

Corrosión en la minería. El galvanizado como una solución sustentable

Te invitamos a esta charla en donde
abordaremos temas tan relevantes como:

- Corrosión en Minería. Especificaciones de protección usando normativa ASTM e ISO
- Comparación de costos LCC según NACE

Te esperamos..!

Expone

Christian Sánchez; Magíster en ciencia de los materiales y especialista técnico de pre y post venta.



19/08

10.00 hrs.

Regístrate aquí





bbosch

PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN FAENAS MINERAS

M. Sc. Ing. Christian Sánchez Villa
Soporte Técnico

ÍNDICE

1 Efectos de la Corrosión

2 Galvanizado

3 Sistemas dúplex

4 Especificación de recubrimientos

5 Ejemplos de uso de galvanizado y dúplex

6 Costo de ciclo de vida



Efectos de la corrosión



Efectos de la corrosión

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

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

An aerial photograph of a coastal area with a long pier extending into the blue ocean. The pier has several structures at its end. The water is clear and blue, with some white foam from waves near the shore. The land is a mix of green vegetation and sandy areas. In the bottom left corner, there are some buildings with red roofs.

Puerto Punta Chungo



bbosch

Galvanizado



Galvanizado por **inmersión en caliente**

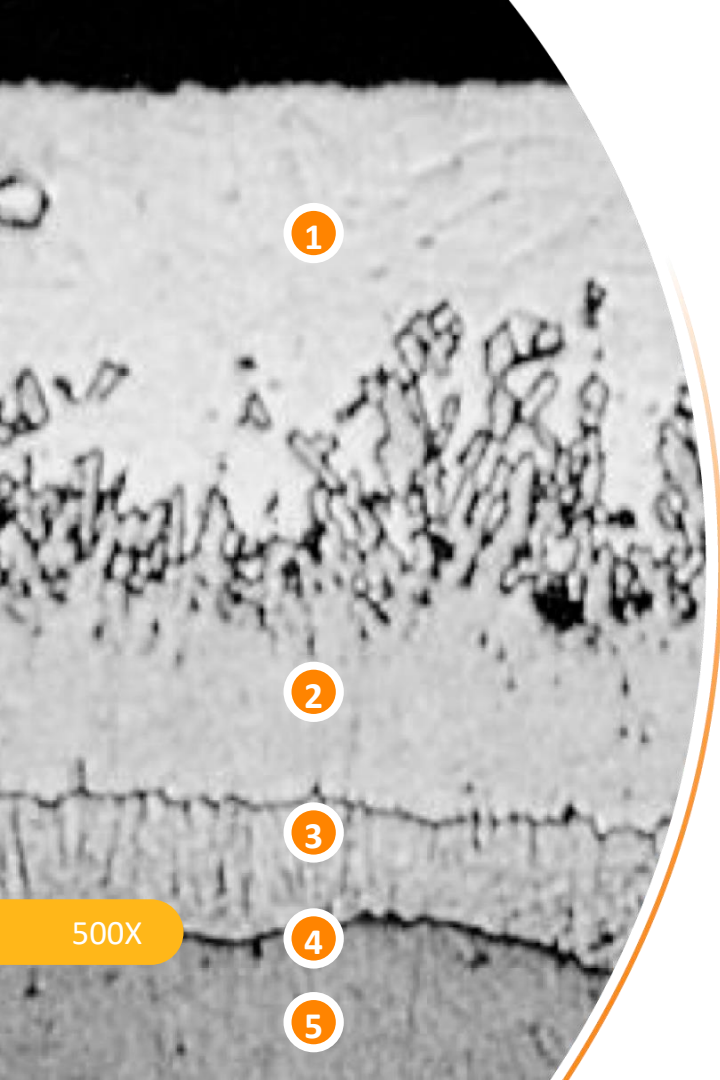


Planta de galvanizado Buenaventura
Santiago

Recubrimiento de zinc sobre acero unido metalúrgicamente

- Protección de barrera
- Protección catódica por sacrificio

Microestructura del recubrimiento

**1**

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

Está formada por una aleación que tiene un 10% de hierro aproximadamente.

4. Gamma

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

5. Acero base

500X

2**3****4****5**

**NORMA
CHILENA**

**NCh
3346**

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.*

Collahuasi, correa overland



**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 Indio,
Coyhaique, 2008**



**Muelle Barón,
Valparaíso, 2001**

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



Sistemas Duplex



1

2

3

4

250X

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

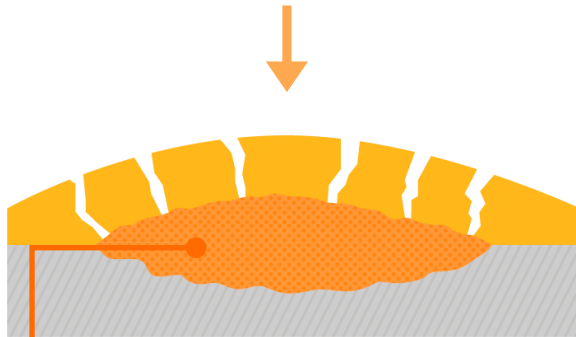
3. Galvanizado

Según norma de galvanizado, preparado para pintar ASTM D6386

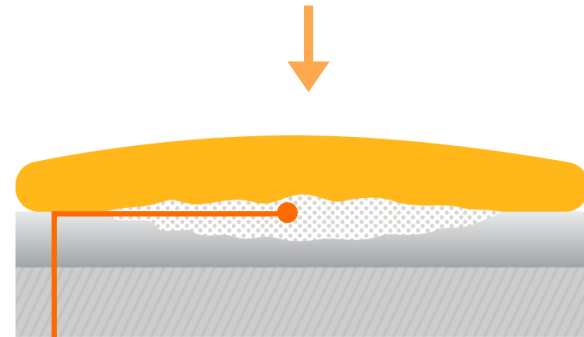
4. Acero base



Sistemas 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

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

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



Sistemas de protección

ISO 12944-5:2018

ISO 14713-1:2017

bbosch

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
12944-5

Third edition
2018-02

**Paints and varnishes — Corrosion
protection of steel structures by
protective paint systems —**

Part 5:
Protective paint systems

*Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par
systèmes de peinture —*

Partie 5: Systèmes de peinture

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14713-1

Second edition
2017-04

**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**

*Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations
pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les
constructions —*

Partie 1: Principes généraux de conception et résistance à la corrosion



ISO 12944 Pinturas y barnices.

Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores **bbosch**

- 1** Introducción general
- 2** Clasificación de ambientes
- 3** Consideraciones de diseño
- 4** Tipos y preparación de superficies
- 5** Sistemas de pintura protectores
- 6** Ensayos de comportamiento en laboratorio
- 7** Ejecución y supervisión de los trabajos de pintado
- 8** Desarrollo de especificaciones para obra nueva y para trabajos de mantenimiento
- 9** Pintura de construcciones fuera de costa



Los sistemas de protección se determinan considerando:

- Durabilidad ISO 12944-1:2018
 - BAJO (L), HASTA 7 AÑOS
 - MEDIO (M), DE 7 A 15 AÑOS
 - ALTO (H), DE 15 A 25 AÑOS
 - MUY ALTO (VH), MAYOR A 25 AÑOS

Los sistemas de protección se determinan considerando:

Clasificación de corrosividad atmosférica ISO 12944-2:2018

ISO 9223 Clasifica corrosividad

C1-C2-C3-C4-C5-CX

Categoría de corrosividad C*

Ambientes típicos: INTERIORES

Ambientes típicos: EXTERIORES

C1

$r_{corr} \leq 0,1$

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

$0,1 < r_{corr} \leq 0,7$

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.**

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

ISO 14713-1/ NCh 3348-1



Categoría de corrosividad C*

Ambientes típicos: INTERIORES

Ambientes típicos: EXTERIORES

C3

$0,7 < r_{corr} \leq 2$

Medio

Espacios con una frecuencia moderada de condensación y contaminación moderada 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 depósito bajo en cloruros, zonas subtropicales y tropicales con atmósferas con contaminación baja.**

C4

$2 < r_{corr} \leq 4$

Alto

Espacio con una alta frecuencia de condensación y alta contaminación de un proceso productivo, por ejemplo, **plantas de procesamiento industriales, piscinas.**

- Zonas templadas, 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 atmósfera con contaminación media.**

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

ISO 14713-1/ NCh 3348-1



Categoría de
corrosividad C*

Ambientes típicos: **INTERIORES**

Ambientes típicos: **EXTERIORES**

C5

$4 < r_{corr} \leq 8$

Muy Alto

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

$8 < r_{corr} \leq 25$

Extremo

Espacios con una condensación permanente o periodos 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.

Clasificación de corrosividad en la minería del cobre

ISO 12944-2/ISO 14713-1



Categoría de corrosividad C*	EJEMPLOS EN MINERÍA
<p data-bbox="285 405 355 454">C3</p> <p data-bbox="285 527 413 565">Medio</p>	<p data-bbox="581 383 1070 505">Ambientes poco agresivos. Baja humedad y contaminación. Deposición de polvo.</p> <ul data-bbox="581 519 1657 642" style="list-style-type: none"><li data-bbox="581 519 1657 552">• Estructuras y edificios lejanas a zonas húmedas y presencia de ácido.<li data-bbox="581 563 1657 596">• Estructuras en chancado primario y manejo de mineral seco.<li data-bbox="581 607 1657 639">• Estructuras superiores en plantas concentradoras.
<p data-bbox="285 732 355 781">C4</p> <p data-bbox="285 863 369 901">Alto</p>	<p data-bbox="581 703 1445 825">Ambientes de agresividad mayor. Mayor humedad o contaminación con presencia de SO₂ . Contacto con derrames de pulpa.</p> <ul data-bbox="581 839 1537 1000" style="list-style-type: none"><li data-bbox="581 839 1537 872">• Estructuras en niveles inferiores de plantas concentradoras.<li data-bbox="581 883 1537 916">• Estructuras interiores de procesos pirometalúrgicos.<li data-bbox="581 927 1537 959">• Estructuras superiores en plantas de filtrado.<li data-bbox="581 970 1537 1003">• Estructuras en espesadores.

ISO 12944-2/ISO 14713-1



Categoría de
corrosividad C*

EJEMPLOS EN MINERÍA

C5

Muy Alto

Ambientes de agresividad elevada
mayor humedad y contaminación con presencia de ácido sulfúrico o cloruros:
Estructuras cercanas a pilas de lixiviación.

- Edificios de SX.
- Exterior de naves de Electroobtención.
- Estructuras en niveles inferiores de plantas de filtrado.
- Estructuras exteriores de naves de procesos pirometalúrgicos.
- Plantas costeras.
- Instalaciones portuarias

**Ataque
Químico**

ISO 12944-2 B.2.1

Contacto directo con soluciones de ácido sulfúrico
Estructuras al interior de plantas de EW/ER

Los sistemas de protección se determinan considerando:

- Sistemas dúplex de acuerdo a ISO 12944-5:2018
- Galvanizado en caliente, ISO 14713-1:2017 /NCh3348-1

Protección contra la corrosión

Recubrimientos de zinc

bbosch

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



Ventanas

**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.



Protección contra la corrosión

Recubrimientos de zinc

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



Ventanas

bbosch

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14713-1

Second edition
2017-04

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

Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions —

Partie 1: Principes généraux de conception et résistance à la corrosion



Protección contra la corrosión

Recubrimientos de zinc



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
	ISO 1461	140	67/>10	MA	33/67	MA	17/33	MA	6/17	A
	ASTM A123	200	95/100	MA	48/95	MA	24/48	MA	8/24	A

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

Algunos ejemplos de uso de galvanizado y duplex en Chile



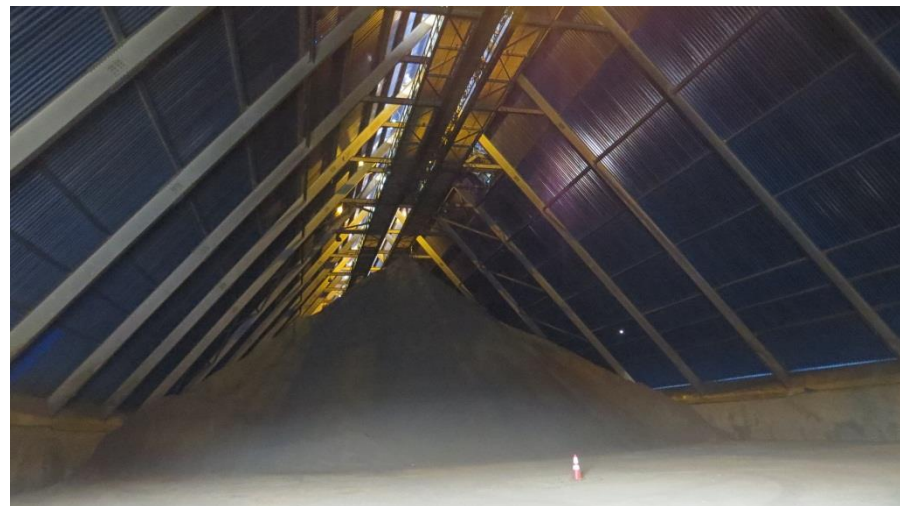
Puerto Ventanas, 1970

Estructuras originales con sistema dúplex



Puerto Ventanas, 1970
Estructuras originales con
sistema dúplex
Bodega DAND

bbosch



Bodega de Codelco Andina
45000 ton; Concentrado de Cobre

Puerto Ventanas, 1970
Estructuras originales con
sistema dúplex
Correas transportadoras

bbosch



CERO
Mantenimiento en esta zona
desde su puesta en marcha
1970

Puerto Ventanas, 1998

Bodega de granos
sistema dúplex



Puerto Ventanas, 2016

Nueva bodega de concentrado,
sistema dúplex



Puerto Ventanas, 2001
Bodega de concentrado
Angloamerican
Galvanizado



bbosch



Cemento Melón

Planta de molienda Ventanas,

2010

Sistema dúplex

bbosch



C.M. Doña Inés de Collahuasi, 2005
Correa Overland Rosario-Ujina
Galvanizado

bbosch



C.M. Doña Inés de Collahuasi, 2007
Bodega Ujina
Galvanizado

bbosch



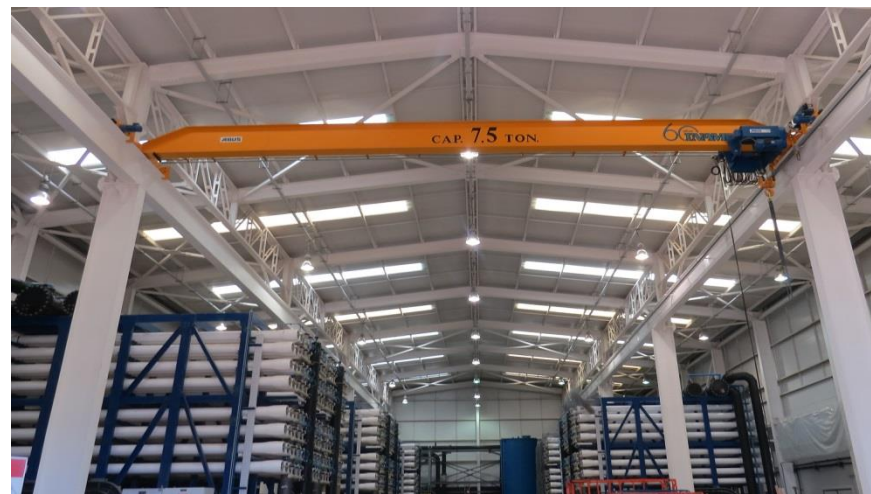
CAP Minería, 2012
Taller de Camiones Cerro negro
norte
Protegidas con Galvanizado

bbosch



CAP Minería, 2012
Planta desaladora, Pta. Totalillo
Protegidas con Galvanizado

bbosch



Minera Esperanza, 2010
Chancado de Pebbles.
Sistema Dúplex

bbosch



Minera Candelaria
Pasarelas Molenda SAG
Sistema Dúplex

bbosch



BHP Billiton, 2015

EWS

Sistema Dúplex

bbosch



Foto revista MCH



Nueva expansión especificada con
Sistema Dúplex

Cal Chile, 2012

Planta de procesamiento de cal, Carrizal bajo
Protegidas con Galvanizado

bbosch



Cementos BSA, 2017
Plantas San Antonio y Santiago
Galvanizado



bbosch



GNL Quintero, 2010

Soportes de cañerías

Sistema Dúplex



bbosch



SQM

Planta el Carmen, 2005

Salar, 2009

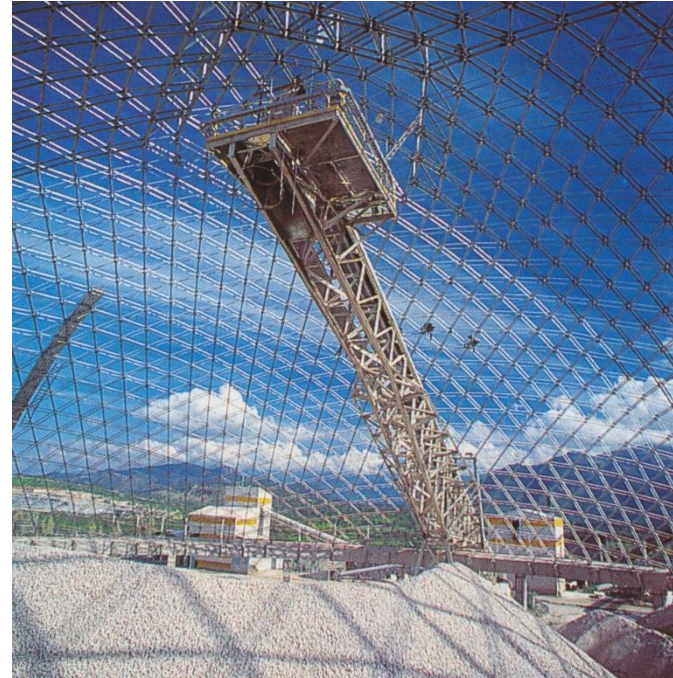
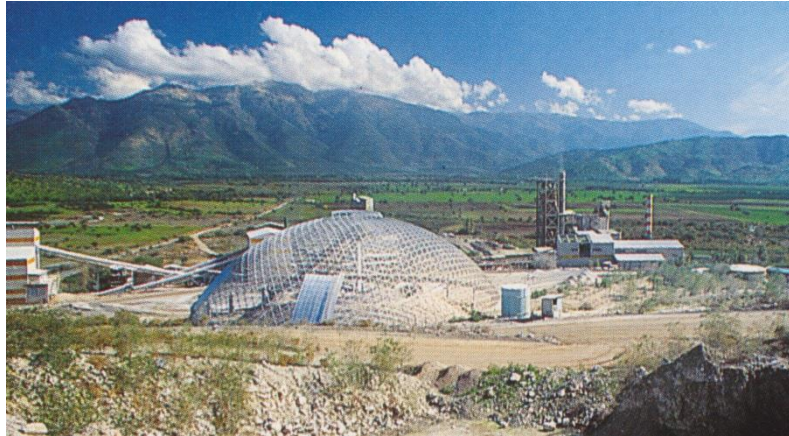
Galvanizado

bbosch



Polpaico, 2008
Domo stock Pile
Galvanizado

bbosch

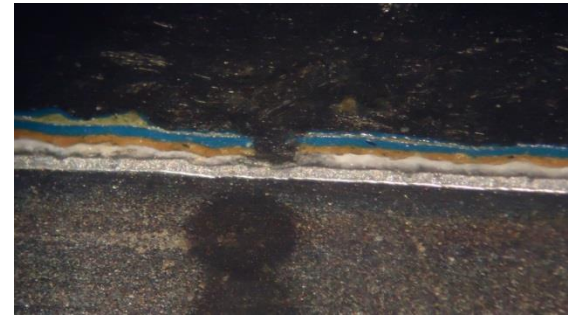


BBosch, 1992

Planta de galvanizado, Vespucio

Sistema dúplex

bbosch



BBosch, 1995

Planta de galvanizado Galva 8

Sistema dúplex

bbosch



***Planta Bbosch Galva 8
1995, duplex***

Interacid, 2006
Muelle Mejillones
Sistema dúplex

bbosch



***Muelle Interacid Mejillones
2006, duplex***

Portuaria Cabo Froward, 2009
Muelle Chollín, Coronel
Galvanizado

bbosch

***Portuaria Cabo Froward
Muelle Chollín
2009, galvanizado***



Puerto Central, San Antonio
Torres Reefer
Galvanizado

bbosch



Costo de Ciclo de Vida del Recubrimiento de una Estructura de Acero



Referencias y metodología

bbosch

Paper No.
7422

 **NACE**[®] **CORROSION 2016**
INTERNATIONAL CONFERENCE & EXPO



Designation: A1068 – 10 (Reapproved 2015)

**Standard Practice for
Life-Cycle Cost Analysis of Corrosion Protection Sys-
tem on Iron and Steel Products¹**

**Expected Service Life and Cost Considerations for Maintenance
and New Construction Protective Coating Work**

Jayson L. Helsel, P.E.
Robert Lanterman
KTA-TATOR, Inc.
115 Technology Drive
Pittsburgh, PA 15275

PRACTICAL CONSIDERATIONS FOR THE LIFE CYCLE EVALUATION OF ZINC RICH COATINGS,
GALVANIZED STEEL AND THERMAL SPRAYED METALS FOR INDUSTRIAL STRUCTURES IN
MODERATE ENVIRONMENTAL EXPOSURES

Jayson L. Helsel, P.E., Senior Consultant
KTA-Tator, Inc.
Pittsburgh, PA, USA

Secuencia de mantenimiento y sus costos asociados



Operación	Tiempo (años)	Costo si original en terreno	Costo si original en taller
Pintura inicial	0	Original	Original
Retoque	Vida practica o "P"	Original*40%	Original *60%
Pintura de mantenimiento	"P"+33%	Original*70%	Original*105%
Repintado total	Pintura de mantenimiento +50%de"P"	Original*135%	Original*205%

Vida de servicio estimada para exposición atmosférica (en años antes de la primera pintura de mantenimiento)



Tipo	Sistema de recubrimiento para exposición atmosférica (Primer/intermedia/Terminación)	Preparación de superficie	Numero de capas	Espesor de película seca, mils	Vida de servicio			
					Bajo (rural)/C2	Moderado (Industrial)/C3	Severa (Industrial pesado)/C5-I	Costero Industrial pesado/ C5M
Acrílico	Acrílico al agua / Acrílico al agua / Acrílico al agua	Manual/Mecánico	3	6	12	8	5	5
Alquídico	Alquídico / Alquídico / Alquídico	Chorro abrasivo	3	6	14	9	5	5
Epóxico	Epoxico / Epóxico	Chorro abrasivo	2	6	18	10	9	9
Epóxico	Epoxico / Epóxico	Chorro abrasivo	2	8	20	14	11	11
Epóxico	Epoxico / Epóxico / Epóxico	Chorro abrasivo	3	10	23	17	14	14
Epóxico	Epoxico / Epóxico / Poliuretano	Chorro abrasivo	3	8	20	14	11	11
Epoxico rico en zinc	Epoxico de zinc / Epoxico / Poliuretano	Chorro abrasivo	3	11	29	20	14	14
Inorgánico de zinc	Inorgánico de zinc / poliuretano / Poliuretano	Chorro abrasivo	3	11	32	23	17	17
Inorgánico de zinc	Inorgánico de zinc / epóxico / Poliuretano	Chorro abrasivo	3	9	30	21	15	15
Metalizado	Metalizado de zinc / Sello	Chorro abrasivo	2	9	34	24	17	18
Metalizado	Metalizado de zinc / Sello / Poliuretano	Chorro abrasivo	3	13	39	27	22	22
Galvanizado	Galvanizado ASTM A123 / ISO 1461 / NCh 3346	-----	1	4	140	33	10	10
Duplex EP+PU	Galvanizado / epoxico / poliuretano	Brush Off	3	10	235	87	27	27



Alternativas de protección

1. Sistema de pintura S 7.14 (ISO 12944-5)

Vida para el primer mantenimiento "P": **17 años**

Costo inicial: \$ **19.998/m²**

IOZ, 3 mils

Sello Epoxy, 1 mils

Epoxy HB, 6 mils

Poliuretano 2 mils

Total 12mils

2. Sistema Dúplex, DS3

Vida para el primer mantenimiento "P": **24 años**

Costo inicial: \$ **18.114/m²**

Galvanizado, 4 mils mínimo

Epoxy primer, 2 mils

Pu poliester , 5 mils

Total 11 mils

3. Galvanizado en caliente ASTM A123

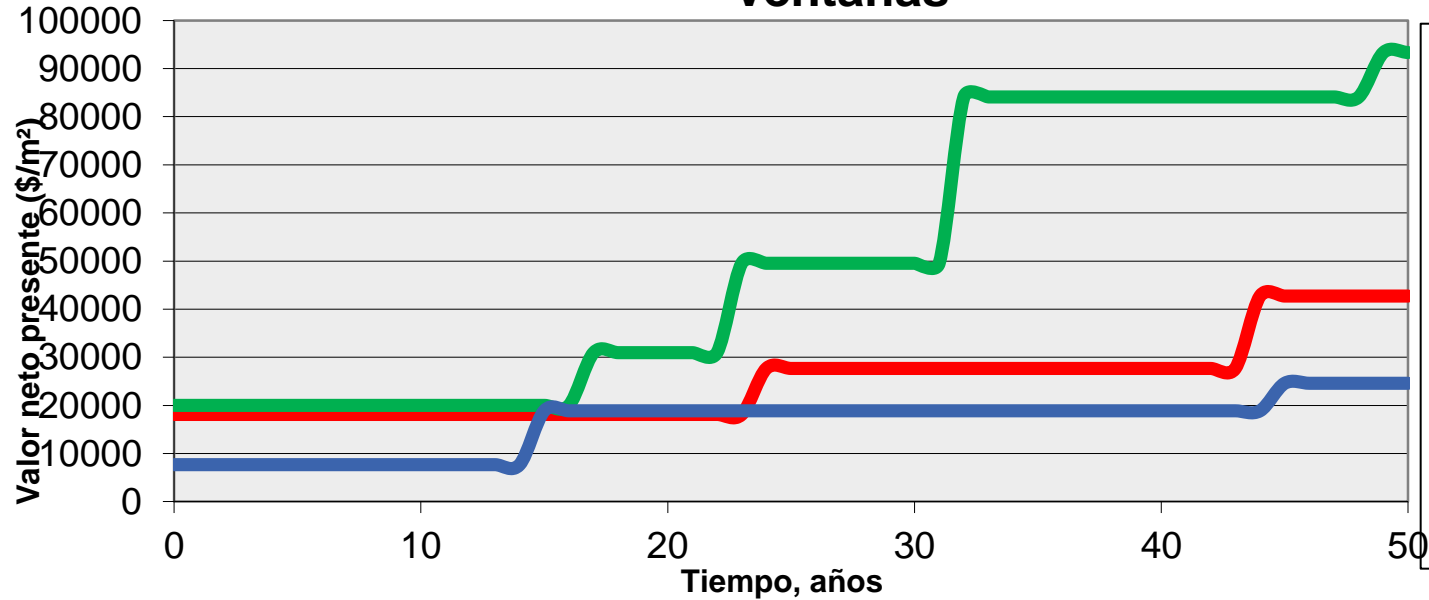
Vida para el primer mantenimiento "P": **15 años**

Costo inicial: \$ **7.680/m²**

Galvanizado, 4 mils mínimo

Total 4 mils

Costo de ciclo de vida Bodega de Concentrado Puerto Ventanas



Ambiente C5M

Zonas expuestas a ambientes en borde costero.

Construido de acuerdo a metodología NACE Paper 4088, 2014 y datos de NCh 3348/2, ISO 14713/1 e ISO 12944/5

— Dúplex

— Sistema s7.14

— Galvanizado

¡Muchas gracias!

Para más información visítenos en:

 www.bbosch.cl/recubrimientos

 www.youtube.com/user/bboschmarketing

 www.linkedin.com/company/bbosch/

Datos del expositor:

 csanchez@bbosch.cl

 +569 6227 75 19

 www.linkedin.com/in/christian-sanchez-villa

Corrosión en la minería. El galvanizado como una solución sustentable

Te invitamos a esta charla en donde
abordaremos temas tan relevantes como:

- Corrosión en Minería. Especificaciones de protección usando normativa ASTM e ISO
- Comparación de costos LCC según NACE

Te esperamos..!

Expone

Christian Sánchez; Magíster en ciencia de los materiales y especialista técnico de pre y post venta.



19/08

10.00 hrs.

Regístrate aquí

