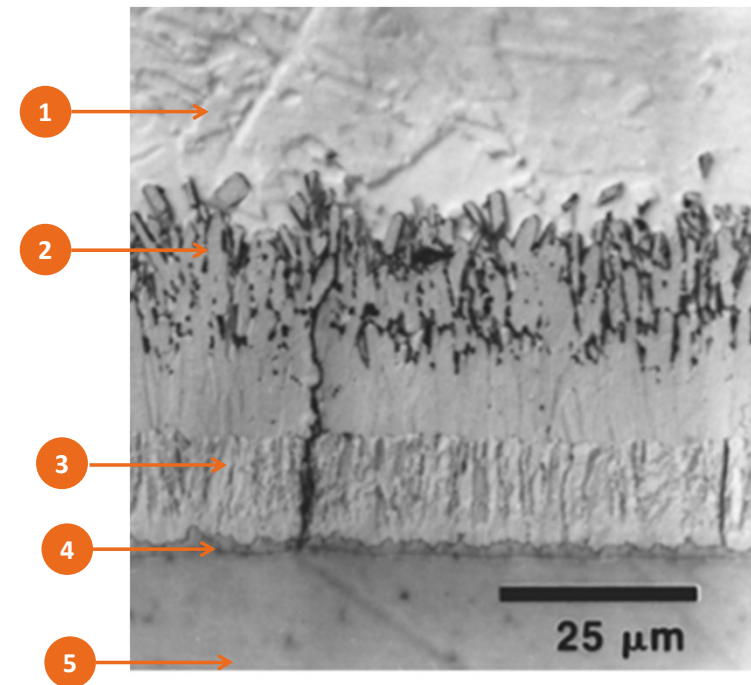
3. Delta

Es la capa más externa y está constituida por zinc prácticamente puro.

4. Gamma

Constituida por una aleación que contiene un 25% de hierro.

5. Acero base





Normas chilenas

Normas Chilenas

NORMA CHILENA

NCh
3346/1

Primera edición
2013.10.25

Recubrimientos de galvanización en caliente
sobre piezas de hierro y acero - Requisitos y
métodos de ensayo.

*Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel
articles - Requirements and test methods*



Estadio Chiquihue

Normas Chilenas

NORMA CHILENA

NCh
3346/1

Primera edición
2013.10.25

Recubrimientos de galvanización en caliente
sobre piezas de hierro y acero - Requisitos y
métodos de ensayo.

*Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel
articles - Requirements and test methods*



Estadio Chiquihue

Normas Chilenas

NORMA CHILENA

NCh
3347

Primera edición
2013.10.25

Reparación de áreas dañadas y sin revestir de
revestimientos galvanizados en caliente.

*Repair of damaged and uncoated areas of hot-dip
galvanized coatings*



Puente Piedra del Inca, Coyhaique, 2008



Muelle Barón, Valparaíso, 2001

NCh 3347/ASTM A780



Reparación con Zinc en aerosol
(Metalizante)

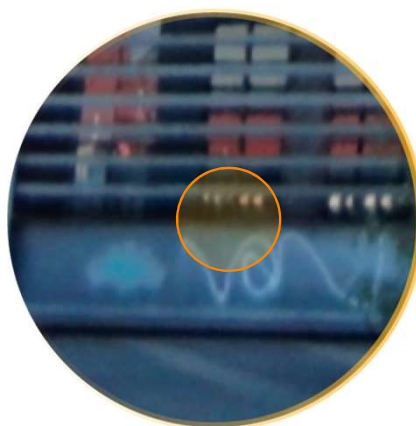


Reparación con pintura de zinc



Reparación con Aleación a Base de Zinc

Edificio Seremi de Justicia y Obras Públicas, Antofagasta, 2001



Lugar sin recubrimiento de 8x1 cm, desde el montaje de la estructura.

Edificio Seremi de Justicia y Obras Públicas, Antofagasta, 2001



2004



2009



2011



2014



2016



2017



2019

Lugar sin recubrimiento de 8x1 cm, desde el montaje de la estructura.



Sistema Duplex

Sistema Dúplex

1. Pintura de terminación

Dependiendo de la exposición, puede ser desde un epóxico de alto sólido hasta poliuretanos.

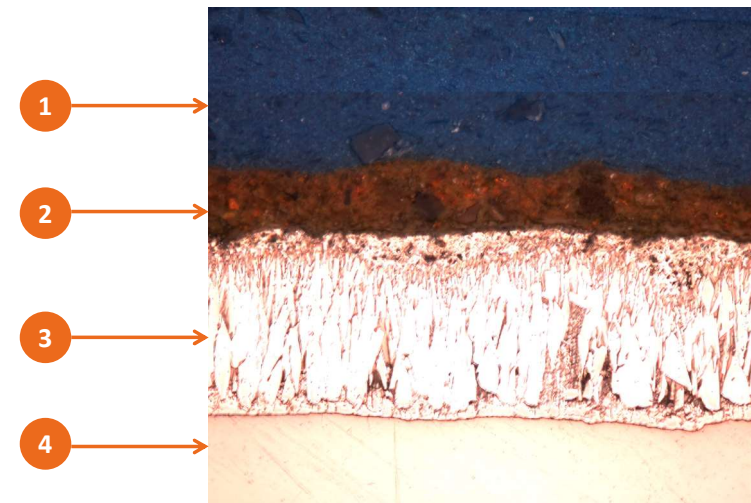
2. Puente de adherencia

Generalmente imprimante epóxico poliamida.

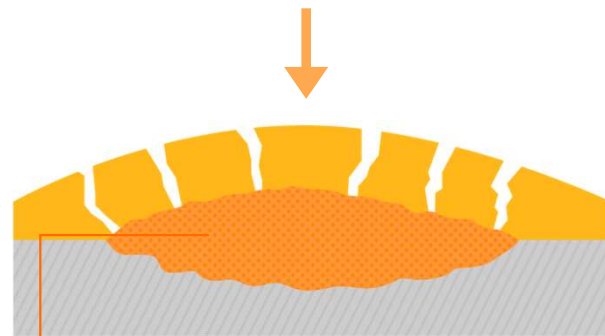
3. Galvanizado

Según norma de galvanizado, preparado para pintar ASTM D6386.

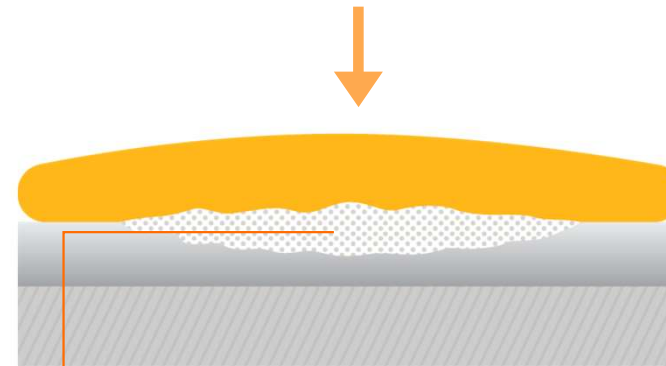
4. Acero base



Sistema Duplex



Corrosión de hierro
1500 g/m²/año
200 μm/año



Corrosión de zinc
60 g/m²/año
8 μm/año

Sinergia de los sistemas dúplex

$$D_{\text{duplex}} = FS * (D_{\text{zinc}} + D_{\text{pintura}})$$

- **FS:** Factor sinérgico 1.5 a 2.7
- **D duplex:** Vida de servicio del sistema duplex
- **D zinc:** Vida de servicio del galvanizado.
- **D pintura:** Vida de servicio de la pintura

(Ref. J.F.H. van Eijnsbergen, Duplex Systems, pag. 11, 1994).

Factor sinérgico	Rango	
Minería – Energía/Marino	1,5	2
Agua de mar (inmersión)	1,5	1,6
Clima no agresivo	2	2,7



Agustin - La Higuera

Algunos ejemplos

Puertos



**Muelle Chollín, Portuaria Cabo
Froward, Coronel, 2010**

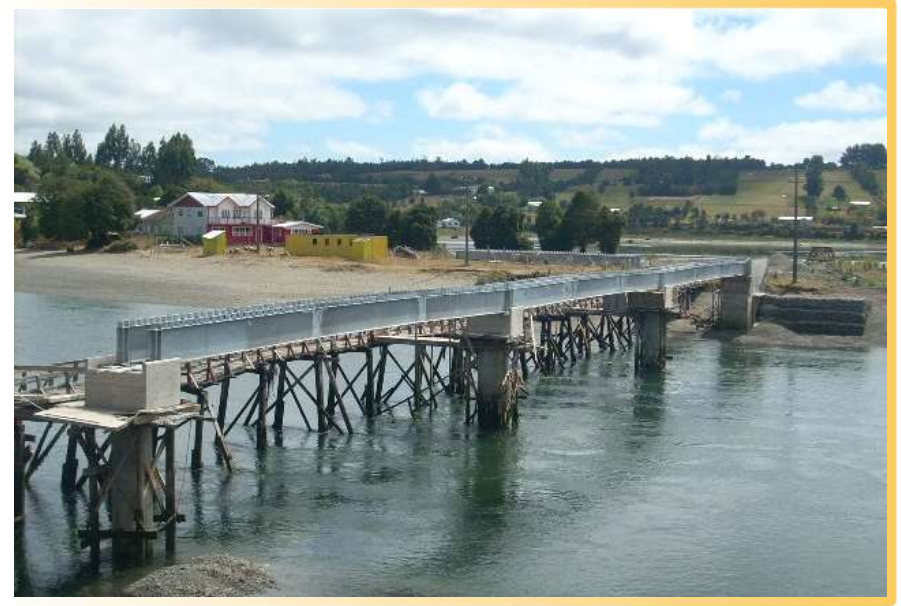


Muelle Interacid , Mejillones, 2008

Puentes



Puente Illalolen, La Ligua, 2020



Pasarela San Antonio, Calbuco, 2010

Industria



**Planta de molienda Cemento Melón,
Ventanas, 2008**



Cementos BSA, Santiago, 2017

Puerto Ventanas, 1970

Estructuras originales con sistema dúplex



Bodegas de concentrado



Bodega de concentrado, Puerto Ventanas , 1970



Bodega de concentrado, Puerto Ventanas, 2016

GNL Quintero, 2010

Soportes de cañerías Sistema Dúplex



Minería



**Taller de camiones CAP Cerro negro
norte 2014**



**Minera Candelaria, pasarelas,
molienda SAG, 2008**

Minería



Los Bronces, Angloamerican, 2010



Minera Esperanza, planta de
chancado de pebbles, 2009

Seguimiento de probeta en terreno



SOCIBER Probeta Dúplex, instalada 20 agosto 2009

SOCIBER Probeta Dúplex, instalada 20 agosto 2009



02 de junio de
2010



19 de enero de
2012



04 de marzo de
2014



10 de noviembre
de 2015



29 de septiembre
de 2016



26 de septiembre
de 2018

Planta de celulosa **ARAUCO Horcones**

arauco

La planta se encuentra ubicada a 61 Km al sur de la ciudad de Concepción en la región del BioBio.

Se puso en marcha el 5 de julio de 1968.

Línea 2 se inaugura el año 1992.



Proceso de celulosa **Kraft**

Digestor

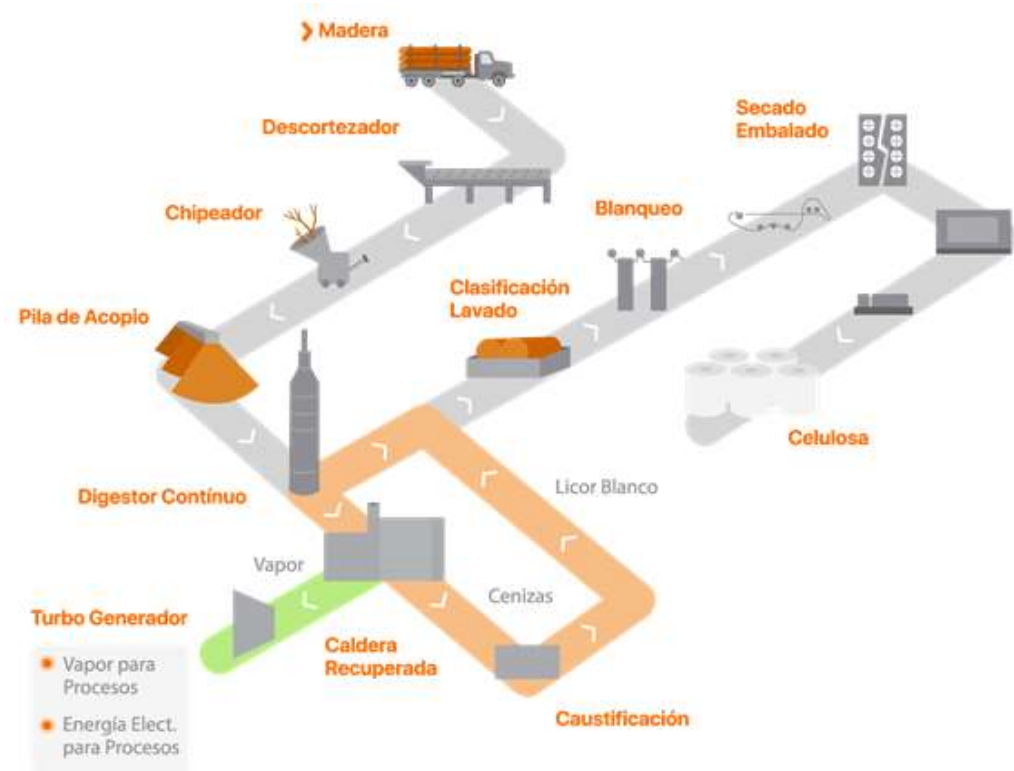
- Sulfuro de sodio
- Hidroxido de sodio

Emisión de gases sulfurados, tales como ácido sulfídrico, metil mercaptano, sulfuro de dimetilo y disulfuro de dimetilo

Vapor de agua

Blanqueamiento

- Compuestos de Cloro



Planta de celulosa **ARAUCO Horcones**

Tres puntos de medición de espesor de galvanizado.

Iniciado el año 1999 (con 7 años de exposición)

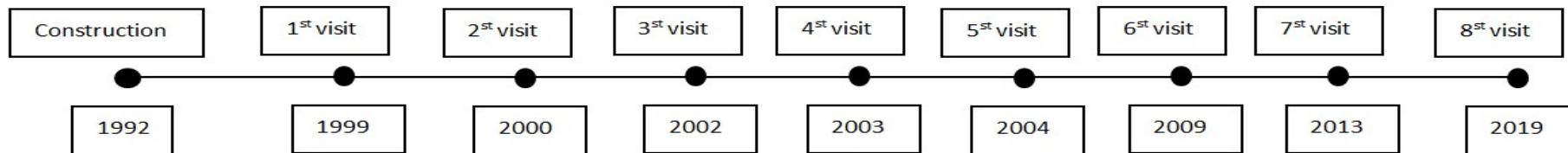
Según antecedentes históricos, los puntos de medición están expuestos:

Ambiente exterior calificado por el laboratorio de inspección como **Industrial pesado**



Metodología

Mediciones de espesores en tres ubicaciones diferentes de la instalación. El sector monitoreado de la planta está en operación desde 1992 (línea II) y los puntos iniciales fueron marcados con siete años de exposición en 1999.



Se realizaron 8 visitas a las instalaciones con el fin de realizar las mediciones de espesores de revestimiento

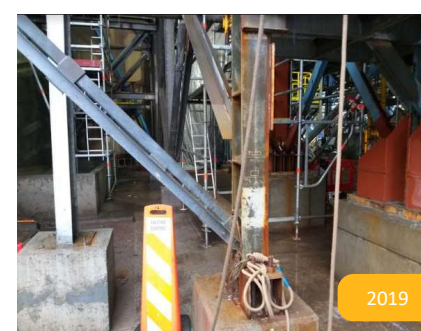
Planta de celulosa

ARAUCO Horcones

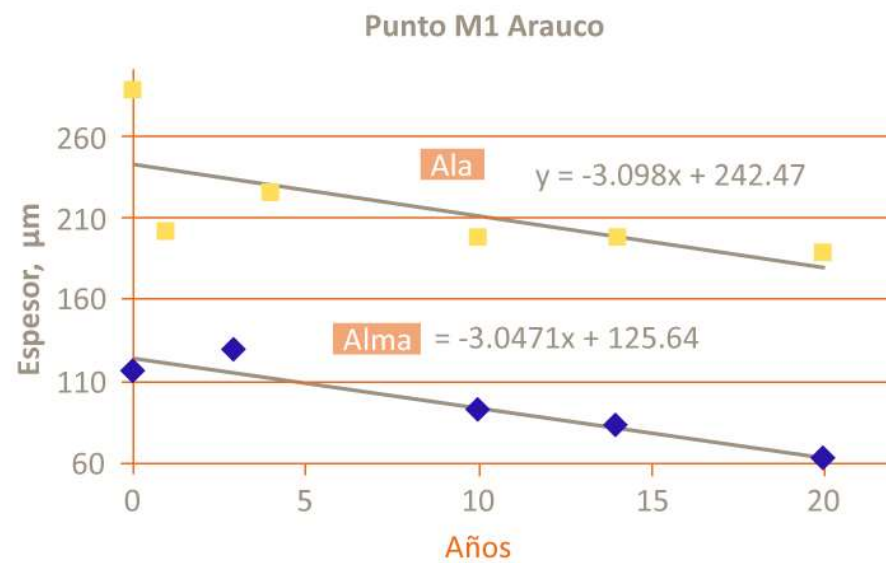


Punto número 1

Columna IN 250 x 200 x 10,
Ubicación costado Nor-Oeste de
Caldera Recuperadora, Línea II.

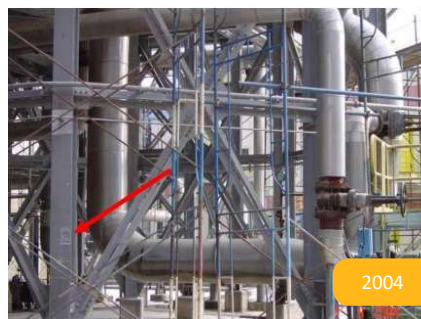


Planta de celulosa **ARAUCO Horcones**



Planta de celulosa

ARAUCO Horcones



2004



2009

Punto número 2

Columna de costado Nor-Este, soporte de Efecto N° 7, planta evaporadora, Línea II.

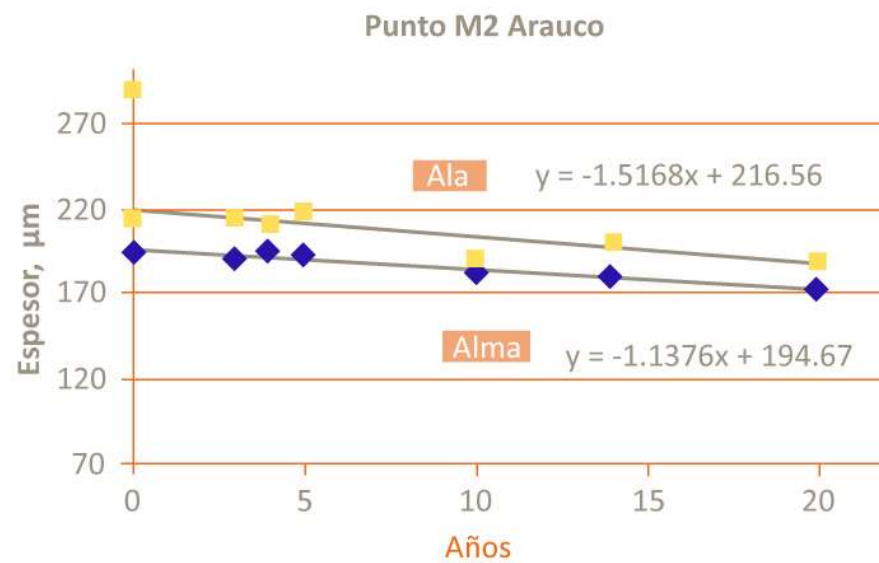


2013



2019

Planta de celulosa **ARAUCO Horcones**

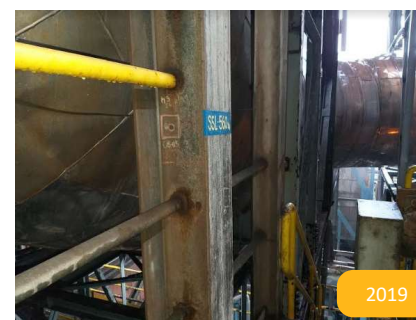


Planta de celulosa **ARAUCO Horcones**

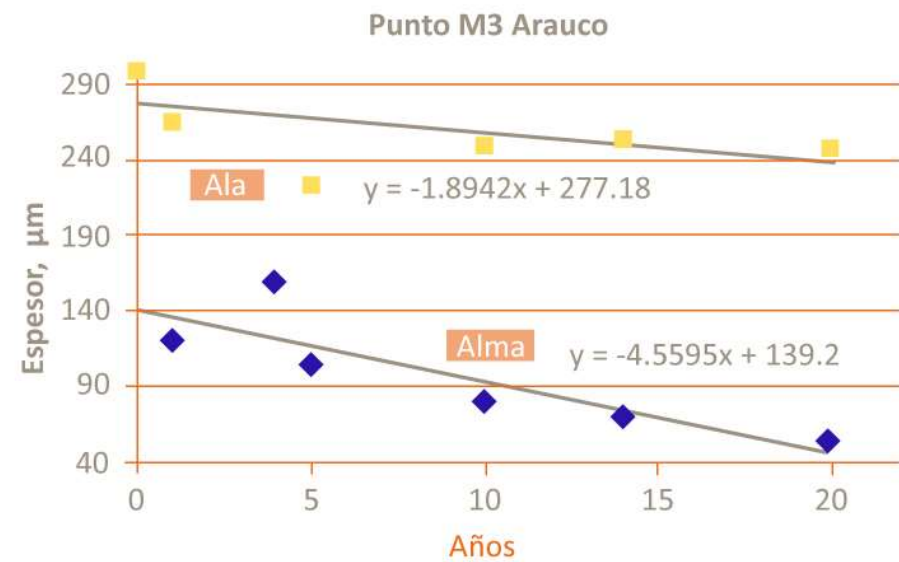


Punto número 3

Columna de precipitador, altura tercer piso, costado oeste exterior de caldera recuperadora, línea II.



Planta de celulosa **ARAUCO Horcones**



Planta de celulosa

ARAUCO Horcones

Las estructuras se encuentran expuestas a un ambiente con influencia costera de alta humedad y presencia de agentes del proceso que se lleva a cabo en las instalaciones, tales como, compuestos alcalinos, cloruros y sulfatos.

Se entregan datos de espesor de recubrimiento obtenidos en **20 años de seguimiento**, pudiendo obtener valores de pérdida de zinc y clasificando los ambientes de acuerdo a la norma NCh3348/1 .

Se proyecta una durabilidad de al menos 12 años en la zona de mayor corrosiva detectada.

Se ha establecido al galvanizado como recubrimiento estándar de protección contra la corrosión en plantas de celulosa de los dos grupos chilenos que operan plantas de celulosa en Latinoamérica.

El proyecto de ampliación de la planta de celulosa Arauco Horcones (MAPA), considera 23.000 toneladas de acero protegido con galvanizado por inmersión en caliente comenzando su ejecución en el presente año.

Punto	Espesor actual μm		Pérdida de zinc $\mu\text{m/año}$	Clasificación NCh 3348-1	Mantenimiento proyectado, años
	Ala	Alma			
M1	189	63	3.1	C4	20
M2	188	172	1.5	C3	115
M3	247	55.2	4.5	C5	12

¡Muchas gracias!



Para más información, contáctese con nuestro expositor:



Christian Sánchez Villa

csanchez@bbosch.cl



<https://www.linkedin.com/in/christian-sanchez-villa/>



¡Muchas gracias!



Para más información, contáctese con nuestro expositor:



Christian Sánchez Villa

csanchez@bbosch.cl



<https://www.linkedin.com/in/christian-sanchez-villa/>

