

**Universidad de Valparaíso**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**Propuestas de mejora para la disminución de pérdidas por óxido  
blanco en área de Metalcon de la empresa Cintac S.A.I.C.**

por:

Schlomit Diane Simpson González

Tamara Andrea Sepúlveda Herrera

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la  
Ingeniería y título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor guía Samuel Varela Carreño

Agosto, 2016

## Agradecimientos

*Agradezco a todas las personas que han sido parte de este proceso. A los amigos que forme a partir de los estudios y la gente linda que conocí. También a mis profesores por guiarnos en toda esta etapa estudiantil.*

*Pero principalmente agradezco a Dios, por estar siempre.*

*Schlomit Simpson González*

*Agradezco con el alma tener la familia que tengo... por estar siempre ahí, aún cuando no estén de acuerdo conmigo o no entiendan mi forma de ver las cosas. Agradezco la infinita paciencia que me han tenido, todas las palabras que me han regalado, siempre tratando de que Emilia y yo estemos mejor, siempre ayudándonos a buscar nuestra felicidad. Somos bendecidas al tenerlos junto a nosotras para siempre.*

*Agradezco a cada persona que me dio una palabra de aliento y me dio ánimo para seguir adelante.*

*Gracias a Angelo por brindarme tu ayuda y preocupación en cada momento.*

*Finalmente, y lo más importante, le doy gracias a mi hija, Emilia, por haberme escogido como su madre... y por ser la personita que le da sentido a mi vida, la que no deja que me rinda y me alienta a ser cada vez mejor. Gracias por ser como eres y demostrarme tu amor cada día... cada día que pasa me siento más orgullosa de ti y te amo cada vez más.*

*Tamara Sepúlveda Herrera*

## Dedicatorias

*Dedico esta tesis en especial a mi hermano Frank, quien me apoyó siempre. Solo él sabe lo difícil que fue este camino.*

*A mi marido que estuvo en cada proceso, desde mi primer año de Universidad, acompañándome en las noches de desvelo.*

*A mis padres que siempre me inculcaron estudiar y me entregaron todas las herramientas que tenían a su alcance para lograrlo.*

*A mi abuelita Lucy y tata Beto, por siempre ser un apoyo en todo sentido.*

*Y en general a mi familia y amigos cercanos, por alentarme en los momentos complicados y animarme con cariño.*

*Schlomit Simpson González*

*A Emilia, mi hija, el amor de mi vida, por ser mi motor.*

*A mi familia maravillosa, son todo para mí.*

*A Angelo por llegar a mi vida y hacerme feliz.*

*Tamara Sepúlveda Herrera*

## Índice

Agradecimientos .....	3
Dedicatorias .....	4
Glosario .....	5
Abreviaturas.....	6
Lista de figuras .....	7
Lista de tablas.....	10
1 Resumen.....	11
1.1    Objetivos.....	12
1.1.1  Objetivo general .....	12
1.1.2  Objetivos específicos.....	12
1.2    Metodología .....	13
2 Descripción de la empresa .....	14
2.1    Definición del Proyecto .....	14
2.2    Definición del Caso Base.....	15
2.3    Metalcon .....	16
2.3.1  Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter .....	17
2.3.2  Análisis FODA.....	19
2.3.3  Matriz FODA .....	21
2.4    Mapa Conceptual .....	22
3 Marco teórico .....	23
3.1    Corrosión .....	23
3.2    Oxidación.....	23
3.3    Protección catódica con ánodo de sacrificio .....	24
3.3.1  Galvanizado.....	26
3.3.2  Propiedades del recubrimiento .....	31
3.4    Zinc y sus Usos .....	32
3.4.1  Corrosión del zinc .....	33
3.4.2  Las condiciones climáticas.....	36

3.4.3	Zincalum.....	38
3.5	Óxido blanco.....	40
3.5.1	Prevención.....	43
3.6	Agua Dura.....	44
3.6.1	Corrosión causada por agua dura .....	45
3.6.2	Ablandamiento del agua dura.....	46
3.6.3	Ablandador de Agua.....	46
3.7	Norma ISO 9223: “La corrosión de los metales y aleaciones - Corrosividad de atmósferas - Clasificación, determinación y estimación” .....	48
3.7.1	Mapa de la corrosividad en Chile.....	50
3.8	Normas ASTM.....	55
3.8.1	Norma A653/653M .....	55
3.8.2	Norma A792/A792M: .....	57
3.8.3	Conversión de unidades .....	57
3.8.4	Norma A90/90.....	58
3.9	Ishikawa.....	58
4	Caso Metalcon: Levantamiento de procesos .....	59
4.1	Diagrama de Pareto.....	60
4.2	Diagrama de Bloques.....	61
4.3	Diagrama de flujo .....	61
4.4	Diagrama de flujo detallado.....	62
4.5	Situación actual.....	63
4.6	Proceso productivo .....	66
4.7	Problemas.....	67
5	Acciones preliminares .....	68
5.1	Dureza del agua .....	68
5.1.1	Análisis de agua .....	68
5.2	Ensayos de recubrimiento .....	71

5.3	Ensayos Mecánicos .....	71
5.4	Ensayo químico.....	73
6	Propuestas de mejora.....	75
6.1	Mejora en proceso de conformado.....	75
6.2	Mejora en almacenamiento .....	76
6.3	Mejora en cuanto a la información entregada a todo tipo de clientes.....	76
7	Justificación Económica.....	77
7.1	Costos de Devolución .....	77
7.2	Costos de reparación .....	79
7.3	Propuestas .....	81
7.3.1	Costo de propuestas en proceso de conformado .....	81
7.3.2	Costo de propuestas con respecto al almacenamiento .....	85
7.3.3	Costos relacionados a la entrega de información .....	86
8	Escenario actual V/S Propuestas .....	88
8.1	Flujo de caja.....	90
9	Conclusiones.....	95
10	Referencias bibliográficas y bibliografía.....	97
	Anexo I Metalconeras y sus productos .....	99
	Anexo II Análisis de agua.....	104
	Anexo III Ensayos Mecánicos y Químicos de muestras Metalcon.110	
	Anexo IV Master Plan Cintac.....	116
	Anexo V Emplazamiento Sitio Bustos, Metalcon. ....	117
	Anexo VI Cuantías generales para cálculo de vivienda. ....	118
	Apéndice I Norma A653/653M Galvanizado.....	119
	Apéndice II Norma A792/792M Zincalum.....	132
	Apéndice III Norma A90/90M Método de prueba para calcular masa de recubrimiento.....	138
	Apéndice IV Mapa de Corrosión Atmosférica de Chile .....	142
	Apéndice V Documento entregado por Bosch, conclusiones.....	150

## Glosario

- Bobinas: láminas o planchas de acero enrollada.
- Commodities: todo bien que es producido en masa por el hombre, del cual se obtienen grandes cantidades y que tienen valor. Poseen un muy bajo nivel de diferenciación o especialización.
- Fleje: cinta de acero enrollada.
- Metalcon: marca registrada de la empresa Cintac S.A.I.C. corresponde a un producto especial, en donde el acero se encuentra cubierto por zinc.
- Micra  $\mu\text{m}$  (micrómetro o micrón): unidad de medida de longitud del sistema internacional que corresponde a una milésima parte de un milímetro.
- Zinalum: marca registrada de Cintac S.A.I.C. en donde el acero se encuentra cubierto por una aleación de zinc y aluminio.

## **Abreviaturas**

ERP: Enterprise Resource Planning, planificación de recursos empresariales, es un sistema integral de gestión empresarial que es creado con el objetivo de modelar y automatizar la mayoría de procesos en la empresa.

Latiza: Asociación Latinoamericana de Zinc.

MICAT: Mapa latinoamericano de corrosión atmosférica.

PIB: Producto interno bruto.

SapMII: Manufacturing Intelligence and Integration.

## Lista de figuras

Ilustración 1 Metodología.....	13
Ilustración 2 Estructura Habitacional Metalcon. Fuente: <a href="http://www.cintac.cl">www.cintac.cl</a> .....	16
Ilustración 3 Las 5 fuerzas de Porter. ....	18
Ilustración 4 Almacenamiento de lotes de acero galvanizado a intemperie. ....	20
Ilustración 5 Mapa conceptual Empresa Cintac S.A. Fuente: Elaboración propia.....	22
Ilustración 6 Corrosión electroquímica. Fuente: <a href="http://clasesdequimica.blogspot.com">clasesdequimica.blogspot.com</a> .....	24
Ilustración 7 Serie galvánica. Fuente: <a href="http://www.galvanizeit.org">www.galvanizeit.org</a> .....	25
Ilustración 8 Figura 8: Protección catódica. Fuente: <a href="http://www.galvanizeit.org">www.galvanizeit.org</a> .....	25
Ilustración 9 Galvanizado en caliente discontinuo. Fuente: <a href="http://www.ingemecanica.com">www.ingemecanica.com</a> ..	27
Ilustración 10 Curva Sandelin. Fuente: <a href="http://www.asimet.cl/galvanizado.htm">www.asimet.cl/galvanizado.htm</a> .....	28
Ilustración 11 Galvanizado en caliente continuo. Fuente: <a href="http://www.construmatica.com">www.construmatica.com</a> ....	29
Ilustración 12 Comparación micrografías, proceso discontinuo y continuo. Fuente: <a href="http://www.ingemecanica.com">www.ingemecanica.com</a> y <a href="http://www.construmatica.com">www.construmatica.com</a> .....	30
Ilustración 13 Relación espesor de recubrimiento y vida útil. Fuente: Latiza.....	30
Ilustración 14 Principales usos del zinc. Fuente: <a href="http://www.azsa.es">www.azsa.es</a> .....	32
Ilustración 15 Formación del pasivante del zinc. Fuente: Elaboración propia .....	34
Ilustración 16 Velocidad de corrosión vs pH. Fuente: <a href="http://www.revistademetalurgia.revistas.csic.es">www.revistademetalurgia.revistas.csic.es</a> .....	35
Ilustración 17 Velocidad de corrosión vs TDH. Fuente: <a href="http://www.revistademetalurgia.revistas.csic.es">www.revistademetalurgia.revistas.csic.es</a> .....	36
Ilustración 18 Tasa de corrosión VS pH para el aluminio. Fuente: <a href="http://www.corrosiondoctors.org">www.corrosiondoctors.org</a> .....	39
Ilustración 19 Mancha Blanca de Almacenamiento. Fuente: <a href="http://www.Galvanización.com">www.Galvanización.com</a> .....	41
Ilustración 20 Almacenamiento inadecuado favorece generación de óxido de zinc sobre superficie del revestimiento. Fuente: <a href="http://www.bbosch.cl">www.bbosch.cl</a> .....	42
Ilustración 21 Recomendaciones para almacenamiento. Fuente: <a href="http://www.bbosch.cl">www.bbosch.cl</a> .....	43

Ilustración 22	Ablandador de agua. Fuente: <a href="http://www.aguanova.cl">www.aguanova.cl</a> .....	47
Ilustración 23	Tipos de atmósfera. Fuente: ISO 9223 .....	48
Ilustración 24	Velocidad de corrosión de metales, según tipo de atmósfera. Fuente: ISO 9223 .....	49
Ilustración 25	Ejemplos de ambientes, según tipo de atmósfera. Fuente: ISO 9223 .....	49
Ilustración 26	Mapa corrosividad de Chile. Fuente: <a href="http://www.rlmm.org">www.rlmm.org</a> .....	51
Ilustración 27	Duración Galvanizado por ciudad .....	54
Ilustración 28	Designación recubrimientos y sus respectivos mínimos en Sistema Ingles. Fuente: ASTM A653/A653M .....	56
Ilustración 29	Designación recubrimientos y respectivos mínimos, Sistema Internacional. Fuente: ASTM A653/A653M .....	56
Ilustración 30	Tabla del mínimo recubrimiento requerido por tipo. Fuente: ASTM A792/792M .....	57
Ilustración 31	Ensayo de Recubrimiento. Elaboración propia. ....	58
Ilustración 32	Ishikawa. Elaboración propia. ....	59
Ilustración 33	Gráfico de Pareto. Elaboración propia.....	60
Ilustración 34	Diagrama de bloques. Elaboración propia.....	61
Ilustración 35	Diagrama de Flujo. Elaboración propia.....	61
Ilustración 36	Diagrama de Flujo Detallado. Elaboración propia. ....	62
Ilustración 37	Proceso de Venta detallado. Elaboración propia. ....	63
Ilustración 38	Proceso de Conformado Detallado. Elaboración Propia. ....	64
Ilustración 39	Proceso de Despacho Detallado. Elaboración propia. ....	64
Ilustración 40	Proceso de Post-Venta Detallado. Elaboración propia. ....	65
Ilustración 41	Corte de bobinas. Elaboración propia.....	66
Ilustración 42	Rodillos Conformadores. Elaboración propia. ....	66
Ilustración 43	Resultado análisis de agua. Elaboración propia. ....	70
Ilustración 44	Resultado ensayos mecánicos. Elaboración propia. ....	72
Ilustración 45	Resultado Ensayos Químicos. Elaboración propia. ....	74

Ilustración 46 Anillo de Aire Empresa KMX. Fuente: [www.kmx.cl](http://www.kmx.cl) ..... 82

Ilustración 47 Emplazamiento actual terreno. .... 85

Ilustración 48 Ubicación galpón productos terminados. Fuente: emplazamiento Cintac, elab. propia. .... 86

Ilustración 49 Página web con link de mancha blanca de almacenamiento. Elab. propia ..... 87

## Lista de tablas

Tabla 1 Análisis FODA.....	21
Tabla 2 Clasificación de Tipo de Agua, según dureza. Fuente: www.itacanet.org .....	45
Tabla 3 Duración recubrimiento en años. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla 4 Categoría de corrosividad y duración del recubrimiento por ciudad. ....	52
Tabla 5 Tabla de problemas, diseño pareto.....	60
Tabla 6 Problemas y sus consecuencias.....	67
Tabla 7 Resultado análisis de agua. ....	69
Tabla 8 Resultado ensayos mecánicos. ....	72
Tabla 9 Resultado ensayos químicos. ....	73
Tabla 10 Costos de transporte, por ciudad.....	77
Tabla 11 Devoluciones 2013. Metalcon. ....	78
Tabla 12 Devoluciones 2014, Metalcon. ....	79
Tabla 13 Reparaciones 2013 y 2014. Metalcon.....	80
Tabla 14 Costos propuestas secadora.....	82
Tabla 15 Costo total energía secadora. ....	83
Tabla 16 Energía a utilizar con secadora. ....	83
Tabla 17 Resumen costos secadora.....	83
Tabla 18 Inversión por concepto de aceite Sandsil.....	84
Tabla 19 Costos diarios por pérdidas de emulsión.....	84
Tabla 20 Resumen costos de propuestas.....	87
Tabla 21 Costos proceso actual V/S propuestas. ....	88
Tabla 22 Costos por pérdidas de emulsión actuales V/S propuesta secadora.....	89
Tabla 23 Costos implementación por propuesta.....	89
Tabla 24 Inversión propuestas V/S Pérdidas 2013 y 2014. ....	90
Tabla 25 Flujo de caja.....	91

# 1 Resumen

Los reclamos desde hace más de un año de la producción relacionada al área de Metalcon de la empresa metalúrgica Cintac S.A.I.C, que se dedica a la elaboración de tubos, perfiles de acero e infraestructura vial, han provocado altos porcentajes de pérdida, asociados a costos en la “reparación o reposición” del material, en donde el primer procedimiento consiste en sacar el óxido de la pieza, volviendo a recubrirla con zinc y en caso contrario, como se señala, reemplazar el material defectuoso por uno nuevo.

En Metalcon se utiliza como materia prima acero galvanizado, lo que es básicamente acero cubierto con zinc, lo que le otorga excelente protección, como resistencia a la abrasión y corrosión.

A medida que se avanza en la investigación, es posible vislumbrar que existen diferentes causas para el origen del óxido blanco como; el almacenamiento a la intemperie, problemas en el proceso de conformado, inventario deficiente, entre otros.

Pero a su vez también es posible descubrir que existe ignorancia respecto a las propiedades del óxido blanco, puesto que es un protector que mejora el uso del acero galvanizado.

Por medio de ensayos y la utilización de herramientas se descubre que hay un mal manejo en los procesos de conformado, almacenamiento y post venta. En este último caso se percibe que la empresa no filtra los reclamos, permitiendo que cada uno de ellos sea atendido, reparando o reponiendo para no perder al cliente.

Las propuestas de mejora se evalúan y priorizan según los resultados de los ensayos, para lo cual se crea un análisis económico, en donde se esclarece que al llevar a cabo las propuestas, en el segundo año se recuperaría la inversión.

Palabras-claves: Metalúrgica, acero galvanizado, Metalcon, óxido blanco, propuestas de mejora.

## **1.1 Objetivos**

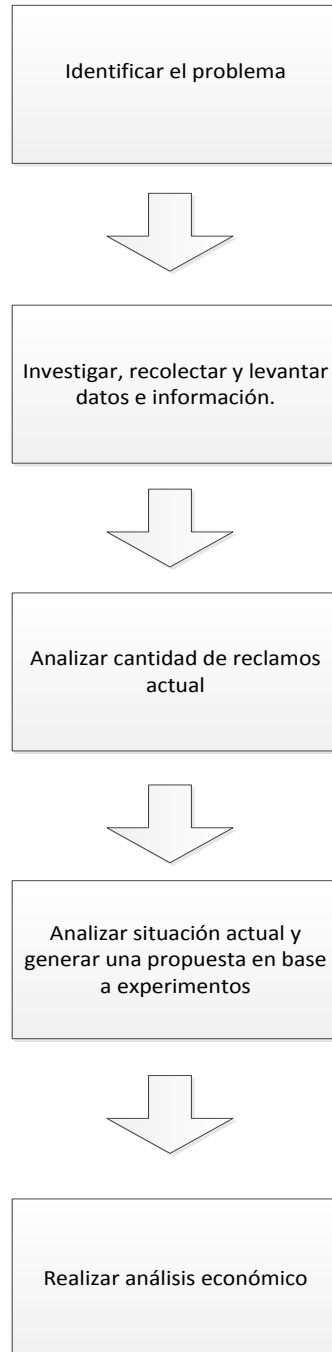
### **1.1.1 Objetivo general**

Realizar análisis de variables que afectan en la oxidación del acero galvanizado, definiendo la influencia de estas y proponer soluciones.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Recolectar información y diagnosticar la situación actual de la empresa.
- Realizar un levantamiento de los procesos involucrados en el área de trabajo.
- Generar un diagrama de flujo de los diferentes procesos, con sus posibles correcciones.
- Hacer pruebas con materia prima bajo diferentes condiciones y evaluar.
- Analizar los resultados y proponer mejoras.
- Conclusiones de la situación actual y evaluación de propuestas.

## 1.2 Metodología



**Ilustración 1 Metodología**

## 2 Descripción de la empresa

### 2.1 Definición del Proyecto

Cintac S.A. nace en el año 1956 como una empresa de responsabilidad limitada, cuyo giro correspondía a la fabricación de tubos de acero y perfiles de doble contacto. En la actualidad corresponde a una sociedad anónima abierta y es un holding conformado por las siguientes empresas:

- Cintac S.A.I.C.
- Tubos y Perfiles Metálicos S.A.
- Steel Trading Company.

La primera de ellas, Cintac S.A.I.C, es en donde se fabrican tubos y perfiles para uso estructural. De ella depende Instapanel, en donde se producen cubiertas, revestimientos y aislamiento entre otros, y, por otro lado, Metalcon, en donde se fabrican estructuras habitacionales, tabiques, cielos y cubiertas.

Éste trabajo se centra en lo que ocurre dentro del área de Metalcon, por lo tanto sólo se ahondará en lo que concierne a esta.

En las plantas de éste holding se utiliza el programa SAP MII que es la herramienta utilizada para el manejo de información operacional, de esta manera se integra lo que ocurre en la planta y lo que concierne al ERP (planificación de recursos empresariales) de la empresa. Dentro de las tareas realizadas por este programa se encuentra el registro de los distintos reclamos que tienen lugar en la empresa en general.

En Metalcon, los reclamos más significativos, en cuanto al dinero que se debe desembolsar por concepto de reparación, son los relacionados a la aparición de manchas blancas (óxido blanco) en los perfiles. En estos casos, la empresa ofrece al cliente la posibilidad de ser ellos mismos los que reparen el material, Cintac posee un documento en el que se explica la manera en que se debe realizar esta reparación, indicando los insumos necesarios y el procedimiento paso a paso. Si el cliente acepta esta oferta, entonces la empresa se hace cargo de los costos por conceptos de reparación, multa por detenciones de obra (en caso de constructoras) y los costos asociados, como el de transporte. Sin embargo, si el cliente

decidiera no aceptar esta medida, entonces Cintac debe reponer todo el material proporcionado.

Dichas cantidades de dinero son muy elevadas, por lo que éste es un problema realmente preocupante para la empresa y se necesita encontrar soluciones para disminuir lo máximo posible esas cifras.

Por lo tanto, en el presente trabajo se pretende encontrar soluciones para minimizar lo más posible los costos referidos a Metalcon, y esto se logrará mediante el estudio de las causas que favorecen el óxido blanco en los perfiles y su respectiva disminución.

## **2.2 Definición del Caso Base**

La materia prima utilizada en el área de Metalcon corresponde a bobinas de acero que se encuentran protegidas catódicamente, ya sea con zinc o con una aleación de zinc y aluminio, Zinalum (55%Al y 45%Zinc). El objetivo de esto es proteger el acero de la corrosión, haciendo que ésta disminuya. El aluminio posee una gran resistencia a la corrosión al largo plazo y el zinc, por otro lado, corresponde a un metal de sacrificio, corroyéndose preferentemente.

Estas bobinas proceden de distintos proveedores, sin embargo todos ellos se encuentran ubicados en China, por lo que el tiempo que transcurre desde el despacho a la llegada del material a las instalaciones de la empresa es de 6 meses aproximadamente y 3, de esos 6 meses, la materia prima se encuentra en una embarcación. Éste resulta ser un dato importante para la investigación, ya que la exposición que pueden tener las bobinas al agua de mar puede provocar un incremento en actividad y velocidad de la corrosión.

El proceso que se lleva a cabo en Metalcon es similar en todas las máquinas de la planta y corresponde al conformado en frío de perfiles de acero galvanizado. En este proceso, y en todas las máquinas, se utiliza soluble (lubricante al 3%, en la actualidad) para disminuir la fricción que se provoca entre los rodillos y el material. Cuando finaliza el proceso de conformado en la máquina se aprecian unas mangueras que se encargan de quitar excedentes de soluble en el perfil, lo que no funciona eficientemente, por lo tanto, al formar los bultos estos no se almacenan secos.

Los bultos de perfiles Metalcon se distribuyen en un patio, expuestos totalmente al ambiente y, considerando que la planta está ubicada en Maipú y que ésta comuna se caracteriza por tener altos niveles de humedad, esta actividad resulta ser contraproducente. Además, estos perfiles se encuentran en esa situación alrededor 3 semanas en promedio y en muchos casos éstos presentan óxido blanco antes de ser despachados.

Los reclamos más importantes en Metalcon corresponden a los que argumentan presencia de óxido blanco en los perfiles, y ya que Cintac ofrece la opción de pagar por la reparación que los mismos clientes realizan, les explica qué insumos utilizar y cómo. De ésta manera es que la empresa debe hacerse cargo de los costos de éste arreglo, incluyendo costos asociados (como transporte) y multas por detenciones en el caso de constructoras.

### **2.3 Metalcon**

Corresponde al área de negocios de Cintac que se encarga de fabricar perfiles de uso estructural, con los cuales se puede construir el armazón completo de casas y oficinas de hasta tres niveles. La planta entró en funcionamiento, aproximadamente, en el año 2010, siendo pionera en la fabricación de esta gama de productos, y gracias al éxito que tuvo Metalcon muchas empresas de la industria metalúrgica siguieron el ejemplo, agregando en sus líneas acero galvanizado.



**Ilustración 2 Estructura Habitacional Metalcon. Fuente: [www.cintac.cl](http://www.cintac.cl)**

Este tipo de producto se caracteriza por ser liviano y de fácil instalación, por lo tanto permiten una rápida construcción. El sistema constructivo lo componen toda una gama de perfiles de acero galvanizado de alta resistencia que se unen gracias a tornillos autoperforantes logrando construir estructuras tales como muros soportantes, vigas, columnas, envigados de pisos, techumbres, mansardas, segundos pisos, etc.

Dentro de sus ventajas podemos señalar las siguientes:

- Es un producto no combustible
- No tiene problemas en cuanto a ataques de termitas
- Es 100% reciclable
- Tiene una muy buena resistencia a movimientos telúricos
- Liviano, y por lo tanto fácil de transportar.
- Además, si se mira desde una perspectiva medio ambiental, el uso de este material permite disminuir la tala de árboles.

### **2.3.1 Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter**

Michael Porter es profesor de la Escuela de Negocios de Harvard (HBS, por sus siglas en inglés) y en uno de sus libros, titulado “Estrategia Competitiva”, habla de estas cinco fuerzas que posee toda empresa al estar insertas en la industria. Lo importante es saber identificarlas y manejarlas para tomar decisiones de la mejor manera y mantenerse en el mercado. Las cinco fuerzas de las ventajas competitivas de Cintac son:



**Ilustración 3 Las 5 fuerzas de Porter.**

### ***2.3.1.1 Amenaza de Nuevos Competidores***

En este sentido, a pesar de que la empresa fue pionera en este tipo de productos, otras empresas se fueron sumando debido a la baja complejidad de los procesos productivos, esto se traduce en una alta posibilidad en la sustitución del producto al presentarse una diferenciación de éste o un cambio en los precios. Pudiera ser también, que empresas constructoras, que corresponden a un buen número de clientes de Metalcon, decidieran importar frente a la mala calidad de los productos.

### ***2.3.1.2 Rivalidad entre Competidores de la Industria***

Como se señaló anteriormente, el proceso productivo es fácil de imitar y esto llevó a que otras empresas similares a Cintac replicaran los productos de Metalcon. Es por esto que Cintac tiene mucha competencia en cuanto a productos galvanizados, por dar algunos ejemplos las empresas VH, Formac y Villalba, entre otras, poseen productos de acero galvanizado como Metalcon.

### ***2.3.1.3 Poder Negociador de los Proveedores***

Los proveedores de materia prima para Metalcon son empresas chinas, escogidas principalmente por sus bajos costos. Esto hace que, de alguna manera, Cintac no tenga más opciones para poder escoger y sumado a que tampoco representan un importante porcentaje de las ventas totales de los proveedores, hace que éstos tengan el poder para, por ejemplo, subir precios y aún así seguirían abasteciéndose con ellos.

### ***2.3.1.4 Poder Negociador de los Compradores***

Los productos que comercializa Metalcon podrían clasificarse como commodities debido a que este tipo de productos poseen un bajo nivel de especialización o diferenciación y varias empresas ofrecen productos similares, por lo tanto un mínimo cambio en el precio de venta puede provocar un cambio inmediato de proveedor. En este sentido, los precios son fijados prácticamente por el mercado.

### ***2.3.1.5 Amenaza de Sustitutos***

En el caso de que los productos de acero galvanizado presenten problemas, es posible que los clientes tomen la decisión de utilizar madera en su reemplazo, tomando en consideración las ventajas que ésta tiene al compararla con el acero galvanizado. Otro ejemplo es en el área de la minería, en donde en vez de construir los campamentos con productos de Metalcon se pueden utilizar containers para ubicar oficinas.

## **2.3.2 Análisis FODA**

Esta herramienta de análisis permite hacer un diagnóstico del objeto de estudio, en este caso Cintac, identificando aspectos internos (Fortalezas y Debilidades) y externos (Oportunidades y Amenazas).

### ***2.3.2.1 Fortalezas***

En cuanto a las fortalezas de Cintac, y enfocados en Metalcon, lo primero que se puede señalar es que en esta empresa es posible encontrar toda la gama de productos necesarios para construir una vivienda, por una parte la estructura en Metalcon y, por otro lado, el revestimiento y techumbres en Instapanel. También poseen un excelente tiempo de entrega, el cual, en el peor de los casos, corresponde a 5 días. Esto gracias al stock de la empresa y la

automatización de las maquinas, pudiendo procesar hasta 150 m/min en algunos casos. Por último, la post venta sobresale dentro de la competencia, haciéndose cargo de todos los productos de la mejor manera posible, no así otras empresas.

### ***2.3.2.2 Debilidades***

Actualmente en Metalcon presentan una importante debilidad, ésta es el óxido blanco que se ha presentado hace algún tiempo, haciendo que los costos se incrementen y que la imagen de la empresa decaiga. Otro factor importante corresponde a los elevados costos de producción presentes en Metalcon, haciendo que el margen de utilidades del área disminuya. Además, teniendo en consideración las características de almacenamiento que requieren los perfiles galvanizados, se podría decir que en Metalcon no se cumplen estos requerimientos, ya que las bobinas y los bultos de productos terminados son situados en la intemperie.



**Ilustración 4 Almacenamiento de lotes de acero galvanizado a intemperie.**

### ***2.3.2.3 Oportunidades***

Debido a la presencia de una empresa Cintac en Perú (Tupemesa) es posible señalar como oportunidad la de seguir expandiéndose en ese país. Por otro lado, la demanda de perfiles ha aumentado gracias al aumento en la construcción, ya sea habitacional, oficinas, centros comerciales, etc. por lo que resulta importante reforzar la buena imagen de la empresa. Además, existe una sucursal en Antofagasta que funciona como bodega, pero se podrían trasladar algunas máquinas para poder fabricar productos galvanizados en ese lugar y ofrecer al área de la minería productos para la fabricación de sus campamentos.

### 2.3.2.4 Amenazas

La gran amenaza es la fuerte competencia con la que cuenta Metalcon, ya que son varias las empresas que fabrican esta gama de productos y las características de éstos son similares. Por otro lado, y como consecuencia de los problemas que han tenido con respecto al óxido blanco, es posible que los clientes tomen la decisión de optar por productos sustitutos. Además la comuna de Maipú, en donde se encuentra ubicada la planta Metalcon, se caracteriza por tener un clima húmedo y frío, sobre todo en los meses de invierno, lo que resulta ser perjudicial para los perfiles ubicados en la intemperie.

### 2.3.3 Matriz FODA

Tabla 1 Análisis FODA

FODA	Fortalezas	Debilidades
	Excelente tiempo de entrega Variedad de productos para la construcción de viviendas Buena imagen post-venta.	Oxidación, genera costos de reparación. Mala distribución de almacenamiento. Elevados costos de producción en Metalcon
Oportunidades Demanda de perfiles Posibilidades de masificar la expansión de la empresa hacia Perú	Reforzar imagen de la empresa a nivel nacional Aumentar la inversión en CINTAC Perú.	Aumentar la supervisión de los procesos Generar seguimiento de reclamos a fin de determinar causas y reducir reclamos.
Amenazas Cambio climáticos Fuerte competencia por productos sustitutos	Generar un estudio de características del material anti-humedad Fortalecer cualidades anticorrosivas de la materia prima.	Mejorar la distribución de almacenamiento. Análisis de los diferentes proveedores

## 2.4 Mapa Conceptual

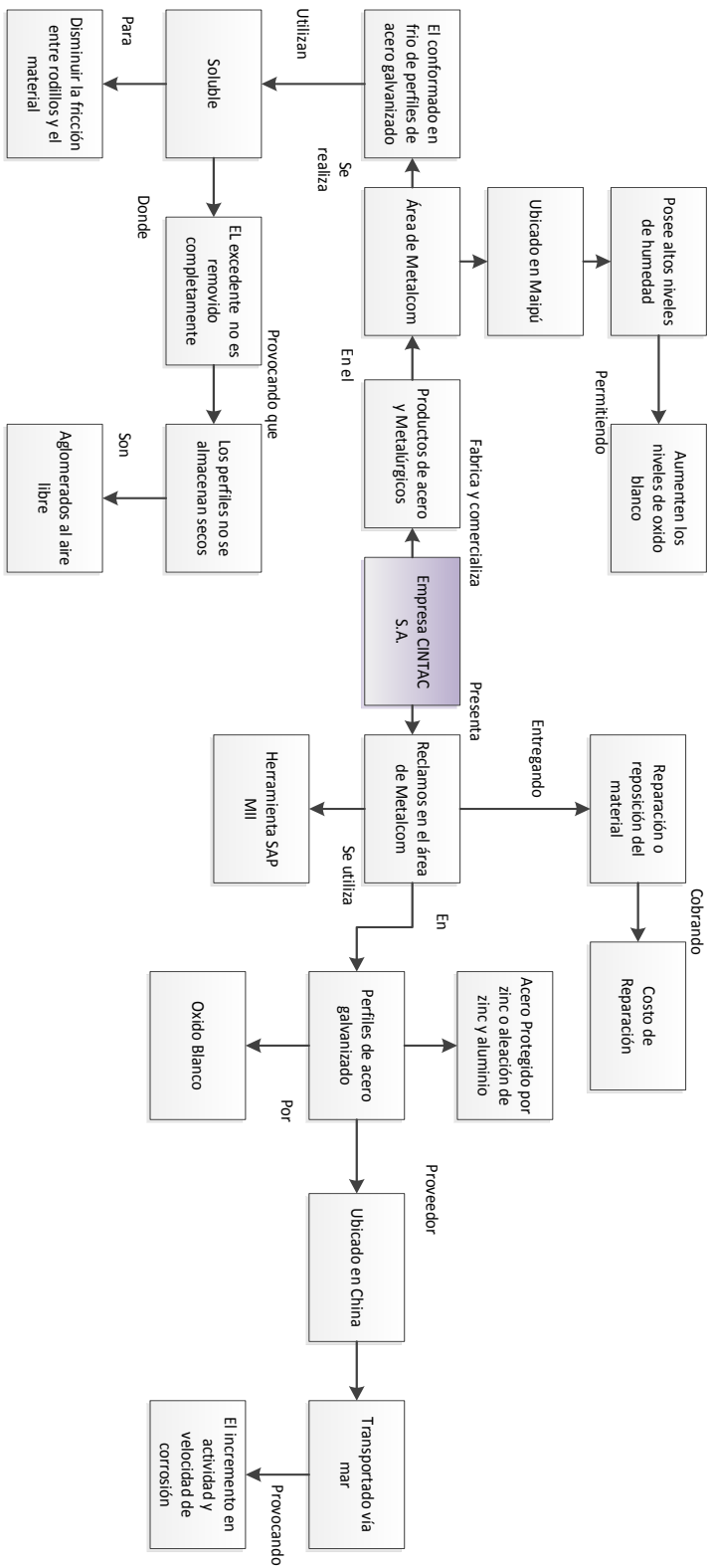


Ilustración 5 Mapa conceptual Empresa Cintac S.A. Fuente: Elaboración propia

## **3 Marco teórico**

### **3.1 Corrosión**

Este concepto se define como un ataque destructivo al que es sometido un material y que constituye una degradación del mismo, todo gracias a la interacción con el medio ambiente, ya sea atmósfera, suelo, agua, etc.

Este estudio es importante para determinar la tendencia a la corrosión y la vida media de los materiales (a través de la velocidad de corrosión) en distintos ambientes, y así tener la facilidad de especificar, para cada uno de estos materiales, los distintos usos.

Sin embargo, el término corrosión se confunde con oxidación, siendo éste último utilizado específicamente para el ataque a los metales. Por otro lado, se dice que los otros materiales (no metales) no sufren corrosión, más bien le llaman degradación y son efecto de medios físicos.

### **3.2 Oxidación**

Este término se utiliza al hablar de la corrosión que sufre el hierro y las distintas aleaciones en las que se recurre a éste como metal base. Corresponde a un proceso natural, a través del cual los metales vuelven a su estado original y más estable, esto es, un óxido.

La mayoría de los casos de corrosión son causados por el efecto que tiene la atmósfera sobre los metales, debido a que frecuentemente son utilizados en lugares en los que quedan expuestos a la acción del ambiente.

En este proceso tienen lugar reacciones electroquímicas que arruinan el material, incluso pueden lograr la pérdida de sus propiedades lo que conlleva a una disminución de la vida útil. La consecuencia de esto son los elevados costos, ya sea por reparación o por sustitución del material y por detenciones en las actividades que involucran estos metales. Según la Escuela de Ingeniería Informática, en un documento que habla del mapa de la corrosión atmosférica realizado en Chile, el impacto que produce la corrosión corresponde al 3-5% del PIB.

Además de los altos costos ocasionados por la corrosión, es muy probable también que ocurran accidentes que involucren a personas, como el colapso de un puente o la falla de una

tubería, y que pueden incluso terminar en accidentes mortales, ya que el acero es utilizado en mayor proporción en este tipo de estructuras.

La corrosión en los metales es normalmente un proceso electroquímico, lo que implica reacciones químicas y transferencias de electrones desde una especie a otra.

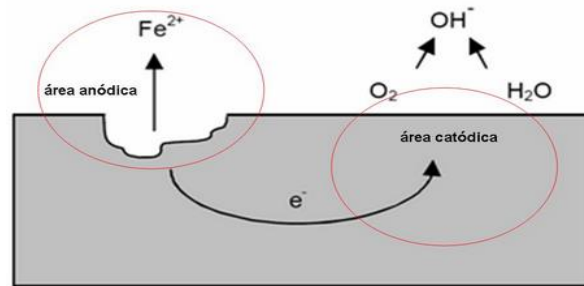


Ilustración 6 Corrosión electroquímica. Fuente: [clasesdequimica.blogspot.com](http://clasesdequimica.blogspot.com)

### 3.3 Protección catódica con ánodo de sacrificio

El acero sin protección tiene un promedio de vida de 2 años, después de los cuales resultan afectados su funcionalidad y su integridad orgánica ya que tienden a volver a su estado natural, lo que se denomina oxidación. Para que esto ocurra se necesita tener oxígeno y humedad, considerando que ambos se encuentran en la atmósfera natural, es que en el mundo existen altas tasas de pérdidas por oxidación.

La denominada *serie galvánica* de los metales es una tabla que ordena a estos de más a menos activos, en donde los que se encuentran por sobre el hierro son los que protegen a los que se encuentran desde éste hacia abajo. Esto gracias a que, en presencia de humedad y oxígeno, los ubicados en la parte superior de la tabla actúan como ánodo (conductor eléctrico que pierde electrones) y se sacrifican, corroyéndose antes que al acero y en general a los metales que se encuentran en la parte inferior de la misma, que se comportan como cátodos (recibe electrones).

CORRODED END (Anodic or less noble)
Magnesium
Zinc
Aluminum
Steel
Lead
Tin
Nickel
Brass
Bronzes
Copper
Stainless Steel (passive)
Silver
Gold
Platinum
(Cathodic or more noble)
PROTECTED END

**Ilustración 7 Serie galvánica.**

**Fuente:** [www.galvanizeit.org](http://www.galvanizeit.org)

La imagen a la izquierda muestra como se ordenan los metales en la serie galvánica y se observa que el aluminio y el zinc, que son los utilizados en Metalcon, se encuentran por encima del acero, el cual se ocupa en las empresas siderúrgicas y en el área de construcción. Entonces, esto ratifica la utilización de zinc y aluminio como recubrimiento.

Gracias a este recubrimiento es posible proteger al metal de dos maneras simultáneamente: (1) protección de

barrera, en donde el metal que cubre al otro actúa como escudo, alejando al acero de la humedad (electrolito) y, por lo tanto, evita la corrosión y (2) protección de

sacrificio, en donde el zinc (o el metal que se utilice para proteger) se corroe preferentemente. Hay que tener en consideración que el zinc es reactivo, por lo tanto se corroerá y erosionará, pero lentamente.



**Ilustración 8 Figura 8: Protección catódica. Fuente:** [www.galvanizeit.org](http://www.galvanizeit.org)

Además, los productos que resultan de la oxidación del zinc son alcalinos, lo que representa otro tipo de protección ya que neutraliza la acidez de la humedad que se encuentra en la superficie.

### 3.3.1 Galvanizado

Luigi Galvani (1737-1798) descubrió que los metales poseen distintas cargas eléctricas, y que es posible cubrir un metal con otro, siempre y cuando el metal que se va a cubrir tenga menor carga. Existen dos tipos de galvanizado: en frío y en caliente.

- Galvanizado en frío: en este tipo de procesos la manera de aplicar zinc a una pieza de acero es a través de rodillos, brochas o pistola. Si, a través de este mecanismo, se pretende obtener la misma calidad de recubrimiento que el galvanizado en caliente, se debe tener un 95% de zinc en la película seca y ésta debe ser capaz de conducir electricidad.
- Galvanizado en caliente: el recubrimiento se logra sumergiendo piezas de acero en zinc fundido. Éste se funde al ser expuesto a 419°C, sin embargo, para el proceso se necesita que se encuentre a 445-450°C, a esta temperatura se forman aleaciones Fe-Zn, por difusión.

Para el caso en cuestión aplica el proceso de galvanizado en caliente, por lo tanto sólo éste será abordado.

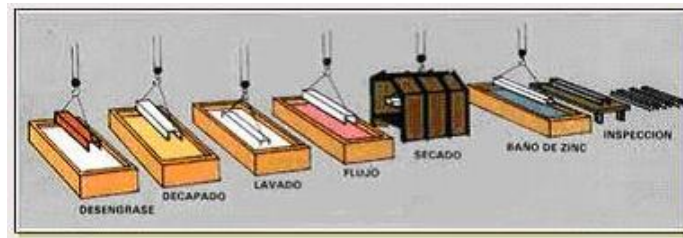
#### 3.3.1.1 Galvanización en caliente

El método más utilizado en la industria para proteger al acero de la corrosión, contaminación ambiental y humedad a la que se encuentra expuesto todo el tiempo es, por lejos, la galvanización en caliente, el cual utiliza el zinc como elemento protector.

Este proceso consiste en sumergir el material base en zinc fundido (450°C aproximadamente) para obtener el recubrimiento protector. De esta manera es como se obtiene la llamada *Protección Catódica*, esto gracias a que, ante humedad en el ambiente, el zinc actúa como ánodo de sacrificio, corroyéndose preferentemente antes que el acero, que se comporta como cátodo.

Con esto se forma además una protección llamada de barrera, esto gracias a la humedad y al anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) presentes en el aire que, en conjunto, forman en la superficie de la pieza una capa de pasivación protectora constituida por carbonatos de zinc.

La galvanización en caliente se lleva a cabo en dos tipos de procesos, uno es discontinuo y el otro continuo. En ambos el zinc reacciona con el hierro durante la inmersión, obteniéndose una aleación de hierro-zinc que se adhiere a la superficie, el espesor de esta aleación depende del tiempo que dure la inmersión y la temperatura a la que se encuentra el zinc. El primero de ellos consiste en sumergir piezas de acero prefabricadas de uno en uno o por lotes en un baño de zinc fundido y se lleva a cabo por etapas, por eso su nombre. En la imagen se aprecian las etapas del proceso.



**Ilustración 9 Galvanizado en caliente discontinuo. Fuente: [www.ingemecanica.com](http://www.ingemecanica.com)**

El segundo, continuo, corresponde al proceso por el que se obtienen las bobinas de acero galvanizado y será descrito a cabalidad en las siguientes líneas.

### **3.3.1.2 Galvanizado Continuo**

Este proceso se realiza para galvanizar chapas y alambres de acero de 0,25mm a 6,3mm de espesor a altas velocidades (alrededor de 200 m/min).

Previo a la galvanización, la materia se somete de manera continua a una limpieza superficial.

Los factores que determinan el espesor total del recubrimiento y las propiedades metalúrgicas de éste, según la Asociación Latinoamericana de Zinc, son los siguientes:

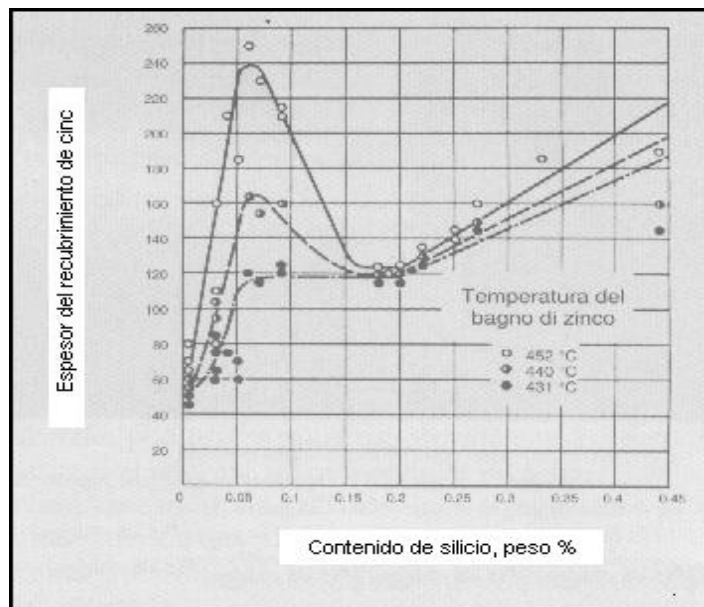
- Temperatura del zinc
- Tiempo de inmersión
- Composición del acero
- Adición de aleaciones al baño de zinc
- Espesor del acero

- Rugosidad de la superficie

Para lograr el recubrimiento deseado se utiliza aire a presión, como cuchillos, para escurrir el zinc para el caso de la chapa, y para el caso de alambre se utilizan matrices mecánicas.

El silicio juega un papel importante en el galvanizado, dependiendo en la cantidad en que se encuentre. Se observa una alta reactividad en porcentajes de silicio entre el 0.03 y 0.15%. Sin embargo, un acero “calmado” con silicio entre 0.15 y 0.25% es ideal para la utilización de estos en ambientes corrosivos. Cuando se observan recubrimientos gruesos y con mal aspecto, esto se asocia de inmediato a niveles altos de silicio.

En la imagen a continuación se observa la relación entre el espesor de recubrimiento y el porcentaje de masa de silicio, a distintas temperaturas del zinc. Esta curva es conocida como la Curva Tradicional Sandelin.

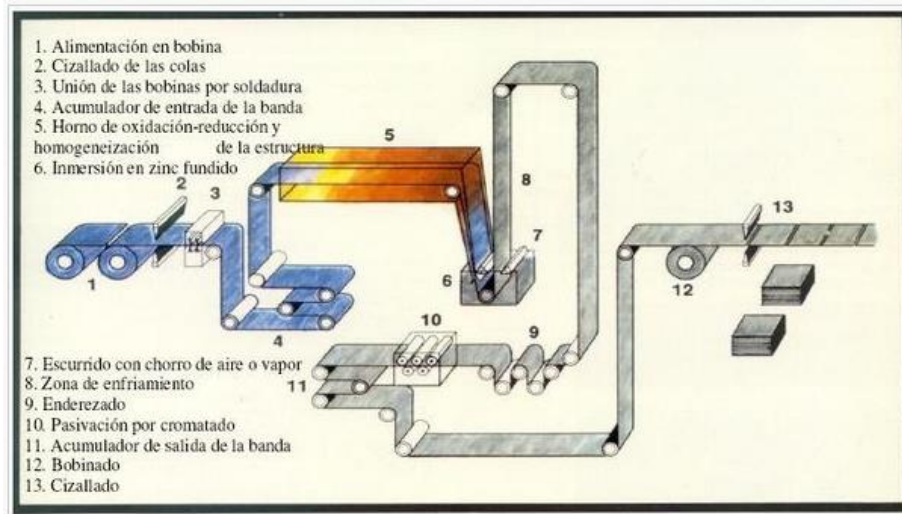


**Ilustración 10 Curva Sandelin. Fuente: [www.asimet.cl/galvanizado.htm](http://www.asimet.cl/galvanizado.htm)**

Por otro lado, cuando existen niveles de fósforo por encima de 0.02% resulta muy difícil galvanizar e imposible cuando se encuentra más del 0.04%. Este elemento interfiere en la

formación de las capas de aleación Zn-Fe, se puede observar que la apariencia del galvanizado se asemeja a una corteza de árbol.

La siguiente imagen muestra las etapas del proceso continuo.



**Ilustración 11 Galvanizado en caliente continuo.** Fuente: [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)

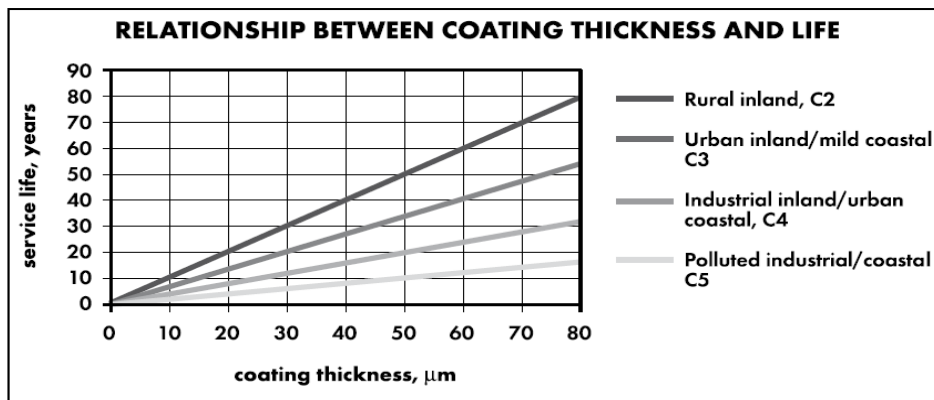
En cuanto a la calidad del recubrimiento se señala que, debido a la rapidez del proceso, que no permite que el material esté en contacto con el zinc fundido durante mucho tiempo (2-4 seg), es que el espesor de la aleación es menor a la que se logra con la galvanización discontinua. Sin embargo, esto permite que la plancha sea más dúctil y no tenga problemas al ser procesado, en otras palabras, que no se dañe el zinc.

En la imagen se observan ambos recubrimientos, a la izquierda el obtenido por galvanización discontinua y a la derecha la continua.



**Ilustración 12 Comparación micrografías, proceso discontinuo y continuo. Fuente:**  
[www.ingemecanica.com](http://www.ingemecanica.com) y [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)

El espesor del recubrimiento del galvanizado por inmersión en caliente continuo, resulta ser aproximadamente proporcional al tiempo de vida del galvanizado. El gráfico a continuación demuestra esta relación.



**Ilustración 13 Relación espesor de recubrimiento y vida útil. Fuente: Latiza**

Especialistas de Latiza (Asociación Latinoamericana del Zinc) aseguran que el color del recubrimiento depende del tipo de atmósfera en el que se encuentren estos aceros galvanizados, siendo más blancos en atmósferas marinas y más oscuros en rurales o industriales. También es posible ver un color rojo en la superficie en algunos lugares, esto indica que en el recubrimiento protector se puede encontrar hierro.

### 3.3.2 Propiedades del recubrimiento

Las propiedades que hacen de este recubrimiento una protección eficaz se explican a continuación:

- Buena adherencia y resistencia a la abrasión: La estructura del recubrimiento, compuesta por la capa de zinc puro en la superficie, la de aleación hierro-zinc, que es incluso más dura que el acero base, y el metal base, todas unidas metalúrgicamente, le otorgan excelentes propiedades mecánicas.
- Extensa durabilidad: La mejor razón para escoger este tipo de protección, ya que se traduce en menos costos, o ningún costo, de mantenimiento durante la vida útil del material. La durabilidad del material es directamente proporcional a la masa de zinc utilizada en el recubrimiento y también le afecta la agresividad del medio ambiente al que se encuentra expuesto.

El galvanizado generalmente se realiza con zinc, por lo que también es llamado Cincado, ya que éste resulta ser más oxidable que el hierro y el óxido que genera es estable.

La galvanización representa a nivel mundial la manera más eficaz de proteger al acero contra la corrosión, estos productos dan la posibilidad de prescindir de mantenimiento alguno durante varias décadas. Este tipo de protección presenta una adherencia mucho mejor que la de las pinturas, ya que se forman capas de aleaciones con el acero base (zinc-hierro).

La materia prima esencial del galvanizado corresponde al zinc (Zn), un elemento presente de manera natural en el ecosistema y de gran importancia para la vida humana.

Dentro de las propiedades que posee este elemento es posible encontrar una elevada dureza, puntos de ebullición (907,85 °C) y fusión (418,85°C) altos y buena capacidad de conducir calor y electricidad. Es un mineral necesario para el correcto funcionamiento del cuerpo humano.

Es un metal duro y frágil a menos que se encuentre entre 100 y 150 °C, en donde se vuelve maleable.

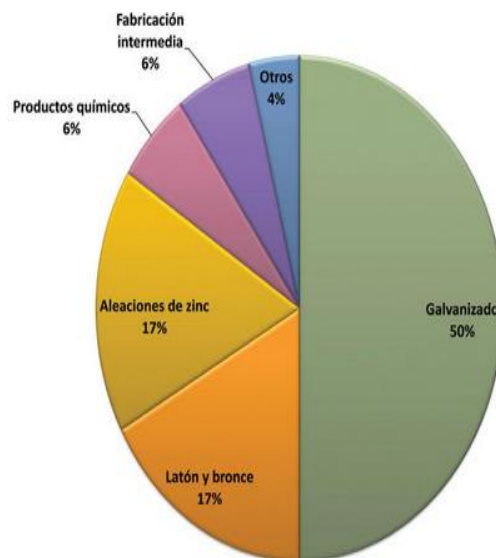
### 3.4 Zinc y sus Usos

La Asociación Internacional del Zinc indica que en la industria mundial se producen anualmente cerca de 12 millones del metal, y más de la mitad de esto es utilizada en la protección del acero, tanto en forma de recubrimiento como en protección anódica, el 17% aprox. se utiliza en aleaciones en base de zinc en la fundición a presión, el 17% es para producir latón y bronce, cantidades importantes se usan también en la producción de químicos y zinc laminado, esto se puede apreciar en la Figura 14.

A modo de ejemplo, en Europa la industria factura alrededor de 1.500 millones de dólares anuales, protegiendo 5 millones de toneladas de piezas de acero y utilizando para esto 400.000 toneladas de Zinc, y otras 400.000 ton para la protección de chapas de acero, según la Asociación Europea de Galvanización General (EGGA).

A continuación se especifican los usos más frecuentes de este metal:

- El uso principal de este elemento corresponde al de proteger a otros metales de la corrosión (galvanización), utilizándose para este fin casi la mitad de la producción de zinc mundial.
- Otra forma de proteger metales con zinc es usando a éste como ánodo, principalmente en trabajos en contacto con agua de mar. Además se utiliza como ánodo en baterías.
- Se utiliza en aleaciones con cobre para crear latón, con níquel, aluminio y bronce.
- Es utilizado para la fabricación de monedas, también, el óxido de zinc se usa como pigmento blanco en pinturas y tintas de fotocopiadoras.
- El óxido de zinc además se usa en caucho para protegerlo de los rayos UV.
- El cloruro de zinc se utiliza en la madera como retardante de fuego y para protegerla.
- El sulfuro de zinc se usa como pintura luminiscente.



**Ilustración 14 Principales usos del zinc. Fuente:**

[www.azsa.es](http://www.azsa.es)

- Se usa en fungicidas agrícolas y en suplementos dietéticos. Ayuda a curar heridas, resfríos y alivia síntomas de la gastroenteritis.
- Se usa en protectores solares, también ayuda a evitar el mal aliento y detiene la caspa.

Ventajas:

- Los productos de acero galvanizado no debieran necesitar mantenimiento por 40 años o más.
- Incluso en las peores condiciones atmosféricas, estos duran como mínimo 10 años.

### 3.4.1 Corrosión del zinc

Gracias al buen comportamiento que el zinc posee frente a la corrosión atmosférica es que ha sido utilizado ampliamente, y cada vez más, como protección del acero. Por la misma razón es que se han estado realizando investigaciones para saber cómo interacciona éste metal con la atmósfera.

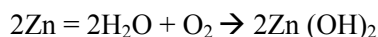
El tipo de corrosión que se observa más a menudo corresponde a la atmosférica, esto debido al alto porcentaje de utilización del zinc en la protección del acero, que generalmente se encuentra expuesto a la atmósfera.

De estos estudios se ha concluido:

- La corrosión es linealmente proporcional al tiempo de exposición del metal a la atmósfera.
- También es proporcional a la cantidad de SO<sub>2</sub> contenida en la atmósfera.
- Otra variable importante corresponde al tiempo de humectación.

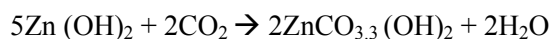
Cuando el zinc es expuesto a cualquier ambiente, éste desarrolla inmediatamente una capa invisible de óxido (ZnO) debido a la reacción con el oxígeno presente en el aire. Encima de esta capa se genera una película de humedad gracias a la adsorción de radicales OH<sup>-</sup>, el espesor de ésta es suficiente para que ocurran las reacciones electroquímicas posteriores.

En medios limpios, la reacción electroquímica que tiene lugar y que tiene como resultado la generación de hidróxido de zinc, es la siguiente:

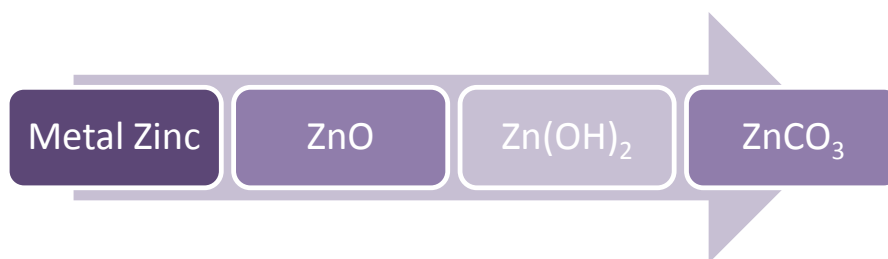


El hidróxido de zinc corresponde a un compuesto químico inorgánico y anfótero que se disuelve fácilmente con una solución diluida de un ácido, como HCl, o en una solución de hidróxido de sodio,

Cuando el sistema logra el equilibrio con el dióxido de carbono presente en el ambiente, éste se integra a la capa de humedad y reacciona con el hidróxido que se formó en la reacción anterior, produciendo una delgada lámina de carbonato de zinc:

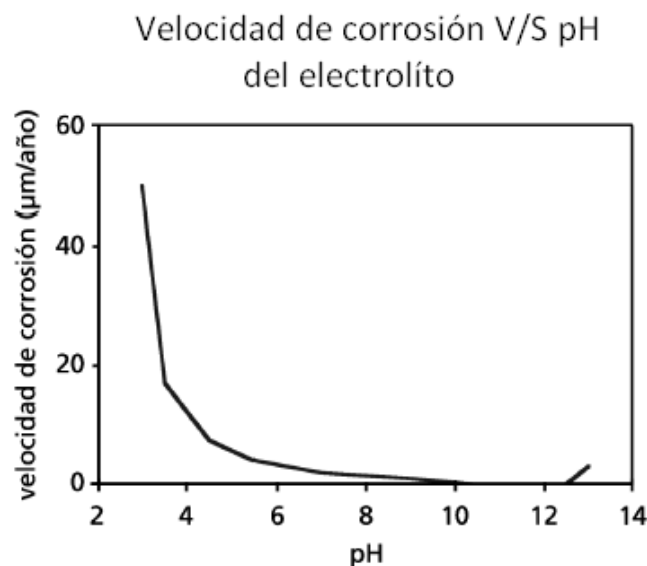


Esta lámina resulta ser una protección adicional en contra de la posible corrosión en el futuro, si es que no es eliminada o alterada químicamente. De esta manera, la velocidad de corrosión sería inversamente proporcional al espesor de esta lámina.



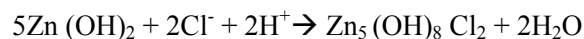
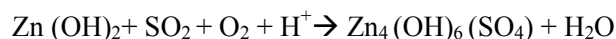
**Ilustración 15 Formación del pasivante del zinc. Fuente: Elaboración propia**

Un factor importante en el proceso es el pH del electrolito, ya que si disminuye a valores muy ácidos es posible que se disuelvan las capas protectoras. Al estar el pH entre los 6 y 12 la velocidad de corrosión es baja, gracias a la formación de productos de corrosión pasivos. Por otro lado, cuando se encuentra por debajo de 6 la velocidad de corrosión crece sustancialmente, como se muestra en la figura.



**Ilustración 16** Velocidad de corrosión vs pH. Fuente: [www.revistademetalurgia.revistas.csic.es](http://www.revistademetalurgia.revistas.csic.es)

En el caso de que la atmósfera se encuentre contaminada ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{Cl}^-$ ), el hidróxido de zinc que se generó al comienzo reacciona con los contaminantes presentes para formar la sal correspondiente (básica) en el límite hidróxido/aire, en el caso que el pH sea lo suficientemente elevado.



Estas sales se forman de manera irregular en la superficie, formando algo similar a “islas” que van creciendo a medida que pasa el tiempo hasta que se unen y forman una capa que cubre el metal y lo protege de posibles ataques.

Sin embargo, cuando la humedad posee bajos niveles de pH no se forman los hidróxidos mencionados en las primeras reacciones, ni tampoco las sales básicas, y, por ende, se hace más fácil la generación de sulfatos y cloruros que son lavados simplemente por la lluvia y que no serán ningún aporte para prevenir la corrosión, por el contrario, ésta se elevará.

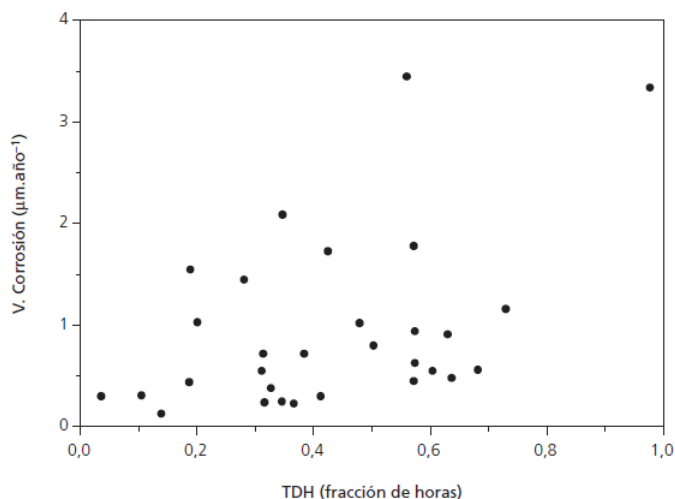
La tasa de corrosión del zinc es más alta en atmósferas industriales y húmedas, y menor en ambientes limpios y secos. Al estar más cerca de la costa, la tasa de corrosión del zinc aumenta considerablemente.

### 3.4.2 Las condiciones climáticas

La humectación y el secado representan uno de los más significativos efectos del clima en las superficies de zinc. La presencia de niebla, o algunos tipos de lluvia, disminuyen el pH del electrolito y, como se pudo observar en uno de los gráficos anteriores, cuando los niveles de pH están por debajo de 6 se encuentran mayores velocidades de corrosión. En cambio, en presencia de rocío los niveles de pH se encuentran redondeando los niveles neutros.

Cuando la humedad relativa es muy baja, los niveles de corrosión del zinc son despreciables, sin embargo, cuando se enfrentan a altos niveles de humedad relativa, estos niveles aumentan.

El tiempo de humectación para el zinc corresponde al tiempo en que el zinc está expuesto a humedad por encima del 86%. El siguiente gráfico se llevo a cabo con datos obtenidos en el proyecto MICAT (Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica), y muestra la relación entre el tiempo de humectación y la velocidad de corrosión, considerando fracciones de tiempo en las que 0 corresponde a superficies secas todo el tiempo, y 1 corresponde a superficies húmedas todo el tiempo. Es posible notar la tendencia a aumentar de la velocidad de corrosión al aumentar el tiempo de humectación (TDH).



**Ilustración 17 Velocidad de corrosión vs TDH. Fuente: [www.revistademetalurgia.revistas.csic.es](http://www.revistademetalurgia.revistas.csic.es)**

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) corresponde a uno de los contaminantes más frecuentes en la atmósfera, y promueve una tasa de corrosión muy alta en el zinc. Incluso, se señala que la concentración de este contaminante es directamente proporcional a la corrosión atmosférica del zinc.

Se ha determinado que en concentraciones de  $\text{SO}_2$  que se encuentren por encima de 19ppb (partes por billón), los metales se corroen. En ambientes oceánicos las concentraciones del  $\text{SO}_2$  bordean los 50ppm y en zonas urbanas estas se encuentran entre 1,2 y 10 ppb.

El ion cloruro es liberado por el cloruro de sodio y participa enérgicamente en las reacciones de corrosión. Solo basta con una cantidad microscópica de líquido para que la reacción se produzca.

Las sales de cloro corresponden a los principales contaminantes cerca de las costas. La corrosión promedio del zinc es 25 veces menor que la del acero, en ambientes marinos, y aumenta al acercarse a la costa debido a la salinidad presente en el aire.

Se cree que el  $\text{CO}_2$  tiene un efecto en la corrosión que se explica por la capacidad que éste tiene para hacer más ácido el electrolito.

En ambientes interiores el zinc se corroe muy poco, en general, esto comienza en el momento en que en la superficie se deposita polvo, generándose una película visible, que crece progresivamente hasta que la superficie pierde su brillo inicial. Las características de esta película y el grado del ataque aumentan al estar expuestas a una humedad relativa superior a 70%, sobre todo en presencia de contaminantes y productos de corrosión, al contrario, por debajo de ese porcentaje, la humedad tiene una baja influencia en la corrosión.

El pH del electrolito que se forma en la superficie, depende de la composición de las partículas que se depositan en ésta.

La velocidad de corrosión del zinc en ambientes limpios, se encuentra por debajo de  $0,1\mu\text{m/año}$ , mientras que en ambientes interiores industriales es posible encontrar esta tasa en valores que oscilan en  $1\mu\text{m/año}$ .

En general, los productos de corrosión del zinc son observables al mes de exposición, y en situaciones más adversas para esta, como en ambientes marinos o industriales, la formación de compuestos de cloro y zinc se puede efectuar en un día.

### **3.4.3 Zincalum**

Otra forma de proteger el acero es usando una aleación de zinc y aluminio para cubrirlo (Zincalum). Este tipo de recubrimiento fue patentado por la empresa estadounidense Bethlehem Steel Co. (constructores navales y productores de acero), después de muchas pruebas en las que evaluaron distintas combinaciones Al-Zn.

El Zincalum, compuesto por 55% de aluminio, 43,4% de zinc y 1,6% de silicio, le otorga al acero una durabilidad 4 veces superior a la que se puede lograr con el zinc en las mismas condiciones.

La empresa CAP comenzó a fabricar este tipo de productos en Chile en el año 1990, siendo el primer país en Sudamérica. Al igual que en el Cincado, para recubrir el acero con esta aleación, se debe sumergir las piezas en la mezcla fundida y el resultado es una capa homogénea de esta aleación sobre el acero.

El aluminio genera de forma natural una capa de óxido, al igual que el acero y el zinc, esto lo hace muy resistente a la corrosión. Esta película estable de óxido no se escama, como en el caso del óxido de hierro, se queda adherida perfectamente a la superficie del aluminio protegiéndolo.

Otras características significativas de este elemento son su impermeabilidad, además es un material muy ligero, se mecaniza con facilidad, es el elemento más abundante en la corteza terrestre, después del oxígeno y el silicio, y también es muy económico. Otra ventaja de la utilización de este metal es que es 100% reciclable sin perder sus cualidades. Por estas razones es que le sigue al acero en lo referido a uso de metales. Su punto de fusión se encuentra en los 660°C y el de ebullición en los 2519°C. Dentro de sus ventajas encontramos:

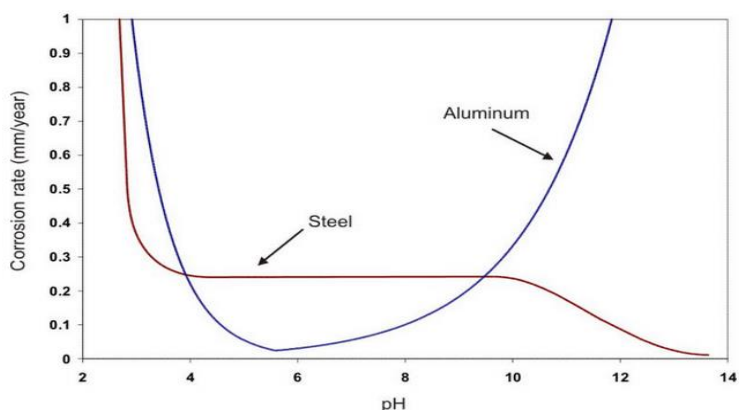
- Buena resistencia a la corrosión a altas temperaturas
- Buena resistencia a la abrasión gracias a la dureza superficial de este material.
- Excelentes propiedades de reflectividad térmica y lumínica

#### ***3.4.3.1 Corrosión del Aluminio***

El aluminio tiene un excelente comportamiento frente a la corrosión atmosférica. Como se pudo ver anteriormente, es muy activo según la serie galvánica, pero se pasiva al ser expuesto a la atmósfera, formando una capa de óxido impermeable ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), resistente y muy

adherida al metal, que paraliza el proceso de corrosión. Además, si ésta llegara a desprenderse, se genera automáticamente una nueva capa de óxido (autocuración). Es por esto que al aluminio posee una excelente protección en la intemperie, además en contra de sustancias, tanto orgánicas, como inorgánicas.

Sin embargo, en ambientes muy ácidos, la tasa de la velocidad de corrosión aumenta cuantiosamente, por lo tanto, y según vemos en la imagen siguiente, lo ideal es que el pH se encuentre entre 4 y 9. Cuando se expone al aluminio un pH superior a 9 se puede impedir la formación de las capas de recubrimiento.



**Ilustración 18 Tasa de corrosión VS pH para el aluminio. Fuente: [www.corrosiondoctors.org](http://www.corrosiondoctors.org)**

Cuando el aluminio se encuentra en presencia de iones agresivos (Cloruro) se dificulta la repasivación

Las capas de éste óxido, que en un comienzo se generaban rápidamente, con el paso del tiempo se forman más lentamente y son más gruesa en un entorno húmedo que las que se pueden obtener en aire seco.

Esta capa se encuentra constituida por dos más, una sobre otra:

- Capa barrera: formada por óxido de aluminio amorfo
- Capa de recubrimiento hidratada: porosa, con escasos constituyentes de hidróxido de aluminio  $\text{Al}(\text{OH})_3$  y puede modificar el aspecto de la superficie del aluminio, dependiendo de las sustancias que lo acompañen.

La atmósfera posee un elevado grado de influencia con respecto a la corrosión, y la composición de ésta, en cuanto a sales, dióxido de azufre, trióxido de azufre, polvo y hollín determinan su agresividad.

Cuando el aluminio se encuentra expuesto a un ambiente seco, la capa de óxido que lo protege es capaz de resistir la atmósfera, sin embargo, cuando el ambiente es húmedo y hay cambios bruscos de temperatura, se condensan gotas de agua en la superficie en las cuales se disuelven gases y sales. Considerando que el pH de estas gotas es ácido, cuando esas gotas permanecen mucho tiempo en la superficie atacan al óxido. El aluminio pasa a esta disolución constituyendo hidróxido, formando eflorescencias blanquecinas. Como aumenta la capa del recubrimiento, se hace más lento el ataque hasta llegar a detenerse. La capa que se forma en la superficie es tan buena que no sería necesario usar protección alguna.

Cuando el aluminio se encuentra expuesto a agua que se estanca, se favorece la corrosión, debido a que el agua capta las sustancias agresivas del ambiente, como gases o suciedad.

### **3.5 Óxido blanco**

También llamado “mancha blanca de almacenamiento”, se observa en planchas de acero con un recubrimiento de zinc, y sus derivados. Corresponde a un polvillo blanco que se deposita en la superficie de piezas de acero galvanizado. Cuando el zinc entra en contacto con el oxígeno se genera una capa de óxido de zinc ( $ZnO$ ) y cuando el agua está presente se forma hidróxido de zinc ( $ZnOH$ ), este último corresponde a las manchas blancas visibles.

Cuando los perfiles empaquetados no se encuentran expuestos al oxígeno, y al dióxido de carbono, no tienen la posibilidad de generar la capa de carbonato de zinc, que es la capa pasiva que los protege de la humedad. Por el contrario, siguen en contacto con el agua y, por lo tanto, generando el hidróxido de zinc.



**Ilustración 19 Mancha Blanca de Almacenamiento. Fuente: [www.Galvanización.com](http://www.Galvanización.com)**

Cuando se está en presencia de hidróxido de zinc se está perdiendo material de recubrimiento, la profundidad de los daños depende de:

- El tiempo en el que los perfiles se encuentran expuestos a la humedad
- La temperatura a la que fueron almacenados
- Presencia de aceleradores de la corrosión, como los cloruros

Sin embargo, aunque parezca que la pérdida de recubrimiento es cuantiosa, basta con un poco de zinc para producir mucho hidróxido de zinc, esto es debido a que los productos de la corrosión son muy voluminosos.

Cuando los perfiles se utilizan para estar expuestos al exterior, este polvillo blanco desaparece por el efecto de la lluvia o porque sigue con el ciclo y vuelve a ser la capa pasiva (carbonato de zinc).

Sin embargo, cuando el uso de estos perfiles o planchas es estético, no son admisibles con manchas blancas, ya que aunque éste sea removido, las “huellas” del óxido quedarán y no será brillante como al comienzo.

En casos que el material sea expuesto a la humedad por largo tiempo, se podrán observar que estas manchas blancas comienzan a oscurecerse, lo cual indica que ya fue consumido el recubrimiento de zinc y se ha llegado al acero base.

El óxido blanco formado por la corrosión acelerada del revestimiento de zinc se forma cuando:

- Los artículos recién galvanizados se encuentran empacados muy estrechamente
- Se almacenan o embarcan en condiciones húmedas y con mala ventilación.

A menudo se encuentra en artículos apilados o atados tales como láminas, placas, ángulos, barras y cañerías galvanizadas.



**Ilustración 20 Almacenamiento inadecuado favorece generación de óxido de zinc sobre superficie del revestimiento. Fuente: [www.bbosch.cl](http://www.bbosch.cl)**

Debido a que el zinc es muy reactivo, cualquier superficie de zinc en contacto con el aire circundante, formará rápidamente una película de óxido de zinc.

La formación de esta mancha resistente a la corrosión es el primer paso en el desarrollo de la capa de producto de corrosión protectora.

La formación del óxido blanco puede producirse por:

- Falta de aire circulante en el momento del apilamiento o empaque, retardando el secado.
- Puede ser el resultado de exposición directa a la lluvia o agua de mar.
- La condensación causada por los cambios de temperatura atmosférica.

### 3.5.1 Prevención

#### 3.5.1.1 Almacenamiento y transporte

Cuando el material galvanizado permanece empacado estrechamente durante mucho tiempo, se deben tomar las siguientes precauciones:

- El material debe almacenarse bajo techo, en condiciones secas y bien ventiladas, preferentemente con instalaciones de calefacción.
- Los artículos pequeños que son templados y almacenados en contenedores deben secarse muy bien antes del empaque. Al sellarse se recomienda incluir un desecante.
- Cuando es inevitable el apilamiento al aire libre, es necesario que los artículos se levanten del suelo y se separen con listones separadores, para entregar el libre acceso de aire a todas las partes de la superficie. También deben inclinarse de manera que den máximo drenaje. Bajo ninguna circunstancia debe almacenarse sobre suelo húmedo. El uso de separadores también se recomienda durante cualquier embarque si existe la probabilidad de condensación, figura 3.

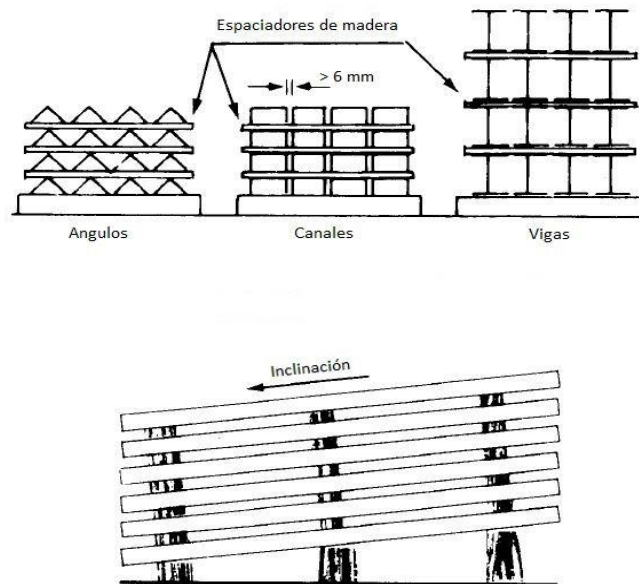


Ilustración 21 Recomendaciones para almacenamiento. Fuente: [www.bbosch.cl](http://www.bbosch.cl)

- No deben apilarse más de tres paquetes para evitar aplastamiento excesivo
- El material descubierto no debe quedar expuesto a la lluvia, humedad, condensación o nieve.
- Los paquetes más antiguos deben salir primero a terreno.
- En embarques internacionales, el acero galvanizado no debe consignarse como carga en cubierta ni almacenarse en partes de la bodega del barco donde es probable el contacto con agua salada.
- La manera de embalar las defensas camineras en la planta de galvanizado obedece a una condición de aireación para evitar este fenómeno, se recomienda no cambiar la forma de embalaje para ganar espacio en el camión.
- En casos donde se ha dejado formar un depósito blanco pesado o moho rojo como consecuencia de almacenamiento prolongado en malas condiciones, deben eliminarse los productos de corrosión y repararse el área dañada con pintura rica en zinc según lo detalla la Práctica de Norma ASTM A780 de Reparación de Revestimientos Dañados de Galvanizado por Inmersión en Caliente.
- Cuando el área dañada sea extensa o donde la mancha de bodegaje en húmedo impida el uso del material, puede que sea necesario regalvanizar.

### **3.6 Agua Dura**

Es denominada agua dura al agua obtenida de fuentes naturales, como ríos, lagos, vertientes, pozos, entre otros. Sus contenidos son materia inorgánica y orgánica, por lo que no son químicamente puras.

La contaminación del agua dependerá la naturaleza del suelo por el cual haya circulado. En la industria estas aguas no se pueden utilizar para alimentar caldera, ya que dan origen a incrustaciones (costras) en los equipos. Este problema se genera por:

- Presencia de bicarbonatos solubles de calcio
- Magnesio
- Otras sales solubles de calcio, como; sulfatos, nitratos y cloruros, etc.

Los bicarbonatos (solubles) se transforman en carbonatos (insolubles) a la temperatura de la ebullición del agua, permitiendo la incrustación.

Las restantes sales solubles se concentran al evaporarse el agua, y alcanzar su saturación se depositan en el interior de la caldera generándose la incrustación.

Debido a esto es que se debe someter al agua dura a un proceso de ablandamiento (intercambio iónico) para eliminar los cationes de calcio y magnesio antes de ingresar a la caldera.

El término dureza total es usado para describir la combinación de dureza de magnesio y calcio. Sin embargo, los valores de dureza se reportan por lo general en términos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) porque es la causa principal de las incrustaciones.

**Tabla 2 Clasificación de Tipo de Agua, según dureza. Fuente: [www.itacanet.org](http://www.itacanet.org)**

Dureza	mg/L como $\text{CaCO}_3$ (carbonato de calcio)
<b>Moderada</b>	60-120
<b>Dura</b>	120-180
<b>Muy dura</b>	Más de 180

### 3.6.1 Corrosión causada por agua dura

La calidad del agua puede ser afectada por los siguientes puntos: gases disueltos; oxígeno y cloro.

- Sólidos disueltos, como sales de metales ionizados.
- Materia orgánica
- Material particulado (coloides)
- Microorganismos
- Entre otros.

El agua es un elemento básico en cualquier industria, puesto que puede ser empleado como materia prima o parte de los procesos de un producto.

Por lo tanto es importante para la industria tener en cuenta la presencia de impurezas en el agua por:

- La corrosión de los metales debido a la presencia de sustancias disueltas como el oxígeno, el cloro, etc.

- La decoloración de las preparaciones por la presencia del cloro.
- La formación de sedimentos por la presencia de iones, material particulado, etc.
- La contaminación de productos, lo que puede representar un riesgo para la salud del consumidor y/o producir el deterioro del producto.

### **3.6.2 Ablandamiento del agua dura**

- Ablandamiento Cal- Soda- Lime Softening

Se agrega cal (hidróxido de calcio) y soda ash (carbonato de sodio) al agua para causar una precipitación del carbonato de calcio y el magnesio.

- Intercambio catiónico

Este proceso sustituye los iones de calcio y magnesio por otros iones que no contribuyen a la dureza como el sodio y el potasio. Para lograrlo es necesario hacer fluir el agua por un contenedor lleno de resina que contenga iones de sodio y potasio. Los iones en la resina son intercambiado por lo iones causantes de la dureza del agua. Una vez realizado el intercambio iónico, la resina ya no puede remover más iones de calcio y magnesio hasta que se regenera usando cloruro de sodio o cloruro de potasio.

- Formación de complejos

Corresponde a la adición de polifosfatos al agua. Estos iones rodean los iones de calcio disueltos y evitan que estos se precipiten como carbonato de calcio.

### **3.6.3 Ablandador de Agua**

Los ablandadores de agua por intercambio iónico se utilizan generalmente como equipos que acondicionan el agua de calderas de baja presión, sistemas de calefacción o donde el suministro de agua tiene especial contenido de calcio y magnesio, que debe ser removido.

El ablandador de agua, realiza el proceso de intercambio iónico, removiendo el calcio y el magnesio del agua dura convirtiéndola en agua blanda.



Ilustración 22 Ablandador de agua. Fuente: [www.aguanova.cl](http://www.aguanova.cl)

En el interior del ablandador, hay un material que se llama resina cargado con un ion de sodio. El intercambio iónico consiste en intercambiar un ion de calcio o magnesio por uno de sodio. Una vez que la resina ha intercambiado todos los iones de sodio por los de magnesio y calcio, comienza el proceso de regeneración. En este proceso una salmuera pasa por el ablandador de agua para proveer iones de sodio a la resina.

### 3.7 Norma ISO 9223: “La corrosión de los metales y aleaciones - Corrosividad de atmósferas - Clasificación, determinación y estimación”

Las ISO son normas de calidad elaboradas por la Organización Internacional de Estandarización. Esta norma en específico, 9223, establece categorías para determinar la corrosividad de ambientes atmosféricos, y se origina debido a los grandes cambios que existen entre las distintas atmósferas.

Las características de la corrosión dependen de las propiedades de los electrolitos que se encuentran en la superficie, con respecto al nivel y tipo de contaminantes gaseosos, a las partículas en la atmósfera y a la duración de ésta acción en la superficie metálica. El carácter de la corrosión y la velocidad de ésta, son consecuencia del sistema de corrosión que involucra los metales, el medio ambiente atmosférico, parámetros técnicos y condiciones de operación.

Esta característica técnica otorga una base para mejorar la selección de materiales y las medidas de protección en cuanto a los distintos ambientes atmosféricos, de manera de utilizar el 100% de su vida útil.

Los factores clave de la corrosión entregados en esta norma son el complejo temperatura-humedad, la contaminación por dióxido de azufre y la salinidad en el aire.

La categorización se realiza en base a la corrosión registrada durante un año en distintos tipos de atmósfera, tales como rural, urbana, industrial, marina, química, etc.

Los distintos tipos de atmosfera con su respectivo nivel de corrosividad se aprecian en la siguiente tabla. En la categoría CX se clasifican los ambientes marinos y marinos industriales.

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

**Ilustración 23 Tipos de atmósfera. Fuente: ISO 9223**

Como resultado encontramos la siguiente tabla, que indica las distintas categorías de atmósferas observadas, la tasa de corrosión observada durante el primer año de exposición en distintos tipos de metales.

Corrosivity category	Corrosion rates of metals				
	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	$200 < r_{\text{corr}} \leq 700$	$8,4 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$5,6 < r_{\text{corr}} \leq 10$	—

**Ilustración 24 Velocidad de corrosión de metales, según tipo de atmósfera. Fuente: ISO 9223**

Por otro lado, las características de cada tipo de atmósfera son definidas en el caso de interior y exterior en la tabla a continuación.

Corrosivity category <sup>a</sup>	Corrosivity	Typical environments — Examples <sup>b</sup>	
		Indoor	Outdoor
C1	Very low	Heated spaces with low relative humidity and insignificant pollution, e.g. offices, schools, museums	Dry or cold zone, atmospheric environment with very low pollution and time of wetness, e.g. certain deserts, Central Arctic/Antarctica
C2	Low	Unheated spaces with varying temperature and relative humidity. Low frequency of condensation and low pollution, e.g. storage, sport halls	Temperate zone, atmospheric environment with low pollution (SO <sub>2</sub> < 5 µg/m <sup>3</sup> ), e.g. rural areas, small towns
			Dry or cold zone, atmospheric environment with short time of wetness, e.g. deserts, subarctic areas
C3	Medium	Spaces with moderate frequency of condensation and moderate pollution from production process, e.g. food-processing plants, laundries, breweries, dairies	Temperate zone, atmospheric environment with medium pollution (SO <sub>2</sub> : 5 µg/m <sup>3</sup> to 30 µg/m <sup>3</sup> ) or some effect of chlorides, e.g. urban areas, coastal areas with low deposition of chlorides
			Subtropical and tropical zone, atmosphere with low pollution
C4	High	Spaces with high frequency of condensation and high pollution from production process, e.g. industrial processing plants, swimming pools	Temperate zone, atmospheric environment with high pollution (SO <sub>2</sub> : 30 µg/m <sup>3</sup> to 90 µg/m <sup>3</sup> ) or substantial effect of chlorides, e.g. polluted urban areas, industrial areas, coastal areas without spray of salt water or, exposure to strong effect of de-icing salts
			Subtropical and tropical zone, atmosphere with medium pollution
C5	Very high	Spaces with very high frequency of condensation and/or with high pollution from production process, e.g. mines, caverns for industrial purposes, unventilated sheds in subtropical and tropical zones	Temperate and subtropical zone, atmospheric environment with very high pollution (SO <sub>2</sub> : 90 µg/m <sup>3</sup> to 250 µg/m <sup>3</sup> ) and/or significant effect of chlorides, e.g. industrial areas, coastal areas, sheltered positions on coastline
CX	Extreme	Spaces with almost permanent condensation or extensive periods of exposure to extreme humidity effects and/or with high pollution from production process, e.g. unventilated sheds in humid tropical zones with penetration of outdoor pollution including airborne chlorides and corrosion-stimulating particulate matter	Subtropical and tropical zone (very high time of wetness), atmospheric environment with very high SO <sub>2</sub> pollution (higher than 250 µg/m <sup>3</sup> ) including accompanying and production factors and/or strong effect of chlorides, e.g. extreme industrial areas, coastal and offshore areas, occasional contact with salt spray

**Ilustración 25 Ejemplos de ambientes, según tipo de atmósfera. Fuente: ISO 9223**

### **3.7.1 Mapa de la corrosividad en Chile**

Un estudio realizado por representantes de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Pontificia Universidad Católica de Chile identifica estas 6 categorías de corrosión atmosférica en el mapa de Chile. Los metales evaluados en este estudio fueron el acero al carbono, el acero galvanizado, el cobre y el aluminio, se tomaron muestras de cada uno de estos y se dispusieron en bastidores en 31 lugares a lo largo del país, ya que Chile se caracteriza por tener diversos climas.

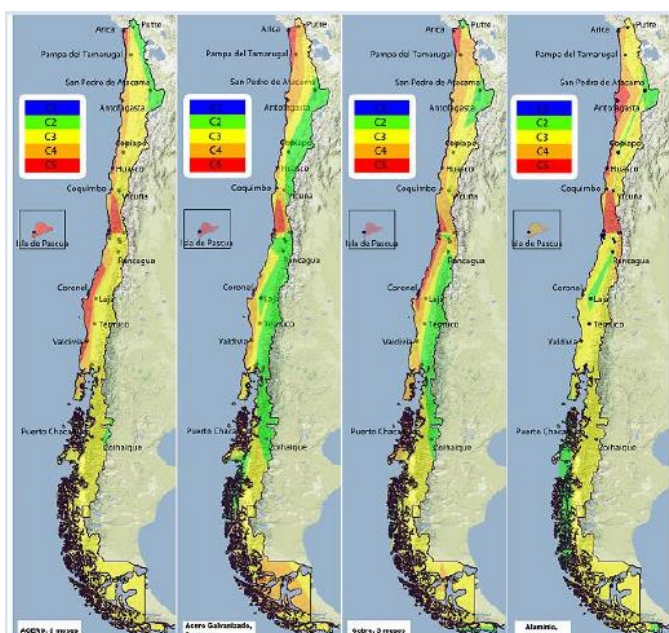
Parámetros importantes que fueron medidos al mismo tiempo en esos lugares son el cloruro y dióxido de azufre ambiental, temperatura, humedad ambiental, cantidad de agua caída, velocidad y dirección de los vientos y radiación solar.

Las probetas se evaluaron cada tres meses, durante un año, midiéndoles la masa para poder determinar el deterioro en esos periodos de tiempo.

En la estación ubicada en Quintero es donde se presenta la mayor concentración de cloruros y dióxido de azufre, y la que tiene una mayor velocidad de corrosión en todos los casos expuestos, esto debido a que es la estación más cercana al mar. Por otro lado, el lugar más lejano a la costa es San Pedro de Atacama, sin embargo presenta altos niveles de cloruro debido a la cercanía a un salar.

Gracias a los datos obtenidos en este estudio es que se logró encontrar una relación entre la velocidad de corrosión, las condiciones meteorológicas y ambientales de la zona, y las propiedades mecánicas de los materiales. Toda esta información sirve de ayuda para aquellas empresas que trabajan con estos metales como materia prima, de tal forma que puedan determinar que material les sirve para cada área geográfica.

En la imagen a continuación se pueden ver las distintas categorías de corrosividad atmosférica para cada metal, después de tres meses de exposición. El primer mapa representa la velocidad de corrosión del acero, el segundo es de acero galvanizado, el tercero es del cobre y el último de aluminio.



**Ilustración 26** Mapa corrosividad de Chile. Fuente: [www.rlmm.org](http://www.rlmm.org)

Lo más trascendental para este caso, es saber cómo se comportan el zinc y el aluminio, ya que son los metales utilizados como recubrimiento.

La tabla a continuación muestra los resultados promedio de la duración de los recubrimientos en años. Estos se llevaron a cabo considerando la información de la norma ISO 9223 y la norma ASTM A653/653M, que serán explicadas a continuación.

**Tabla 3** Duración recubrimiento en años. Fuente: Elaboración propia.

Designación recubrimiento		Duración promedio recubrimiento a la intemperie (años)					
		C1	C2	C3	C4	C5	CX
Galvanizado	Z120 (G40)	64	73	12	5	2	1
	Z180 (G60)	107	122	20	8	4	2
	Z275 (G90)	168	191	31	12	6	3

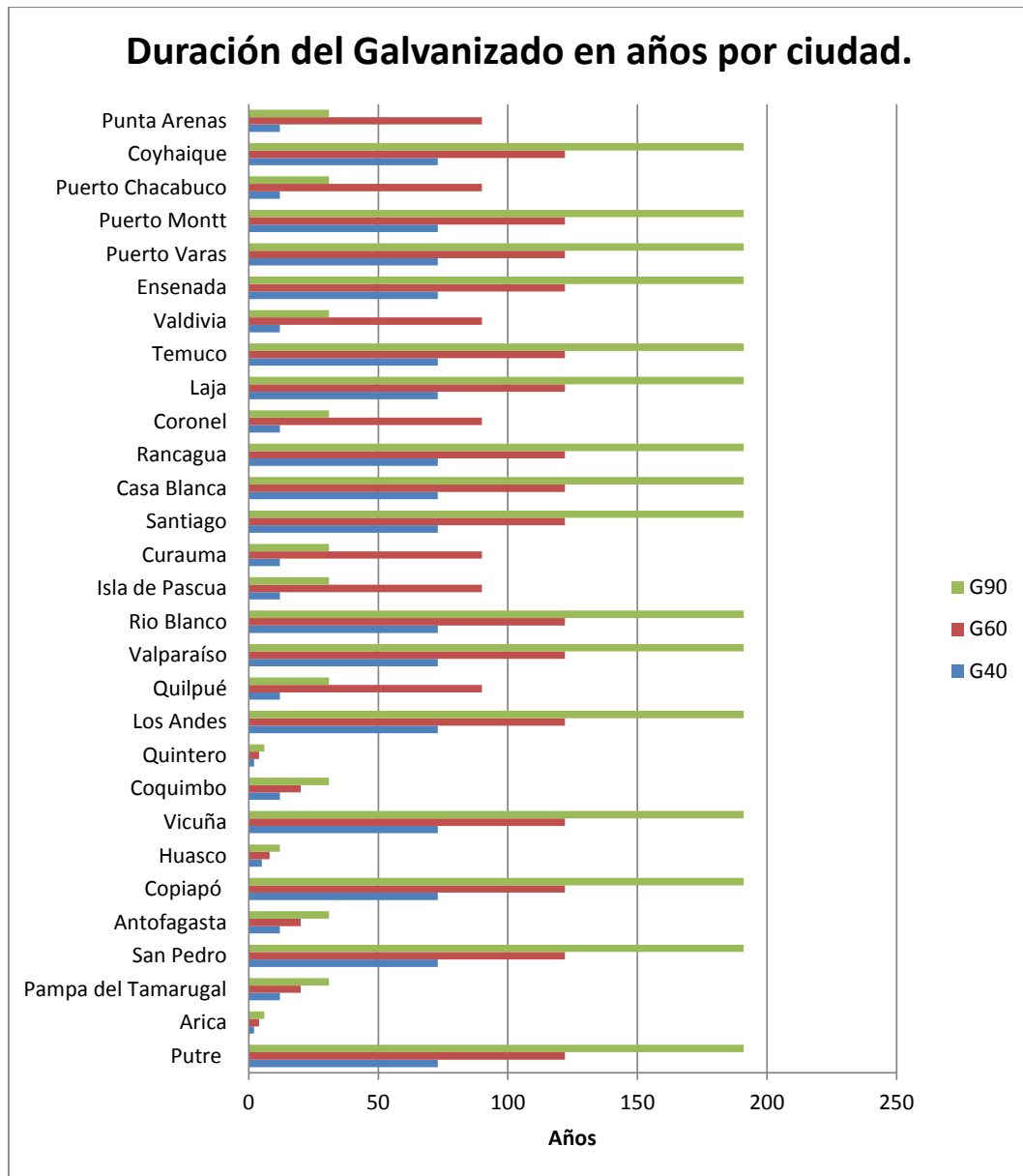
En base a esta tabla se elaboró otra en la que se detalla la duración del galvanizado por ciudad. El resultado se observa a continuación.

Tabla 4 Categoría de corrosividad y duración del recubrimiento por ciudad.

CIUDAD	CATEGORIA DE CORROSIVIDAD	Duración recubrimiento (años)		
		G40	G60	G90
Putre	C2	73	122	191
Arica	C5	2	4	6
Pampa del Tamarugal	C3	12	20	31
San Pedro	C2	73	122	191
Antofagasta	C3	12	20	31
Copiapó	C2	73	122	191
Huasco	C4	5	8	12
Vicuña	C2	73	122	191
Coquimbo	C3	12	20	31
Quintero	C5	2	4	6
Los Andes	C2	73	122	191
Quilpué	C3	12	90	31
Valparaíso	C2	73	122	191
Rio Blanco	C2	73	122	191
Isla de Pascua	C3	12	90	31
Curauma	C3	12	90	31
Santiago	C2	73	122	191
Casa Blanca	C2	73	122	191
Rancagua	C2	73	122	191
Coronel	C3	12	90	31

Laja	C2	73	122	191
Temuco	C2	73	122	191
Valdivia	C3	12	90	31
Ensenada	C2	73	122	191
Puerto Varas	C2	73	122	191
Puerto Montt	C2	73	122	191
Puerto Chacabuco	C3	12	90	31
Coyhaique	C2	73	122	191
Punta Arenas	C3	12	90	31

Además se realizó un gráfico de barras para poder ver estos resultados de mejor manera, se observa a continuación. En él se observan los tres tipos de acero más utilizados en la empresa, y se compara la duración del galvanizado entre ellos.



**Ilustración 27 Duración Galvanizado por ciudad**

### 3.8 Normas ASTM

ASTM (American Society for Testing and Materials) corresponde a una de las mayores organizaciones en el mundo, sin fines de lucro, que establece normas a través de consensos. Ésta organización la conforman productores, usuarios, consumidores, gobiernos y académicos de más de 100 países, y son los que se encargan de dar el fundamento técnico de estas normas.

La organización se divide en comités, los cuales se agrupan de acuerdo a distintas temáticas, por ejemplo acero, petróleo, dispositivos, etc. Ellos son los encargados de desarrollar las más de 11.000 normas que se encuentran disponibles en el *Annual Book of ASTM Standards* que consta de 77 volúmenes.

Las normas que comienzan con “A” corresponden a materiales ferrosos, las que comienzan con “B”, para materiales no ferrosos, y a continuación de esa letra tienen un número arbitrario. Además, las normas que son proporcionadas en unidades métricas tienen una letra “M”.

Por ejemplo, en la norma A 516 / A 516 M – 90 (2001) Grado 70, la “A” representa un metal ferroso, el número 516 es un número secuencial sin ninguna relación con el metal, “M” indica que está escrito en las unidades del SI, el 90 indica el año de adopción a la norma o la última revisión el año entre paréntesis señala la última aprobación, por último, el grado 70 muestra la resistencia a la tensión mínima expresada en ksi, 70 ksi o 70.000 psi.

#### 3.8.1 Norma A653/653M

Corresponde a una especificación estándar para láminas de acero, recubiertas de zinc (galvanizado) o zinc-hierro (aleación-revestido) por el proceso de inmersión en caliente. En el documento se señalan grados, composiciones, propiedades mecánicas y clases del producto, así como también la masa mínima que debe poseer de recubrimiento por metro cuadrado en el sistema inglés y en el SI.

En base a esta norma es que en Cintac se procesan los aceros que se indican, con sus respectivas cantidades de recubrimiento:

- G40 (Z120): este tipo de recubrimiento debe contener como mínimo  $120 \text{ g/m}^2$  de zinc.

- G60 (Z180): la masa mínima de zinc debe ser 180g/m<sup>2</sup> de zinc.
- G90 (Z275): la masa mínima de zinc que se especifica es de 275g/m<sup>2</sup>.

En la tabla a continuación se detallan los tipos de recubrimiento y el requerimiento mínimo de estos en unidades inglesas.

		Minimum Requirement <sup>D</sup>		
		Triple-Spot Test		Single-Spot Test
Inch-Pound Units				
Type	Coating Designation	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>	One Side, oz/ft <sup>2</sup>	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>
Steel	G01	no minimum	no minimum	no minimum
	G30	0.30	0.10	0.25
	G40	0.40	0.12	0.30
	G60	0.60	0.20	0.50
	G90	0.90	0.32	0.80
	G100	1.00	0.36	0.90
	G115	1.15	0.40	1.00
	G140	1.40	0.48	1.20
	G165	1.65	0.56	1.40
	G185	1.85	0.64	1.60
	G210	2.10	0.72	1.80
	G235	2.35	0.80	2.00
	G300	3.00	1.04	2.60
	G360	3.60	1.28	3.20
	Iron alloy	A01	no minimum	no minimum
A25		0.25	0.08	0.20
A40		0.40	0.12	0.30
A60		0.60	0.20	0.50

**Ilustración 28 Designación recubrimientos y sus respectivos mínimos en Sistema Ingles. Fuente: ASTM A653/A653M**

La tabla que sigue muestra que la anterior, pero en unidades del sistema internacional. La primera de la tabla anterior equivale a la primera de ésta tabla, de esta manera, el G01 equivale al Z001, el G30 equivale al Z90 y así sucesivamente.

		SI Units		
Type	Coating Designation	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>	One Side, g/m <sup>2</sup>	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>
Steel	Z001	no minimum	no minimum	no minimum
	Z90	90	30	75
	Z120	120	36	90
	Z180	180	60	150
	Z275	275	94	235
	Z305	305	110	275
	Z350	350	120	300
	Z450	450	154	385
	Z500	500	170	425
	Z550	550	190	475
	Z600	600	204	510
	Z700	700	238	595
	Z900	900	316	790
	Z1100	1100	390	975
	Iron alloy	ZF001	no minimum	no minimum
ZF75		75	24	60
ZF120		120	36	90
ZF180		180	60	150

**Ilustración 29 Designación recubrimientos y respectivos mínimos, Sistema Internacional. Fuente: ASTM A653/A653M**


### 3.8.2 Norma A792/A792M:

Especificación estándar para lámina de acero con 55% aluminio y el resto de zinc (aleación – revestido), a través de inmersión en caliente. Al igual que en el documento especificado anteriormente, acá se señalan clasificaciones del metal, espesores, masa mínima de recubrimiento, composición del metal y propiedades mecánicas, entre otras características.

En Metalcon se utilizan dos tipos de aceros recubiertos bajo esta norma:

AZM120: masa mínima de recubrimiento es 120g/m<sup>2</sup>.

AZM150: masa mínima de recubrimiento es 150g/m<sup>2</sup>.



Minimum Requirements		
Coating Designation	Triple-Spot Test	Single-Spot Test
	Inch-Pound Units	
	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>
AZ30	0.30	0.26
AZ35	0.35	0.30
AZ40	0.40	0.35
AZ50	0.50	0.43
AZ55	0.55	0.50
AZ60	0.60	0.52
AZ70	0.70	0.60

Minimum Requirements		
Coating Designation	Triple-Spot Test	Single-Spot Test
	SI Units	
	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>
AZM100	100	85
AZM110	110	95
AZM120	120	105
AZM150	150	130
AZM165	165	150
AZM180	180	155
AZM210	210	180

En esta tabla se observan los distintos tipos de recubrimiento en el sistema inglés y, luego, en el sistema internacional. Al igual que la norma anterior el tipo AZ30 equivale a AZM100, AZ35 equivale a AZM110 y así repetidamente.

**Ilustración 30** Tabla del mínimo recubrimiento requerido por tipo. Fuente: ASTM A792/792M

### 3.8.3 Conversión de unidades

Para convertir el espesor en micras ( $\mu\text{m}$ ) en masa de recubrimiento ( $\text{g/m}^2$ ) se utiliza las siguientes formulas:

Masa de recubrimiento = Espesor de recubrimiento en micras x 7,0

Espesor del recubrimiento = Masa de recubrimiento ( $\text{g/m}^2$ ) x 0,14

### 3.8.4 Norma A90/90

La norma que se explica a continuación es la que explica el procedimiento que se debe llevar a cabo para calcular la masa exacta del recubrimiento.

Es un método de prueba estándar para el recubrimiento del metal con zinc y aleaciones con aluminio. En esta norma se describe el proceso que se debe seguir, además de los insumos necesarios, para determinar la masa de recubrimiento que posee determinada lámina y comparar esto con la norma que especifica la cantidad mínima que debe poseer y analizar el cumplimiento de ésta.

El procedimiento, a grandes rasgos, comienza con el pesaje de una lámina de acero galvanizado o con zincalum, luego ésta se sumerge en una mezcla de agua destilada con ácido clorhídrico al 50%, ésta mezcla tiene la capacidad de quitar todo el recubrimiento. El último paso consiste en pesar la lámina, y por diferencia de masas se puede calcular el recubrimiento de la muestra e indicar si cumple, o no, con lo especificado en la norma.



**Ilustración 31 Ensayo de Recubrimiento. Elaboración propia.**

### 3.9 Ishikawa

Kaoru Ishikawa, creó el conocido Diagrama de Ishikawa, también llamado Diagrama Causa- Efecto o de Pescado. Desarrolló el primero en la Universidad de Tokio en 1943, para explicarles a los ingenieros la relación entre algunos factores y la calidad del producto.

El diagrama causa- efecto es un instrumento de apoyo para mejorar los procesos de mejora de la calidad. Se utiliza como una herramienta sistemática para encontrar, seleccionar y documentar las causas de variación en la calidad de la producción.

## 4 Caso Metalcon: Levantamiento de procesos

El problema principal es la oxidación del acero galvanizado, teniendo las posibles causas en la materia prima, almacenamiento, proceso de conformado, el cliente final o el conjunto de todas.

1.- Materia Prima: Los proveedores de la materia prima son de China, por lo que debe realizar un largo viaje en barco para llegar a destino. Esta forma de transporte aporta aún más humedad al material, además del hecho que se encuentra expuesto a sales de mar, lo cual es perjudicial para mantenerlo en buen estado.

2.- Almacenamiento: La empresa no posee las mejores condiciones de almacenamiento, puesto que los perfiles están expuestos a la intemperie, sin protección contra las condiciones climáticas. Además de no poseer un método de inventario que ayude a mantener ordenadas las existencias.

3.- Proceso de Conformado: El proceso de conformado es el área que se encarga de dar forma al acero, en el cual no supervisan de manera adecuada los procedimientos involucrados, como por ejemplo; el secado no es el adecuado para la emulsión y el bajo porcentaje de aceite en el soluble.

4.- Cliente Final: En definitiva el cliente es quien determina las condiciones en que se encuentra el material antes de usarlo, y muchas veces estos no almacenan como se debe este tipo de productos.

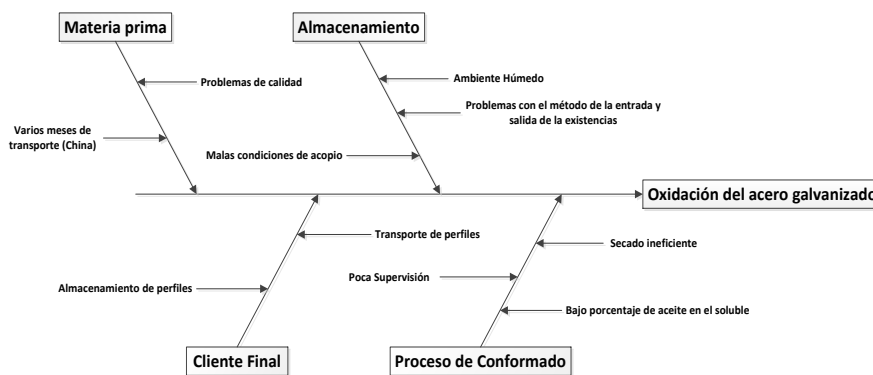


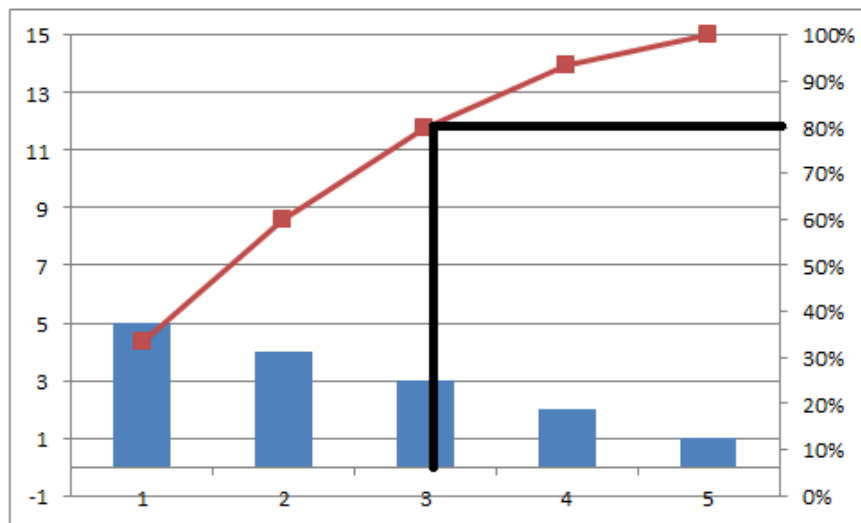
Ilustración 32 Ishikawa. Elaboración propia.

#### 4.1 Diagrama de Pareto

Para realizar este diagrama se utilizaron los cinco problemas que pueden originar el óxido blanco en los perfiles, de los cuales se desea determinar el 20% de las causas que originan el 80% de los problemas.

**Tabla 5** Tabla de problemas, diseño pareto.

Problemas	Relevancia	%	% Acumulado
Problema 1	5	33%	33%
Problema 5	4	27%	60%
Problema 4	3	20%	80%
Problema 2	2	13%	93%
Problema 3	1	7%	100%
TOTAL	15	100%	



**Ilustración 33** Gráfico de Pareto. Elaboración propia.

De acuerdo a lo ilustrado en el gráfico de Pareto las causas de los problemas más importantes que se encuentran entre el 80% son: almacenamiento, secado y soluble.

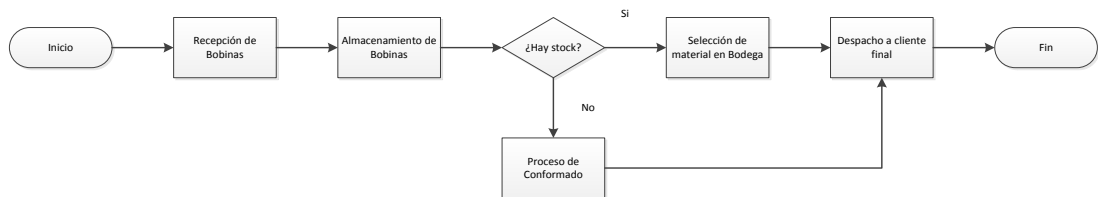
En cambio las causas menos significativas, encontradas en el 20% son: inventario FIFO y cambio de proveedor.

#### 4.2 Diagrama de Bloques



**Ilustración 34 Diagrama de bloques. Elaboración propia.**

#### 4.3 Diagrama de flujo



**Ilustración 35 Diagrama de Flujo. Elaboración propia.**

#### 4.4 Diagrama de flujo detallado

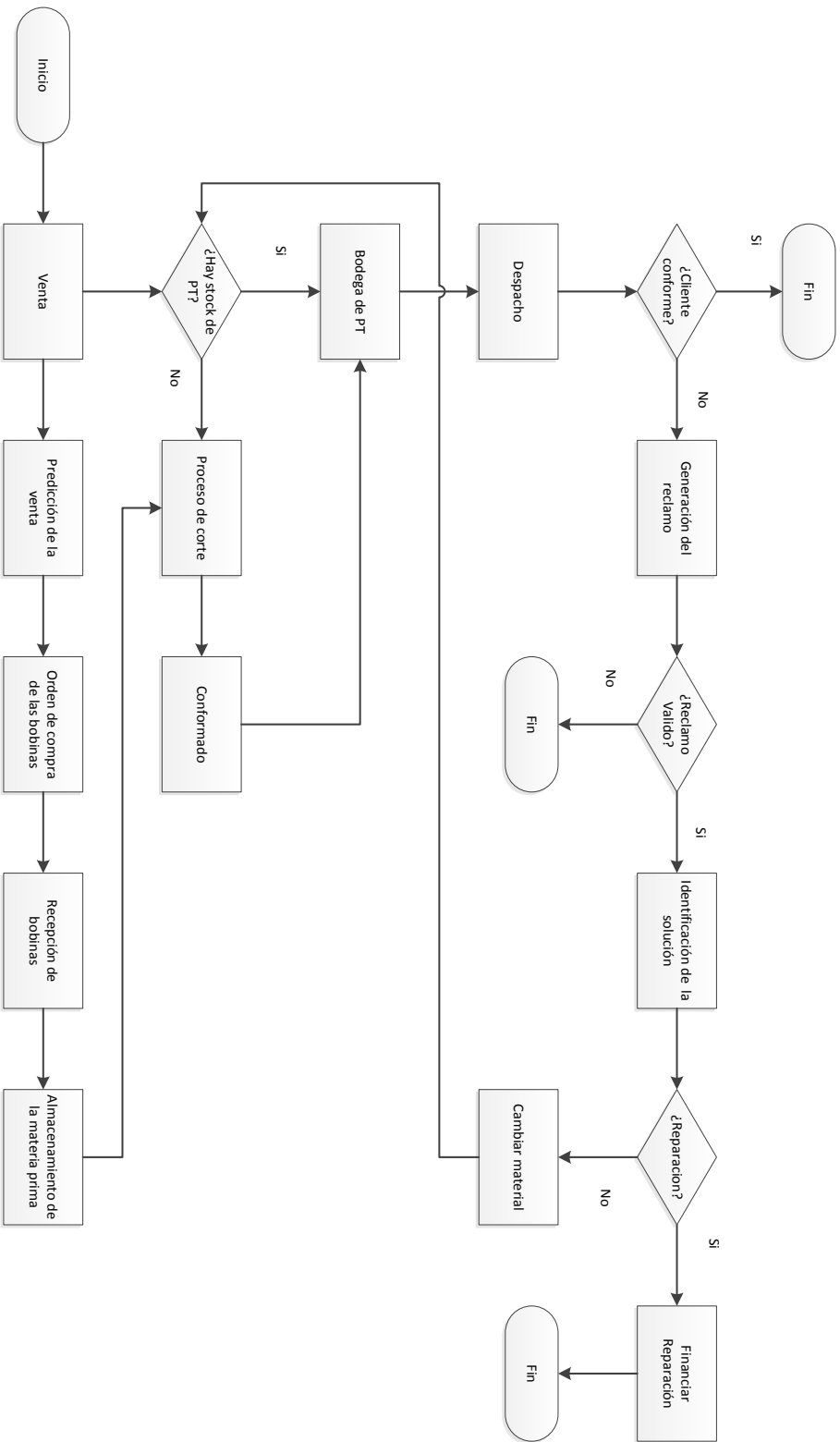
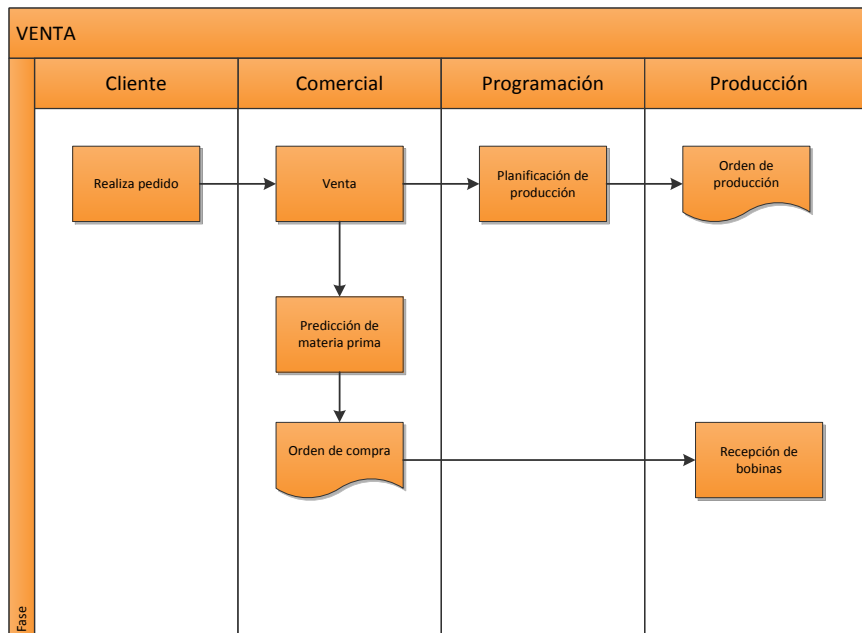


Ilustración 36 Diagrama de Flujo Detallado. Elaboración propia.

#### 4.5 Situación actual

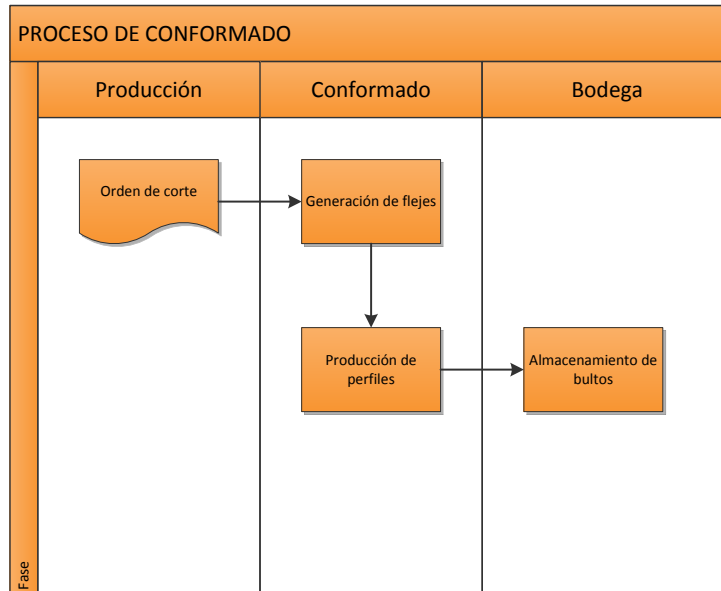
El punto de inicio es la realización de una venta, para ello se requiere predecir la cantidad de material y el stock necesario para poder realizar la producción asociada. Posteriormente se genera una orden de compra de las bobinas necesarias al proveedor, las cuales a su llegada son recepcionadas y almacenadas hasta que son llevadas al proceso de corte, luego el material pasa a conformado, donde se le entrega las características solicitadas por el cliente.

El proceso de conformado es la etapa en donde el resultado es el producto terminado, permitiendo ser almacenados hasta ser despachados. Sin embargo, no es allí donde termina el flujo, puesto que se verifica si el cliente está conforme con el producto. En el caso que la respuesta sea negativa se permite hacer un reclamo, el cual debe ser analizado para asegurarse que sea válido. Para ello se debe identificar la solución para tener la certeza de reparar el material en lo posible, sino finalmente cambiarlo.



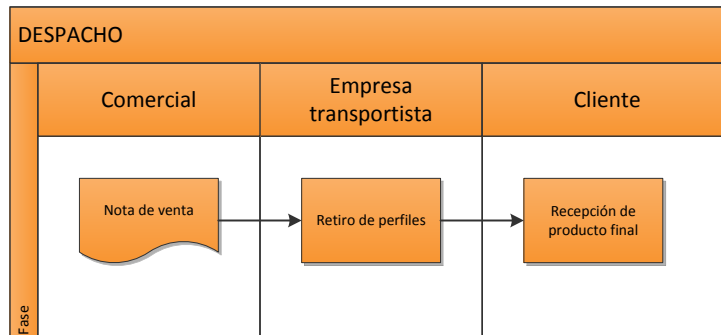
**Ilustración 37 Proceso de Venta detallado. Elaboración propia.**

El primer paso en el proceso de venta, comienza por parte del cliente al realizar el pedido de su compra. El área comercial determina la cantidad de materia prima necesaria para mantener el stock y envía la venta a programación para que planifique la producción.



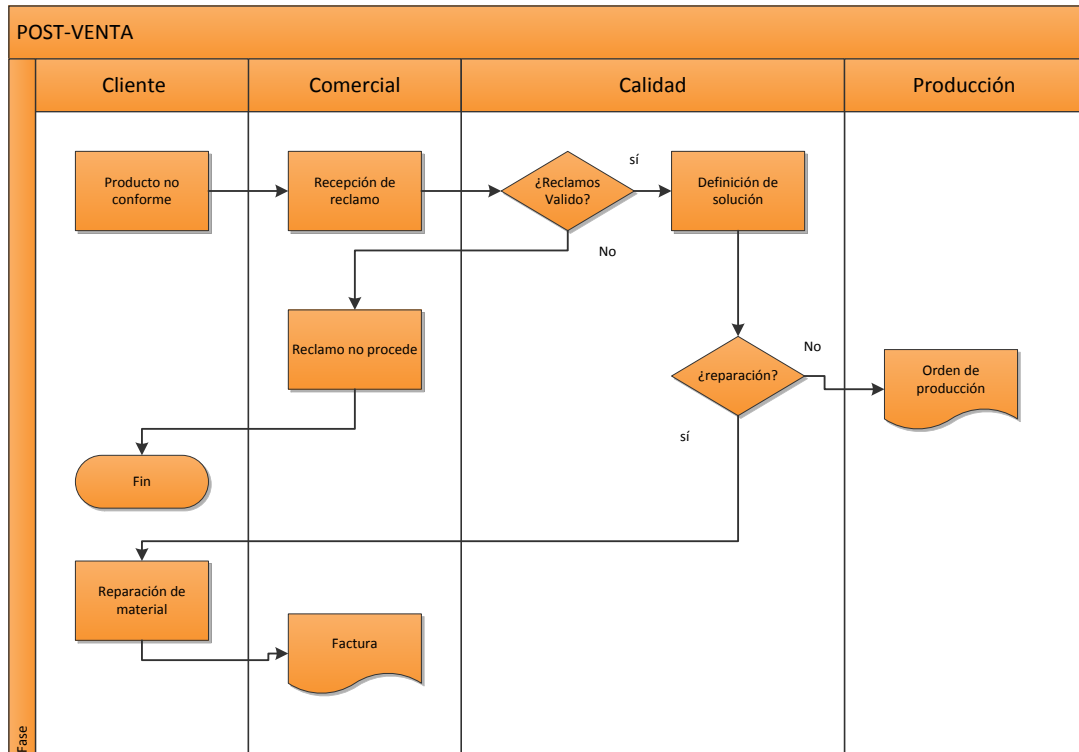
**Ilustración 38 Proceso de Conformado Detallado. Elaboración Propia.**

Para realizar el conformado se requiere la orden para cortar el material, lo que involucra generar los flejes para obtener el material terminado, enviándolos a almacenamiento en forma de bultos.



**Ilustración 39 Proceso de Despacho Detallado. Elaboración propia.**

El área comercial genera una nota de venta para que la empresa transportista retire los perfiles y los despache a cliente.



**Ilustración 40 Proceso de Post-Venta Detallado. Elaboración propia.**

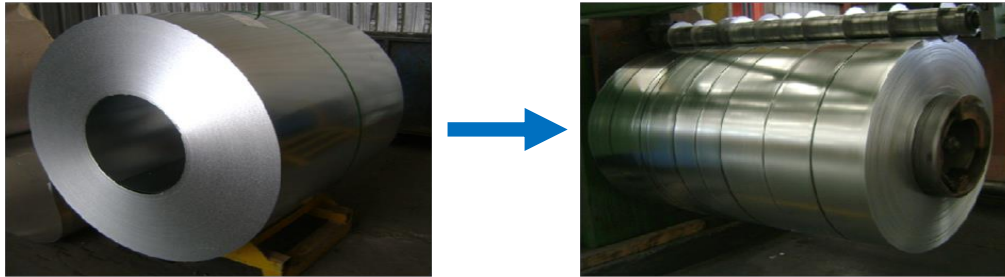
A modo de observación se debe mencionar que en general la empresa no filtra los reclamos, puesto que asumen todos los reclamos que generan los clientes, aunque ellos mismos indican que esta decisión existe dentro del diagrama.

En caso que el cliente no esté conforme con el producto entregado, este puede realizar un reclamo a la empresa siendo por medio del área comercial, el cual entrega a calidad la responsabilidad de validar o no dicho reclamo. Cuando se determina que el reclamo procede, se requiere definir la solución; reparación o cambio de producto. En el primer caso es el cliente quien repara y envía posteriormente la factura.

#### 4.6 Proceso productivo

La bobina pasa por ciertos procesos para poder obtener de ella el producto final. Estos pasos se detallan a continuación:

- Cortadora: En esta máquina las bobinas pasan a ser flejes, en otras palabras queda el mismo “rollo”, pero con un ancho distinto, o “desarrollo”, como se le denomina en la empresa.



**Ilustración 41 Corte de bobinas. Elaboración propia.**

-Acumulador: Luego de ser cortados, estos flejes son ubicados en el acumulador de cada máquina utilizando una grúa pluma. La idea de esto es que la máquina cuente con una “reserva” de materia prima, para no detener el proceso.

-Rodillos formadores: En esta parte de la máquina los flejes pasan a través de una serie de rodillos que se ajustan para darles una forma determinada. Este proceso de conformado es en frío, por lo tanto el proceso requiere de esfuerzos a través de los cuales se le otorga la forma. Para disminuir el roce de los rodillos con la materia prima se utiliza, en esta parte del proceso, una emulsión que consiste en una mezcla de agua y aceite.



**Ilustración 42 Rodillos Conformadores. Elaboración propia.**

-Punzonadora: Esta máquina es la encargada de cortar el perfil según el largo requerido, que puede estar estandarizado, o pueden ser solicitados largos especiales.

-Enzunchadora: Este es el último paso antes de ser almacenados, la máquina ordena determinada cantidad de tiras y las pone en un bulto, atándolas con zunchos.

#### 4.7 Problemas

A través de las herramientas expuestas es posible identificar los problemas que originan la oxidación del acero galvanizado.

**Tabla 6 Problemas y sus consecuencias**

<b>Problema</b>	<b>Consecuencias</b>
<b>Falta de un sistema de almacenamiento que permita despachar el primer material antes que el último (FIFO).</b>	Aumento de oxidación en perfiles que se mantienen durante mucho tiempo almacenados al aire libre.
<b>Cambio de proveedor de Chile a China.</b>	Cambios en la calidad del producto presentado al cliente, afectando la imagen de la empresa.
<b>Almacenamiento a intemperie</b>	Permite el incremento de la velocidad de oxidación del acero.
<b>Falta de calidad en el soluble utilizado en las maquinas</b>	Genera mayores posibilidades de que la oxidación incremente.
<b>Sistema de secado ineficiente</b>	Genera humedad en los perfiles almacenados en bultos, se promueve el óxido blanco.

## 5 Acciones preliminares

Antes de ofrecer mejoras para estos problemas, es necesario tomar en cuenta algunas variables que influyen, éstas tienen que ver con la materia prima, ya sea el acero o el agua.

### 5.1 Dureza del agua

La empresa cuenta con una persona encargada de proveer la emulsión a las distintas máquinas. Esta persona constantemente realiza pruebas de dureza al agua, para estar seguros de que se trabaja con agua blanda, ya que ésta será mezclada con el aceite para obtener la emulsión destinada a llenar los pozos de las máquinas. Esta agua proviene de pozos por lo que es necesario que, antes de involucrarse en el proceso, pasen por un ablandador de intercambio iónico que elimine los iones de calcio y magnesio. Esto se hace para evitar la acumulación de estas sales en los conductos por donde pasa.

Los análisis que se realizan al agua son en base a un método otorgado por la empresa Aguasin, una organización dedicada a la purificación y tratamiento de aguas. El método se aplica para rangos menores de dureza (menos de 20 ppm  $\text{CaCO}_3$ ).

#### 5.1.1 Análisis de agua

Se recurrió a la empresa ANAM para realizar un análisis a los líquidos que intervienen en el proceso. Las muestras a analizar fueron 6:

- Agua dura: Obtenida directo del pozo, antes de pasar por el ablandador.
- Agua blanda: Después de haber pasado por el ablandador.
- Emulsión al 5%: Mezcla del aceite al 5% con agua blanda, ésta no fue obtenida del proceso.
- Emulsión al 10%: Mismo caso anterior, pero el aceite se encuentra al 10%.
- Emulsión 1687: Muestra obtenida de una máquina NO metalconera, emulsión que interviene en el proceso de conformado de tubos.
- Emulsión ETNA: Obtenida de una máquina metalconera, del pozo de la misma.

Y los parámetros a analizar en cada una de estas muestras fueron los siguientes:

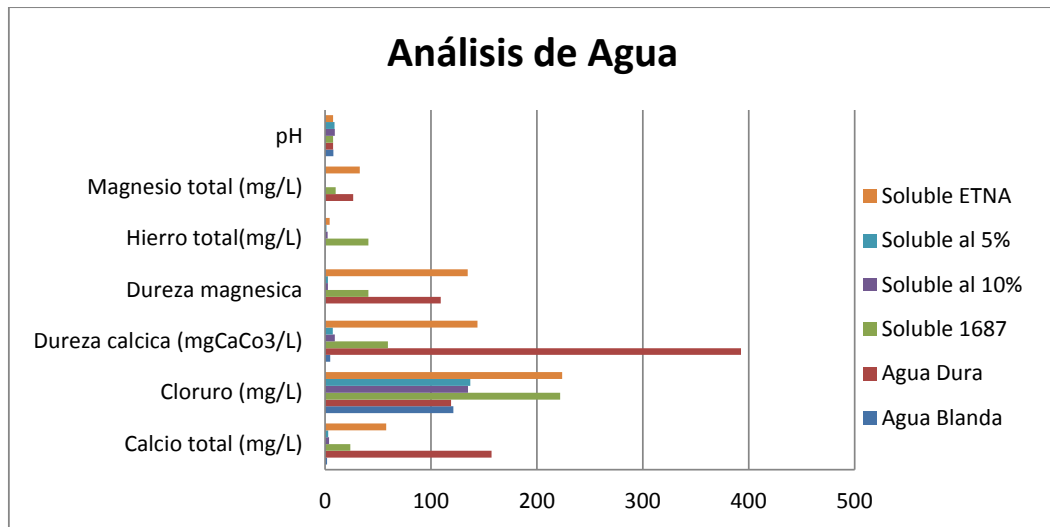
- Calcio total (mg/L)
- Cloruro (mg/L)
- Dureza cálcica (mgCaCo3/L)
- Dureza magnésica
- Hierro (mg/L)
- Magnesio total (mg/L)
- pH

Los resultados de las 6 muestras se encuentran en la siguiente tabla, resumidos para facilitar el análisis.

**Tabla 7 Resultado análisis de agua.**

Muestra	Calcio total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Dureza cálcica (mgCaCo3/L)	Dureza magnésica	Hierro total(mg/L)	Magnesio total (mg/L)	pH
Agua Blanda	1,89	121	4,72	<1,44	0,31	<0,350	7,7
Agua Dura	157,31	119	392,81	109,08	0,03	26,488	7,5
Soluble 1687	23,72	222	59,23	40,91	40,84	9,935	7,6
Soluble al 10%	3,67	135	9,17	2,66	2,35	0,646	9,2
Soluble al 5%	2,87	137	7,17	2,74	1,30	0,666	8,8
Soluble ETNA	57,58	224	143,78	134,77	4,19	32,728	7,6

Además se confeccionó el gráfico que se observa a continuación.



**Ilustración 43 Resultado análisis de agua. Elaboración propia.**

De estos, los parámetros más influyentes, en cuanto a la formación del óxido, son las durezas, los cloruros y el pH. La dureza debe existir para generar la pasivación, ya sea del zinc o del aluminio, debido a que son las sales las que definen la conductividad del agua, y ésta última su agresividad. Por lo tanto se necesita dureza, para generar el pasivante y frente a estos resultados existe un buen escenario, al menos en este sentido.

Por otro lado, los cloruros representan una clara amenaza para los metales en general, ya que es la sal más corrosiva. La presencia de esta sal por encima de los 100 mg/L puede provocar corrosión.

Como es posible observar en la tabla anterior, cada muestra que se tomó está por encima de los 100mg/L. Y considerando que esta emulsión no se elimina por completo, si no que queda en los bultos, esto resulta dañino para los perfiles galvanizados.

En cuanto al pH, es posible afirmar que los valores obtenidos se encuentran entre el rango permitido, tanto para el zinc (entre 6 y 12) como para el aluminio (entre 4 y 10) en cada una de las muestras obtenidas, por lo tanto no es un factor del que se tenga que preocupar, más bien mantenerlo así.

En conclusión, con respecto al análisis de agua, lo único que se debe hacer es disminuir la presencia de cloruros, que es tan perjudicial para el metal.

## **5.2 Ensayos de recubrimiento**

En la empresa se llevan a cabo periódicamente ensayos de recubrimiento, para saber si la masa de recubrimiento respeta las normas ASTM (A653 y A792).

Estos ensayos se llevan a cabo bajo la norma ASTM A90/90, que indica cuáles son los materiales necesarios y el procedimiento paso a paso.

En general, los proveedores cumplen con lo señalado en la norma, por lo tanto, las micras de recubrimiento no son parte de las causas del problema de la generación del óxido.

## **5.3 Ensayos Mecánicos**

Para la realización de estos ensayos se han tomado tres muestras del mismo perfil que estuvieron expuestas a distintos ambientes, éstas se describen a continuación:

Normal: Esta muestra se obtuvo directamente de los patios de almacenamiento de Cintac, corresponde al escenario “normal” para estos perfiles en la empresa. Posee manchas blancas.

Óptimo: Corresponde a un perfil que estuvo almacenado bajo techo durante los meses más húmedos, el cual no presenta indicios de óxido blanco.

Devolución: Esta probeta se encontró en el laboratorio del área de calidad, estuvo bastante tiempo almacenado en la oficina (no se sabe fecha exacta de la devolución). El óxido en este perfil afectó al acero base, por lo que se observa, además del óxido blanco, un color anaranjado en la superficie del perfil.

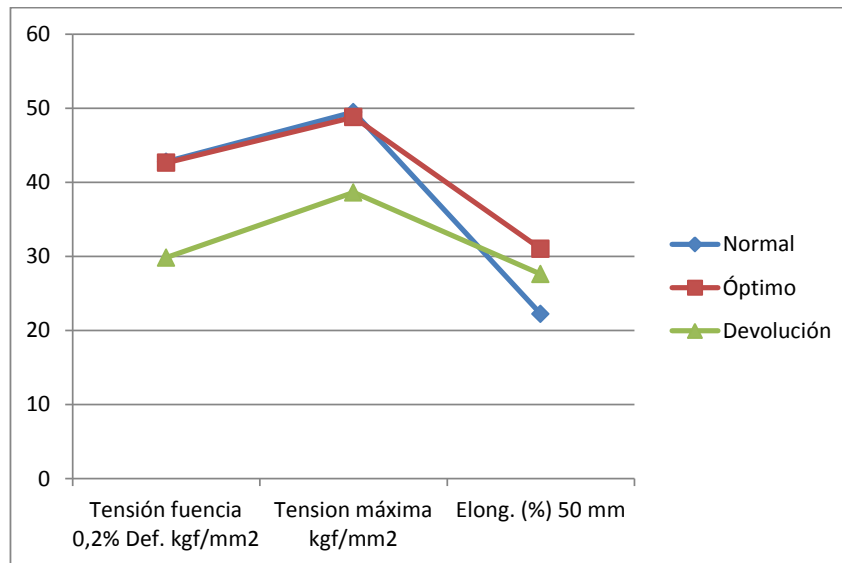
El objetivo de este ensayo, realizado en el Centro Técnico de Indura (CETI), es el de demostrar que la presencia de esta mancha blanca no representa una disminución de las propiedades mecánicas de los perfiles y, por lo tanto, no constituye un peligro para las construcciones sino que es sólo un tema visual.

Las pruebas fueron realizadas para mostrar la tensión máxima, la tensión de fluencia y la elongación en cada una de las muestras. La tabla siguiente muestra los resultados de estos análisis.

**Tabla 8 Resultado ensayos mecánicos.**

Ensayos mecánicos								
Probeta	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área inicial (mm <sup>2</sup> )	Carga fluencia 0,2% def (kgf)	Carga máxima (kgf)	Tensión fluencia 0,2% Def. kgf/mm <sup>2</sup>	Tensión máxima kgf/mm <sup>2</sup>	Elong. (%) 50 mm
Normal	12.47	0.72	8.93	382	442	42.76	49.47	22.2
Óptimo	12.5	0.7	8.75	373	427	42.63	48.8	31
Devolución	12.52	0.6	7.51	224	290	29.83	38.62	27.6

Para visualizar mejor estos datos es mejor observar el siguiente gráfico que muestra la tensión máxima, la tensión de fluencia y la elongación en cada una de las probetas.

**Ilustración 44 Resultado ensayos mecánicos. Elaboración propia.**

Como es posible apreciar, las muestras “óptimo” y “normal” poseen resultados parecidos en cuanto a la tensión máxima y a la tensión de fluencia, por lo que se podría concluir que las manchas blancas presentes en la probeta “normal” no perjudican las

propiedades mecánicas de los perfiles, al menos en estas dos pruebas. Con respecto a la probeta que se obtuvo de la devolución encontramos que ésta se encuentra por debajo del escenario “normal” y del “óptimo” en cuanto a la tensión máxima y la tensión de fluencia, se atribuye esto al hecho de que en esta muestra existían rastros de que el óxido había llegado al acero base, lo que ciertamente perjudica el material.

En cuanto a la elongación, la muestra “normal” fue la que presentó una menor elongación, seguramente por el hecho de que ésta mancha blanca está compuesta por productos de la corrosión del zinc, que son muy voluminosos y pueden entorpecer la elongación. La segunda muestra,

Sin embargo, si de perfiles estructurales se trata, las características más importantes se ven en los ensayos de fluencia y tensión. En este sentido, podemos afirmar que la mancha blanca de almacenamiento no perjudica estas cualidades mecánicas, si no que es, más bien, un problema de estética.

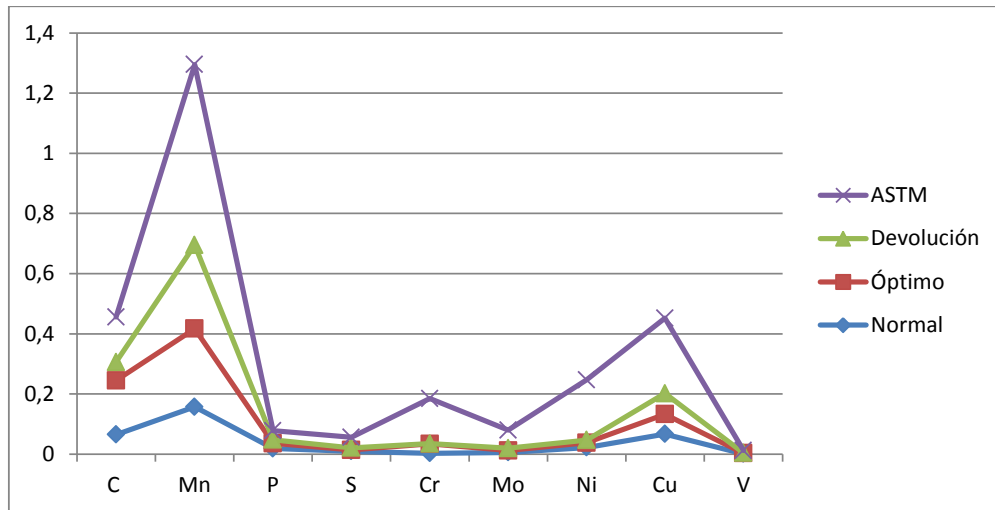
#### 5.4 Ensayo químico

El ensayo químico fue realizado a las mismas tres probetas anteriores (“devolución”, “normal” y “óptimo”) con el objeto de verificar la calidad de la materia prima que se estaba importando, además de comparar estas tres situaciones. Los elementos químicos que se consideraron fueron: carbono, magnesio, fósforo, azufre, cromo, molibdeno, níquel, cobre y vanadio. Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 9 Resultado ensayos químicos.**

Ensayos Químicos									
	Composición (%)								
Probeta	C	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V
Normal	0.065	0.157	0.019	0.01	0.003	0.006	0.022	0.067	0.001
Óptimo	0.18	0.26	0.017	0.004	0.031	0.006	0.016	0.066	0.002
Devolución	0.061	0.278	0.012	0.007	0.001	0.008	0.009	0.069	0.001
ASTM	0.15	0.6	0.03	0.035	0.15	0.06	0.2	0.25	0.008

En los tres casos evaluados, se observa que los resultados obtenidos se encuentran dentro de la norma (ASTM), como se demuestra en el gráfico siguiente.



**Ilustración 45 Resultado Ensayos Químicos. Elaboración propia.**

Por lo tanto, se puede concluir que la calidad de la materia prima que se importa no es influyente en la generación del óxido. En otras palabras, los proveedores cumplen con lo establecido en la norma, en consecuencia, no debería haber problemas debido a esto.

## 6 Propuestas de mejora

Debido a que las causas que originan el problema del óxido blanco que se presenta en los perfiles de Metalcon se originan en distintas áreas, las soluciones estarán divididas en éstas mismas.

Es importante señalar que la solución puede encontrarse en la disminución, o eliminación, de algunas, o todas, las causas del problema, ya que todas estas propuestas disminuyen la aparición de estas manchas blancas.

### 6.1 Mejora en proceso de conformado

Dentro del proceso de conformado se encuentra uno de los factores que promueve la corrosión, éste corresponde a la emulsión que se utiliza para disminuir el roce entre los rodillos conformadores y la materia prima.

La mejora consiste simplemente, en primer lugar, en disminuir el caudal utilizado de la emulsión, utilizando sólo lo que es necesario. Esto se logra al no abrir por completo la llave de paso que otorga la emulsión al sistema. Gracias a esta simple acción el secado de los perfiles resultará más eficaz.

En segundo lugar se recomienda instalar una turbina al final de la línea, de modo que se facilite el sacar el exceso de emulsión de los perfiles. Es recomendable que la temperatura no sobrepase los 60°C, ya que podría ser perjudicial para el galvanizado.

Finalmente, y gracias a la colaboración de la empresa Sandsil, se recomienda cambiar el aceite que se utiliza actualmente por otro designado especialmente para procesos en que la materia prima es acero galvanizado. Ellos indican que el aceite utilizado actualmente es orgánico, y el hecho de estar en el mismo pozo, sin limpiar por años, indica claramente presencia de bacterias, sumando además todas las cosas que se van adhiriendo a esta emulsión en el proceso, como la grasa de la máquina y desechos varios.

El aceite que se recomienda es Qwerl 531 Bio Sp (2302), un fluido sintético que se mezcla con agua en concentraciones del 4 al 8% y posee cualidades anticorrosivas y protectivas. El costo de inversión para este aceite está entre los \$2.400.000 y \$4.700.000 aproximadamente, y el costo anual por pérdidas de emulsión fluctúa entre los \$38.500.000 y

\$77.000.000. Sin embargo, estos últimos montos deberían disminuir al llevar a cabo las primeras indicaciones, con respecto a disminuir el caudal y mejorar el secado.

### **6.2 Mejora en almacenamiento**

El óxido blanco es conocido entre las empresas del rubro como “mancha de almacenamiento”, esto ocurre por la retención de humedad entre los perfiles al ser embalados. Por lo tanto, después de asegurar un secado eficiente de las tiras, lo recomendable es almacenar estos bultos bajo techo, de manera de evitar que éstos sean expuestos a la acidez del rocío y a los constantes cambios de temperatura que producen condensación.

Si lo anterior resulta imposible, se debe tener el menor tiempo posible al intemperie estos productos, disminuyendo el stock y respetando el criterio FIFO. Además de inclinar los bultos y situarlos en la misma dirección del viento, para que el agua no quede estancada, tal como lo indica Bosch en sus documentos.

### **6.3 Mejora en cuanto a la información entregada a todo tipo de clientes.**

Es necesaria la realización de un instructivo del manejo de perfiles galvanizados para los clientes finales y todos aquellos que tengan relación con éstos. Éste debe ser un instructivo que indique, principalmente, la manera correcta en que los productos deben ser almacenados.

Por otro lado se recomienda mantener información en la página web de la empresa, con un link en el área de Metalcon que se refiera solamente a esta mancha blanca, para que los clientes, y cada persona que ingrese al sitio, tengan claro que la existencia de ésta no significa que los perfiles tengan fallas en cuanto a sus capacidades mecánicas.

## 7 Justificación Económica

Los costos asociados a los reclamos de Metalcon, específicamente los que tienen que ver con el óxido blanco producido en estos perfiles, se encuentran divididos en costos de devolución y costos referidos a la reparación de los mismos.

### 7.1 Costos de Devolución

Dentro de estos costos podemos encontrar los costos de transporte, los cuales son definidos en la tabla que sigue por la empresa transportista BEOT, que es la que presta servicios de traslado a Cintac.

**Tabla 10 Costos de transporte, por ciudad.**

Región	\$/Kg
V DE VALPARAISO	14,50
METROPOLITANA	6,15
IX DE LA ARAUCANIA	18,81
VIII DEL BIO-BIO	15,37
VI DEL LIBERTADOR GRAL. O'HIGGINS	13,55
VII DEL MAULE	17,64
XIV DE LOS RIOS	25,59
I DE TARAPACA	-
X DE LOS LAGOS	31,34

Resulta importante considerar que en el momento en que los perfiles son devueltos, los costos de traslado de perfiles ascienden al doble, debido a que se deben llevar de vuelta a la empresa y nuevamente al cliente, al ser reemplazados.

Por otro lado, encontramos el costo de degradar estos perfiles, ya sea a material de segunda o a desecho, además de reponer la totalidad de los perfiles en mal estado al cliente.

El precio de venta del kilogramo de Metalcon es de aproximadamente \$565 y en éste se encuentra incluido el costo de traslado de material, el cual se calcula con respecto al peso teórico de éste.

Dentro de los registros de devoluciones de ésta empresa transportista se encontraron datos importantes para la investigación. Estos se pueden apreciar en la siguiente tabla, en donde se especifican las devoluciones realizadas durante el año 2013, es importante señalar que en el documento se encontraban devoluciones sin especificar los motivos, por lo tanto es posible que las devoluciones sean más de las que se señalan.

**Tabla 11 Devoluciones 2013. Metalcon.**

Pérdidas año 2013 por óxido blanco						
Carga [Kilos]	Costo despacho (\$/Kg)	Costo Total Despacho (X2) \$	Precio Kg Metalcon (\$)	Precio total carga (\$)	Total Pérdidas \$	Utilidad
927.36	6.15	11,407	565	523,958	535,365	-11,407
241.92	6.15	2,976	565	136,685	139,660	-2,976
10189.67	6.15	125,333	565	5,757,164	5,882,496	-125,333
18909.68	6.15	232,589	565	10,683,969	10,916,558	-232,589
2157.96	18.81	81,182	565	1,219,247	1,300,430	-81,182
<b>TOTAL</b>	32426.59	453,487		18,321,023	18,774,510	-453,487

De acuerdo a estos cálculos es posible señalar que las utilidades asociadas a estas ventas resultan ser negativas, debido a los costos en los que se debe incurrir para reponer los productos.

Si el total de las pérdidas se dividen por los kilos totales de estas devoluciones, se observa que por cada kilo de estos productos se pierden aproximadamente \$579, lo que supera el precio de venta de Metalcon.

Realizando el mismo ejercicio para el año 2014, se obtuvo la tabla a continuación, que sólo cuenta con datos hasta el mes de Junio. Sin embargo, suponiendo que el segundo semestre es similar al primero, el año completo queda aproximadamente en 16 millones en pérdidas, algo parecido a lo que ocurrió en el año 2013.

**Tabla 12 Devoluciones 2014, Metalcon.**

Pérdidas año 2014 por óxido blanco (hasta junio)						
Carga [Kilos ]	Costo despacho (\$/kg)	Costo Total Despacho (X2) \$	Precio Kg Metalcon (\$)	Precio total carga (\$)	Total Pérdidas	Utilidad
1999.8	18.81	75,232	565	1,129,887	\$ 1,205,119	-\$ 75,232
1015.92	18.81	38,219	565	573,995	\$ 612,214	-\$ 38,219
11267.42	6.15	138,589	565	6,366,092	\$ 6,504,682	-\$ 138,589
<b>TOTAL</b>	14283.14	252,041		8,069,974	\$ 8,322,015	-\$ 252,041

En el caso del año 2014 las pérdidas de Metalcon por kilogramo ascienden a \$582, lo que supera el precio de venta en casi \$20.

## 7.2 Costos de reparación

En el caso de que los perfiles ya se encuentren instalados en la construcción, y si el cliente lo decide así, se le entregan instrucciones para realizar ellos mismos la reparación de los productos.

Los datos encontrados de las pérdidas que involucran reparación de los perfiles no fueron muchos, ya que no existe un registro ordenado de lo que se ha perdido bajo este concepto. De los datos obtenidos se generó la siguiente tabla.

**Tabla 13 Reparaciones 2013 y 2014. Metalcon.**

Pérdidas por Reparaciones de Oxido Blanco 2013 – 2014									
Empresa	Obra	Fecha	Total facturado	m2	2	Aprox Kg en obra	\$/ (Kgf/m <sup>2</sup> )	\$/ kgf	Relación pérdida v/s precio metalcon
Axis	Alta Vista	Dic. 2013	20,309,974	454	0	13620	676,999	1,491	3
Axis	Alto del Bosque	Dic. 2013	39,964,324	1723	0	51690	1,332,144	773	1
Axis	Alto Magallanes	Dic. 2013	32,616,983	-	0	-	1,087,233	1,042	2
Socovesa	Alto Maipo	Abr. 2014	22,835,837	-	0	-	761,195	1,400	2

Estos datos fueron obtenidos gracias a facturas que los clientes hacen llegar a Cintac por la reparación de Metalcon, y los datos que se encuentran en estas, además del valor de la factura, son los metros cuadrados que componen la obra. Son casi 116 millones de pesos sólo en 4 reclamos (\$115.727.118).

El documento de “Cuantías Generales” muestra los cálculos para una vivienda construida con perfiles Metalcon. Indica cuántos Kgf del producto se necesitan por metro cuadrado construido, para una vivienda completa de dos pisos se necesitan entre 25 y 35 Kgf/m<sup>2</sup>, por lo que se ha usado 30 Kgf/m<sup>2</sup> en los cálculos, al ser todas las obras de casas de dos pisos.

Cabe destacar que los números en rojo son el resultado de una interpolación que se realizó ya que las facturas no indicaban la cantidad de metros cuadrados en los últimos dos casos.

En la última columna de la tabla se puede apreciar que el costo de reparación de los perfiles, por kilogramo, resulta ser hasta tres veces el precio de venta por kilogramo de Metalcon, lo que implica un impacto económico importante en las utilidades.

Las dos primeras obras fueron construidas en Puerto Montt, la tercera en Punta Arenas y la última en Temuco, estas zonas, según el mapa de la corrosión visto anteriormente, corresponden a la clasificación C3, en donde el recubrimiento puede durar de 12 a 31 años, dependiendo del tipo de recubrimiento que posea (Z120, Z180, Z275). Sin embargo, claramente el clima en estos lugares es más húmedo y, sumado a la mala calidad de almacenamiento que podría estar afectando, resulta lógico que los reclamos provengan de esta zona.

### **7.3 Propuestas**

Cada una de las propuestas señaladas posee costos asociados, a continuación se observan separadas por área de mejora:

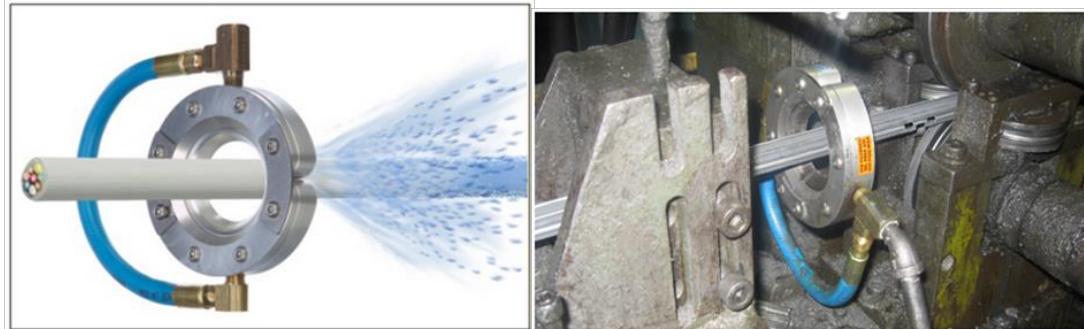
#### **7.3.1 Costo de propuestas en proceso de conformado**

Como es posible apreciar en el punto 6.2, en las propuestas referidas al proceso, todas tienen que ver con la emulsión:

El primero es simplemente reducir el caudal, por lo tanto no existen costos asociados a esta mejora.

La segunda propuesta referida a la emulsión corresponde a la implementación de una secadora en cada una de las máquinas, cuando finaliza el proceso de conformado y antes del corte de los perfiles. Se ha cotizado en dos empresas sistemas de aire muy parecidos, ambos funcionan con cuchillas de aire que, en dirección opuesta a la del movimiento del perfil, van eliminando el exceso de emulsión.

A continuación se observan imágenes de una de las máquinas cotizadas, el Anillo de Aire (o Ring Blade) de la empresa KMX, que genera un flujo laminar de aire en 360°, permitiendo la eliminación de restos de emulsión y cualquier tipo de contaminación que pudiera existir.



**Ilustración 46 Anillo de Aire Empresa KMX. Fuente: www.kmx.cl**

a su vez, arrastra una gran cantidad de aire circundante, ahorrando en aire y logrando que la recuperación de la inversión se logre en el corto plazo.

La empresa Versol ofrece una secadora a la que se le conecta un sistema de dos cuchillas de aire, un producto un poco menos completo que el anteriormente expuesto.

Las tablas a continuación muestran los costos asociados a la propuesta de la secadora.

**Tabla 14 Costos propuestas secadora.**

<b>VALOR DESECHO</b>	
VALOR VTA MQ	1.251.880
VALOR LIBRO	-876.316
RAI	375.564
IMPUESTO (20%)	-75112,8
RDI	300.451
VALOR LIBRO	876.316
VALOR DESECHO MQ	1.176.767

<b>COSTO SECADORA</b>	1.251.880
<b>COSTO TOTAL SECADORAS</b>	13.770.680

<b>VALOR DESECHO</b>	1.176.767
<b>VALOR DESECHO TOTAL</b>	12.944.439

<b>DEPRECIACION</b>	125.188
---------------------	---------

<b>DEPRECIACION ACUMULADA</b>	375.564
<b>EVALUACION PROYECTO</b>	3 AÑOS

<b>VALOR LIBRO</b>	876.316
VIDA UTIL	10 AÑOS
COSTO MAQ	1.251.880

En relación al costo anual de esta secadora, el único gasto que se sumaría a los actuales es el que corresponde al de la energía eléctrica, el que se detalla a continuación.

**Tabla 15 Costo total energía secadora.**

Costo Anual Energía por maq (\$)	172.480
Energía por 11 máquinas (\$)	1.897.280

**Tabla 16 Energía a utilizar con secadora.**

Energía Secadora	
kw/h	2,2
horas diarias	8
días al mes	20

La siguiente tabla resume los costos en los que se debe incurrir por concepto de las máquinas secadoras, se observa el costo de la inversión y el costo de la energía a consumir durante un año.

**Tabla 17 Resumen costos secadora.**

Total costos secadora	
Inversión	\$ 13.770.680
Costo energía anual	\$ 1.897.280
<b>Total</b>	<b>\$ 15.667.960</b>

La tercera propuesta, y última, tiene que ver con el aceite utilizado para fabricar la emulsión que se utiliza en las máquinas metalconeras. La empresa Sandsil recomienda la utilización del aceite Qwerl 531 Bio Sp (2302), en la tabla siguiente se observan los costos de inversión para utilizarlo. Se considera el costo de US\$4,95 por litro y el valor del dólar a \$713.

**Tabla 18 Inversión por concepto de aceite Sandsil.**

Costos de inversión en aceite por máquina					
Máquina	Volumen Pozo (L)	Cant Aceite (4%) L	Cant Aceite (8%) L	Costo Aceite 4% CLP	Costo Aceite al 8% CLP
2K	2000	80	160	\$ 282.348	\$ 564.696
40R	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
AM1	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
AM2	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
AT	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
ETNA	2500	100	200	\$ 352.935	\$ 705.870
Angulera 1	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
OTO202	2500	100	200	\$ 352.935	\$ 705.870
YODER1	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
YODER2	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
YODER3	1500	60	120	\$ 211.761	\$ 423.522
Total	19000	760	1520	\$ 2.682.306	\$ 5.364.612

Por otro lado, debido a las excesivas pérdidas de emulsión en la línea, la tabla siguiente muestra los costos de reponer el aceite, considerando 260 días hábiles.

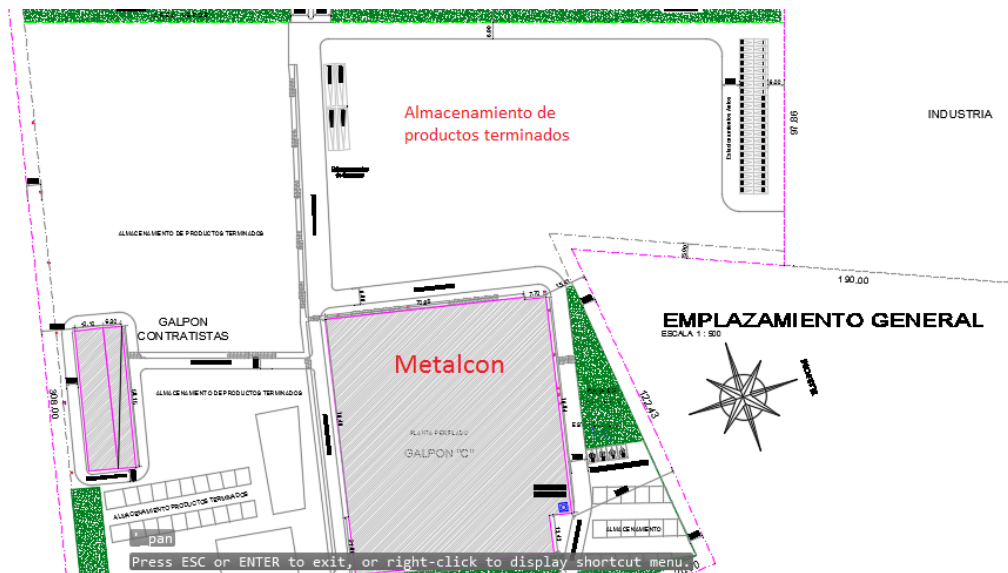
**Tabla 19 Costos diarios por pérdidas de emulsión.**

Costos diarios por pérdidas de emulsión en la línea							
		Aceite 4%(L)	Costo 4% diario \$	Aceite 8% (L)	Costo 8% diario \$	Costo anual 4% \$	Costo anual 8% \$
Relleno Diario Pozos (L)	1200	48	169.409	96	338.818	44.046.288	88.092.576
Relleno diario por máquina (L)	109,09	4,36	15.401	9	30.802	4.004.208	8.008.416

### 7.3.2 Costo de propuestas con respecto al almacenamiento

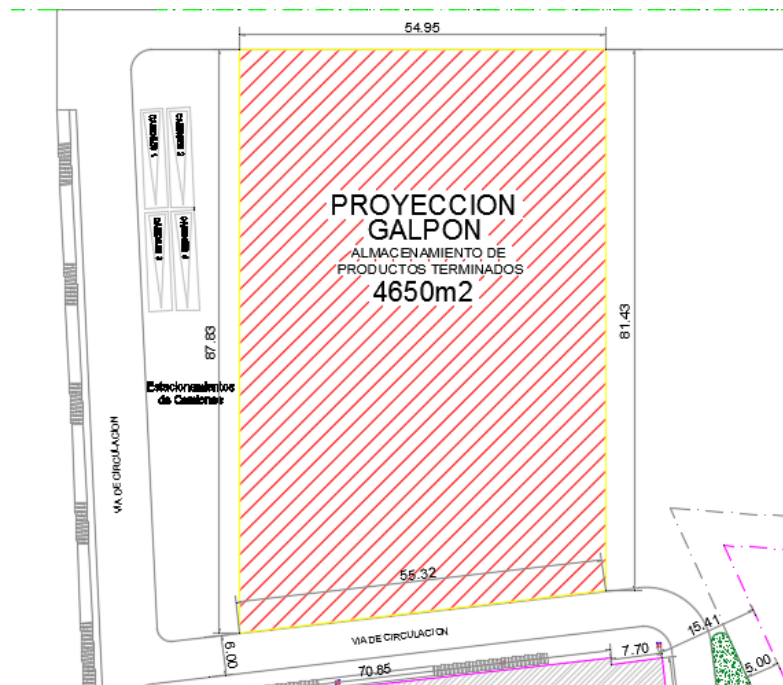
En cuanto al almacenamiento de los perfiles, primero se recomiendan buenas prácticas como las que indica la empresa Bosch, las que no constituyen un costo extra.

Por otro lado, para disminuir la exposición a los cambios bruscos de temperatura y al rocío, tan presente en el lugar de almacenamiento, se recomienda la construcción de un galpón en el mismo espacio en donde se encuentran actualmente "almacenados" los perfiles. En la siguiente imagen se observa el emplazamiento del terreno en donde se ubican los productos terminados de Metalcon, así como el galpón en donde se produce esta línea de productos.



**Ilustración 47 Emplazamiento actual terreno.**

La propuesta consiste en la construcción de un galpón exactamente en el mismo lugar en donde se encuentran actualmente los productos terminados, por lo tanto el emplazamiento resultaría como se observa a continuación.



**Ilustración 48** Ubicación galpón productos terminados. Fuente: emplazamiento Cintac, elab. propia.

La construcción de un galpón de tales magnitudes asciende a un monto aproximado de \$130.000.000, incluyendo un estudio de la mecánica de suelos que fue recomendado por las empresas constructoras.

### **7.3.3 Costos relacionados a la entrega de información**

En primer lugar, se recomienda agregar en la página web de la empresa, específicamente en donde se describen los productos Metalcon, un link al cual las personas puedan acceder y encuentren información referida a la mancha blanca de almacenamiento.

Es importante que se destaque el hecho de que ésta mancha no produce alteraciones en las propiedades mecánicas en los productos de acero galvanizado, por lo tanto es más bien un problema de tipo estético.

Chile | Peru

Especificadores Constructores Distribuidores Manufactura

**CINTAC** Empresa Inversionistas Productos Comunidad Cotiza Contacto

Productos

**Perfiles Metalcon®**

Compartir +3 Tweetear

El sistema constructivo METALCON® está compuesto por perfiles de acero galvanizado para distintas aplicaciones estructurales, de tabiques divisorios y construcción de cielos.

Las propiedades y ventajas del sistema Metalcon®, permiten una solución constructiva modular y de fácil ampliación. Millones de m2 construidos avalan su resistencia y funcionalidad.

Descargue nuestro material técnico:

- Catálogo Técnico 2014
- Catálogo Metalcon®
- Manual de Instalación Metalcon® Cielos
- Manual de Diseño Metalcon®
- Manual de Construcción Metalcon®

Informes Técnicos y Ensayos Metalcon®

Cotiza

Consulta

Información de la Mancha Blanca de Almacenamiento

Productos Relacionados

Cubiertas y Revestimientos Metalcon

**Ilustración 49** Página web con link de mancha blanca de almacenamiento. Elab. propia

El insertar un link en la página no posee un costo adicional, ya que en la empresa actualmente existe un área encargada de la actualización constante de la página.

Otra propuesta corresponde a entregar información detallada tanto a los clientes internos, como a los externos, especificando la manera más eficiente de almacenaje de estos productos.

En resumidas cuentas, los costos asociados a las propuestas son los siguientes:

**Tabla 20** Resumen costos de propuestas.

PROPUESTAS	VIDA UTIL	VALOR SALVAMENTO \$	COSTO ANUAL \$	COSTO IMPLEMENTACIÓN \$
SECADORA	10 AÑOS	12.944.439	1.897.280	13.770.680
PAG. WEB	NO APLICA	NO APLICA	valor actual se mantiene	NO APLICA
SOLUBLE	NO APLICA	NO APLICA	38.548.224	2.682.306
GALPON	20 AÑOS	NO APLICA	NO APLICA	130.000.000
Total			40.445.504	146.118.168

## 8 Escenario actual V/S Propuestas

En la siguiente tabla es posible observar los costos del proceso en general, por un lado se refleja el proceso sin modificación alguna, por otro, estos costos al implementar las propuestas señaladas.

**Tabla 21 Costos proceso actual V/S propuestas.**

Costos del proceso (anual)		
CONCEPTO	ACTUAL	CON PROPUESTA
MANO DE OBRA	2.151.669.702	2.151.669.702
ENERGIA	48.992.465	50.889.745
AGUA	0	0
ACEITE (emulsión)	14.400.000	44.046.288
	<b>\$ 2.215.062.167</b>	<b>\$ 2.246.605.735</b>

Se aprecia que el costo con respecto a la mano de obra no sufre alteraciones, ya que no es necesaria la contratación de personas para ninguna de las propuestas.

Por otro lado, el costo de la energía tiene un aumento inferior al 4% con respecto a la consumida actualmente.

El agua que se consume en la empresa proviene de un pozo, por lo tanto no se generan costos adicionales por este concepto.

Debido a que el secado de los perfiles al final de la línea no es óptimo, se genera un alto costo por concepto de relleno de pozo, el que corresponde a \$14.400.000 en la actualidad, aumentando en un 305,88% el costo del aceite. Si se disminuye la pérdida de la emulsión en un 75%, utilizando las secadoras en cada una de las máquinas, los costos anuales se disminuirían tal como se ve en la siguiente tabla. De tal manera, que si se utiliza el aceite en una concentración del 4%, el costo anual de rellenar los pozos con el nuevo aceite sería menor al costo actual (\$11.011.572).

**Tabla 22 Costos por pérdidas de emulsión actuales V/S propuesta secadora.**

Costos diarios por pérdidas de emulsión en la línea							
		Aceite 4%(L)	Costo 4% diario	Aceite 8% (L)	Costo 8% diario	Costo anual 4%	Costo anual 8%
Relleno Diario Pozos Metalcon (L)	1200	48	\$ 169.409	96	\$ 338.818	\$ 44.046.288	\$ 88.092.576
Relleno diario por máquina (L)	109	4,4	\$ 15.401	8,7	\$ 30.802	\$ 4.004.208	\$ 8.008.416
Relleno con secadora (disminuye en 75%)	300	12	\$ 42.352	24	\$ 84.704	\$ 11.011.572	\$ 22.023.144

Los costos de implementación de las propuestas se detallan a continuación:

**Tabla 23 Costos implementación por propuesta.**

Implementación	
PROPUESTAS	TOTAL
SECADORAS	<b>\$ 13.770.680</b>
PAG. WEB	<b>\$ 0</b>
SOLUBLE	<b>\$ 2.682.306</b>
GALPON	<b>\$ 130.000.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 146.452.986</b>

El monto que se observa en la propuesta de las secadoras incluye la compra de 11 máquinas, de modo que cada máquina metalconera posea su propia secadora.

Como fue señalado anteriormente, la página web no posee costo ya que existe actualmente en la empresa un área dedicada a la actualización constante de la página web.

Con respecto al soluble, el monto que se observa incluye el relleno de pozo de cada una de las máquinas.

Por último, el costo del galpón incluye la realización del estudio de la mecánica de suelos.

La siguiente tabla muestra la inversión de todas las propuestas comparadas con las pérdidas que hubo durante los años 2013 y 2014. En este caso la inversión representaría el 96.9% de las pérdidas señaladas.

**Tabla 24 Inversión propuestas V/S Pérdidas 2013 y 2014.**

TOTAL INVERSION PROPUESTAS	\$ 146.452.986
PÉRDIDAS 2013-2014 (DEV. Y REP)	\$ 151.145.658

Durante el año 2014 se fabricaron 34.559 toneladas de Metalcon, considerando que cada tonelada cuesta US\$680, significa un costo anual de US\$23.500.120, en pesos chilenos \$16.450.084.000

El precio de venta por kilogramo de Metalcon es de \$565, lo que significa que las 34.559 toneladas produjeron \$19.525.835.000, por lo tanto la diferencia entre las ventas y el costo es de \$3.075.751.000.

### **8.1 Flujo de caja**

Para evaluar estas propuestas de mejora en la empresa se ha elaborado un flujo de caja proyectado de acuerdo a la vida útil de éstas, en donde figuran los movimientos de caja y los desembolsos en los que se debe incurrir para que esta área de Cintac pueda producir, además de los impuestos correspondientes.

En este caso en particular, la única propuesta que presenta una vida útil es la referida a la compra de secadoras para el proceso productivo, y equivale a 10 años, por lo tanto ese será el horizonte en el que se realizará la evaluación.

FLUJO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
PRODUCCION (ton)	36.593	36.602	36.611	
PRECIO	560	560	560	
<b>INGRESOS (kg)</b>	<b>20.492.092.400</b>	<b>20.497.194.600</b>	<b>20.502.234.600</b>	
<b>EGRESOS</b>	<b>20.397.465.325</b>	<b>20.401.929.750</b>	<b>20.406.339.750</b>	
<b>COSTO DE LA MATERIA PRIMA</b>	<b>17.930.580.850</b>	<b>17.935.045.275</b>	<b>17.939.455.275</b>	
<b>COSTO DE ELABORACION DEL MATERIAL</b>	<b>2.151.669.702</b>	<b>2.151.669.702</b>	<b>2.151.669.702</b>	
<b>GASTOS GENERALES</b>	<b>173.901.317</b>	<b>173.901.317</b>	<b>173.901.317</b>	
DEPRECIACION SECADORA	1.377.068	1.377.068	1.377.068	
DEPRECIACION GALPON	6.500.000	6.500.000	6.500.000	
PAGOS Y MULTAS	133.436.388	133.436.388	133.436.388	
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO</b>	<b>94.627.075</b>	<b>95.264.850</b>	<b>95.894.850</b>	
Impuesto	20%	18.925.415	19.052.970	19.178.970
<b>RESULTADO DESPUES DE IMPUESTO</b>	<b>75.701.660</b>	<b>76.211.880</b>	<b>76.715.880</b>	
INVERSION	\$ 146.452.986			
DEPRECIACION SECADORA	1.377.068	1.377.068	1.377.068	
DEPRECIACION GALPON	6.500.000	6.500.000	6.500.000	
VALOR DE DESECHO SECADORA				
<b>FLUJO</b>	<b>-\$ 146.452.986</b>	<b>83.578.728</b>	<b>84.088.948</b>	<b>84.592.948</b>
VAN		78.657.355		
TIR		57%		

FLUJO	2013	2014	2015	2016	2017
PRODUCCION (ton)	36.611	36.620	36.629	36.638	36.647
PRECIO	560	560	560	560	560
<b>INGRESOS (kg)</b>	<b>20.502.234.600</b>	<b>20.507.274.600</b>	<b>20.512.314.600</b>	<b>20.517.354.600</b>	<b>20.522.394.600</b>
EGRESOS	20.406.339.750	20.410.749.750	20.415.159.750	20.419.569.750	20.423.979.750
COSTO DE LA MATERIA PRIMA	17.939.455.275	17.943.865.275	17.948.275.275	17.952.685.275	17.957.095.275
COSTO DE ELABORACION DEL MATERIAL	2.151.669.702	2.151.669.702	2.151.669.702	2.151.669.702	2.151.669.702
GASTOS GENERALES	173.901.317	173.901.317	173.901.317	173.901.317	173.901.317
DEPRECIACION SECADORA	1.377.068	1.377.068	1.377.068	1.377.068	1.377.068
DEPRECIACION GALPON	6.500.000	6.500.000	6.500.000	6.500.000	6.500.000
PAGOS Y MULTAS	133.436.388	133.436.388	133.436.388	133.436.388	133.436.388
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	95.894.850	96.524.850	97.154.850	97.784.850	98.414.850
Impuesto	20%	19.178.970	19.304.970	19.430.970	19.556.970
RESULTADO DESPUES DE IMPUESTO	76.715.880	77.219.880	77.723.880	78.227.880	78.731.880
INVERSION	\$ 146.452.986				
DEPRECIACION SECADORA	1.377.068	1.377.068	1.377.068	1.377.068	1.377.068
DEPRECIACION GALPON	6.500.000	6.500.000	6.500.000	6.500.000	6.500.000
VALOR DE DESECHO SECADORA					
<b>FLUJO</b>	<b>-\$ 146.452.986</b>	<b>84.592.948</b>	<b>85.096.948</b>	<b>85.600.948</b>	<b>86.104.948</b>
					<b>86.608.948</b>

FLUJO		AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
PRODUCCION (ton)		36.656	36.665	36.674
PRECIO		560	560	560
INGRESOS (kg)		20.527.434.600	20.532.474.600	20.537.514.600
EGRESOS		20.428.389.750	20.432.799.750	20.437.209.750
COSTO DE LA MATERIA PRIMA		17.961.505.275	17.965.915.275	17.970.325.275
COSTO DE ELABORACION DEL MATERIAL		2.151.669.702	2.151.669.702	2.151.669.702
GASTOS GENERALES		173.901.317	173.901.317	173.901.317
DEPRECIACION SECADORA		1.377.068	1.377.068	1.377.068
DEPRECIACION GALPON		6.500.000	6.500.000	6.500.000
PAGOS Y MULTAS		133.436.388	133.436.388	133.436.388
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		99.044.850	99.674.850	100.304.850
Impuesto	20%	19.808.970	19.934.970	20.060.970
RESULTADO DESPUES DE IMPUESTO		79.235.880	79.739.880	80.243.880
INVERSION	\$ 146.452.986			
DEPRECIACION SECADORA		1.377.068	1.377.068	1.377.068
DEPRECIACION GALPON		6.500.000	6.500.000	6.500.000
VALOR DE DESECHO SECADORA				12.944.439
<b>FLUJO</b>	<b>-\$ 146.452.986</b>	<b>87.112.948</b>	<b>87.616.948</b>	<b>101.065.387</b>

Con respecto al VAN, que corresponde a un indicador que mide los flujos de futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, y permite determinar si, al descontar la inversión inicial, queda alguna ganancia, en otras palabras si es rentable o no.

Si el VAN resulta ser mayor que cero, entonces el proyecto es viable. En este caso, este indicador arrojó la cifra de 53.657.355, por lo que se puede asegurar que las propuestas indicadas son viables.

El TIR corresponde a la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que el VAN sea igual a cero, y es la máxima tasa de descuento que puede tener un proyecto para que este sea conveniente

La tasa de interés que se aplicó para calcular los indicadores (VAN/TIR), corresponde al 36% anual.

## 9 Conclusiones

El trabajo desarrollado, consideró el problema de la oxidación del acero galvanizado en una empresa que comercializa productos de acero. Traduciéndose en millones de pérdidas al año, ya sea por reparación del producto o su completa reposición.

Los resultados de la investigación nos ayudan a concluir lo siguiente:

- Las principales causas son el almacenamiento, secado y soluble. Las menos significativas son el inventario y cambio de proveedor.
- En el proceso de Post-venta no existe una determinación de los reclamos válidos, ya que todos son atendidos dependiendo de lo que necesite; reparar o cambiar el producto.
- El análisis de agua indica que el cloruro presente es una amenaza para los metales, ya que la sal es altamente corrosiva.
- Los ensayos mecánicos reflejan que las muestras “óptimas y normales” poseen resultados parecidos en su tensión máxima y tensión de fluencia, por lo tanto las manchas blancas, no perjudican las propiedades mecánicas en estos casos. En cambio la muestra obtenida de la devolución está por debajo del escenario anterior, esto se atribuye a que el óxido presente en la probeta había llegado al acero base, lo que es sumamente perjudicial para el material. La muestra “normal” presento menor elongación, esto puede explicarse, puesto que la mancha blanca está compuesta por productos de la corrosión del zinc, que pueden entorpeceré esta característica.
- La mancha blanca de almacenamiento no perjudica las cualidades mecánicas en cuanto a la fluencia y tensión. Sin embargo, al existir cierta ignorancia con respecto al origen de ésta, se relaciona de forma errónea la estética del material con la eficiencia del material.

- Los análisis químicos de las muestras mencionadas anteriormente indican que la materia prima importada no es influyente en la generación del óxido, esto quiere decir que los proveedores cumplen con la norma establecida.
- Con respecto a las propuestas de mejora; la página web no posee costos extras asociados a su implantación, ya que la empresa actualmente incurre en estos gastos. Solo es necesario agregar a su estructura información con respecto a la mancha blanca de almacenamiento y el manual de recomendaciones.
- Solo posee vida útil la propuesta de la secadora, el galpón, pagina web y soluble solo requieren mantención.
- Las pérdidas en el año 2013 y 2014 por concepto de devoluciones fueron mayores a las ventas, generaron utilidades negativas.
- Las reparaciones en el año 2013 y 2014, provocaron pérdidas millonarias. Cabe mencionar que la empresa solo recibe la facturación por parte del cliente, el cual realiza el proceso por cuenta propia.
- Las pérdidas aproximadas, sin tener el detalle total de todas las notas de crédito realizadas, son de \$151.145.658 entre ambos años mencionados.
- El resultado del flujo económico, nos indica que la inversión del proyecto esta pagado en el segundo año de la puesta en marcha, debido a que lo que actualmente se desembolsa por conceptos de "multa" se estarían invirtiendo en estas propuestas.

## 10 Referencias bibliográficas y bibliografía

- [Biluribina13] Luis Bilurbina, Francisco Liesa, José Ignacio Iribarren. Corrosión y Protección. España: Ediciones UPC, 2013.
- [Coca92] Pedro Coca. Manual del Aluminio. España: Editorial Reverté S.A., 1992.
- [Gómez11] Tomás Gómez, Eduardo Agueda, José Luis García, José Martín. Mecanizado Básico para Electromecánica. España: Editorial Paraninfo, 2011.
- [Groover97] Mikell P. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, procesos y sistemas. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 1997.
- [Senner94] Adolf Senner. Principios de Electrotecnia. España: Editorial Reverté S.A., 1994.
- [Teijón06] J. M. Teijón, J. A. García, Y. Jiménez, I. Guerrero. La química en problemas. España: Editorial Tebar, 2006.
- [Frankel10] G. Frankel, G. Grundmeier, H McMurray, T. Shinohara. Coatings for Corrosion Protection. Estados Unidos: The Electrochemical Society, 2010.
- Biblioteca Digital del ILCE (Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa), México. La corrosión inducida por contaminación del agua: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/121/htm/sec\\_7.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/121/htm/sec_7.htm)
- Profesor en Línea, Chile. Concepto de Oxidación: <http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/Oxidacion.htm>
- Universidad de Chile, tesis: DUREZA EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL, IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN. ESTUDIO DE CASO: CHILE: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira\\_m/sources/neira\\_m.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf)
- UCORP, Gestión del Conocimiento, Bosch. Mancha de bodegaje en húmedo: [http://www.ucorp.cl/web\\_bbosch/galvanizado/doc/Mancha\\_de\\_bodegaje\\_en\\_humedo.pdf](http://www.ucorp.cl/web_bbosch/galvanizado/doc/Mancha_de_bodegaje_en_humedo.pdf)
- American Galvanizers Association (AGA), Corrosion Protection: <http://www.galvanizeit.org/corrosion/corrosion-protection>
- Asociación Latinoamericana de Zinc (LATIZA), Guía para Galvanizado en Caliente: <http://www.arquitecturaenacero.org/attachments/article/412/Guia-de-galvanizacal.pdf>
- Ingemecanica, Protección del Acero contra el Galvanizado (Tutorial N° 104): <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn104.html#seccion23>
- Construmática, Procedimiento de Galvanización en Caliente: [http://www.construmatica.com/construpedia/Procedimientos\\_de\\_Galvanizaci%C3%B3n\\_en\\_Caliente](http://www.construmatica.com/construpedia/Procedimientos_de_Galvanizaci%C3%B3n_en_Caliente)
- American Galvanizers Association, Continuous Sheet Galvanizing: <http://www.galvanizeit.org/corrosion/corrosion-protection/zinc-coatings/continuous-sheet-galvanizing>
- Proyecto Innova: Construcción de Mapas de Corrosividad Atmosférica de Chile, <http://www.mapadecorrosionatmosfericadechile.cl/>
- Nordic Galvanizers, Corrosion of zinc coatings: <http://www.nordicgalvanizers.com/foretag/Corrosion.htm>

- AZO materials, White rust prevention and cure: [http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1220#\\_Avoiding\\_White\\_Rust](http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1220#_Avoiding_White_Rust)
- Universidad de Santander, Colombia. Tesis: Estudio del comportamiento de un ambiente corrosivo con cloruros y sulfatos, sobre una lámina de acero galvanizado: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1346/2/137958.pdf>
- Latiza, Selección del Espesor del Recubrimiento (Masa o Peso) para Productos de Planchas de Acero Galvanizado: [http://latiza.com/archivos\\_publicar/galvinfo/GalvInfoNote1\\_6.pdf](http://latiza.com/archivos_publicar/galvinfo/GalvInfoNote1_6.pdf) y Plancha de acero recubierta con aleación de 55% Aluminio-Zinc: [http://latiza.com/archivos\\_publicar/galvinfo/GalvInfoNote1\\_4.pdf](http://latiza.com/archivos_publicar/galvinfo/GalvInfoNote1_4.pdf)
- Reporte técnico Cimcool, Control de la Corrosión Milacron Marketing Co. Technical Report No. J/N 00/52 Revisión: 2004-10-20. México.
- Asociación sudafricana de galvanizadores por inmersión en caliente, guías prácticas, galvanizado general por inmersión en caliente. datos a cerca de la galvanización por inmersión en caliente. LATIZA – HDGASA.
- Siderar, Recomendaciones de uso – Galvanizado: Almacenamiento, transporte y manipuleo. Abril 2004. Ferrocenter.com.ar.
- Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica. R. VERA, F. GUERRERO, D. DELGADO, R. ARAYA Evaluación de acero galvanizado estructural frente a la corrosión en atmósfera marina. Parte 1. Resultados después de 1 año de exposición. Revista de la Construcción, vol. 8, núm. 2, 2009, pp. 18-26, Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.

## Anexo I Metalconeras y sus productos

<b>YODER 1</b>			
<b>Producto</b>	<b>Esp, mm</b>	<b>Pt, kg/m</b>	<b>Vp, m/min</b>
TAB MONT ECO 38X38X5X0,50 MM	0,45	0,42	104
TAB MONT ESP 45X38X6X0,5	0,5	0,42	100
TAB CANAL NOR 61x20x,50	0,50	0,35	100
EST C 60x38x6x0,85MM	0,85	0,91	95
TAB CANAL ECO 39X20X0,5 MM	0,45	0,28	100
TAB CANAL ESP 46X20X0,5 MM	0,50	0,31	100
TAB CANAL NOR 61x20x,50	0,50	0,35	100

<b>YODER 2</b>			
<b>Producto</b>	<b>esp, mm</b>	<b>Pt, kg/m</b>	<b>Vp, m/min</b>
TAB MONT NOR 60X38X6X0,50 MM	0,45	0,55	100
TAB CANAL ECO 39X20X0,50 MM	0,45	0,28	100
TAB CANAL NOR 61X20X0,50 MM	0,50	0,35	100
EST C 2x3x0,85 60X38X6X0,85	0,85	0,94	100
EST U 2x3x0,85 62X25X0,85	0,85	0,71	100
EST OMEGA ECO 35X38X15X8X0,5	0,45	0,52	100
EST OMEGA NORMAL 35X38X15X8X0,85	0,85	0,96	100
MONTANTE ACUST NOR 60X38X6X0,5	0,45	SIN DATOS	100

<b>YODER 3</b>			
<b>Preproductos</b>	<b>esp, mm</b>	<b>Pt, kg/m</b>	<b>Vp, m/min</b>
ANGULO 20X20X2,00 MM	1,80	0,48	90
ANGULO 20X20X3,00 MM	2,74	0,73	90
ANGULO 25X25X2,00 MM	1,80	0,62	100
ANGULO 25X25X3,00 MM	2,74	0,92	100
ANGULO 30X30X2,00 MM	1,80	0,76	100
ANGULO 30X30X3,00 MM	2,74	1,16	100
ANGULO 40X40X2,00 MM	1,80	1,11	100
ANGULO 40X40X3,00 MM	2,74	1,59	100
ANGULO 50X50X2,00 MM	1,80	1,31	100
ANGULO 50X50X3,00 MM	2,74	2,00	100
EST ANGULO ESTAB 35X35X0,85 MM	0,85	0,46	100
EST ANGULO ESTAB 60X40X0,85	0,85	0,67	100

<b>PUMA</b>				
<b>Producto</b>	<b>Esp, mm</b>	<b>Pt, kg/m</b>	<b>Vp, m/min</b>	<b>Desarrollo</b>
EST ANGULO ESTAB 35X35X0,85 MM	0,85	0,47	73	70
ACC ANG PERF 30X30X0,40 MM	0,30	0,19	73	70
ACC ANG PERF ECO 25X25X0,40 MM	0,30	0,16	73	52
ACC ANG PERF 30X30X0,30 MM	0,30	0,14	73	60

<b>OTO - 202</b>			
<b>Producto</b>	<b>esp, mm</b>	<b>Pt, kg/m</b>	<b>Vp, m/min</b>
COSTAN 50X25X10X2,00 MM	2,00	1,53	100
CANAL 52X35X0,85	0,85	0,79	100
MARCO (4-02) 70X1,00 MM	1,00	1,06	80
MARCO (4-02) 70X1,50 MM	1,50	1,69	100
TAB MONT BAS 31x38x5x0,50	0,50	0,44	100
TAB MONT ECO 38X38X5X0,50 MM	0,50	0,47	100
TAB MONT ESP 45x38x6x0,50	0,50	0,45	100
TAB MONT NOR 60X38X6X0,50 MM	0,45	0,5	100
TAB CANAL BAS 32X20X0,50 MM	0,50	0,25	115
TAB CANAL ECO 39X20X,50 MM	0,50	0,25	100
TAB CANAL NOR 61x20x,50	0,50	0,35	117
TAB CANAL ESP 46X20X0,5 MM	0,50	0,31	100
EST C 60x38x6x0,85MM	0,85	0,94	120
EST C 40x38x8x0,85 MM	0,85	0,79	100
EST U 42x25x0,85 MM	0,85	0,55	100
EST U 2x3x0,85 62x25x0,85	0,85	0,71	130
EST U 92x30x0,85	0,85	0,98	100
EST OME ECO 35X38X15X8X0,5	0,50	0,52	125
EST OME NOR 35X38X15X8X0,85 MM	0,82	0,92	130
TAB MONT ESP 46x20x0,50	0,50		100
SEPARAD 53X39X2.0	2,00	1,55	100
SEPARAD 35x25x2,0 LISO	2,00	1,11	100
PERFIL 9157 30,3X17,2X4X1,50	1,50	1,12	100
PERFIL G9147 26X24,5X15X1,50 MM	1,50	1,38	100
PERF 0084 34,5X17,8X28X13X1,50 MM	1,50	1,38	100

<b>AMERICAN 1</b>			
<b>Producto</b>	<b>Esp, mm</b>	<b>Pt, kg/m</b>	<b>Vp, m/min</b>

TAB MONT ECO 38X38X5X0,50 MM	0,45	0,43	100
TAB MONT NOR 60X38X6X0,50 MM	0,45	0,50	90
TAB CANAL ECO 39X20X0,50 MM	0,45	0,27	100
TAB CANAL NOR 61X20X0,50 MM	0,45	0,30	100
EST C 2x3x0,85 60X38X6X0,85	0,85	0,95	100
EST C 2x4x0,85P 90X38X12X0,85	0,85	1,21	80
EST C 2x4x1,00P 90X38X12X1,00	1,00	1,42	80
EST C 2x5x0,85P 100X40X12X0,85	0,85	1,29	80
EST C 2x2x0,85 40X38X8X0,85	0,85	0,76	100
EST C 2x4x0,85 90X38X12X0,85	0,85	1,21	100
EST C 2x4x1,00 90X38X12X1,00	1,00	1,41	100
EST C 2x5x0,85 100X40X12X0,85	0,85	1,29	100
EST U 2x2x0,85 42X25X0,85	0,85	0,50	100
EST U 2x3x0,85 62X25X0,85	0,85	0,64	100
EST U 2x4x0,85 92X30X0,85	0,85	0,85	100
EST U 2X5X1,00 103X30X1,00	1,00	1,22	100
EST U 2x4x1,00 92X30X1,00	1,00	1,16	100
EST U 2x5x0,85 103X30X0,85	0,85	0,97	100

AMERICAN 2					
Producto	Esp, mm	Pt, kg/m	Vp, m/min	Línea	Línea
TAB MONT ECO 38X38X5X0,50 MM	0,45	0,43	130	N	normal
TAB MONT NOR 60X38X6X0,50 MM	0,45	0,50	130	P	perforado
TAB CANAL ECO 39X20X0,50 MM	SIN DATOS	SIN DATOS	SIN DATOS	N	normal
TAB CANAL NOR 61X20X0,50 MM	0,50	0,35	114	N	normal
EST C 2x3x0,85 60X38X6X0,85	0,85	0,90	114	N	normal
EST C 2x4x0,85P 90X38X12X0,85	0,85	1,07	130	P	perforado
EST C 2x4x1,00P 90X38X12X1,00	1,00	1,39	130	P	perforado
EST C 2x5x0,85P 100X40X12X0,85	0,85	1,19	130	P	perforado
EST C 2x5x1,00P 100X40X12X1,00	SIN DATOS	SIN DATOS	SIN DATOS	P	perforado
EST C 2x2x0,85 40X38X8X0,85	0,85	0,82	114	N	normal
EST C 2x4x0,85 90X38X12X0,85	0,85	1,26	114	N	normal
EST C 2x4x1,00 90X38X12X1,00	1,00	1,42	114	N	normal
EST C 2x5x0,85 100X40X12X0,85	0,85	1,29	114	N	normal
EST C 2x5x0,85 100X40X12X0,85	0,85	1,29	114	N	normal
EST C 2x5x1,00 100X40X12X1,00	1,00	1,52	114	N	normal
EST U 2x2x0,85 42x25x0,85mm	0,85			N	normal
EST U 2x3x0,85 62X25X0,85	0,85	0,71	114	N	normal
EST U 2x4x0,85 92X30X0,85	0,85	0,99	114	N	normal

EST U 2x4x1,00 92X30X1,00	1,00	1,16	114	N	normal
EST U 2x5x0,85 103X30X0,85	0,85	1,05	114	N	normal
EST U 2x5x1,00 103X30X1,00	1,00	1,24	114	N	normal

40 R			
Producto	Esp, mm	Pt, kg/m	Vp, m/min
PORTANTE 40R 40X18X10X0,50 MM	0,45	0,30	100

PORTANTE 40R 40X18X10X0,50 MM	0,45	0,30	115
PORTANTE 40R 40X18X10X0,50 MM	0,45	0,30	125

2 K				
Producto	esp, mm	Pt, kg/m	Vp, m/min	Desarrollo
ANGULO 20X20X2,00 MM	1,80	0,48	80	34
ANGULO 20X20X3,00 MM	2,74	0,73	100	33
ANGULO 25X25X2,00 MM	1,80	0,62	100	44
ANGULO 25X25X3,00 MM	2,94	0,93	100	43
ANGULO 30X30X2,00 MM	1,80	0,76	100	54
ANGULO 30X30X3,00 MM	2,74	1,14	100	53
ANGULO 40X40X2,00 MM	1,80	1,05	100	74
ANGULO 40X40X3,0 MM	2,74	1,57	100	73
ANGULO 50X50X2,00 MM	1,80	1,33	100	94
ANGULO 50X50X3,00 MM	2,74	2,02	100	93
EST ANGULO ESTAB 35X35X0,85 MM	0,85	0,47	100	70
ACC ANG PERF 30X30X0,40 MM	0,30	0,19	75	70
ACC ANG PERF ECO 25X25X0,40 MM	0,30	0,16	75	52
ACC ANG PERF 30X30X0,30 MM	0,30	0,14	75	60

AT			
Producto	Esp, mm	Pt, kg/m	Vp, m/min
Perfil AT 20x25x4x0,42	0,42	0,26	
Ángulo Refuerzo 190x40x1,0x4mt	1	1,81	
Refuerzo traslapo fijo I-290			

ETNA			
Producto	Esp, mm	Pt, kg/m	Vp, m/min
Est C 150x40x12x1,0 MM	1,0	1,90	60
ANG REF 190x40x1,0x4 MT	1,0	1,81	60
Est C150x40x12x0,85 MM	0,9	1,59	60
Est C 150x40x12x1,60 MM	1,6	3,01	60

EST U 153x30x1,00 MM	1,0	1,62	60
EST C 200X40X12X1,60 MM	1,6	3,60	60
EST U 92X50X0,85MM	0,9	1,27	60
EST U 203x30x1,00 MM	1,0	2,02	60

<b>ANGULERA</b>			
<b>Producto</b>	<b>esp, mm</b>	<b>Pt, kg/m</b>	<b>Vp, m/min</b>
ANGULO 40x40x3,00 MM	3,00	1,59	
ANGULO 50x50x3,00 MM	3,00	2,01	
ANGULO 65x65x3,00 MM	3,00	2,65	
ANGULO ESTAB 35x35x0,85 MM	0,85	0,47	
ANGULO ESTAB 60x40x0,85 MM	0,85	0,66	
ANGULO 20x20x3,00 MM	3,00	0,76	
TAB CANAL NOR 61X20X0,5	0,50	0,35	100
FL TAB CANAL ECO 39X20X,50	0,50	0,30	100
ANGULO 20X20X2,00 MM	2,00	0,48	
ANGULO 25X25X2,00 MM	2,00	0,62	
EST C 2X6X0,85 150X40X12X0,85	0,85	1,59	
ANGULO 25X25X3,00 MM	3,00	0,95	
ANGULO 30X30X2,00 MM	2,00	0,76	
ANGULO 30X30X3,00 MM	2,90	1,14	
ANGULO 40X40X2,00 MM	2,00	1,05	
ANGULO 50X50X2,00 MM	2,00	1,33	

## Anexo II Análisis de agua



N° Informe: 2724286  
 Fecha: 05/06/2014  
 Página: 1 de 2

### INFORME DE ENSAYO C000049 (Rev. N°3)

#### ANTECEDENTES CLIENTE

**Cliente** CINTAC S.A.I.C.  
**Unidad**  
**Dirección** Camino Melipilla 8920  
**RUT** 96705210-8

#### IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO

**Tipo Muestra** Agua Cruda  
**Programa de Control** Solicitud de Análisis general  
**Norma de Referencia** Sin Norma de referencia.

#### IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

**Nro Muestra:** 2724286  
**Descripción:** CINTAC, Muestra de agua cruda  
**Comuna:** Melipilla  
**Tipo Muestreo:** Muestreo por Cliente  
**Fecha Muestreo:** 26/05/2014 12:30  
**Responsable Muestreo:** CLIENTE

#### OBSERVACIONES

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Camilo Henríquez N°540, Puente Alto.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N°700, Puerto Montt
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Este Informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita de ANAM S.A.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- Para corroborar la validez busque este documento por N° de Informe en el sitio [www.anam.cl](http://www.anam.cl)

**Análisis Ambientales S.A.**  
 Av. Presidente Balmaceda 1398, Piso 5.  
 Santiago-Chile  
 Fono(56 2) 569 2230, fax:(56 2) 569 2297  
 R.U.T. 96.967.550-1



N° Informe: 2724287
Fecha: 05/06/2014
Página: 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO**  
C000049 (Rev. N°3)

---

**ANTECEDENTES CLIENTE**

<b>Cliente</b>	CINTAC S.A.I.C.
<b>Unidad</b>	
<b>Dirección</b>	Camino Melipilla 8920
<b>RUT</b>	96705210-8

---

**IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO**

<b>Tipo Muestra</b>	Agua Cruda
<b>Programa de Control</b>	Solicitud de Análisis general
<b>Norma de Referencia</b>	Sin Norma de referencia.

---

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

<b>Nro Muestra:</b>	2724287		
<b>Descripción:</b>	CINTAC, Muestra de agua cruda		
<b>Comuna:</b>	Melipilla		
<b>Tipo Muestreo:</b>	Muestreo por Cliente	<b>Responsable Muestreo:</b>	CLIENTE
<b>Fecha Muestreo:</b>	26/05/2014 12:17		

---

**OBSERVACIONES**

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Camilo Henríquez N°540, Puente Alto.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N°700, Puerto Montt.
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Este informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita de ANAM S.A.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- Para corroborar la validez busque este documento por N° de Informe en el sitio [www.anam.cl](http://www.anam.cl)



N° Informe: 2724288
Fecha: 05/06/2014
Página: 1 de 2

### **INFORME DE ENSAYO**

C000048 (Rev. N°3)

#### **ANTECEDENTES CLIENTE**

<b>Cliente</b>	CINTAC S.A.I.C.
<b>Unidad</b>	
<b>Dirección</b>	Camino Melipilla 8920
<b>RUT</b>	96705210-8

#### **IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO**

<b>Tipo Muestra</b>	Agua Cruda
<b>Programa de Control</b>	Solicitud de Análisis general
<b>Norma de Referencia</b>	Sin Norma de referencia.

#### **IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

<b>Nro Muestra:</b>	2724288		
<b>Descripción:</b>	CINTAC, Muestra de agua cruda		
<b>Comuna:</b>	Melipilla		
<b>Tipo Muestreo:</b>	Muestreo por Cliente	<b>Responsable Muestreo:</b>	CLIENTE
<b>Fecha Muestreo:</b>	26/05/2014 12:10		

#### **OBSERVACIONES**

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Camilo Henríquez N°540, Puente Alto.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N°700, Puerto Montt
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Este informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita de ANAM S.A.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- Para corroborar la validez busque este documento por N° de Informe en el sitio [www.anam.cl](http://www.anam.cl)

**Análisis Ambientales S.A.**  
 Av. Presidente Balmaceda 1398, Piso 5.  
 Santiago-Chile  
 Fono(56 2) 569 2230, fax:(56 2) 569 2297  
 R.U.T. 96.967.550-1



N° Informe: 2724291
Fecha: 05/06/2014
Página: 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO**  
C000049 (Rev. N°3)

---

**ANTECEDENTES CLIENTE**

<b>Cliente</b>	CINTAC S.A.I.C.
<b>Unidad</b>	
<b>Dirección</b>	Camino Melipilla 8920
<b>RUT</b>	96705210-8

---

**IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO**

<b>Tipo Muestra</b>	Agua Cruda
<b>Programa de Control</b>	Solicitud de Análisis general
<b>Norma de Referencia</b>	Sin Norma de referencia.

---

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

<b>Nro Muestra:</b>	2724291		
<b>Descripción:</b>	CINTAC, Muestra de agua cruda		
<b>Comuna:</b>	Melipilla		
<b>Tipo Muestreo:</b>	Muestreo por Cliente	<b>Responsable Muestreo:</b>	CLIENTE
<b>Fecha Muestreo:</b>	26/05/2014 12:18		

---

**OBSERVACIONES**

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Camilo Henríquez N°540, Puente Alto.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N°700, Puerto Montt.
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Este informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita de ANAM S.A.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- Para corroborar la validez busque este documento por N° de Informe en el sitio [www.anam.cl](http://www.anam.cl)



N° Informe: 2724296
Fecha: 05/06/2014
Página: 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO**  
C000049 (Rev. N°3)

---

**ANTECEDENTES CLIENTE**

<b>Cliente</b>	CINTAC S.A.I.C.
<b>Unidad</b>	
<b>Dirección</b>	Camino Melipilla 8920
<b>RUT</b>	96705210-8

---

**IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO**

<b>Tipo Muestra</b>	Agua Cruda
<b>Programa de Control</b>	Solicitud de Análisis general
<b>Norma de Referencia</b>	Sin Norma de referencia.

---

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

<b>Nro Muestra:</b>	2724296		
<b>Descripción:</b>	CINTAC, Muestra de agua cruda		
<b>Comuna:</b>	Melipilla		
<b>Tipo Muestreo:</b>	Muestreo por Cliente	<b>Responsable Muestreo:</b>	CLIENTE
<b>Fecha Muestreo:</b>	26/05/2014 12:00		

---

**OBSERVACIONES**

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Camilo Henríquez N°540, Puente Alto.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N°700, Puerto Montt.
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Este informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita de ANAM S.A.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- Para corroborar la validez busque este documento por N° de Informe en el sitio [www.anam.cl](http://www.anam.cl)



N° Informe: 2724308
Fecha: 05/06/2014
Página: 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO**  
C000049 (Rev. N°3)

---

**ANTECEDENTES CLIENTE**

<b>Cliente</b>	CINTAC S.A.I.C.
<b>Unidad</b>	
<b>Dirección</b>	Camino Melipilla 8920
<b>RUT</b>	96705210-8

---

**IDENTIFICACIÓN DEL ENSAYO**

<b>Tipo Muestra</b>	Agua Cruda
<b>Programa de Control</b>	Solicitud de Análisis general
<b>Norma de Referencia</b>	Sin Norma de referencia.

---

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

<b>Nro Muestra:</b>	2724308		
<b>Descripción:</b>	CINTAC, Muestra de agua cruda		
<b>Comuna:</b>	Melipilla		
<b>Tipo Muestreo:</b>	Muestreo por Cliente	<b>Responsable Muestreo:</b>	CLIENTE
<b>Fecha Muestreo:</b>	26/05/2014 10:20		

---

**OBSERVACIONES**

- Acreditado INN LE 111 - LE 112 - LE 651 - LE 652 - LE 773 para ANAM Santiago; Av. Camilo Henríquez N°540, Puente Alto.
- Acreditado INN LE 147 - LE 148 para ANAM sede Puerto Montt; Pte. Ibañez N°700, Puerto Montt.
- Los resultados informados sólo son válidos para las muestras ensayadas.
- Este informe de ensayo no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita de ANAM S.A.
- Documento firmado electrónicamente de acuerdo al estándar de la Ley 19.799.
- Para corroborar la validez busque este documento por N° de Informe en el sitio [www.anam.cl](http://www.anam.cl)

## Anexo III Ensayos Mecánicos y Químicos de muestras Metalcon.



ASES.ING.INSPECC. LTDA.  
Laboratorio Mecánico

### INFORME DE ENSAYO MECANICO

OT :	890010427	INFORME :	M 150106-0083	Pág. :	1 de 1
------	-----------	-----------	---------------	--------	--------

Cliente :	CINTAC S.A.				
Dirección :	Camino a Melipilla N° 6920, Maipú, Santiago - Chile				
Metal Base o muestra :	Normal				
Muestras Ensayadas :	01				
Ensayo Solicitado :	Tracción	Fecha de Ensayo :	06-ene-15		
Solicitante :	Sr. Claudio Santos	Fecha Emisión de Informe :	06-ene-15		
Solicitud de trabajo :	462				

Método o Norma utilizada :	ASTM E8 / E8M - 08 - Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.				
Condiciones Ambientales :	Temperatura	76,5	°C.		
	Humedad Ambiente	33	% HR.		

#### RESULTADOS

#### ENSAYO DE TRACCIÓN (PROBETA PLANA)

ID. Muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área Inicial (mm <sup>2</sup> )	Carga Fluencia 0,2% Det. (kgf)	Carga máxima (kgf)	Tensión Fluencia 0,2% Det.		Tensión Máxima		Elong. (%) 50 mm.
						(kg/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kg/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	
NOR.	12,47	0,72	8,93	382	442	42,76	419,29	48,47	485,15	22,20

- Realizado por: Manuel Flores Villagra

#### Nota

- Los resultados obtenidos son válidos sólo para las muestras ensayadas y entregadas por el cliente.
- Este Informe no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- La identificación de metal base, es proporcionada por el cliente.
- El ensayo se efectúa en máquina de tracción marca INSTRON mod. 4486 con capacidad máx. 30 toneladas (Certificado de calibración N° 2013-SMI-45053F, con fecha 14 de Agosto de 2014, según SIM).
- El dimensionamiento de las probetas se efectúa con Pie de metro calibreo (Certificado de calibración N° 2014-SMI-45112L).
- Condiciones ambientales del laboratorio controladas por Termohigrómetro Extech TH437 (Certificado de calibración N° 2014-SMI-42699H).

Nuestro laboratorio se encuentra acreditado por el INN según NCh-ISO 17025 Of.2005 como laboratorio de ensayo a materiales metálicos (N° Acreditación LE 099), en tracción según ASTM E8, en Impacto Charpy según ASTM E23, en dureza Brinell según ASTM A956 y en dureza Rockwell C según ASTM E18.

  
Ing. Manuel Flores V.  
Ingeniero Mecánico



 Claudio Martínez  
CWI 11120401  
QC1 EXP. 12/1/2017

  
Claudia Martínez H.  
Jefe CETI Inspecciones

**INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO**
**OT : 890016428      INFORME : Q150119-6987      Página : 1 de 1**

<b>Ciente</b>	: CINTAC	<b>Muestras Ensayadas</b>	: 01
<b>Dirección</b>	: Camino a Melipilla 8920, Maipú	<b>Fecha Término de Ensayo</b>	: diciembre 30, 2014
<b>Muestra</b>	: Trozo de placa	<b>Fecha Emisión de Informe</b>	: enero 19, 2015
<b>Ensayo solicitado</b>	: Químico		
<b>Solicitante</b>	: Sr. Claudio Santos		

<b>Método o Norma utilizada</b>	: Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X. Norma ASTM E572-06 Carbono y Azufre Elemental. Norma ASTM 1019-11 Método A.
<b>Condiciones Ambientales</b>	: Temperatura            20,4 ± 0,5 °C. Humedad Ambiente    50,0 ± 5,0% HR.

**RESULTADOS**

Id Muestra	Composición (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V
Normal	0,065	0,150	0,157	0,019	0,010	0,003	0,006	0,022	0,067	0,001

**Observaciones : Fe: Resto**
**Nota**

- > Los resultados obtenidos son válidos sólo para la muestra ensayada la cual fue proporcionada por el cliente.
- > Este informe NO puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- > Análisis de Carbono y Azufre Elemental determinado en equipo Leco Modelo CS-200.
- > Análisis de elementos determinado mediante Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X en equipo Bruker Modelo S4 Pioneer
- > **Nuestro laboratorio se encuentra acreditado por el INN según Norma NCh ISO 17025 como Laboratorio de ensayos a materiales metálicos (Nº Acreditación LE098)**



**Roberto Díaz L.**  
Analista Químico




**José Lecea Caro**  
Gerente CETI

Camino a Melipilla 7060, Cerrillos Santiago-Chile. Teléfono: 56-2-5303171, Fax: 56-2-5303176

**INFORME DE ENSAYO MECANICO**

OT :	890016427	INFORME :	M.150106-0004	Pág. :	1 de 1
------	-----------	-----------	---------------	--------	--------

Cliente :	CINTAC S.A.				
Dirección :	Camino a Melipilla Nº 8920, Maipú; Santiago - Chile				
Metal Base o muestra :	Óptimo				
Muestras Ensayadas :	01				
Ensayo Solicitado :	Tracción	Fecha de Ensayo :	06 ene-15		
Solicitante :	Sr. Claudio Santos	Fecha Emisión de Informe :	06-ene-15		
Solicitud de trabajo :	482				

Método o Norma utilizada :	ASTM E8 / E8M - 08 - Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.				
Condiciones Ambientales :	Temperatura	26,5	°C		
	Humedad Ambiente	33	% HR		

**RESULTADOS**
**ENSAYO DE TRACCIÓN (PROBETA PLANA)**

ID. Muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área Inicial (mm <sup>2</sup> )	Carga Fluencia 0,2% Det. (kgf)	Carga máxima (kgf)	Tensión Fluencia 0,2% Det.		Tensión Máxima		Elong. (% 60 mm.)
						(kgf/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	
OPT.	12,50	0,70	8,75	373	427	42,63	418,04	48,80	478,58	31,00

- Realizado por: Manuel Flores Villagra

**Nota**

- Los resultados obtenidos son válidos sólo para las muestras ensayadas y entregadas por el cliente.
- Este informe no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- La identificación del metal base, es proporcionado por el cliente.
- El ensayo se efectúa en máquina de tracción marca INSTRON mod. 1136 con capacidad máx. 30 toneladas (Certificado de calibración Nº 2013-SMI-45053F, con fecha 14 de Agosto de 2014, según SIM).
- El dimensionamiento de las probetas se efectúa con Pie de metro calibrado (Certificado de calibración Nº 2014 SMI-45112L).
- Condiciones ambientales del laboratorio controladas por Termohigrómetro Extech TH-437 (Certificado de calibración Nº 2014 SMI-43695H).

Nuestro laboratorio se encuentra acreditado por el INN según NCh-ISO 17025 Of.2005 como laboratorio de ensayo a materiales metálicos (Nº Acreditación LE 099), en tracción según ASIM E8, en impacto Charpy según ASTM E23, en dureza móvil según ASTM A956 y en dureza Rockwell C según ASTM E18.


 Claudio Martínez  
 CMI 11120401  
 OC1 EXP. 12/1/2017


 Ing. Manuel Flores V.  
 Analista Mecánico


 Claudio Martínez H.  
 Jefe CETI Inspecciones

**INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO**
**OT : 890016428      INFORME :      Q150119-6988      Página : 1 de 1**

<b>Cliente</b> : CINTAC	<b>Muestras Ensayadas</b> : D1
<b>Dirección</b> : Camino a Melipilla 8920, Maipú	<b>Fecha Término de Ensayo</b> : diciembre 30, 2014
<b>Muestra</b> : Trozo de placa	<b>Fecha Emisión de Informe</b> : enero 19, 2015
<b>Ensayo solicitado</b> : Químico	
<b>Solicitante</b> : Sr. Claudio Santos	

**Método o Norma utilizada** : Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X. Norma ASTM E572-06  
 Carbono y Azufre Elemental. Norma ASTM 1019-11 Método A.

**Condiciones Ambientales** : Temperatura 20,4 ± 0,5 °C.  
 Humedad Ambiente 50,0 ± 5,0% HR.

**RESULTADOS**


Id Muestra	Composición (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V
Optimo	0,180	0,029	0,260	0,017	0,004	0,031	0,006	0,016	0,066	0,002

**Observaciones : Fe: Resto**
**Nota**

- > Los resultados obtenidos son válidos sólo para la muestra ensayada la cuál fue proporcionada por el cliente.
- > Este informe NO puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- > Análisis de Carbono y Azufre Elemental determinado en equipo Leco Modelo CS-200.
- > Análisis de elementos determinado mediante Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X en equipo Bruker Modelo S4 Pioneer
- > **Nuestro laboratorio se encuentra acreditado por el INN según Norma NCh ISO 17025 como Laboratorio de ensayos a materiales metálicos (Nº Acreditación LE098)**



**Roberto Díaz L.**  
 Analista Químico

**José Lecea Caro**  
 Gerente Ct. I

Camino a Melipilla 7060, Cerrillos Santiago-Chile. Teléfono: 56-2-5303171, Fax: 56-2-5303176

**INFORME DE ENSAYO MECANICO**

OT :	890016427	INFORME :	M 150106-0005	Pág. :	1 de 1
------	-----------	-----------	---------------	--------	--------

Cliente :	CINTAC S.A.				
Dirección :	Comiro o Melipilla N° 6920, Maipú; Santiago - Chile				
Metal Base o muestra :	Devolución				
Muestras Ensayadas :	01				
Ensayo Solicitado :	Tracción		Fecha de Ensayo :	06-nov-15	
Solicitante :	Sr. Claudio Santos		Fecha Emisión de Informe :	06-nov-15	
Solicitud de trabajo :	482				

Método o Norma utilizada :	ASTM E8 / E8M - 08 – Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.				
Condiciones Ambientales :	Temperatura	26,5	°C		
	Humedad Ambiente	33	% HR		

**RESULTADOS**
**ENSAYO DE TRACCIÓN (PROBETA PLANA)**

ID. Muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área Inicial (mm <sup>2</sup> )	Carga Fluencia 0,2% Def. (kgf)	Carga máxima (kgf)	Tensión Fluencia 0,2% Def.		Tensión Máxima		Elong. (%) 40 mm.
						(kgf/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(kgf/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	
DEV.	12,52	0,60	7,51	224	290	29,83	292,50	38,62	378,69	27,60

 - Realizado por: **Manuel Flores Villagra**
**Nota**

- Los resultados obtenidos son válidos sólo para las muestras ensayadas y entregadas por el cliente.
- Este informe no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- La identificación del metal base, es proporcionada por el cliente.
- El ensayo se efectúa en máquina de tracción marca INSTRON mod. 4486 con capacidad máx. 30 toneladas (Certificado de calibración N° 2013 SMI 45053F, con fecha 14 de Agosto de 2014, según SIM).
- El dimensionamiento de las probetas se efectúa con Ho de metro calibre (Certificado de calibración N° 2014-SMI-45112L).
- Condiciones ambientales del laboratorio controladas por Termohigrómetro Extect TH437 (Certificado de calibración N° 2014-SMI-4369981).

Nuestro laboratorio se encuentra acreditado por el INN según NCh-ISO 17025 Of.2005 como laboratorio de ensayo a materiales metálicos (N° Acreditación LE 099), en tracción según ASTM E8, en Impacto Charpy según ASTM E23, en dureza móvil según ASTM A956 y en dureza Rockwell C según ASTM E18.



**Ing. Manuel Flores V.**  
 Analista Mecánico




Claudio Martínez  
 CWI 11120401  
 QC1 EXP. 12/1/2017



**Claudio Martínez H.**  
 Jefe CETI Inspecciones

### INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

OT : 890016428      INFORME : Q150119-6989      Página : 1 de 1

<b>Cliente</b> :	CINTAC	<b>Muestras Ensayadas</b> :	01
<b>Dirección</b> :	Camino a Melipilla 8920, Maipú	<b>Fecha Término de Ensayo</b> :	diciembre 30, 2014
<b>Muestra</b> :	Trozo de placa	<b>Fecha Emisión de Informe</b> :	enero 19, 2015
<b>Ensayo solicitado</b> :	Químico		
<b>Solicitante</b> :	Sr. Claudio Santos		

**Método o Norma utilizada** : Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X. Norma ASTM E572-06  
 Carbono y Azufre Elemental. Norma ASTM 1019-11 Método A.

**Condiciones Ambientales** : Temperatura 20,1 ± 0,5 °C.  
 Humedad Ambiente 50,0 ± 5,0% HR.

#### RESULTADOS

Id Muestra	Composición (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	V
Devolución	0,061	0,011	0,278	0,012	0,007	0,001	0,008	0,009	0,069	0,001

**Observaciones** : Fe: Resto

#### Nota

- > Los resultados obtenidos son válidos sólo para la muestra ensayada la cuál fue proporcionada por el cliente.
- > Este informe NO puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- > Análisis de Carbono y Azufre Elemental determinado en equipo Leco Modelo CS-200.
- > Análisis de elementos determinado mediante Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X en equipo Bruker Modelo 54 Pioneer
- > **Nuestro laboratorio se encuentra acreditado por el INN según Norma NCh ISO 17025 como Laboratorio de ensayos a materiales metálicos (Nº Acreditación LE098)**

  
 Roberto Díaz L.  
 Analista Químico



  
 José Lecca-Caro  
 Gerente CETI

Camino a Melipilla 7060, Cerrillos Santiago-Chile. Teléfono: 56-2-5303171, Fax: 56-2-5303176





## Anexo VI Cuantías generales para cálculo de vivienda.



### Cuantías Estimadas para el Cálculo de una Vivienda

- Se considera toda la estructura de una vivienda materializada en perfiles galvanizados **METALCON**.
- Pie derecho a 40 cm.

### MUROS SOPORTANTES

q1 = 7.0 a 8.0 Kgf/m<sup>2</sup> (m<sup>2</sup> = Superficie Muro)  
q2 = 8.0 a 9.0 Kgf/m<sup>2</sup>

### MURO NO SOPORTANTE

Tabique (Muro Soportante Alineado y Estabilizado) = q = 5.0 Kgf/m<sup>2</sup>

Envigado de Piso = q = 10 Kgf/m<sup>2</sup>

### CUBIERTA

**CERCHAS** q = 5.5 a 7.0 Kgf/m<sup>2</sup>

**COSTANERAS** q = 3.0 a 4.5 Kgf/m<sup>2</sup>

**En Conjunto cercha y costaneras** 8.5 a 11.5 Kgf/m<sup>2</sup>

### VIVIENDA COMPLETA

q1 = 15 a 20 Kgf/m<sup>2</sup> (m<sup>2</sup> = Superficie Construida en un piso)

q2 = 25 a 35 Kgf/m<sup>2</sup> (m<sup>2</sup> = Superficie Construida en dos pisos)

q1 = Cuantía Vivienda de un Piso

q2 = Cuantía Vivienda de dos Pisos

Cintac S.A – Centro de atención a clientes - Sepúlveda Leyton 3172 – Santiago

Fono: 4849415 – Fax: 4849430

Web: [www.cintac.cl](http://www.cintac.cl) – email: [cac@cintac.cl](mailto:cac@cintac.cl)

# Apéndice I Norma A653/653M Galvanizado



Designation: A653/A653M – 09

## Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process<sup>1</sup>

This standard is issued under the fiscal designation A653/A653M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

### 1. Scope<sup>2</sup>

1.1 This specification covers steel sheet, zinc-coated (galvanized) or zinc-iron alloy-coated (galvannealed) by the hot-dip process in coils and cut lengths.

1.2 The product is produced in various zinc or zinc-iron alloy-coating weights (masses) or coating designations as shown in Table 1 and in Table S2.1.

1.3 Product furnished under this specification shall conform to the applicable requirements of the latest issue of Specification A924/A924M, unless otherwise provided herein.

1.4 The product is available in a number of designations, grades and classes in four general categories that are designed to be compatible with different application requirements.

1.4.1 Steels with mandatory chemical requirements and typical mechanical properties.

1.4.2 Steels with mandatory chemical requirements and mandatory mechanical properties.

1.4.3 Steels with mandatory chemical requirements and mandatory mechanical properties that are achieved through solid-solution or case hardening.

1.5 This specification is applicable to orders in either inch-pound units (as A653) or SI units (as A653M). Values in inch-pound and SI units are not necessarily equivalent. Within the text, SI units are shown in brackets. Each system shall be used independently of the other.

1.6 Unless the order specifies the "M" designation (SI units), the product shall be furnished to inch-pound units.

1.7 The text of this specification references notes and footnotes that provide explanatory material. These notes and footnotes, excluding those in tables and figures, shall not be considered as requirements of this specification.

1.8 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A05 on Metallic-Coated Iron and Steel Products and is the direct responsibility of Subcommittee A05.11 on Sheet Specifications.

Current edition approved May 1, 2009. Published June 2009. Originally approved in 1994. Last previous edition approved in 2008 as A653/A653M – 08. DOI: 10.1520/A0553\_A053M-09

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:<sup>2</sup>

A90/A90M Test Method for Weight [Mass] of Coating Iron and Steel Articles with Zinc or Zinc-Alloy Coat

A370 Test Methods and Definitions for Mechanical Tests of Steel Products

A568/A568M Specification for Steel, Sheet, Carbon, Structural, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled Cold-Rolled, General Requirements for

A902 Terminology Relating to Metallic-Coated Steel Products

A924/A924M Specification for General Requirements Steel Sheet, Metallic-Coated by the Hot-Dip Process

D7596 Guide for Preparation of New, Continuous Zinc-Coated (Galvanized) Steel Surfaces for Painting

E517 Test Method for Plastic Strain Ratio  $r$  for Sheet

E646 Test Method for Tensile Strain-Hardening Exponent ( $n$ -Values) of Metallic Sheet Materials

#### 2.2 ISO Standards:<sup>3</sup>

ISO 3575 Continuous Hot-Dip Zinc-Coated Carbon Steel Commercial and Drawing Qualities

ISO 4598 Continuous Hot-Dip Zinc-Coated Carbon Steel Structural Quality

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—See Terminology A902 for definitive general terminology relating to metallic-coated hot-dip products.

#### 3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *bake hardenable steel, n*—steel sheet in which significant increase in yield strength is realized when moisture heat treatment, such as that used for paint baking, folding or cold working.


3.2.2 *differentially coated, n*—galvanized steel sheet in a specified "coating designation" on one surface and a significantly lighter specified "coating designation" on the other surface.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For Annual Book of Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>3</sup> Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2900, in the States.


**A653/A653M - 09**
**TABLE 1 Weight [Mass] of Coating Requirements<sup>A,4,C</sup>**

<sup>A</sup>Use the information provided in 8.1.3 to obtain the approximate coating thickness from the coating weight [mass]

Minimum Requirement <sup>B</sup>					
		Triple-Spot Test		Single Spot Test	
Inch-Pound Units					
Type	Coating Designation	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>	One Side, oz/ft <sup>2</sup>	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>	
carbon steel	G31	no minimum	no minimum	no minimum	
	G30	0.30	0.10	0.25	
	G40	0.40	0.12	0.30	
	G50	0.60	0.20	0.50	
	G60	0.80	0.26	0.60	
	G100	1.00	0.36	0.80	
	G110	1.15	0.40	1.00	
	G140	1.40	0.46	1.20	
	G165	1.65	0.54	1.40	
	G185	1.85	0.61	1.60	
	G210	2.10	0.72	1.80	
	G235	2.35	0.80	2.00	
	G300	3.00	1.04	2.60	
	G360	3.60	1.26	3.20	
	zinc alloy	A01	no minimum	no minimum	no minimum
		A76	0.25	0.08	0.20
A40		0.40	0.12	0.50	
A50		0.60	0.20	0.50	
SI Units					
Type	Coating Designation	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>	One Side, g/m <sup>2</sup>	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>	
carbon steel	Z501	no minimum	no minimum	no minimum	
	Z40	96	33	75	
	Z150	119	38	96	
	Z180	180	63	150	
	Z275	275	94	235	
	Z305	305	113	275	
	Z350	350	123	300	
	Z450	450	154	385	
	Z500	500	173	425	
	Z550	550	183	475	
	Z600	600	204	510	
	Z700	700	238	595	
	Z900	900	315	795	
	Z1100	1100	383	975	
	zinc alloy	ZF001	no minimum	no minimum	no minimum
		ZF75	75	25	60
ZF120		120	38	90	
ZF180		180	63	150	

The coating designation is the term by which the minimum triple spot, total both sides coating weight [mass] is specified. Because of the many variables and changing conditions that are characteristic of continuous hot-dip coating lines, the zinc or zinc-iron alloy coating is not always evenly divided between the two surfaces of a coated piece, nor is it always evenly distributed from edge to edge. However, the minimum triple-spot average coating weight [mass] on any one side shall not be less than 41 % of the triple-spot requirement.

As it is an established fact that the atmospheric corrosion resistance of zinc or zinc-iron alloy-coated sheet products is a direct function of coating thickness (weight per unit area), the selection of thinner [lighter] coating designations will result in almost linearly reduced corrosion performance of the coating. For example, heavier galvanized sheet perform adequately in bold atmospheric exposure whereas the lighter coatings are often further coated with paint or a similar barrier coating for increased corrosion resistance. Because of this relationship, products carrying the statement "meets ASTM A653/A653M requirements" should also specify the particular coating system.

International Standard, ISO 3576, continuous hot-dip zinc-coated carbon steel sheet contains Z100 and Z300 designations and does not specify a ZF75 coating. No minimum means that there are no established minimum requirements for triple-zinc single-spot tests.

3.2.2.1 *Discussion*—The single side relationship of either specified "coating designation" is the same as shown in the table of Table 1 regarding uniformity of coating.


3.2.3 *high strength low alloy steel, n*—a specific group of steels whose strength is achieved through the use of alloying elements such as columbium (niobium), vanadium, titanium, and molybdenum resulting in improved formability and weldability than is obtained from conventional low manganese steels.

3.2.3.1 *Discussion*—Producers use one or a combination of alloying elements to achieve the desired properties. The

product is available in two designations, HSLAS and HSLAS-F. Both products are strengthened with microalloys, but HSLAS-F is further treated to achieve inclusion control.

3.2.4 *minimized spangle, n*—the finish produced on hot-dip zinc-coated steel sheet in which the grain pattern is visible to the unaided eye, and is typically smaller and less distinct than the pattern visible on regular spangle.

3.2.4.1 *Discussion*—This finish is produced by one of two methods: either (1) the zinc crystal growth has been started but arrested by special production practices during solidification of the zinc, or (2) the zinc crystal growth is inhibited by a


**A653/A653M - 09**

combination of coating-bath chemistry plus cooling during solidification of the zinc. Minimized spangle is normally produced in coating designations G90 (Z275) and lighter.

3.2.5 *regular spangle, n*—the finish produced on hot-dip zinc-coated steel sheet in which there is a visible multifaceted zinc crystal structure.

3.2.5.1 *Discussion*—Solidification of the zinc coating is typically uncontrolled, which produces the variable grain size associated with this finish.

3.2.6 *spangle-free, n*—the uniform finish produced on hot-dip zinc-coated steel sheet in which the visual spangle pattern, especially the surface irregularities created by spangle formation, is not visible to the unaided eye.

3.2.6.1 *Discussion*—This finish is produced when the zinc crystal growth is inhibited by a combination of coating-bath chemistry, or cooling, or both during solidification of the zinc.

3.2.7 *solid-solution hardened steel or solution hardened steel, n*—steel sheet strengthened through additions of substitutional alloying elements such as Mn, P, or Si.

3.2.7.1 *Discussion*—Substitutional alloying elements such as Mn, P, and Si can occupy the same sites as iron atoms within the crystalline structure of steels. Strengthening arises as a result of the mismatch between the atomic sizes of these elements and that of iron.

3.2.8 *zinc-iron alloy, n*—a dull grey coating with no spangle pattern that is produced on hot-dip zinc-coated steel sheet.

3.2.8.1 *Discussion*—Zinc-iron alloy coating is composed entirely of inter-metallic alloys. It is typically produced by subjecting the hot-dip zinc-coated steel sheet to a thermal treatment after it emerges from the molten zinc bath. This type of coating is suitable for immediate painting without further treatment except normal cleaning (refer to Guide D7396). The lack of ductility of the alloy coating presents a potential for powdering, etc.

#### 4. Classification

4.1 The material is available in several designations as follows:

- 4.1.1 Commercial steel (CS Types A, B, and C),
- 4.1.2 Forming steel (FS Types A and B),
- 4.1.3 Deep drawing steel (DDS Types A and C),
- 4.1.4 Extra deep drawing steel (EDDS),
- 4.1.5 Structural steel (SS),
- 4.1.6 High strength low alloy steel (HSLAS),
- 4.1.7 High strength low alloy steel with improved formability (HSLAS-F),
- 4.1.8 Solution hardened steel (SHS), and
- 4.1.9 Bake hardenable steel (BHS).

4.2 Structural steel, high strength low alloy steel, solution hardened steel, and bake hardenable steel are available in several grades based on mechanical properties. Structural Steel Grade 50 [340] is available in four classes based on tensile strength. Structural Steel Grade 80 [550] is available in three classes, based on chemistry.

4.3 The material is available as either zinc-coated or zinc-iron alloy-coated in several coating weights (masses) or coating designations as shown in Table 1 and in Table S2.1, and

4.3.1 The material is available with the same or different coating designations on each surface.

#### 5. Ordering Information

5.1 Zinc-coated or zinc-iron alloy-coated sheet in coils or cut lengths is produced to thickness requirements expressed 0.001 in. [0.01 mm]. The thickness of the sheet includes both the base metal and the coating.

5.2 Orders for product to this specification shall include the following information, as necessary, to adequately describe the desired product:

5.2.1 Name of product (steel sheet, zinc-coated (galvanize or zinc-iron alloy-coated (galvanneal)),

5.2.2 Designation of sheet (CS (Types A, B, and C), F (Types A and B), DDS (Types A and C), EDDS, SS, HSLA, HSLAS-F, SHS, or BHS),

5.2.2.1 When a CS type is not specified, CS Type B will be furnished. When a FS type is not specified, FS Type B will be furnished. When a DDS type is not specified, DDS Type A will be furnished.

5.2.3 When a SS, HSLAS, HSLAS-F, SHS, or BHS designation is specified, state the grade, or class, or combination thereof.

5.2.4 ASTM designation number and year of issue, as A653 for inch-pound units or A653M for SI units.

5.2.5 Coating designation,

5.2.6 Chemically treated or not chemically treated,

5.2.7 Oiled or not oiled,

5.2.8 Minimized spangle (if required),

5.2.9 Extra smooth (if required),

5.2.10 Phosphatized (if required),

5.2.11 Dimensions (show thickness, minimum or nominal width, flatness requirements, and length, if cut lengths). To purchaser shall specify the appropriate table of thickness tolerances in Specification A974/A974M that applies to the order, that is, the table of thickness tolerances for  $\frac{3}{8}$ -in. [10-mm] edge distance, or the table of thickness tolerances for 1-in. [25-mm] edge distance.

5.2.12 Coil size requirements (specify maximum outside diameter (OD), acceptable inside diameter (ID), and maximum weight (mass)),

5.2.13 Packaging,

5.2.14 Certification, if required, heat analysis and mechanical property report,

5.2.15 Application (part identification and description), and

5.2.16 Special requirements (if any).

5.2.16.1 If required, the product may be ordered to specified base metal thickness (see Supplementary Requirement S1.)

5.2.16.2 If required, the product may be ordered to specified single spot/single side coating mass (see Supplementary Requirement S2.)

*Note 1*—Typical ordering descriptions are as follows: steel sheet, zinc-coated, commercial steel Type A, ASTM A653, Coating Designation G115, chemically treated, oiled, minimum 0.010 by 34 by 117 in. hot stock tanks, or steel sheet, zinc-coated, high strength low alloy steel Grade 340, ASTM A653M, Coating Designation Z275, minimized spangle, chemically treated, oiled, minimum 1.00 by 920 mm by coil, 1520 mm maximum OD, 600-mm ID, 10 000-kg maximum, for tractor trailer load.

**A653/A653M - 09**

Note 2.—The purchaser should be aware that there are variations in manufacturing practices among the producers and therefore is advised to check the producer's standard (or default) procedures for thickness tolerances.

**6. Chemical Composition**

**6.1 Base Metal:**

6.1.1 The heat analysis of the base metal shall conform to the requirements shown in Table 2 for CS (Types A, B, and C), E (Types A and B), DDS (Types A and C), and F-DDS, and H: 3 for SS, HSLAS, HSLAS-F, SHS, and BHS.

6.1.2 Each of the elements listed in Tables 2 and 3 shall be included in the report of heat analysis. When the amount of copper, nickel, chromium, or molybdenum is less than 0.02 %, report the analysis as either <0.02 % or the actual determined value. When the amount of vanadium, titanium, or columbium is less than 0.008 %, report the analysis as either <0.008 % or the actual determined value. When the amount of boron is less than 0.0005 %, report as <0.0005 % or the actual determined value.

6.1.3 See Specification A924/A924-M for chemical analysis methods and product analysis tolerances.

6.2 **Zinc Bath Analysis**—The bath metal used in continuous cold galvanizing shall contain not less than 99 % zinc.

Note 3.—To control alloy formation and promote adhesion of the zinc coating with the steel base metal, the molten coating metal composition normally contains a percentage of aluminum usually in the range from 0.05 to 0.25. This aluminum is purposely supplied to the molten coating bath, either as a specified ingredient in the zinc spelter or by the addition of a master alloy containing aluminum.

**7. Mechanical Properties**

7.1 Structural steel, high-strength low-alloy steel, high strength low alloy steel with improved formability, solution hardened steel, and bake hardenable steel shall conform to the mechanical property requirements in Table 4 for the grade, or class, or both.

7.1.1 Bake hardenable steel shall conform to bake hardening index requirements included in Table 4 for the grade specified. The method for measuring the bake hardening index is described in the Annex. Bake hardenable steel shall exhibit a minimum increase in yield strength of 4 ksi [25 MPa] as based on the upper yield point or of 3 ksi [20 MPa] as based on the lower yield stress, after a prestrained specimen has been exposed to a standard bake cycle (340°F [170°C] for 20 minutes).

**TABLE 2 Chemical Requirements<sup>a</sup>**

Designation	Composition, %—Heat Analysis Element, max (unless otherwise shown)													
	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Aluminum, min	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Cb <sup>b</sup>	Ti <sup>c</sup>	N	B
Type A <sup>d,e</sup>	0.10	0.50	0.030	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
Type B <sup>d,e</sup>	0.02 to 0.10	0.60	0.030	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
Type C <sup>d,e</sup>	0.08	0.60	0.100	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
Type A <sup>d,f</sup>	0.10	0.50	0.020	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
Type B <sup>d,f</sup>	0.02 to 0.10	0.50	0.020	0.030	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
Type A <sup>d,g</sup>	0.08	0.50	0.020	0.025	0.01	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	...
Type C <sup>d,g</sup>	0.02	0.50	0.020 to 0.100	0.025	0.01	0.25	0.20	0.15	0.06	0.10	0.10	0.15	...	...
DS <sup>h</sup>	0.02	0.40	0.020	0.020	0.01	0.25	0.20	0.15	0.06	0.10	0.10	0.15	...	...

<sup>a</sup>When an ellipsis (...) appears in this table, there is no requirement, but the analysis shall be reported.  
<sup>b</sup>For steels containing 0.02 % carbon or more, titanium is permitted at the producer's option, to the lesser of 3.4N + 1.55 or 0.025 %.  
<sup>c</sup>When a desoxidized steel is required for the application, the purchaser has the option to order CS and FS to a minimum of 0.01 % total aluminum.  
<sup>d</sup>Steel is permitted to be furnished as a vacuum degassed or chemically stabilized steel, or both, at the producer's option.  
<sup>e</sup>For carbon levels less than or equal to 0.02 %, vanadium, columbium, or titanium, or combinations thereof are permitted to be used as stabilizing elements at the buyer's option. In such cases, the applicable limit for vanadium and columbium shall be 0.10 % max and the limit for titanium shall be 0.15 % max.  
<sup>f</sup>For CS and FS, specify Type B to avoid carbon levels below 0.02 %.  
<sup>g</sup>Shall not be furnished as a stabilized steel.  
<sup>h</sup>Shall be furnished as a stabilized steel.

**TABLE 3 Chemical Requirements<sup>a</sup>**

Designation	Composition, %—Heat Analysis Element, max (unless otherwise shown)													
	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Si	Al, min	Cu	Ni	Cr	Mo	V <sup>b</sup>	Cb <sup>c</sup>	Ti <sup>d,e</sup>	N
3k)	0.20	1.35	0.10	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
5k)	0.20	1.35	0.10	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
7k)	0.25	1.35	0.10	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
4l) Class 1, 2, and 4	0.25	1.35	0.20	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
4l) Class 3	0.25	1.35	0.04	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
5l)	0.25	1.35	0.04	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
6l)	0.25	1.35	0.04	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
8l)	0.25	1.35	0.04	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...

**ASME A653/A653M - 09**

**TABLE 3 Continued**

Designation	Composition, %—Heat Analysis Element, max (unless otherwise shown)												
	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Si	Al, min	Cu	Ni	Cr	Mn	V <sup>a</sup>	Nb <sup>b</sup>	Ti <sup>c,d</sup>
80 [660] Class 1	0.20	1.35	0.04	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.056	0.016	0.025
80 [550] Class 2 <sup>e</sup>	0.02	1.35	0.05	0.02	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.10	0.10	0.15
80 [550] Class 3	0.20	1.35	0.04	0.04	...	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.009	0.015	0.025
HSLAS <sup>f</sup>													
40 [275]	0.20	1.20	...	0.035	...	...	...	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
50 [310]	0.20	1.20	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
55 [350] Class 1	0.25	1.35	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
55 [380] Class 2	0.15	1.20	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
60 [410]	0.20	1.35	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
70 [460]	0.20	1.65	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
80 [500]	0.20	1.65	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
HSLAS-F <sup>g</sup>													
40 [275]	0.15	1.20	...	0.035	...	...	...	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
50 [340]	0.15	1.20	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
55 [380] Class 1	0.20	1.35	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
55 [390] Class 2	0.15	1.20	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
60 [410]	0.15	1.20	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
70 [460]	0.15	1.65	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
80 [500]	0.15	1.65	...	0.035	...	...	0.20	0.20	0.15	0.10	0.01 min	0.005	0.01
BHS <sup>h</sup>	0.12	1.50	0.12	0.030	...	...	0.20	0.20	0.15	0.05	0.008	0.008	0.025
BHS <sup>i</sup>	0.12	1.50	0.12	0.030	...	...	0.20	0.20	0.15	0.05	0.008	0.008	0.025

<sup>a</sup>Where an ellipsis (...) appears in this table there is no requirement, but the analysis shall be reported.  
<sup>b</sup>For carbon levels less than or equal to 0.02%, vanadium, columbium, or titanium, or combinations thereof, are permitted to be used as stabilizing elements at producer's option. In such cases, the applicable limit for vanadium and columbium shall be 0.10% max., and the limit for titanium shall be 0.15% max.  
<sup>c</sup>Titanium is permitted for SS steels at the producer's option, to the lesser of 3.4N + 1.55 or 0.025%.  
<sup>d</sup>For steels containing more than 0.02% carbon, titanium is permitted to the lesser of 3.4N + 1.35 or 0.025%.  
<sup>e</sup>Shall be furnished as a stabilized steel.  
<sup>f</sup>HSLAS and HSLAS-F steels commonly contain the strengthening elements columbium, vanadium, and titanium added singly or in combination. The mill requirements only apply to the microalloy elements selected for strengthening of the steel.  
<sup>g</sup>HSLAS-F steel shall be treated to achieve inclusion control.

**TABLE 4 Mechanical Requirements, Base Metal (longitudinal)**

Designation	Grade	Inch-Pound Units			Bare Hardening Index, min, ksi Upper Yield/Lower Yield <sup>a</sup>
		Yield Strength, min, ksi	Tensile Strength, min, ksi <sup>b</sup>	Elongation in 2 in., min, % <sup>c</sup>	
SS	33	33	45	20	...
	37	37	52	18	...
	40	40	55	15	...
	50 Class 1	50	65	12	...
	50 Class 2	50	...	12	...
	50 Class 3	50	70	12	...
	50 Class 4	50	60	12	...
	55	55	70	11	...
	60	60	70	12 <sup>d</sup>	...
	70	70	80	9 <sup>d</sup>	...
	80 Class 1 <sup>e</sup>	80 <sup>f</sup>	82	...	...
	80 Class 2 <sup>e,g</sup>	80 <sup>h</sup>	82	...	...
HSLAS	50 Class 3	80 <sup>f</sup>	82	3 <sup>f</sup>	...
	40	40	50 <sup>g</sup>	22	...
	50	50	60 <sup>g</sup>	20	...
	55 Class 1	55	70 <sup>g</sup>	16	...
55 Class 2	55	65 <sup>g</sup>	16	...	
60	60	70 <sup>g</sup>	16	...	

**ARL** A653/A653M - 09

**TABLE 4 Continued**

Inch-Pound Units					
Designation	Grade	Yield Strength, min, ksi	Tensile Strength, min, ksi <sup>a</sup>	Elongation in 2 in., min, % <sup>b</sup>	Bake Hardening Index, min, ksi Upper Yield/Lower Yield <sup>c</sup>
SLAS-F	70	70	80 <sup>d</sup>	12	...
	80	80	90 <sup>d</sup>	10	...
	40	40	50 <sup>d</sup>	24	...
	50	50	60 <sup>d</sup>	22	...
	55 Class 1	55	70 <sup>d</sup>	18	...
	55 Class 2	55	65 <sup>d</sup>	20	...
	60	60	70 <sup>d</sup>	18	...
	70	70	80 <sup>d</sup>	14	...
SHS	80	80	90 <sup>d</sup>	18	...
	20	20	43	38	...
	31	31	46	30	...
	35	35	50	28	...
	41	41	53	24	...
BHS	44	44	57	22	...
	26	26	43	30	4/3
	31	31	46	28	4/3
	35	35	50	24	4/3
	41	41	53	22	4/3
44	44	57	20	4/3	
SI Units					
Designation	Grade	Yield Strength, min, MPa	Tensile Strength, min, MPa <sup>a</sup>	Elongation in 50 mm, min, % <sup>b</sup>	Bake Hardening Index, min, MPa Upper Yield/Lower Yield <sup>c</sup>
SS	230	230	310	20	...
	255	255	360	18	...
	275	275	380	16	...
	340 Class 1	340	450	12	...
	340 Class 2	340	410	15	...
	340 Class 3	340	480	12	...
	340 Class 4	340	410	12	...
	380	380	480	11	...
	410	410	480	10 <sup>d</sup>	...
	480	480	550	9 <sup>e</sup>	...
	550 Class 1 <sup>f</sup>	550 <sup>g</sup>	670	...	...
	550 Class 2 <sup>f</sup>	550 <sup>g</sup>	670	...	...
	550 Class 3	550 <sup>g</sup>	670	3 <sup>h</sup>	...
	SLAS	275	275	340 <sup>d</sup>	22
340		340	410 <sup>d</sup>	20	...
380 Class 1		380	480 <sup>d</sup>	16	...
380 Class 2		380	450 <sup>d</sup>	18	...
410		410	480 <sup>d</sup>	16	...
480		480	550 <sup>d</sup>	12	...
550		550	620 <sup>d</sup>	10	...
275		275	340 <sup>d</sup>	24	...
SLAS-F	340	340	410 <sup>d</sup>	22	...
	380 Class 1	380	480 <sup>d</sup>	18	...
	380 Class 2	380	450 <sup>d</sup>	20	...
	410	410	480 <sup>d</sup>	18	...
	480	480	550 <sup>d</sup>	14	...
	550	550	620 <sup>d</sup>	12	...
	180	180	300	32	...
	210	210	320	30	...
BHS	240	240	340	28	...
	280	280	370	24	...
	300	300	390	22	...
	180	180	300	30	25/20
	210	210	320	28	25/20
	240	240	340	24	25/20
280	280	370	22	25/20	
300	300	390	20	25/20	

<sup>a</sup>See an asterisk (\*) appears in this table there is no requirement.  
<sup>b</sup>For sheet thickness of 0.028 in. (0.71 mm) or thinner, the elongation requirement is reduced two percentage points for SS Grades 60 (410) and 70 (480).  
<sup>c</sup>For a steel thickness of 0.028 in. (0.71 mm) or thinner, no tension test is required if the hardness result is Rockwell B65 or higher.  
<sup>d</sup>There is no discontinuous yield curve, the yield strength should be taken as the stress at 0.5% elongation under load or 0.2% offset.  
<sup>e</sup>Grade 80 (550) Class 2 may exhibit different forming characteristics than Class 1, due to differences in chemistry.  
<sup>f</sup>The purchaser should consult with the producer when ordering SS Grade 80 (550) Class 3 material in sheet thicknesses 0.028 in. (0.71 mm) or thinner regarding start and tension test requirements.  
<sup>g</sup>A higher tensile strength is required, the user should consult the producer.


**A653/A653M - 09**

7.2 The typical mechanical properties for CS (Types A, B, and C), FS (Types A and B), DDS (Types A and C), and EDDS sheet designations are listed in Table 5. These mechanical property values are nonmandatory. They are intended solely to provide the purchaser with as much information as possible to make an informed decision on the steel to be specified. Values outside of these ranges are to be expected.

7.3 When base metal mechanical properties are required, all tests shall be conducted in accordance with the methods specified in Specification A924/A924M.

7.4 **Bending Properties Minimum Cold Bending Radii**—Structural steel and high-strength low-alloy steel are commonly fabricated by cold bending. There are many interrelated factors that affect the ability of a steel to cold form over a given radius under shop conditions. These factors include thickness, strength level, degree of restraint, relationship to rolling direction, chemistry, and base metal microstructure. The table in Appendix X1 lists the suggested minimum inside radius for 90° cold bending for structural steel and high-strength low-alloy steel. They presuppose “hard way” bending (bend axis parallel to rolling direction) and reasonably good shop forming practices. Where possible, the use of larger radii or “easy way” bends are recommended for improved performance.

## 8. Coating Properties

### 8.1 Coating Weight (Mass):

8.1.1 Coating weight [mass] shall conform to the requirements as shown in Table 1 for the specific coating designation, or

8.1.2 If required, the coating mass shall conform to the requirements as shown in Table S2.1 for the specific single spot/single side coating mass designation (single spot/single side designations are available only in SI units).

8.1.3 Use the following relationships to estimate the coating thickness from the coating weight [mass]:

8.1.3.1 1 oz/ft<sup>2</sup> coating weight = 1.7 mils coating thickness, and

8.1.3.2 7.14 g/m<sup>2</sup> coating mass = 1 μm coating thickness.

8.1.4 Use the following relationship to convert coating weight to coating mass:

8.1.4.1 1 oz/ft<sup>2</sup> coating weight = 305.15 g/m<sup>2</sup> coating mass.

### 8.2 Coating Weight (Mass) Tests:

8.2.1 Coating weight [mass] tests shall be performed in accordance with the requirements of Specification A924/A924M.

8.2.2 The referee method to be used shall be Test Method A90/A90M.

### 8.3 Coating Bend Test:

8.3.1 The bend test specimens of coated sheet designated by prefix “G” (“Z”) shall be capable of being bent through 180° in any direction without flaking of the coating on the outside of the bend only. The coating bend test inside diameter shall have a relation to the thickness of the specimen as shown in Table 6. Flaking of the coating within 0.25 in. [6 mm] of the edge of the bend specimen shall not be cause for rejection.

8.3.2 Because of the characteristics of zinc-iron alloy coatings designated by prefix “A” (“ZF”) as explained in the Discussion following 3.2.8, coating bend tests are not applicable.

## 9. Retests and Disposition of Non-Conforming Material

9.1 Retests, conducted in accordance with the requirements of the section on Retests and Disposition of Non-Conforming Material of Specification A924/A924M, are permitted when an unsatisfactory test result is suspected to be the consequence of the test method procedure.

9.2 Disposition of non-conforming material shall be subject to the requirements of 13.2 of Specification A924/A924M.

## 10. Dimensions and Permissible Variations

10.1 All dimensions and permissible variations shall comply with the requirements of Specification A924/A924M.

## 11. Keywords

11.1 alloyed coating; bake hardenable steel; high strength low alloy; minimized spangle coating; sheet steel; solution hardened steel; spangle; steel; steel sheet; structural steel; zinc coated (galvanized); zinc-iron-alloy; zinc-iron-alloy coated

**TABLE 5 Typical Ranges of Mechanical Properties<sup>a,b</sup> (Nonmandatory)**

Designation	Yield Strength		Elongation in 2 in. [50 mm], %	C <sub>n</sub> Value <sup>c</sup>	n Value <sup>d</sup>
	ksi	[MPa]			
CS Type A	25/55	[170/380]	≥20	c	c
CS Type B	30/55	[205/380]	≥20	c	c
CS Type C	25/60	[170/410]	≥15	#	#
FS Types A and B	25/45	[170/310]	≥26	1.6/1.4	0.17/0.21
DDS Type A	20/25	[140/190]	≥32	1.4/1.3	0.18/0.24
DDS Type C	25/40	[170/260]	≥30	1.2/1.1	0.17/0.24
EDDS <sup>e</sup>	15/25	[105/170]	≥40	1.6/2.1	0.22/0.27

<sup>a</sup>The typical mechanical property values presented herein are nonmandatory. They are intended solely to provide the purchaser with as much information as possible to make an informed decision on the steel to be specified. Values outside of these ranges are to be expected. The purchaser may negotiate with the supplier if a test range or a more restrictive range is required for the application.

<sup>b</sup>These typical mechanical properties apply to the full range of steel sheet thicknesses. The yield strength tends to increase and some of the formability values tend to decrease as the sheet thickness decreases.

<sup>c</sup>C<sub>n</sub> Value—Average plastic strain ratio as determined by Test Method E917.

<sup>d</sup>n Value—Strain-hardening exponent as determined by Test Method E649.

<sup>e</sup>No typical mechanical properties have been established.

<sup>f</sup>EDDS Sheet will be free from changes in mechanical properties over time, that is, ranging.





## A653/A653M - 09

## SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following standardized supplementary requirements are for use when desired by the purchaser. These additional requirements shall apply only when specified on the order.

**S1. Base Metal Thickness**

S1.1 The specified minimum thickness shall apply to the base metal only.

S1.2 The coating designation shown on the order indicates the coating to be applied to the specified minimum base metal thickness.

S1.3 The applicable tolerances for base metal thickness are shown in Tables 15 and Tables 17, Thickness Tolerance of Cold-Rolled Sheet (Carbon and High-Strength, Low-Alloy Steel), of Specification A568/A568M.

**S2. Single Spot/Single Side Coating Mass**

S2.1 The coating designation shown on the order indicates the coating mass to be applied to a single side. The order shall specify a coating mass designation from Table S2.1 for each surface. No inch pound designations are available, although for each SI coating mass designation in Table S2.1, corresponding inch-pound values are shown for information purposes.

S2.2 The format for specifying the coating for each surface on the order shall be, for instance, 60G60G. In the case of differential coating masses, the thicker (heavier) coating mass side shall be specified first, for instance 90G45G.

TABLE S2.1 Mass of Coating Requirements—Single Spot/Single Side<sup>a,b,c</sup>

Note 1—Use the information provided in 8.1.3 to obtain the approximate coating thickness per side from the coating mass.

Note 2—As stated in 1.5, values in SI and inch-pound units are not necessarily equivalent.

Type	Single Spot/Single Side Coating Mass				
	SI Units		Inch Pound Units (Information only)		
	Coating Designation	Minimum, g/m <sup>2</sup>	Maximum, g/m <sup>2</sup>	Minimum, oz/ft <sup>2</sup>	Maximum, oz/ft <sup>2</sup>
Zinc	20G	20	70	0.07	0.23
	30G	30	80	0.10	0.26
	40G	40	90	0.12	0.29
	45G	45	95	0.15	0.31
	50G	50	100	0.16	0.33
	55G	55	105	0.18	0.34
	60G	60	110	0.20	0.35
	70G	70	120	0.23	0.40
	80G	80	130	0.30	0.50
	100G <sup>d</sup>	100	300	0.32	0.55
Zinc-Iron Alloy	40A	40	70	0.13	0.23
	45A	45	75	0.15	0.25
	50A	50	80	0.16	0.26

<sup>a</sup>The coating designation is the term by which the minimum single spot/single side coating mass is specified for each side.

<sup>b</sup>As it is an established fact that the atmospheric corrosion resistance of zinc or zinc-iron alloy-coated steel products is a direct function of coating thickness, the selection of thinner (lighter) coating designations will result in almost invariably reduced corrosion performance of the coating. For example, heavier galvanized coating perform adequately in bold atmospheric exposure whereas the lighter coatings are often better coated with paint or a similar barrier coating for increased corrosion resistance. Because of this relationship, products carrying the statement "meets ASTM A653/A653M requirements" should also specify the particular coating design.

<sup>c</sup>Ordering to single spot/single side spot coating weight designations allows for the possibility of receiving product with a higher average total coating mass on both surfaces than what might be expected on assumed equivalent product coated to the total both sides requirement of Table 1. The user should be aware that this may result in issues during forming and spot welding.

<sup>d</sup>It is permissible to order Coating Designation 100G as 90G. Historically, the conversion from 0.32 oz/ft<sup>2</sup> to g/m<sup>2</sup> resulted in a value of 98 g/m<sup>2</sup> which was subsequently rounded to 100 g/m<sup>2</sup>. Both SI designations have the same units.

## ANNEX

## (Mandatory Information)

## A1. BAKE HARDENABLE STEELS

**A1.1 Determination of Bake Hardening Index**

A1.1.1 The bake hardening index (BHI) is determined by a two-step procedure using a standard longitudinal (rolling direction) tensile-test specimen, prepared in accordance with Test Methods A370. The test specimen is first strained in tension. The magnitude of this tensile "pre-strain" shall be 2 %

(extension under load). The test specimen is then removed from the test machine and baked at a temperature of 307 [170°C] for a period of 20 minutes. Referring to Fig. A1.1, the bake hardening index (BHI) of the material is calculated as follows:

$$BHI = B - A \quad (A1)$$

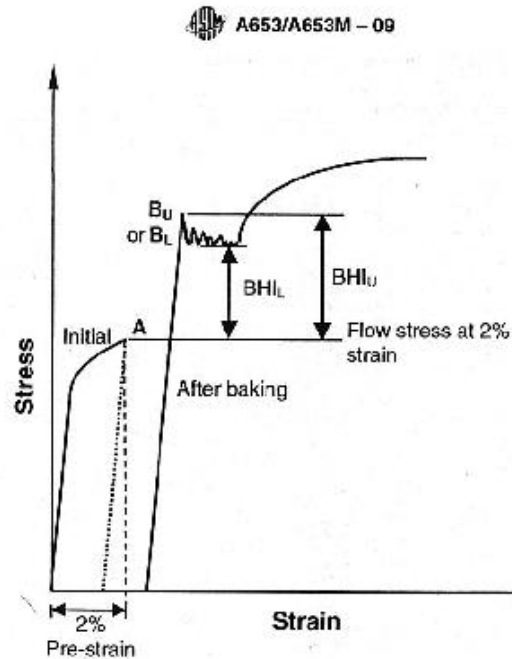


FIG. A1.1 Representation of Bake Hardening Index

where:

$A$  = flow stress at 2% extension under load

$B$  = yield strength [upper yield strength ( $B_u$ ) or lower yield strength ( $B_L$ )] after baking at 340°F [170°C] for 20 minutes.

A1.1.2 The original test specimen cross section (width and thickness) is used in the calculation of all engineering strengths in this test.

A1.1.3 The pre-straining of 2% in tension is intended to simulate a modest degree of forming strain, while the subsequent baking is intended to simulate a paint-curing or similar treatment. In the production of actual parts, forming strains and baking treatments can differ from those employed here and, as a result, final properties can differ from the values obtained under these controlled conditions.

## APPENDICES

(Nonmandatory Information)

### XI. BENDING PROPERTIES

X1.1 Table X1.1 lists suggested minimum inside radii for cold bending.



## A653/A653M - 09

TABLE X1.1 Suggested Minimum Inside Radii for Cold Bending<sup>a</sup>

Note 1— $r$  equals a radius equivalent to the steel thickness.

Note 2—The suggested radii should be used as minimums for 90° bends in actual shop practice.

Designation	Grade	Minimum Inside Radius for Cold Bending <sup>b</sup>
SS	33 [270]	1/8 r
	37 [255]	2t
	40 [275]	2t
	50 [340] Class 1	not applicable
	50 [340] Class 2	not applicable
	50 [340] Class 3	not applicable
	50 [340] Class 4	not applicable
	55 [380]	not applicable
	60 [410]	not applicable
	70 [480]	not applicable
	80 [560] Class 1	not applicable
	80 [560] Class 2	not applicable
80 [560] Class 3	not applicable	
HSLAS	40 [275]	2t
	50 [340]	2½ r
	55 [380] Class 1	3t
	55 [380] Class 2	3t
	60 [410]	3t
	70 [480]	4t
HSLAS-F	80 [560]	4½ r
	40 [275]	1½ r
	50 [340]	2t
	55 [380] Class 1	2t
	55 [380] Class 2	2t
	60 [410]	2t
SHS	70 [480]	3t
	80 [560]	3t
	26 [190]	1½ r
	31 [210]	1t
	35 [240]	1½ r
DHS	41 [300]	2t
	44 [300]	2t
	26 [190]	1½ r
	31 [210]	1t
	35 [240]	1½ r
	41 [300]	2t
	44 [300]	2t

<sup>a</sup>Material that does not perform satisfactorily, when fabricated in accordance with the requirements in Table X1.1, may be subject to rejection pending registration with the steel supplier.

<sup>b</sup>Bending capability may be limited by coating designation.

## X2. RATIONALE FOR CHANGES IN PRODUCT DESIGNATIONS


X2.1 Subcommittee A05.11 has revised the designations used to classify the various products available in each hot-dip coated specification. The previous "quality" designations have been replaced with designations and descriptions more closely related with product characteristics. Many of the former "quality" specifications described the steel only in terms of limited chemical composition, which in some cases was identical for two or more qualities. The former designations also did not reflect the availability of new steels which are the result of the use of new technologies such as vacuum degassing and steel ladle treatments.

X2.2 The former "quality" designators, defined in very broad qualitative terms, did not provide the user with all the information needed to select the appropriate steel for an application. The new designations are defined with technical information such as specific chemical composition limits and typical nonmandatory mechanical properties. These steel characteristics are important to users concerned with the weldability and formability of the coated steel products. The typical

mechanical properties included in the new designation system are those indicated by the tension test. These properties are more predictive of steel formability than other tests such as the hardness test which may not compensate adequately for product variables such as substrate thickness and coating weight.

X2.3 The new designations also provide the user with the flexibility to restrict the steels applied on any order. For example, a user can restrict the application of ultra low carbon steels on an application through the selection of an appropriate "type" designator.

X2.4 There is a limited relationship between the former and current systems of designation. Some of the reasons for this limited relationship are: addition of steels not previously described in ASTM specifications, restrictions placed in ranges of chemical composition, the addition of typical mechanical properties, and the enhanced capability of the producers to combine chemical composition and processing


**A653/A653M - 09**

methods to achieve properties tailored to specific applications.

X2.5 The changes in designation are significant which may create transition issues that will have to be resolved. Continued dialogue between users and producers will have to be main-

tained to assist with the transition to the new system of designations. A user with concerns about the appropriate coated steel to order for a specific application should consult with a steel supplier or producer.

### X3. RELATIONSHIP BETWEEN SPECIFICATIONS THAT DESCRIBE REQUIREMENTS FOR A COMMON PRODUCT

X3.1 ISO 3575 and ISO 4998 may be reviewed for comparison with this standard. The relationship between the standards may only be approximate; therefore, the respective

documents should be consulted for actual requirements. Those who use these documents must determine which specifications address their needs.

### X4. COATING MASS SELECTION BASED ON ATMOSPHERIC CORROSION RATES<sup>1</sup> FOR ZINC-COATED STEEL SHEET

X4.1 The proper selection of coating mass to meet a user's needs for zinc-coated steel sheet requires some knowledge about the relative corrosiveness of the environment in which the product will be used. The corrosion rate of the zinc coating varies widely depending upon many factors of the environment. For example, the time of wetness is an important issue that affects the corrosion rate. The presence of impurities such as chlorides, nitrates, and sulfates can also dramatically affect the rate of corrosion. Other issues such as the presence or absence of oxygen and the temperature of the environment are important determinants for predicting the "life of the product."

X4.2 The final performance requirements can also impact the minimum coating mass needed for a given application. For example, is the application an aesthetic one that requires no red rust. In this case, the time to failure is thus defined as the time for the onset of red rust (the time for the zinc coating to be consumed in a large enough area for rusting of the steel to be observed). Or, is the application one in which the time to failure is defined as the time when perforation of the steel sheet is observed? In this case, the thickness of the steel sheet as well as the thickness of the zinc coating impact the time to failure.

X4.3 No matter how one defines the "product life," there are data in the published literature to assist users once the environment and desired product life are determined.

X4.4 Although the corrosion rate can vary considerably depending on the environmental factors, it is well known that, in most instances, the life of the zinc coating is a linear function of coating mass for any specific environment. That means, to achieve twice the life for any specific application, the user should order twice the coating mass.

#### X4.4.1 Examples:

X4.4.1.1 A G60 coating mass will exhibit approximately twice the life of a G30 coating mass.

X4.4.1.2 A G90 coating mass will exhibit about 50% longer life than a G60 coating mass.

X4.5 The following two reference books are excellent sources for additional and more detailed information on the corrosion behavior of zinc-coated steel sheet products:

X4.5.1 *Corrosion and Electrochemistry of Zinc*, X. Gregory Zhang, published by Plenum Press, 1996.

X4.5.2 *Corrosion Resistance of Zinc and Zinc Alloys*, Frank C. Porter, Published by Marcel Dekker, Inc., 1994

<sup>1</sup>Atmospheric corrosion rates do not apply to zinc-rich alloy coatings.

### SUMMARY OF CHANGES

Committee A05 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (A653/A653M - 08) that may impact the use of this standard. (May 1, 2009)

(1) Added new Grade 80 Class 3 requirements to Tables 3, 4, and X1.1.

(2) Added new SS Grade 60 [410 and 70 480] requirements to Tables 3, 4, 6, and X1.1.

(3) Changed reference from D2092 to D7796 in 2.1 and X2.1.

(4) Changed the order of the coating weight [mass] designations in Table 6 from descending to ascending.

(5) Added 20G coating designation to Table S2.1.


**A653/A653M - 09**

Committee A05 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (A653/A653M - 07) that may impact the use of this standard. (July 15, 2008)

- |  |   |
|--|---|
| <p>(1) Changed the order of the coating weight [mass] designations in Table 1 from descending to ascending, and changed Footnote A.</p> <p>(2) Added Supplementary Requirement S2 that allows a purchaser to order product to single spot/single side coating designations. In support of this, revisions were made in 1.2, 4.3, and 8.1.1; and added 5.2.16.2 and 8.1.2, with previous 8.1.2 renumbered as 8.1.3.</p> | <p>(3) Added 8.1.4 added showing the formula for converting coating weight to coating mass.</p> <p>(4) Replaced footnote H with footnotes D and E on DDS Type C in Table 2.</p> <p>(5) In Table 3, revised SS GRD 33 to increase P level.</p> <p>(6) Revised 10.1.</p> <p>(7) Deleted Flatness Tables: 7 and 8.</p> |
|--|---|

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited for this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2999, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail), or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*

## Apéndice II Norma A792/792M Zincalum



Designation: A792/A792M – 09

### Standard Specification for Steel Sheet, 55 % Aluminum-Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation A792/A792M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

#### 1. Scope<sup>2</sup>

1.1 This specification covers 55 % aluminum-zinc alloy-coated steel sheet in coils and cut lengths.

1.2 This product is intended for applications requiring corrosion resistance or heat resistance, or both.

1.3 The product is produced in a number of designations, types, and grades which are designed to be compatible with differing application requirements.

1.4 Product furnished under this specification shall conform to the applicable requirements of the latest issue of Specification A924/A924M, unless otherwise provided herein.

1.5 This specification is applicable to orders in either inch-pound units (as A792) or SI units (as A792M). Values in inch-pound and SI units are not necessarily equivalent. Within the text, SI units are shown in brackets. Each system shall be used independent of the other.

1.6 Unless the order specifies the "M" designation (SI units), the product shall be furnished to inch-pound units.

1.7 The text of this specification references notes and legends that provide explanatory material. These notes and legends, excluding those in tables and figures, shall not be considered as requirements of this specification.

1.8 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

#### 2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:<sup>3</sup>

<sup>1</sup>This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A05 on Metallic Coated Iron and Steel Products and is the direct responsibility of Subcommittee A05.11 on Sheet Specifications.

<sup>2</sup>Current edition approved May 1, 2009. Published June 2009. Originally issued in 1985. Last previous edition approved in 2006 as A792/A792M – 08. DOI: 10.1520/A0792\_A0792M-09.

<sup>3</sup>For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards or more information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>4</sup>A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2909, United States.

A90/A90M Test Method for Weight [Mass] of Coating on Iron and Steel Articles with Zinc or Zinc-Alloy Coatings  
A568/A568M Specification for Steel, Sheet, Carbon, Structural, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements for  
A902 Terminology Relating to Metallic Coated Steel Products  
A924/A924M Specification for General Requirements for Steel Sheet, Metallic-Coated by the Hot-Dip Process  
E517 Test Method for Plastic Strain Ratio  $r$  for Sheet Metal  
E646 Test Method for Tensile Strain-Hardening Exponents ( $n$ -Values) of Metallic Sheet Materials

#### 3. Terminology

3.1 **Definitions**—See Terminology A902 for definitions of general terminology relating to metallic-coated hot-dip products.

3.2 **Definitions of Terms Specific to This Standard:**

3.2.1 **regular spangle**—the unaltered 55 % aluminum-zinc (Al-Zn) crystal structure that occurs during normal solidification of a hot-dip coated steel sheet.

3.2.2 **high temperature steel**—a product intended for use in elevated temperature applications.

#### 4. Classification

4.1 The material is available in several designations, as follows:

- 4.1.1 **Commercial Steel**—CS Types A, B, and C,
- 4.1.2 **Forming Steel**—FS,
- 4.1.3 **Drawing Steel**—DS,
- 4.1.4 **High Temperature Steel**—HTS, and
- 4.1.5 **Structural Steel**—SS.

4.2 Structural steel is available in several grades based on mechanical properties. Structural Steel Grade 50 [340] is available in three classes based on tensile strength. Structural Steel Grade 80 [550] is available in two classes, based on chemistry.


**A792/A792M - 09**

4.3 The product is available in several coating weights [masses] with the coating designation in accordance with Table 1.

### 5. Ordering Information

5.1 55 % aluminum-zinc alloy-coated steel sheet in coils and cut lengths is produced to thickness requirements expressed to 0.001 in. [0.01 mm]. The thickness of the sheet includes the base metal and the coating.

5.2 Orders for product to this specification shall include the following information, as necessary, to adequately describe the desired product.

5.2.1 Name of product (steel sheet, 55 % aluminum-zinc alloy coated).

5.2.2 Designation of sheet steel {CS (Type A, B, or C), FS, DS, HTS, or SS}.

5.2.2.1 When a CS type is not specified, Type B will be furnished.

5.2.3 Strength grade as required for Structural Steel.

5.2.4 ASTM designation number and year of issue, such as A792-\_\_\_\_ for inch-pound units or A792M-\_\_\_\_ for SI units.

5.2.5 Coating designation.

5.2.6 Chemically treated or not chemically treated.

5.2.7 Oiled or not oiled.

5.2.8 Dimensions (show thickness, width, flatness requirements (if appropriate), and length (if cut length)). The purchaser shall specify the appropriate table of thickness tolerances in Specification A924/A924M that applies to the order.

**TABLE 1 Weight [Mass] of Coating Requirements<sup>a</sup>**

Note 1—Use the information provided in 8.1.2 to obtain the approximate coating thickness from the coating weight [mass].

Note 2—When considering material with coating designation less than AZ50 [AZM150], users are advised to discuss the intended application with the manufacturer to determine if the product is appropriate for the end use.

Coating Designation	Minimum Requirements	
	Triple-Spot Test	Single-Spot Test
	Inch-Pound Units	
	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>	Total Both Sides, oz/ft <sup>2</sup>
AZ30	0.30	0.26
AZ35	0.35	0.30
AZ40	0.40	0.35
AZ50	0.50	0.43
AZ55	0.55	0.50
AZ60	0.60	0.52
AZ70	0.70	0.60

Coating Designation	Minimum Requirements	
	Triple-Spot Test	Single-Spot Test
	SI Units	
	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>	Total Both Sides, g/m <sup>2</sup>
AZM100	100	85
AZM110	110	95
AZM120	120	105
AZM150	150	130
AZM165	165	150
AZM180	180	155
AZM210	210	180

<sup>a</sup> The coating designation number is the term by which the product is specified. Because of the many variables and changing conditions that are characteristic of continuous hot-dip coating lines, the weight [mass] of the coating is not always evenly divided between the two surfaces of a sheet, nor is the coating evenly distributed from edge to edge. However, it can normally be expected that not less than 40 % of the single-spot test limit will be found on either surface.

that is, the table of thickness tolerances for 3/8-in. [10-mm] edge distance, or the table of thickness tolerances for 1 [25-mm] edge distance.

5.2.9 Coil size requirements (specify maximum outside diameter (OD), acceptable inside diameter (ID), and maximum weight [mass]).

5.2.10 Packaging.

5.2.11 Certification, if required, and heat analysis and chemical property report.

5.2.12 Application (show part identification and description), and

5.2.13 Special requirements (if any).

5.2.13.1 If required, the product may be ordered to specified base metal thickness. See Supplementary Requirement S1.

Note 1—Typical ordering descriptions are as follows:

Steel sheet, 55 % aluminum-zinc alloy-coated, Forming Steel (ASTM A792-\_\_\_\_, coating designation AZ55, chemical treatment oil, minimum 0.035 by 36 in. by coil, 48-in. maximum OD, 34-in. 10 000-lb maximum, for miller wrappers).

Steel sheet, 55 % aluminum-zinc alloy-coated, Commercial Steel (Type A), ASTM A792M-\_\_\_\_, coating designation AZM150, chem treatment, no oil, minimum 0.300 by 900 mm by coil, 1200-mm maximum OD, 600-mm ID, 4500-kg maximum, for building panels.

### 6. Chemical Composition

#### 6.1 Base Metal:

6.1.1 The heat analysis of the base metal shall conform to the requirements of Table 2 for CS (Types A, B, and C), DS, HTS, Table 3 for SS.

6.1.2 Include each of the elements listed in Tables 2 and 3 in the report of heat analysis. When the amount of copper, nickel, chromium, or molybdenum is less than 0.02 %, report analysis either as <0.02 % or the actual determined value. When the amount of vanadium, titanium, or columbium is less than 0.008 %, report the analysis either as <0.008 % or actual determined value. When the amount of boron is less than 0.0005 %, report as <0.0005 % or the actual determined value.

6.2 Coating Composition—The 55 % aluminum-zinc alloy coating composition, by weight, is nominally 55 % aluminum, 1.6 % silicon, and the balance zinc.

### 7. Mechanical Properties

7.1 Structural Steel sheet shall conform to the mechanical property requirements of Table 4 for the grade specified.

7.2 The typical mechanical properties for CS (Types A, B, and C), FS, DS, and HTS are listed in Table 5. These typical mechanical properties are nonmandatory. They are intended solely to provide the purchaser with as much information as possible to make an informed decision on the steel to be specified. Values outside these ranges are to be expected.

7.3 All tests for mechanical properties shall be conducted in accordance with the methods described in Specification A924/A924M.

#### 7.4 Bending Properties:

7.4.1 Minimum Inside Radii for Cold Bending—Structural Steel sheet is commonly fabricated by cold bending. There are many interrelated factors that affect the ability of a steel to form over a given radius under shop conditions. These factors

A792/A792M - 09

TABLE 2 Chemical Requirements<sup>a</sup>

Designation	Composition, %—Heat Analysis Element, Maximum, Unless Otherwise Shown												
	C	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Co	Ti <sup>b</sup>	N <sup>b</sup>
CS Type A <sup>CS, A<sup>CS</sup></sup>	0.10	0.60	0.030	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
CS Type B <sup>CS, B<sup>CS</sup></sup>	0.02 to 0.15	0.50	0.030	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
CS Type C <sup>CS, C<sup>CS</sup></sup>	0.08	0.60	0.10	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
FS <sup>FS</sup>	0.02 to 0.10	0.50	0.020	0.030	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
MS <sup>MS</sup>	0.06	0.50	0.020	0.025	0.01, min	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...
HTS <sup>HTS</sup>	0.02 to 0.15	0.60	0.040, min	0.035	...	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...

<sup>a</sup>Where an ellipsis (...) appears in the table, there is no requirement, but the analysis result shall be reported.  
<sup>b</sup>For steels containing more than 0.02 % carbon, titanium is permitted at the producer's option, to the lesser of 3.4N + 1.5S or 0.025 %, for the purpose of stabilization.  
<sup>c</sup>When a deoxidized steel is required for the application, the purchaser has the option to order CS, FS, and HTS to a minimum of 0.01 % total aluminum.  
<sup>d</sup>Steel is permitted to be furnished as a vacuum degassed or chemically stabilized steel, or both, at producer's option.  
<sup>e</sup>For carbon levels less than or equal to 0.08 %, vanadium, columbium, or niobium, or combinations thereof are permitted to be used as stabilizing elements at producer's option. In such cases, the applicable limit for vanadium and columbium shall be 0.10 % max. and the limit for niobium shall be 0.15 % max.  
<sup>f</sup>For CS, specify Type B to avoid carbon levels below 0.02 %.  
<sup>g</sup>Steel shall be furnished as a stabilized steel.

TABLE 3 Chemical Requirements

Designation	Composition, %—Heat Analysis Element, Maximum, Unless Otherwise Shown												
	C	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Co	Ti <sup>a</sup>	N <sup>a</sup>	
Structural Steel													
Grade 30 (230)	0.20	1.35	0.04	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	
Grade 35 (255)	0.20	1.35	0.10	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	
Grade 40 (275)	0.25	1.35	0.10	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	
Grade 50 Class 1, Class 2, and Class 4 (340 Class 1, Class 2, and Class 4)	0.25	1.35	0.20	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	
Grade 60 (470)	0.25	1.35	0.20	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	
Grade 70 (480)	0.26	1.35	0.20	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.008	0.025	...	
Grade 80 (500) Class 1	0.20	1.35	0.04	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.015	0.025	...	
Grade 80 (500) Class 2 <sup>b</sup>	0.02	1.35	0.05	0.020	0.25	0.20	0.15	0.06	0.10	0.10	0.15	...	
Grade 80 (500) Class 3	0.20	1.35	0.04	0.040	0.25	0.20	0.15	0.06	0.008	0.015	0.025	...	

<sup>a</sup>Titanium is permitted at the producer's option, to the lesser of 3.4N + 1.5S or 0.025 %, for the purpose of stabilization.  
<sup>b</sup>When an ellipsis (...) appears in the table, there is no requirement, but the analysis shall be reported.  
<sup>c</sup>Steel shall be furnished as a stabilized steel.

clude thickness, strength level, degree of restraint, relationship to rolling direction, chemistry, and base metal microstructure. Table X2.1 lists the suggested minimum inside radii for 90° cold bending for Structural Steels. They presuppose "hard way" bending (bend axis parallel to the rolling direction) and reasonably good shop forming practices. Where possible, the use of larger radii or "easy way" bends are recommended for improved performance.

1.4.2 Fabricators should be aware that cracks may initiate from bending a sheared or cold-worked edge. This is not considered to be a fault of the steel but is rather a function of the induced localized cold-work zone.

#### 1. Coating Properties

##### 1.1 Coating Weight [Mass]—

1.1.1 Coating weight [mass] shall conform to the requirements as shown in Table 1 for the specific coating designation.

1.1.2 Use the following relationships to estimate the coating thickness from the coating weight [mass]:

1.1.2.1 1 oz./ft<sup>2</sup> coating weight = 5.2 mils coating thickness, at

1.1.2.2 3.75 g/m<sup>2</sup> coating mass = 1 μm coating thickness

1.1.3 Use the following relationship to convert coating weight to coating mass:

1.1.3.1 1 oz./ft<sup>2</sup> coating weight = 305.15 g/m<sup>2</sup> coating mass

##### 1.2 Coating Weight [Mass] Tests:

8.2.1 Coating weight [mass] tests shall be performed in accordance with the requirements stated in Specification A924/A924M.

8.2.2 The reference method to be used shall be the dilute hydrochloric acid method, in Test Method A90/A90M.

8.2 Coating Bend Test—The coating bend test specimens for all designations other than Structural Steel shall be capable of being bent through 180° flat on itself in any direction without flaking on the outside of the bend only. For Structural Steel, the coating bend test inside diameter shall have a relation to the thickness of the specimen as shown in Table 6. Flaking of the coating within 0.25 in. [6 mm] of the edge of the bend specimen shall not be cause for rejection.

#### 9. Retests and Disposition of Non-Conforming Material

9.1 Retests, conducted in accordance with the requirements of the section on Retests and Disposition of Non-Conforming Material of Specification A924/A924M, are permitted when an unsatisfactory test result is suspected to be the consequence of the test method procedure.

9.2 Disposition of non-conforming material shall be subject to the requirements of 9.2 of Specification A924/A924M.

#### 10. Dimensions and Permissible Variations

10.1 All dimensions and permissible variations shall comply with the requirements of Specification A924/A924M.

**A792/A792M - 09**

**TABLE 4 Mechanical Property Requirements, Structural Steel Base Metal (Longitudinal)**

Inch-Pound Units			
Grade	Yield Strength, min, ksi	Tensile Strength, <sup>a</sup> min, ksi	Elongation in 2 in., min, %
33	33	45	20
37	37	52	18
40	40	55	16
50 Class 1	50	65	12
50 Class 2	50	...	12
50 Class 4	50	60	12
60	60	70	10 <sup>b</sup>
70	70	80	9 <sup>b</sup>
80 Class 1 <sup>c</sup>	80 <sup>d</sup>	92	...
80 Class 2 <sup>c,e</sup>	80 <sup>d</sup>	92	...
80 Class 3	80 <sup>d</sup>	92 <sup>f</sup>	3

SI Units			
Grade	Yield Strength, min, MPa	Tensile Strength, min, MPa	Elongation in 50 mm, min, %
230	230	310	20
255	255	360	18
275	275	380	16
340 Class 1	340	450	12
340 Class 2	340	...	12
340 Class 4	340	410	12
410	410	480	10 <sup>b</sup>
480	480	550	9 <sup>b</sup>
550 Class 1 <sup>c</sup>	550 <sup>d</sup>	570	...
550 Class 2 <sup>c,e</sup>	550 <sup>d</sup>	570	...
550 Class 3	550 <sup>d</sup>	620 <sup>f</sup>	3

<sup>a</sup> Where an ellipsis (...) appears in the table, there is no requirement.  
<sup>b</sup> For sheet thickness of 0.025 in. (0.71 mm) or thinner, the elongation requirement is reduced two percentage points for SS Grades 60 (410) and 70 (480).  
<sup>c</sup> For sheet thicknesses of 0.025 in. and thinner, no tension test is required if the hardness result is Rockwell B85 or higher.  
<sup>d</sup> As there is no discontinuous yield curve, the yield strength should be taken as the stress at 0.5% elongation under load or 0.2% offset.  
<sup>e</sup> SS Grade 80 (550) Class 2 may exhibit different forming characteristics than Class 1, due to a difference in chemistry.  
<sup>f</sup> The purchaser should consult with the producer when ordering SS Grade 80 (550) Class 3 material in sheet thicknesses 0.025 in. (0.71 mm) or thinner regarding elongation and tension test requirements.

**11. Keywords**

11.1 coatings, metallic; 55% aluminum-zinc alloy coating; steel sheet, metallic coated

**TABLE 5 Typical Ranges of Mechanical Properties (Nonmandatory)<sup>a, b</sup>**


Designation	Longitudinal Direction				
	Yield Strength	Elongation	r <sub>m</sub> Value <sup>c</sup>	n Value <sup>d</sup>	
	ksi	MPa	2 in. (50 mm) %		
CS Type A	3080	[205/410]	≥20	e	f
CS Type B	3580	[245/410]	≥20	e	f
CS Type C	3085	[205/400]	≥15	e	f
FS	2540	[170/275]	≥24	1.0/1.4	0.16/0.20
DS	2835	[140/240]	≥30	1.3/1.7	0.16/0.22
HTS	3065	[205/400]	≥15	e	f

<sup>a</sup> The typical mechanical property values presented in this table are nominal data. They are intended solely to provide the purchaser with as much information as possible to make an informed decision on the steel to be specified. Values outside of these ranges are to be expected. The purchaser may negotiate with supplier if a specific or restricted range is required for the application.  
<sup>b</sup> These typical mechanical properties apply to the full range of steel sheet thicknesses. The yield strength tends to increase and some of the formability values tend to decrease as the sheet thickness decreases.  
<sup>c</sup> r<sub>m</sub> Value—Average plastic strain rate as described in Test Method E517.  
<sup>d</sup> n Value—Strain hardening exponent as described in Test Method E564.  
<sup>e</sup> No typical properties have been established.

**TABLE 6 Coating Bend Test Requirements Structural Steel**

Grade	Ratio of the Inside Bend Diameter to Thickness of the Specimen (Any Direction)
33 (230)	1 1/2
37 (255)	2
40 (275)	2 1/2
50 Class 1, Class 2, and Class 4	4
60	4
70	4
[340 Class 1, Class 2, and Class 4]	4
80 Class 1, Class 2, and Class 3	4
[550 Class 1, Class 2, and Class 3]	4

<sup>a</sup> Grades not subject to bend test requirements.

 A792/A792M - 09

**SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS**

The following standardized supplementary requirements are for use when desired by the purchaser. These additional requirements shall apply only when specified on the order.

**X1. Base Metal Thickness**

S1.1 The specified minimum thickness shall apply to the base metal only.  
 S1.2 The coating designation shown on the order indicates the coating to be applied to the specified minimum base metal thickness.

S1.3 The applicable tolerances for base metal thickness are shown in Tables 16 and 17, Thickness Tolerance of Cold-Rolled Sheet (Carbon and High-Strength, Low-Alloy Steel), of Specification A568/A568M.

**APPENDICES**

**X1. BENDING PROPERTIES**

Note 1— $r$  = radius equivalent to the steel thickness.  
 Note 2—The suggested radii should be used as minimums for 30° bends in actual shop practice.

**TABLE X1.1 Suggested Minimum Inside Radii for Cold Bending**

Designation	Grade	Minimum Inside Radius for Cold Bending <sup>a</sup>
Structural Steel	33 (230)	1/2 r
	37 (255)	2r
	40 (275)	2r
	50 Class 1, Class 2, and Class 4 (340 Class 1, Class 2, and Class 4)	not applicable
	60 (410)	not applicable
80 Class 1, Class 2, and Class 3 (550 Class 1, Class 2, and Class 3)	70 (490)	not applicable
		not applicable
		not applicable

<sup>a</sup>Bending capability may be limited by the coating designation.

**X2. RATIONALE FOR CHANGES IN PRODUCT DESIGNATIONS**

X2.1 Subcommittee A05.11 has revised the designations used to classify the various products available in each hot-dip steel specification. The previous "quality" designations have been replaced with designations and descriptions more closely tied with product characteristics. Many of the former "quality" specifications described the steel only in terms of steel chemical composition, which in some cases was critical for two or more qualities. The former designations did not reflect the availability of new steels which are the result of the use of new technologies such as vacuum degassing and steel ladle treatments.


X2.2 The former "quality" designations, defined in very old qualitative terms, did not provide the user with all the information needed to select the appropriate steel for an application. The new designations are defined with technical information such as specific chemical composition limits and exact nonmandatory mechanical properties. These steel characteristics are important to users concerned with the weldability and formability of the coated steel products. The typical chemical properties included in the new designation system

are those indicated by the tension test. These properties are more predictive of steel formability than other tests such as the hardness test which may not compensate adequately for product variables such as substrate thickness and coating weight.

X2.3 The new designations also provide the user with the flexibility to restrict the steels applied on any order. For example, a user can restrict the application of ultra low carbon steels on an application through the selection of an appropriate "type" designator.

X2.4 There is a limited relationship between the former and current systems of designation. Some of the reasons for this limited relationship are: addition of steels not previously described in ASTM specifications, restrictions placed on ranges of chemical composition, the addition of typical mechanical properties, and the enhanced capability of steel producers to combine chemical composition and processing methods to achieve properties tailored to specific applications.

X2.5 The changes in designation are significant which may


**A792/A792M - 09**

create transition issues that will have to be resolved. Continued dialogue between users and producers will have to be maintained to assist the transition to the new system of designations.

A user with concerns about the appropriate coated steel to erect for a specific application should consult with a steel supplier or producer.

**SUMMARY OF CHANGES**

Committee A05 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (A792/A792M - 08) that may impact the use of this standard. (May 1, 2009)

- |   |   |
|---|---|
| (1) Added new Grade 80 Class 3 requirements to Tables 3, 4, 6, and X2.1.      | (3) Revised Section 8.                                    |
| (2) Added new Grade 60 and Grade 70 requirements to Tables 3, 4, 6, and X2.1. | (4) Deleted Table X1 and renumbered remaining Appendixes. |

Committee A05 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue, A792/A792M - 06, that may impact the use of this standard. (May 1, 2008)

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| (1) Added several new coating designations to Table 1. | (2) Added new Note 2 to Table 1. |
|--|----------------------------------|

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9885 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail), or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*

# Apéndice III Norma A90/90M Método de prueba para calcular masa de recubrimiento.

**NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or discontinued. Contact ASTM International ([www.astm.org](http://www.astm.org)) for the latest information.**



Designation: A 90/A 90M – 95a (Reapproved 1999)

## Standard Test Method for Weight [Mass] of Coating on Iron and Steel Articles with Zinc or Zinc-Alloy Coatings<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation A 90/A 90M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This test method covers procedures for determining the weight [mass] of coating on iron or steel sheet, wire, and other articles in which the coating is zinc or a zinc alloy, such as zinc-5 % aluminum (including zinc-5 % aluminum-mischmetal and zinc-5 % aluminum-0.1 % magnesium) or 55 % aluminum-zinc. In the body of this test method, reference to zinc coating shall be interpreted to also include zinc alloy coating except where specifically stated otherwise.

1.2 The final results determined by this test method shall be expressed in inch-pound units or SI units, depending on the units used in the material specification to which the results are to be compared. Certain portions of the procedure involving determination of specimen weight [mass] have traditionally been performed in SI units, and corresponding inch-pound units are not included.

1.3 In this test method, the quantity of material is described in terms of weight [mass]. Weight is the force describing the gravitational attraction of the earth on a quantity of material. In general usage on the surface of the earth, mass of an unknown quantity is determined by comparing with a known quantity (either directly or indirectly and ignoring the buoyancy of the air) as indicated by the attraction of the earth's gravity, thus weight is actually determined. See Appendix XI of Terminology E 12 for further discussion of weight and mass.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* For specific hazards statements see 5.1.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

A 653/A 653M Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process<sup>2</sup>

A 792/A 792M Specification for Steel Sheet, 55 % Aluminum-Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process<sup>2</sup>  
 A 875/A 875M Specification for Steel Sheet, Zinc-5 % Aluminum Alloy-Coated by the Hot-Dip Process<sup>2</sup>  
 D 1193 Specification for Reagent Water<sup>3</sup>  
 E 12 Terminology Relating to Density and Specific Gravity of Solids, Liquids, and Gases<sup>4</sup>  
 E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications<sup>5</sup>  
 E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>6</sup>

### 3. Significance and Use

3.1 This test method provides a standard method for determining the weight [mass] of coating for comparison with specification requirements. A coating of zinc on iron or steel articles provides protection against corrosion. As the protection is provided by sacrificial loss of zinc, the degree of protection is proportional to the weight [mass] of zinc coating. Specifications for zinc-coated articles frequently provide for different classes of coating so that the purchaser can select the coating weight [mass] most suitable to his needs.

### 4. Reagents

4.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.<sup>7</sup> Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

4.2 *Purity of Water*—Water used to prepare chemical solutions shall be reagent water as defined by Type IV of Specification D 1193.

<sup>1</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vols 10.01 and 11.01.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.05.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vols 10.02 and 14.02.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

<sup>5</sup> Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications, Am. Chemical Soc., Washington, DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see "Analytical Standards for Laboratory U.K. Chemicals," BDH Ltd., Poole, Dorset, and the "United States Pharmacopeia."

## A 90/A 90M

4.3 *Antimony Trichloride Solution*— Dissolve 20 g of  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  or 32 g of  $\text{SbCl}_3$  in 1000 mL of HCl (sp gr 1.19).

4.4 *Hydrochloric Acid* (sp gr 1.19)—Concentrated hydrochloric acid (HCl).

4.5 *Hydrochloric Acid—Antimony Trichloride Solution*— Add 5 mL of antimony trichloride solution to 100 mL of HCl (sp gr 1.19).

4.6 *Hydrochloric Acid (1 + 1)*—Mix 500 mL of HCl (sp gr 1.19) with 500 mL of reagent water and cool to room temperature.

### 5. Hazards

5.1 **Warning**—Small amounts of the poisonous gas stibine ( $\text{SbH}_3$ ) may be evolved during the stripping process using the hydrochloric acid-antimony trichloride method. Hydrochloric acid fumes are present, and hydrogen gas is evolved in the stripping process. Therefore, the test should be performed under conditions of adequate ventilation. A fume hood is recommended for large numbers of samples or where the test is to be carried out frequently over extended periods of time.

### 6. Sampling

6.1 *Zinc-Coated Sheets*—Samples for weight [mass] of coating determination shall be secured in accordance with Specifications A 653/A 653M, A 792/A 792M, or A 875/A 875M depending on the type of coating.

NOTE 1—For convenience in calculating test results in inch-pound units, the specimen should have an area of 5.08 in.<sup>2</sup> of sheet (2.25 ± 0.01-in. square or 2.54 ± 0.01 in. in diameter). The weight [mass] of coating in grams on a specimen of that area is numerically equal to the weight [mass] of coating in ounces per square foot of sheet. For results to be reported in metric units, the specimen should have an area of 3330 mm<sup>2</sup> of sheet (57.7 ± 0.1-mm square or 65.1 ± 0.1 mm in diameter).

6.2 *Zinc-Coated Wire*—Samples shall be secured as designated in the appropriate specification. The specimen of wire may be of any length over 12 in. [305 mm], but preferably about 24 in. [609 mm]. Where a continuous length is not available, shorter lengths totaling over 12 in. [300 mm], but preferably about 24 in. [600 mm], shall be used. Since the density of the steel is known 0.283 lb/in.<sup>3</sup> [7830 kg/m<sup>3</sup>], it is not necessary to use a specific length of specimen.

6.3 *Zinc-Coated Articles Other Than Sheet or Wire*—Samples for weight [mass] of coating determination shall be secured as designated in the appropriate specification. Except as otherwise provided, the specimens should have a minimum area of 3 in.<sup>2</sup> (2000 mm<sup>2</sup>) of zinc-coated surface. For very small items, several pieces may have to be stripped to obtain the minimum area.

6.3.1 In the case of threaded articles, such as bolts and screws, the determination shall be made on a portion of the articles that does not include any thread.

### 7. Procedure

7.1 Stripping of zinc alloy coatings containing less than 90 % zinc shall be done using the dilute hydrochloric acid method. Stripping of coatings containing 90 % or more zinc may be done using either hydrochloric acid-antimony trichloride solution or dilute hydrochloric acid (1 + 1) (alternative standard method).

7.2 Clean the specimens by washing with solvent naphtha or other suitable solvent, then rinse with alcohol, and dry thoroughly.

7.3 Determine the weight [mass] of the specimens individually to the nearest 0.01 g, except that articles other than sheet or wire with a specimen weight [mass] over 125 g may have the weight [mass] determined to the nearest 0.1 g. After determining the weight [mass], immerse each specimen singly in the stripping solution and allow to remain until the violent evolution of hydrogen has ceased, and only a few bubbles are being evolved. This requires about 15 to 30 s, except in the case of sherardized coatings, which require a somewhat longer time. The same solution may be used repeatedly until the time required for stripping becomes inconveniently long. The temperature of the stripping solution shall at no time exceed 100°F [38°C]. After stripping, wash the specimens by scrubbing them under running water, dip in hot water, and wipe or blow dry. Determine the weight [mass] of the specimens again, to the same precision as in the initial determination.

7.3.1 When determining the coating weight [mass] on one side of sheet material, use the procedure described in 7.3, except use a “stop-off” to protect one side from the stripping medium. Acid-resistant paints or lacquers, acid-resistant tape, or mechanical devices fastened to the test specimen are examples of commonly used “stop-off” materials. Apply the “stop-off” to the specimen after the initial determination of weight [mass] and removed before the second determination of weight [mass]. Because of the possibility of moisture absorption during the stripping process, the “stop-off” must not be on the specimen during either weight [mass] determinations. The coating weight [mass] on the second side may be determined subsequently without a “stop-off” on the first side.

7.4 *Sheet Specimens*—Determine the area of sheet (one surface) to the nearest 0.01 in.<sup>2</sup> [5 mm<sup>2</sup>]. If specimens were prepared to the dimensions as provided in Note 1, they shall be presumed to have an area of 5.08 in.<sup>2</sup> [3330 mm<sup>2</sup>]. When it is not possible to determine the area accurately, as in specimens from corrugated sheets, the thickness of the stripped sheet shall be determined to the nearest 0.001 in. [0.01 mm].

7.5 *Wire Specimens*—Determine the diameter of the stripped wire to the nearest 0.001 in. [0.01 mm] by taking the average of two measurements at right angles to each other.

7.6 *Specimens Other Than Sheet or Wire*—Determine the total coated area of the original specimen to the nearest 0.01 in.<sup>2</sup> [5 mm<sup>2</sup>]. Alternatively, for specimens of uniform thickness of base metal, such as a piece of plate or pipe, determine the average thickness of the stripped specimen to the nearest 0.001 in. [0.01 mm].

### 8. Calculation

8.1 *Zinc-Coated Sheet.*

8.1.1 *Results in Inch-Pound Units:*

8.1.1.1 When the area of sheet is determined, calculate the weight [mass] of zinc coating as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/A] \times K \quad (1)$$

where: =

 A 90/A 90M

$C$  = weight [mass] of coating, oz/ft<sup>2</sup> of sheet,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $A$  = area of sheet, in.<sup>2</sup> or mm<sup>2</sup>, and,  
 $K$  = a constant = 5.08 when  $A$  is in in.<sup>2</sup> =  $3.28 \times 10^3$   
 when  $A$  is in mm<sup>2</sup>.

NOTE 2—If the specimen was prepared to the dimensions as provided in Note 1, having an area of 5.08 in.<sup>2</sup>, the loss of weight [mass] in grams is numerically equal to the weight [mass] of coating in ounces per square foot of sheet.

8.1.1.2 When it is not possible to secure a specimen of measurable area, the following equation may be used to calculate the weight [mass] of coating:

$$C = [(W_1 - W_2)/W_2] \times T \times K \quad (2)$$

where: =  
 $C$  = weight [mass] of coating, oz/ft<sup>2</sup> of sheet,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $T$  = thickness of stripped sheet, in. or mm, and  
 $K$  = a constant = 652 if  $T$  is in in. = 25.7 if  $T$  is in mm.

### 8.1.2 Results in Metric Units:

8.1.2.1 When the area of sheet is determined, calculate the weight [mass] of zinc coating as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/A] \times K \quad (3)$$

where: =  
 $C$  = weight [mass] of coating, g/m<sup>2</sup> of sheet,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $A$  = area of sheet, in.<sup>2</sup> or mm<sup>2</sup>, and  
 $K$  = a constant =  $1.55 \times 10^3$  if  $A$  is in in.<sup>2</sup> =  $1 \times 10^6$   
 if  $A$  is in mm<sup>2</sup>.

NOTE 3—If the specimen was prepared to the dimensions as provided in Note 1, having an area of 3330 mm<sup>2</sup> of sheet, the factor  $K/A$  is approximately 300, which may be used in the calculation.

8.1.2.2 When it is not possible to obtain a specimen of measurable area, the following equation may be used to calculate the weight [mass] of coating:

$$C = [(W_1 - W_2)/W_2] \times T \times K \quad (4)$$

where: =  
 $C$  = weight [mass] of coating, g/m<sup>2</sup> of sheet  
 $W_1$  = original weight [mass] of the specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of the stripped specimen, g,  
 $T$  = thickness of stripped sheet, in. or mm, and  
 $K$  = a constant =  $1.99 \times 10^5$  if  $T$  is in in., =  $7.83 \times 10^3$   
 if  $T$  is in mm.

### 8.2 Zinc-Coated Wire:

#### 8.2.1 Results in Inch-Pound Units:

8.2.1.1 Calculate the weight [mass] of zinc coating as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/W_2] \times D \times M \quad (5)$$

where: =

$C$  = weight [mass] of coating, oz/ft<sup>2</sup> of stripped wire surface,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $D$  = diameter of stripped wire, in. or mm, and  
 $M$  = a constant = 163 if  $D$  is in in., = 6.42 if  $D$  is in mm.

#### 8.2.2 Results in Metric Units:

8.2.2.1 Calculate the weight [mass] of zinc coating as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/W_2] \times D \times M \quad (6)$$

where: =

$C$  = weight [mass] of coating, g/m<sup>2</sup> of stripped wire surface,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $D$  = diameter of stripped wire, in. or mm, and  
 $M$  = a constant =  $4.97 \times 10^4$  if  $D$  is in in., =  $1.96 \times 10^3$   
 if  $D$  is in mm.

### 8.3 Zinc-Coated Articles Other Than Sheet or Wire:

#### 8.3.1 Results in Inch-Pound Units:

8.3.1.1 Calculate the weight [mass] of zinc coating as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/A] \times N \quad (7)$$

where: =

$C$  = weight [mass] of coating, oz/ft<sup>2</sup> of surface,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $A$  = coated area of original specimen, in.<sup>2</sup> or mm<sup>2</sup>, and  
 $N$  = a constant = 5.08 if  $A$  is in in.<sup>2</sup> =  $3.28 \times 10^3$  if  $A$   
 is in mm<sup>2</sup>.

8.3.1.2 If the specimen has a uniform thickness of base metal, the weight [mass] of the zinc coating may be calculated as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/W_2] \times G \times Z \quad (8)$$

where: =

$C$  = weight [mass] of coating, oz/ft<sup>2</sup> of surface,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $G$  = thickness of stripped specimen, in. or mm, and  
 $Z$  = a constant = 326 if  $G$  is in in. or 12.8 if  $G$  is in mm.

#### 8.3.2 Results in Metric Units:

8.3.2.1 Calculate the weight [mass] of zinc coating as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/A] \times N \quad (9)$$

where: =

$C$  = weight [mass] of coating, g/m<sup>2</sup> of surface,

 A 90/A 90M

- $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $A$  = coated area of original specimen, in.<sup>2</sup> or mm<sup>2</sup>,  
 and  
 $N$  = a constant =  $1.55 \times 10^3$  if  $A$  is in in.<sup>2</sup> =  $1 \times 10^6$  if  
 $A$  is in mm<sup>2</sup>.

8.3.2.2 If the specimen has a uniform thickness of base metal, the weight [mass] of the zinc coating may be calculated as follows:

$$C = [(W_1 - W_2)/W_2] \times G \times Z \quad (10)$$

where: =

- $C$  = weight [mass] of coating, g/m<sup>2</sup> of surface,  
 $W_1$  = original weight [mass] of specimen, g,  
 $W_2$  = weight [mass] of stripped specimen, g,  
 $G$  = thickness of stripped specimen, in. or mm, and  
 $Z$  = a constant =  $9.95 \times 10^{-4}$  if  $G$  is in in., =  $3.92 \times 10^{-3}$  if  $G$  is in mm.

## 9. Report

9.1 Weight [mass] of coating on zinc-coated sheet is expressed in weight [mass] per unit area of sheet, which is the sum of the weights of coating on both surfaces of the sheet. Weights [masses] of coating on each surface of the sheet are not necessarily equal. Coating weights [masses] on all zinc-coated articles other than sheets are expressed in weight [mass] per unit area of surface.

9.2 Report the weight [mass] of zinc coating to the nearest

0.01 oz/ft<sup>2</sup> when reporting in inch-pound units.

9.3 Report the weight [mass] of zinc coating to the nearest 1 g/m<sup>2</sup> when reporting in metric units.

9.4 When the weight [mass] of coating of a number of specimens is to be averaged to determine conformance with a specification limit, the average value shall be reported to the precision described in 9.2 and 9.3 in accordance with the Rounding Method of Practice E 29.

## 10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—The precision of this test method for sheet product with commercial zinc and zinc-alloy coatings has been determined in accordance with Practice E 691.

10.1.1 The repeatability was found to be 0.049 oz/ft<sup>2</sup>, and the reproducibility was found to be 0.060 oz/ft<sup>2</sup>.

10.2 The precision of the test method for other products or coating materials has not been determined.

**NOTE 4**—Repeatability and reproducibility, based on test error alone, are defined as the difference, in absolute value, of two test results obtained in the same laboratory or between laboratories on the same material. The differences will be expected to exceed the repeatability or reproducibility only about 5% of the time.

10.3 *Bias*—Since there is no accepted reference material suitable for determining the bias for the procedure in this test method, bias has not been determined.

## 11. Keywords

11.1 55% aluminum-zinc alloy coating; coating weight [mass]; steel sheet; steel wire; zinc alloy coatings; zinc coating; zinc-5% aluminum alloy coating; zinc-5% aluminum-0.1% magnesium alloy coating; zinc-5% aluminum-mischmetal alloy coating

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

# Apéndice IV Mapa de Corrosión Atmosférica de Chile

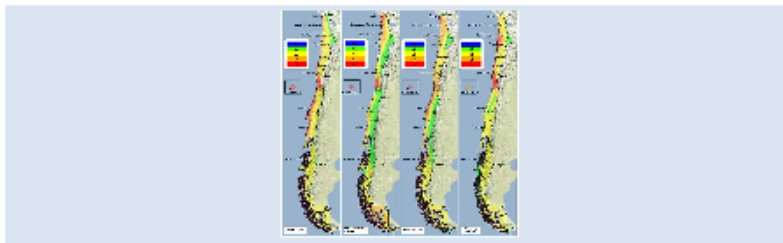
## CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DE CHILE.

### RESULTADOS PRELIMINARES

Rosa Vera<sup>1</sup>\*, Diana Delgado<sup>1</sup>, Raquel Araya<sup>1</sup>, Mónica Puentes<sup>1</sup>, Inés Guerrero<sup>2</sup>, Paula Rojas<sup>3</sup>, Guillermo Cabrera<sup>4</sup>, Sergio Erazo<sup>5</sup>, Ana María Carvajal<sup>6</sup>

- 1: Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2950, Valparaíso, CHILE.
- 2: Instituto de Estadística, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2950, Valparaíso, CHILE.
- 3: Escuela de Ingeniería Mecánica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2950, Valparaíso, CHILE.
- 4: Escuela de Ingeniería Informática, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2950, Valparaíso, CHILE.
- 5: Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil 2950, Valparaíso, CHILE.
- 6: Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, Avda. Libertador Bernardo O'Higgins 340 – Santiago, CHILE.

\* e-mail: rvera@ucv.cl, paularojas.s@ucv.cl



### RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados preliminares obtenidos para la construcción del mapa de corrosión atmosférica de Chile, evaluando acero al carbono, acero galvanizado, cobre y aluminio como materiales de prueba. Se instalaron bastidores con las muestras en 31 lugares localizados a lo largo del país, así como también dispositivos para medir el contenido de cloruro y dióxido de azufre ambiental, en conjunto con estaciones meteorológicas, para obtener los datos locales de temperatura, humedad ambiental, cantidad de agua caída, velocidad y dirección de los vientos y radiación solar. Los resultados después de 6 meses de exposición muestran una relación entre la velocidad de corrosión, las condiciones ambientales y meteorológicas de la zona y las propiedades mecánicas de los materiales, lo que constituye una importante innovación para las empresas del país que esperan que sus estructuras metálicas logren un mayor tiempo de vida útil.

**Palabras Claves:** Corrosión atmosférica, Mapas de corrosión, Corrosión de acero, acero galvanizado, cobre y aluminio.

### CONSTRUCTION OF ATMOSPHERIC CORROSION MAPS IN CHILE. PRELIMINARY RESULTS

#### ABSTRACT

This work show the first part of a research project towards the development of a corrosion map for Chile. In order to develop this map, the research group considered carbon steel, galvanized carbon steel, copper and aluminum as testing materials. All these materials were exposed to the atmosphere in 31 places along the country. In each one of these corrosion testing sites, the metallic samples were mounted on frameworks. Each framework station had chloride and sulfur dioxide meters as well as a weather station, to measure temperature, environmental humidity, rainfall, wind speed and solar radiation. After six months of exposition, the results show the existence of a correlation between the rate of corrosion, the environmental and meteorological conditions of the area and the mechanical properties of the materials. This information constitutes an important tool of innovation for the industries in Chile, because the obtained information will be helpful to design metallic infrastructure with a longer useful live.

**Keywords:** Atmospheric corrosion, Corrosion Maps, Steel galvanized Steel, copper and aluminum corrosion.

Recibido: 21-06-2011 ; Revisado: 18-07-2011

269

pISSN: 0255-6952 | eISSN: 2244-7113

Aceptado: 26-10-2011 ; Publicado: 01-11-2011

Rev. LatinAm. Metal. Mat. 2012; 32 (2): 269-276

Trabajo presentado en el congreso "XI Iberoamericano de Metalurgia y Materiales (XI IBEROMET)" celebrado en Viña del Mar (Chile) en Noviembre del 2010, y seleccionado para ser remitido a la RIMM para su arbitraje y publicación.

## 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión atmosférica es un proceso por el cual los metales y aleaciones reaccionan con especies presentes en el ambiente dando lugar a la formación de diversos tipos de productos de corrosión tales como óxidos, hidróxidos, sales etc. Las características de los compuestos químicos desde el punto de vista de la adherencia, grado de compacticidad, insolubilidad y morfología inciden directamente en el grado de protección que puedan ofrecer al metal o aleación [1-2].

Según Tomashov [3], más del 50% de las pérdidas por corrosión se deben a la corrosión atmosférica. De ahí, la importancia de realizar estudios de corrosión atmosférica en Chile, país que se caracteriza por tener una diversidad de climas, por ser costero (contaminación de cloruro por aerosol marino) y por presentar en algunas zonas contaminación industrial por dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), gas que en presencia de humedad origina lluvia ácida.

En 1993, Morcillo y Feliú elaboraron los mapas de corrosividad atmosférica de España a partir de datos de corrosión de probetas de acero al carbono, zinc, cobre y aluminio expuestas por un año en más de 200 estaciones. Este mapa discrimina en dos grandes áreas: una no contaminada hacia el interior del país y otra subdividida en 5 subregiones en donde se ubicaron datos puntuales de velocidad de corrosión. La construcción del mapa se hizo indicando medidas puntuales del nivel de corrosión dado que 200 estaciones no son suficientes para predecir la corrosión en otros puntos del territorio español [4].

Por otra parte, en el año 2004 Rincón y colaboradores, del Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad de Zulia, Venezuela, establecieron un mapa de corrosividad atmosférica para el estado de Zulia, en base al comportamiento de acero y cobre durante un año. La selección de las estaciones se basó en los mapas climatológicos de Köppen y en las normas ISO para las clasificaciones de agresividad. Se analizaron 8 estaciones distribuidas en la región zuliana de Venezuela que mejor representaban los distintos climas de la zona. Con los datos obtenidos se elaboraron mapas de corrosividad atmosférica para acero y cobre utilizando gráficas de tortas en lugar de isóneas o colores, sabiendo que el diámetro de la torta

representa la agresividad real de la atmósfera y dentro de cada torta están discriminadas las cantidades de cada contaminante o parámetro atmosférico responsable de la corrosión [5].

En el año 2001, Tidblad, Kucera y otros [6], publican los resultados sobre un programa de exposición de un año a efectos de corrosión atmosférica de contaminantes ácidos en climas tropicales y subtropicales, de acero al carbono, zinc, cobre, piedra caliza y acero pintado. Son analizados los ataques corrosivos junto con los datos medioambientales (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>, cantidad de partículas, y pH de las precipitaciones, temperatura y humedad) en 16 sitios de estudio, 12 en Asia (India, Vietnam, Tailandia, Malasia, y China incluido Hong Kong) y 4 en África (África del Sur, Zambia y Zimbawe). Los resultados a 4 años mostraron valores de corrosión bastante más altos de los esperados para piedra caliza, acero al carbono y menos de lo esperado para cinc en comparación con valores calculados usando funciones dosis/respuesta. De acuerdo a los resultados, el SO<sub>2</sub> es el factor más decisivo, que sumado al pH afecta a cinc y piedra caliza.

En este mismo contexto, Morales y colaboradores [7], proponen una ecuación semi-empírica que permite predecir los valores de velocidad de corrosión de cinc tras su exposición de 3 años en diferentes atmósferas de 35 sitios distribuidos en las Islas Canarias. La ecuación la correlacionan con datos experimentales obtenidos al 4º año de exposición lográndose una alta concordancia.

Investigaciones realizadas por Sun et al. [8] en el norte de China evaluando aluminio expuesto a la atmósfera y en ensayos acelerados en cámaras variando ciclos húmedo y seco. Los resultados muestran que el aluminio 1050 sufre un serio deterioro debido a la presencia de sales solubles sobre la superficie expuesta al medio (cloruro de magnesio).

Vera y col. evaluaron cobre, aluminio, aleación base Al 6201 y acero galvanizado en 18 estaciones en la región de Valparaíso por un período de 2 años. Esta investigación comparó en conjunto el efecto de ambientes marinos y contaminantes atmosféricos industriales en la resistencia a la corrosión de alambres metálicos empleados para la transmisión eléctrica de alto poder. Los resultados mostraron que en ambiente marino el aluminio y su aleación presentan corrosión localizada, pero el ataque fue

mayor en el aluminio puro. Con respecto a la corrosión atmosférica del cobre, como una función del tiempo de exposición ésta mostró dependencia con las características morfológicas y protección de los productos de corrosión en conjunto con el efecto combinado de las contaminantes más abundantes y frecuentes del ambiente. También los resultados mostraron que la presencia de altas concentraciones de  $\text{SO}_2$  influye en las películas de productos de corrosión formados y su rol protector tanto en el cobre como en el acero galvanizado [9]. Paralelamente se realizó también un estudio de la variación de las propiedades mecánicas en alambres de aluminio y de aleación AA 6201 obteniéndose como resultado una relación inversa entre la fuerza de ruptura a la tracción para ambos materiales y los valores de pérdida de masa obtenidos [10].

Es sabido que para los responsables del diseño de sistemas de protección y mantenimiento de estructuras metálicas expuestas a la atmósfera es muy necesario conocer el tiempo de vida de dichas estructuras, de ahí la importancia del presente trabajo que tiene como objetivo general la "Construcción de mapas de corrosividad atmosférica de Chile para los metales y aleaciones de mayor interés tecnológico, que permitan seleccionar de manera óptima los materiales a utilizar en las diferentes zonas ambientales del país". En este trabajo se presentan los resultados preliminares del estudio.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

En la primera etapa del proyecto se seleccionaron los sitios de investigación basándose en la variabilidad climática del territorio nacional. Considerando esta información se seleccionaron 30 estaciones que correspondieron a: Arica, Putre, Pampa del Tamarugal, Antofagasta, San Pedro de Atacama, Copiapó, Huasco, Coquimbo, Vicuña, Valparaíso, Isla de Pascua, Curauma, Quilpué, Quintero, Los Andes, Casablanca, Río Blanco, Santiago 1, Santiago 2, Rancagua, Coronel, Laja, Temuco, Puerto Varas, Valdivia, Ensenada, Puerto Montt, Puerto Chacabuco, Coyhaique y Punta Arenas.

En cada sitio se instalaron 4 bastidores confeccionados con acero galvanizado que contenían las muestras metálicas de acero al carbono, cobre, aluminio y acero galvanizado, respectivamente. Las dimensiones de las probetas de estudio eran de 10 x 10 y 0,4 cm de espesor, todas

ellas expuestas en un ángulo de  $45^\circ$  en los bastidores y separadas por aisladores plásticos de acuerdo a las normas ISO 9223 a 9226. El análisis químico de los materiales empleando espectrometría de rayos X informa que el cobre y aluminio tienen una pureza de 99,9%, el acero al carbono un 99,2 % de Fe y la capa de cinc superficial del galvanizado un 98,5% de Zn, 1,0% de Fe y un 0,5% de Al.

Paralelamente, en los sitios de estudio, se instalaron los dispositivos para medir bimensual el contenido de contaminantes de cloruro y dióxido de azufre ambiental. Para la medición de cloruros atmosféricos se utiliza la metodología de la candela húmeda, que consiste en enrollar una tira de gasa alrededor de un tubo de vidrio, los extremos de la gasa se encuentran sumergidos en una solución al 20% de glicerina en agua destilada. Los cloruros depositados se determinan por valoración mercurimétrica en presencia de los indicadores difenilcarbazona y azul de bromofenol; los resultados se expresan como  $\text{mgCl}^-/\text{m}^2$  día. Con respecto a la medición de  $\text{SO}_2$  se utiliza la metodología de la candela de peróxido de plomo, en la cual el  $\text{SO}_2$  se deposita en una gasa impregnada en  $\text{PbO}_2$  formando sulfato de plomo, este último compuesto se solubiliza en  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 5% y luego el ion sulfato se determina gravimétricamente precipitándolo como  $\text{BaSO}_4$ ; este resultado se expresa como  $\text{mgSO}_2/\text{m}^2$  día.

Adicionalmente en algunos lugares de estudio donde no se disponía de información meteorológica se instalaron estaciones meteorológicas para obtener los datos de temperatura, humedad ambiental, cantidad de agua caída, velocidad y dirección de los vientos y radiación solar. Los datos obtenidos mensualmente permitirán confeccionar las cartas de isotermas e isoyetas necesarias para la mejor comprensión de las condiciones meteorológicas locales y regionales las que servirán de base para la construcción de los mapas.

Previo a la exposición a la atmósfera de las probetas, estas fueron desengrasadas con acetona, lavadas con agua de pureza elevada, secadas con aire frío y guardadas en desecadora. Las probetas limpias y secas se midieron y masaron con precisión, norma ASTM G1-03. El deterioro de los metales y aleación fue evaluado cada 3 meses por medidas de pérdida de masa por triplicado (norma ASTM G50).

Con el objetivo de realizar un seguimiento

simultáneo del efecto de la corrosión atmosférica en la tenacidad del material, en cada estación de estudio se instalaron probetas Charpy estándar de 10 mm x 10 mm x 55 mm de cada material, según las especificaciones del ensayo de impacto.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Estudios de Corrosión Atmosférica

La evaluación mensual de los parámetros climáticos y ambientales y el uso de las normas ISO 9223 permiten clasificar la agresividad de las atmósferas de las estaciones de ensayo. En la Tabla 1 se muestran para algunas estaciones de ensayo seleccionadas los valores promedio período Marzo-Agosto 2010 de las variables de tiempo de humectación ( $\tau$ , TDH) que corresponde al tiempo que realmente el material se encuentra húmedo y la deposición de los contaminantes en el ambiente (salinidad, S y compuestos sulfurados, P).

Considerando los valores y clasificación de las 3 variables de acuerdo a norma se obtiene la categoría de agresividad para cada lugar que se nomina CA y corresponde a 1 (menor agresividad) hasta 5 (mayor agresividad). Tal como se observa en la Tabla 1 los lugares que presentan un mayor índice de agresividad son Quintero e Isla de Pascua. En la Figura 1 a modo de ejemplo se presenta una comparación de algunas estaciones con la finalidad de mostrar que el contenido de cloruro ambiental es generalmente mayor que el contenido de dióxido de azufre ambiental, especialmente en la estación de Quintero donde la relación entre ambas variables es de una proporción 10:1. Es de esperar que en estas condiciones el efecto del cloruro influyera principalmente en la velocidad de corrosión de los materiales expuestos en la estación de Quintero.

Por otra parte, en la Figura 2 se muestra la variación de la deposición de cloruro ambiental en la mayoría de las estaciones en función de la distancia del lugar de exposición a la costa. En ella cada círculo corresponde a la información de una estación donde la estación más cercana al mar es Quintero y en esta figura se observa que a mayor cercanía a la costa mayor es el contenido de cloruro. Las variaciones entre los valores de cloruro obtenidos para distancias similares dependen principalmente si el lugar se encuentra en altura, apantallado por edificios o la dirección de los vientos es hacia la costa. El lugar más lejano a la costa (220 Km) corresponde a San Pedro de Atacama, sin embargo

en esta estación el contenido de cloruro es mayor que en otros lugares más cercanos al mar debido a la cercanía de este lugar a un salar, como ocurre generalmente en el norte de Chile.

En la Figura 3 se presentan los datos de velocidad de corrosión a los 3, 6, 9 Y 12 meses obtenidos para acero al carbono y aluminio en 30 estaciones con diferente índice de agresividad. En todos los casos el acero al carbono es el que presenta un mayor deterioro (los valores se indican fuera de escala). El orden de velocidad de corrosión para cada uno de los materiales coincide con la agresividad y categoría del lugar: Quintero>Valparaíso>Puerto Montt>Los Andes, lo que corrobora los datos mostrados en Tabla 1.

**Tabla 1.** Categoría de agresividad ambiental de 11 estaciones de ensayo.

Estación (N°)	TDH	Cl	SO <sub>2</sub>		CA
			%	P	
Quilpué (6)	44,9	τ4	2,77	S <sub>0</sub>	P <sub>0</sub> 3
Antofagasta (5)	100	τ5	23,49	S <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> 3 o 4
Huasco (8)	63,7	τ5	57,81	S <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> 3 o 4
Coquimbo (9)	83,8	τ5	7,13	S <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> 3 o 4
Valparaíso (12)	48,1	τ4	85,35	S <sub>2</sub>	P <sub>0</sub> 4
Quintero (13)	84,2	τ5	151,92	S <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> 5
Los Andes (14)	24,7	τ3	6,01	S <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> 2 o 3
Rancagua (15)	26,8	τ3	3,12	S <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> 2 o 3
Valdivia (16)	84,0	τ5	5,62	S <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> 3 o 4
Puerto Montt (20)	54,3	τ4	7,77	S <sub>1</sub>	P <sub>0</sub> 3
Isla de Pascua (28)	98,9	τ5	71,72	S <sub>2</sub>	P <sub>0</sub> 5

#### 3.2 Resultados de Tenacidad a Impacto

Con el objetivo de correlacionar los datos químicos con algún ensayo mecánico, se realizaron ensayos de tenacidad al impacto, o Charpy, tras 3 meses de exposición. En la Figura 4 se presentan los resultados de los ensayos realizados en los aceros SAE 1020 expuestos en 13 de las 30 estaciones a lo largo del país. A pesar del poco tiempo de exposición, los resultados muestran una tendencia hacia la disminución de la tenacidad al impacto, que varía en función de la estación, desde un 70% hasta un 36% de la tenacidad original del acero. En busca

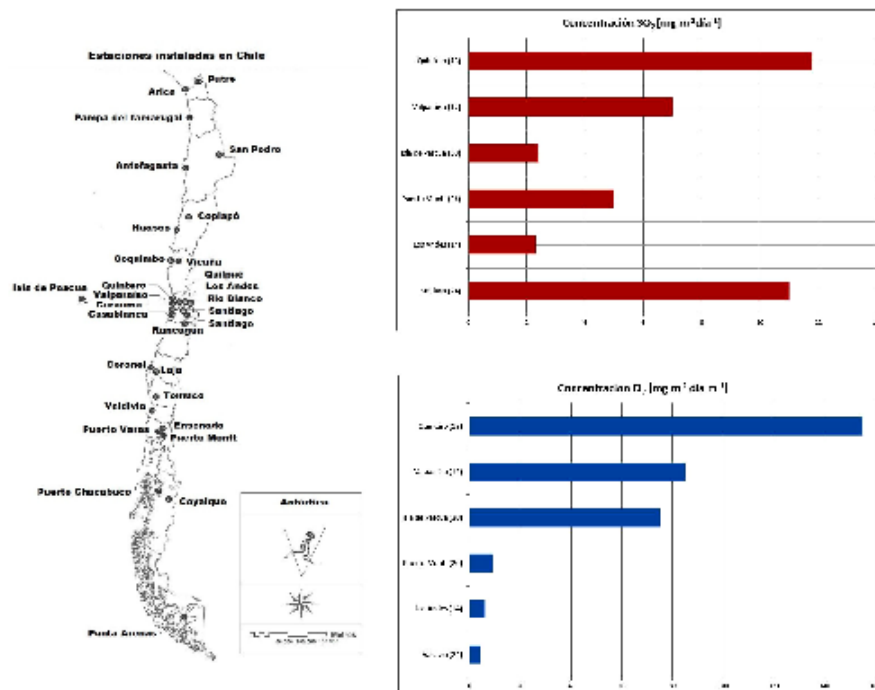


Figura 1. Ejemplo de la diversidad de concentraciones de Cl<sup>-</sup> y SO<sub>2</sub> según la localización de la Estación de ensayo.

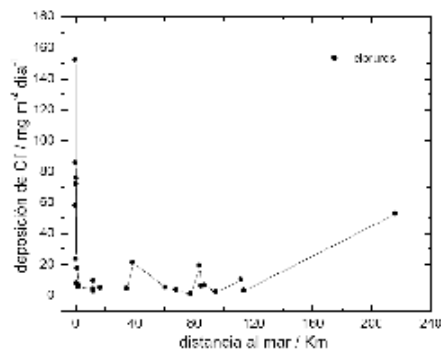
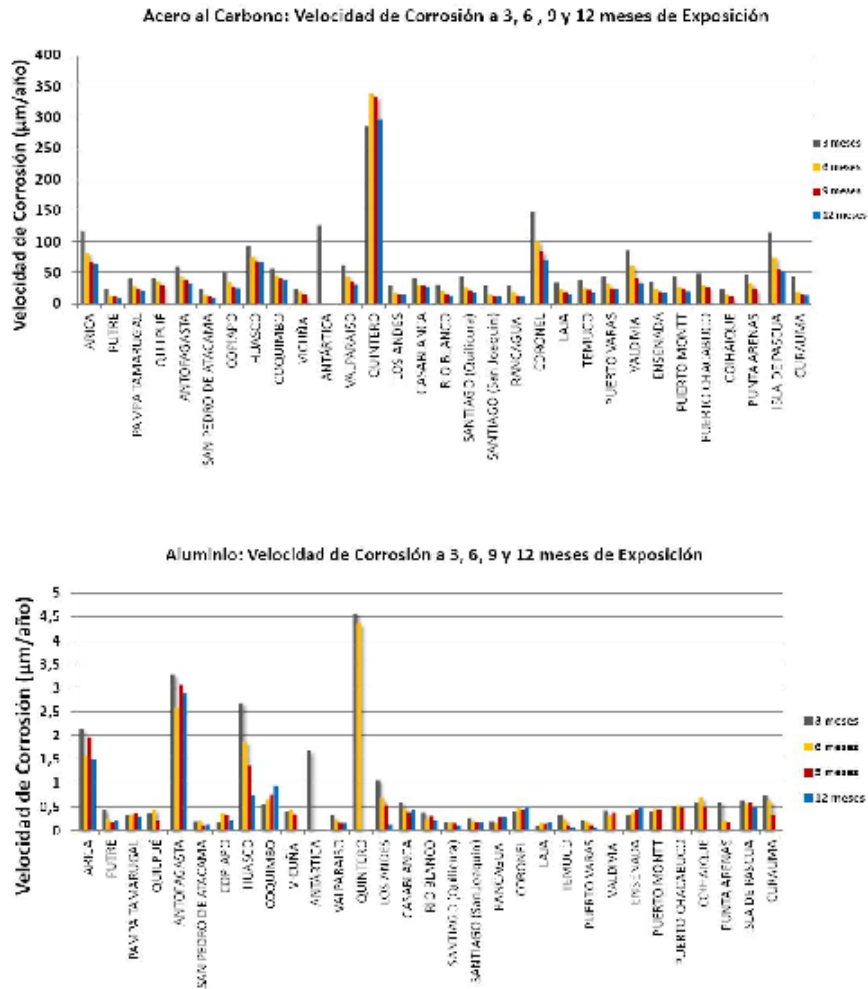


Figura 2. Variación del contenido de deposición de cloruro ambiental en función de la distancia al mar.



**Figura 3.** Velocidad de corrosión de (a) acero y (b) aluminio, en 30 Estaciones a lo largo y ancho de Chile, en materiales con exposición de 3, 6, 9 y 12 meses.

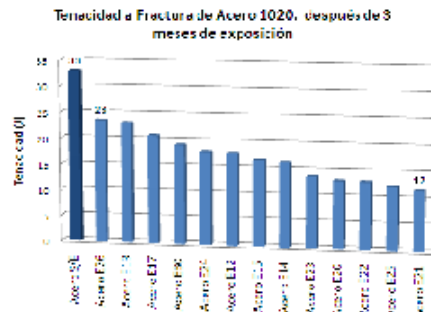


Figura 4. Tenacidad de fractura de aceros SAE 1020 expuestos durante 3 meses en 13 estaciones de estudio.

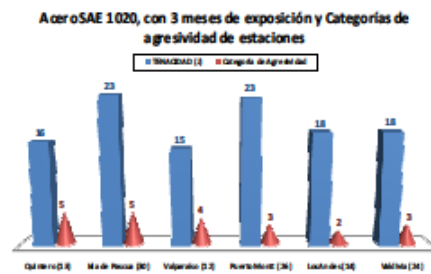


Figura 5. Valores de tenacidad a fractura de los aceros SAE1020 de 6 estaciones y su categoría de agresividad.

de una correlación entre la tenacidad a la fractura obtenida y las categorías de agresividad, Figura 5, se ha observado al menos con estos primeros resultados, que la correlación no se puede hacer directamente, dado que, nuevamente las muestras procedentes de Isla de Pascua (E30) no permiten señalar que, al tener una mayor categoría tendremos necesariamente una reducción mayor de la tenacidad, hecho que si se observa en los aceros expuestos en Quintero (E13) y Valparaíso (E12). Tratando de encontrar otra correlación, esta vez en función de los contaminantes medidos y la tenacidad a la fractura, se obtuvieron los valores que se muestran en la Figura 6. De acuerdo a estos resultados, las estaciones con mayor concentración de Cl<sup>-</sup> y SO<sub>2</sub> son también donde se registró la mayor pérdida de tenacidad al impacto, Quintero y

Valparaíso. En las probetas de Isla de Pascua, la tenacidad después de tres meses no se vio afectada mayormente, pese a la gran concentración de cloruros. En estaciones donde la concentración de cloruros fue baja, Puerto Montt, Los Andes y Valdivia, se advierte que la tenacidad varió pero en menor medida, aun cuando la concentración de SO<sub>2</sub> fuese mayor que el resto de las estaciones, como en Valdivia, pero su clasificación está entre P<sub>0</sub> y P<sub>1</sub>.

Tratando de encontrar otra correlación, esta vez en función de los contaminantes medidos y la tenacidad a la fractura, se obtuvieron los valores que se muestran en la Figura 6. De acuerdo a estos resultados, las estaciones con mayor concentración de Cl<sup>-</sup> y SO<sub>2</sub> son también donde se registró la mayor pérdida de tenacidad al impacto, Quintero y Valparaíso. En las probetas de Isla de Pascua, la tenacidad después de tres meses no se vio afectada mayormente, pese a la gran concentración de cloruros. En estaciones donde la concentración de cloruros fue baja, Puerto Montt, Los Andes y Valdivia, se advierte que la tenacidad varió pero en menor medida, aun cuando la concentración de SO<sub>2</sub> fuese mayor que el resto de las estaciones, como en Valdivia, pero su clasificación está entre P<sub>0</sub> y P<sub>1</sub>.

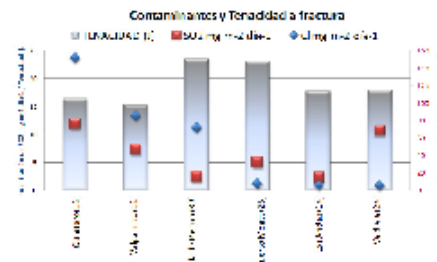


Figura 6. Concentración de Cl<sup>-</sup>, SO<sub>2</sub> en diferentes estaciones, comparadas con la tenacidad a fractura de Acero SAE1020.

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares después de 6 meses de exposición de los materiales al medio atmosférico muestran variaciones en el contenido de contaminantes y datos meteorológicos para los diferentes lugares de exposición y el contenido de cloruro atmosférico se relaciona directamente con la cercanía del lugar al mar o la concentración de

cloruros en el caso de San Pedro de Atacama, situado al lado del Salar de Atacama. Adicionalmente se incluyeron valores de velocidad de corrosión con 9 y 12 meses, los que demuestran que en un primer periodo la velocidad de corrosión es mayor y luego los materiales presentan menores velocidades.

El acero al carbono es el material más activo frente a la corrosión atmosférica en las condiciones de este estudio. Su tenacidad a fractura fue más afectada en ambientes con elevadas concentraciones de iones cloruro y no fue la misma al comparar aceros galvanizados con sin galvanizar, mostrando que, considerando la propiedad de tenacidad a fractura, en algunos casos es favorable el empleo de este método de protección y en otros no.

Se espera que con una mayor cantidad de datos, sea posible correlacionar adecuadamente la agresividad del ambiente, los datos de velocidad de corrosión y de tenacidad de los materiales, permitiendo confeccionar modelos de comportamiento que permitan seleccionar el material más adecuado en cada localidad.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

El grupo de investigadores desea agradecer el apoyo de INNOVA Corfo y de la VRIEA de la PUCV.

#### 6. REFERENCIAS

- [1]. Rosales B. M. *Mapas de corrosividad atmosférica de Argentina*, CITEFA, ISBN: 987-96600, Buenos Aires (Argentina), 1997.
- [2]. Vera R, Rosales B. M, Moriena G. *Corros. Sci.* 1999; **41**: 625-651.
- [3]. Tomashov N. D. *Theory of corrosion and protection of metals*, MacMillan Co., New York (EEUU), 1966, p. 367.
- [4]. Morcillo M, Feliu S, *Mapas de España de corrosividad atmosférica*, ISBN: 84-604-6673-6, Madrid, (España), 1993.
- [5]. Rincón A, De Rincón O. T, Rodríguez R, Romero N, De Rincón A. I, *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*, 1994; **27**: 55-64.
- [6]. Tidblad J, Kucera V, Samie F, Da S, Bhamornsut C, Peng L. C, Dawe Z, Hong Lien LT, Schollenberge H, Lungu C. V, Simbi D, *Water Air Soil Poll.* 2007; **7**: 241-247.
- [7]. Morales J, Díaz F, Hernandez-Borges J, Gonzalez S, Cano V, *Corros. Sci.* 2007; **49**: 526-541.
- [8]. Sun S, Zheng Q, Wen J, Li D, *Mater. Corros.* 2010; **61**: 852-859.

[9]. Vera R, Delgado D, Rosales B. M, *Corros. Sci.* 2007; **49**: 2329-2350.

[10]. Vera R, Delgado D, Rosales B. M, *Corros. Sci.* 2006; **48**: 2882-2890.

## Apéndice V Documento entregado por Bosch, conclusiones.



Santiago, 30 de enero de 2014

Señores  
CINTAC

### PRESENTE

La rápida corrosión de las superficies de zinc bajo ciertas condiciones adversas generalmente mencionadas como mancha de bodegaje en húmedo, óxido blanco y a veces como "moho blanco" es un problema común para todos los galvanizadores y muchos clientes.

La mancha de bodegaje en húmedo u óxido blanco, figura 1, es el depósito voluminoso blanco o gris formado por la corrosión acelerada del revestimiento de zinc cuando los artículos recién galvanizados se encuentran empacados muy estrechamente se almacenan o embarcan en condiciones húmedas y con mala ventilación, figura 2. A menudo se encuentra en artículos apilados o atados tales como láminas, placas, ángulos, barras y cañerías galvanizadas.



**Figura 1.** Mancha de óxido blanco que se ha formado entre defensas y planchas lisas almacenadas estrechamente.

La mancha de óxido blanco, tiene su origen en las condiciones de humedad y no indica mala calidad del galvanizado. Debido a que el zinc es muy reactivo, cualquier superficie de zinc en contacto con el aire circundante, formará rápidamente una película de óxido de zinc. La formación de esta delgada y dura película resistente a la corrosión es el primer paso en el desarrollo de la capa de producto de corrosión protectora asociada con los revestimientos galvanizados.



**Figura 2.** El almacenamiento inadecuado de defensas galvanizadas, falta de inclinación y aplastamiento, favorece la generación de óxido de zinc sobre de la superficie del revestimiento.

La humedad necesaria para la formación de la mancha de bodegaje en húmedo puede originarse de distintas maneras. Puede estar presente en las partes galvanizadas en el momento del apilamiento o empaque. Puede ser el resultado de exposición directa a la lluvia o agua de mar o de la condensación causada por los cambios de temperatura atmosférica.

El empaque apretado puede dar por resultado humedad retenida por acción capilar entre las superficies en contacto porque se retarda el secado por falta de aire circulante, figura 2.

#### **PREVENCIÓN DE LA MANCHA DE BODEGAJE EN HÚMEDO** **Almacenamiento y Transporte**

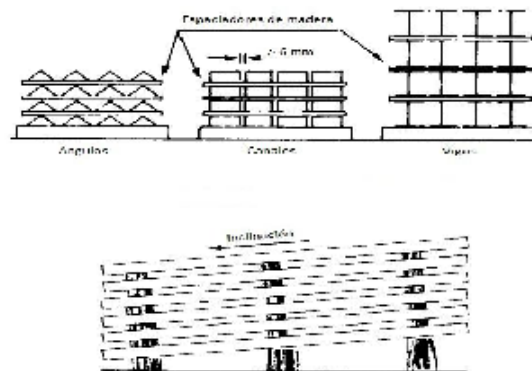
Cuando los artículos galvanizados se encuentren empacados estrechamente durante períodos prolongados, deben tomarse precauciones adecuadas. El óxido blanco puede minimizar manteniendo un ambiente de baja humedad alrededor del material y proporcionando ventilación adecuada entre las piezas apiladas.

Los puntos a observar son:

1. El material debe almacenarse bajo techo, en condiciones secas y bien ventiladas, preferentemente con instalaciones de calefacción. Es importante almacenar los materiales lejos de puertas abiertas.
2. Los artículos pequeños que son templados y almacenados en contenedores deben secarse muy bien antes del empaque. Cuando los contenedores sean sellados, se recomienda incluir un desecante.



3. Si es inevitable el apilamiento al aire libre, los artículos deben levantarse del suelo y separarse con listones separadores, para entregar el libre acceso de aire a todas las partes de la superficie. También deben inclinarse de manera que den máximo drenaje. Bajo ninguna circunstancia debe permitirse que el acero galvanizado descansa sobre cenizas o escoria; ni debe almacenarse sobre suelo húmedo o vegetales en descomposición. El uso de separadores también se recomienda durante cualquier embarque si existe la probabilidad de condensación, figura 3.



**Figura 3.** Para impedir que ocurra la mancha de bodegaje en húmedo en superficies recién galvanizadas, las secciones, vigas y estructuras deben disponerse con una inclinación de mínima de 15° y orientarse de modo que el agua no se junte. Los tableros separadores de madera se colocan entre las capas para que no se formen rendijas entre las superficies de zinc.



4. No deben apilarse más de tres paquetes de defensas camineras en altura para evitar aplastamiento excesivo



**Figura 4.** Almacenamiento adecuado de defensas galvanizadas. Estas defensas están con Angulo de inclinación y sin exceso de aplastamiento, lo que permite el escurrimiento del agua, para evitar formación de óxido blanco.

5. El material descubierto no debe dejarse en puntos de carga en tránsito donde puede quedar expuesto a la lluvia, humedad, condensación o nieve.
6. los paquetes más antiguos deben salir primero a terreno para ser instalados
7. En embarques internacionales, el acero galvanizado no debe consignarse como carga en cubierta ni almacenarse en partes de la bodega del barco donde es probable el contacto con agua salada. Como se observó anteriormente, el agua de mar es especialmente corrosiva bajo condiciones que conducen a la mancha de bodegaje en húmedo. La alta humedad del mar, particularmente en los trópicos, hace que sea muy importante proporcionar instalaciones secas y bien ventiladas.
8. La manera de embalar las defensas camineras en la planta de galvanizado obedece a una condición de aireación para evitar este fenómeno, se recomienda no cambiar la forma de embalaje para ganar espacio en el camión, si esto se realiza, al momento de acopiar se debe volver al embalaje original.
9. En casos extremos, donde se ha dejado formar un depósito blanco pesado o moho rojo como resultado de almacenamiento prolongado en malas condiciones, deben eliminarse los productos de corrosión y repararse el área dañada con pintura rica en zinc según lo detalla la Práctica de Norma ASTM A780 de Reparación de Revestimientos Dañados de Galvanizado por Inmersión en Caliente.



10. Cuando el área dañada sea extensa o donde la mancha de bodegaje en húmedo impida el uso del artículo para el servicio destinado, puede que sea necesario regalvanizar.

La importancia de seguir estas recomendaciones para prevenir la mancha de bodegaje en húmedo se puede traducir en evitar altos costos de reprocesamiento de elementos que fueron indebidamente almacenados.

Finalmente, B.Bosch pone a su disposición a sus profesionales para responder sus consultas y aclarar cualquier duda que pudiese haber.

Esperando una grata acogida de vuestra parte, saluda atentamente,

Jorge Flores Cofré  
Analista de Procesos