



ESCUELA DE HISTORIA Y GEOGRAFÍA
CARRERA DE IEGA

IMPLEMENTACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN EL PROCESO DE
TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL ACERO
Aplicado al proceso de líneas de pinturas, empresa Hunter Douglas Chile S.A.

Alumno: Juan Alberto Gallardo Montenegro
Profesor guía: Macarena Pérez García

Tesis para optar al título de Ingeniero de ejecución en Gestión Ambiental

Santiago, Julio, 2014

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar mi trabajo de tesis, es indispensable agradecer a todas las personas que aportaron para lograr el objetivo final.

En primer lugar, agradezco a mi profesor guía Macarena Pérez, por su aporte anímico, por sus consejos, por sus correcciones en la tesis y por el apoyo incondicional en todo momento.

De igual forma, agradezco a la empresa Hunter Douglas por permitir desarrollar este trabajo en sus instalaciones, agradezco también a las personas y trabajadores de la empresa por su ayuda desinteresada y la buena disponibilidad durante el periodo de pruebas y ensayos.

A la universidad y a mis compañeros de estudios, que aportaron con sus conocimientos y apoyo académico.

No puedo dejar de mencionar y agradecer a dios ya que para mí fue un aporte espiritual importante.

Finalmente agradezco a mi familia “Gallardo Sáez”, que cumplió un rol fundamental para que pudiera seguir estudiando, brindándome el apoyo emocional que necesite durante este proceso.

INDICE DE CONTENIDO

1	CAPITULO 1	6
1.1	<i>Introducción y Planteamiento del Problema.....</i>	6
2	CAPITULO 2 OBJETIVOS	8
2.1	<i>Objetivo General.....</i>	8
2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	8
3	CAPITULO 3 METODOLOGIA	9
3.1	<i>Diagnóstico de la situación actual</i>	9
3.2	<i>Implementación del proceso y desarrollo de pruebas.....</i>	10
3.3	<i>Comparación de resultados.....</i>	14
4	CAPITULO 4 MARCO TEÓRICO.....	15
4.1	Nanotecnología en base a Silanos	15
4.1.1	<i>La Nanotecnología</i>	16
4.1.2	<i>Técnica sol-gel</i>	17
4.1.3	<i>Tratamiento en base a Silanos.....</i>	17
4.2	Pasivación o tratamiento de superficies de acero	19
4.3	Tipos de pasivación o tratamiento de superficie	20
4.3.1	<i>Tratamiento en base a Cromo.....</i>	20
4.3.2	<i>Tratamiento en base a Molibdatos.....</i>	21
4.3.3	<i>Tratamiento en base a Fosfatos.....</i>	22
4.4	Coil Coating (Línea de Pintura).....	22
4.5	Productos Metálicos.....	24
4.6	Residuos líquidos y sólidos.....	25
5	CAPÍTULO 5 DESARROLLO	26
5.1	Diagnóstico de la situación actual	26
5.1.1	<i>Aspectos Administrativos</i>	26
5.1.2	<i>Aspectos operacionales</i>	30
5.1.3	<i>Aspectos Económicos</i>	34
5.1.4	<i>Aspectos Técnicos</i>	39
5.2	Implementación del proceso y desarrollo de pruebas.....	48
5.2.1	<i>Implementación Sistema de Aplicación.....</i>	48
5.2.2	<i>Adquisición del producto Nanotecnología.....</i>	50
5.2.3	<i>Desarrollo de pruebas</i>	53
5.2.4	<i>Resultados de los ensayos</i>	54
5.3	Análisis de resultados.....	69
5.3.1	<i>Resultados ensayos Mecánicos.....</i>	69
5.3.2	<i>Resultados ensayos Nieblas Salinas y exposición UV</i>	70
6	CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
6.1	<i>Recomendaciones y limitantes.....</i>	77
7	CAPITULO 8 BIBLIOGRAFÍA.....	79
8	CAPITULO 9 ANEXOS	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama Gerencial, empresa Hunter Douglas Chile S.A.	29
Figura 2: Organigrama área productiva Hunter Douglas Chile S.A.....	29
Figura 3: Flujograma general del proceso de fabricación	30
Figura 4: Esquema de trabajo Línea de Pintura	32
Figura 5: Esquema general del proceso	34
Figura 6: Test N° 1 Curado de la pintura	41
Figura 7: Test N° 3 T-Bend	42
Figura 8: Test N°5, Dureza de la pintura.....	43
Figura 9: Tabla de desprendimiento del área cuadrículada, Test N°6.....	44
Figura 10: Esquema proceso tratamiento en base a Nanotecnología	49
Figura 11: Funcionamiento del tratamiento en base a Nanotecnología	52
Figura 12: Microscopía electrónica de tratamiento de Nano y pintura	52
Figura 13: Evaluación porcentaje área Corroída ASTM 610	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Línea de productos arquitectónicos Hunter Douglas Chile S.A.....	28
Tabla 2: Consumo m ³ de gas, quemadores baños Cromo y Pasivado	36
Tabla 3: Control consumo reactivos químicos tratamiento cromo, año 2013.....	37
Tabla 4: Control generación y disposición final de residuos peligrosos, año 2013 .	37
Tabla 5: Resumen general de gastos, tratamiento en base a Cromo.....	38
Tabla 6: Test N°7, parámetros aceptación de color.....	45
Tabla 7: Parámetros aceptación test de Calidad del fleje pintado	46
Tabla 8: Resultados ensayo de Curado	55
Tabla 9: Resultados medición de espesor	56
Tabla 10: Resultados ensayo T-Bend.....	56
Tabla 11: Resultados medición de Brillo	56
Tabla 12: Resultados ensayo toma de Dureza de la pintura.....	57
Tabla 13: Resultados ensayo Adherencia de la pintura.....	57
Tabla 14: Resultados ensayo comparación de Color.....	58
Tabla 15: Escala y descripción de grados de Corrosión ASTM 610.....	60

Tabla 16: Frecuencia de Ampollamiento ASTM 714	61
Tabla 17: Tamaño ampollamiento ASTM D714	62
Tabla 18: Resultados 200 hrs. exposición Nieblas Salinas	62
Tabla 19: Resultados 400 hrs. exposición Nieblas Salinas	63
Tabla 20: Resultados 600 hrs. exposición Nieblas Salinas	63
Tabla 21: Resultados 800 hrs. exposición Nieblas Salinas	63
Tabla 22: : Resultados 1000 hrs. exposición Nieblas Salinas	64
Tabla 23: Resultados 200 hrs. exposición irradiación UV	66
Tabla 24: Resultados 400 hrs. exposición irradiación UV	67
Tabla 25: Resultados 600 hrs. exposición irradiación UV	67
Tabla 26: Resultados 800 hrs. exposición irradiación UV	67
Tabla 27: Resultados 1000 hrs. exposición irradiación UV	68
Tabla 28: Comparación resultados ensayos mecánicos	69

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Realización ensayo de Curado	55
Fotografía 2: Ensayo verificación de brillo	57
Fotografía 3: Reticulado ensayo Adherencia de la pintura	58
Fotografía 4: Placa al inicio del ensayo de Nieblas Salinas	59
Fotografía 5: Vista microscópica, placa 200 hrs. de exposición.	62
Fotografía 6: Placa al inicio del ensayo de irradiación UV	65
Fotografía 7: Placa 200 hrs. de exposición UV	66
Fotografía 8: Evaluación final cámara Nieblas Salinas	72
Fotografía 9: Evaluación final cámara UV	75

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Avance de corrosión según norma ASTM 610	70
Gráfico 2: Avance ampollamiento de la pintura según norma ASTM D714	71
Gráfico 3: Evaluación Brillo cámara UV	73
Gráfico 4: Evaluación color cámara UV	74

1 CAPITULO 1

1.1 Introducción y Planteamiento del Problema

La conservación del medio ambiente supone uno de los principales desafíos a los que se enfrenta la sociedad actual y, por ende, para las empresas, puesto que constituye una fuente importante de cambios en el entorno competitivo.

En ese contexto de tendencia hacia modelos de desarrollo basados en la sostenibilidad, las empresas tienen que inevitablemente redefinir su papel para adaptarse a estos cambios del entorno, buscando la implementación de procesos más eficientes que mejoren su propia gestión medioambiental.

La Empresa Hunter Douglas Chile S.A., compañía cuyo rubro es la fabricación de productos Arquitectónicos, como: cubiertas, cielos y revestimientos, utiliza cromo en el proceso de tratamiento de los flejes de acero, para dejar la superficie metálica en óptimas condiciones para obtener un pintado de alta performance, tanto en adherencia como resistencia a la corrosión.

La presente investigación busca implementar un nuevo sistema de tratamiento superficial de los flejes de acero, previo al proceso de pintado de un fleje de Aluzinc, utilizando componentes en base a Nanotecnología para la protección contra la corrosión del metal, generando una película de adherencia para el recubrimiento orgánico, con lo cual se eliminaría el cromo del proceso y se minimizarían los impactos ambientales asociados a este tipo de tratamiento.

La Nanotecnología es un nuevo sistema bi-componentes para tratamiento de metales basado en Silano, nano partículas y agua.

El proceso de Nanotecnología se podría aplicar con una técnica similar al proceso de pintado, coil-coating, para el caso de la línea de pintura, con lo que se simplificaría el proceso, disminuyendo la necesidad de equipos de bombeo a alta presión y su mantención. El producto de Nanotecnología trabaja a temperatura ambiente y solo exige un proceso de secado, con lo que se podría disminuir el consumo de combustible.

Los componentes de la Nanotecnología no son riesgosos para su uso ni son dañinos para el medioambiente. Por lo que su uso implica menor riesgo ocupacional, reducción de costos de tratamiento y la disposición de sus residuos con un bajo impacto medioambiental.

A continuación se presentan los objetivos definidos, el proceso de desarrollo y aplicación de la nueva tecnología de tratamiento superficial del acero basada en Silanos y Nano partículas.

2 CAPITULO 2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Implementar y evaluar una nueva tecnología de tratamiento superficial o pasivado de los aceros, que permita obtener una aplicación similar a la utilizada actualmente.

2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el actual estado del tratamiento superficial del acero en la empresa Hunter Douglas Chile S.A.
- Determinar el área del proceso en donde se implementará esta nueva tecnología y realizar las pruebas correspondientes para verificar el comportamiento del nuevo sistema de tratamiento en base de nanotecnología.
- Caracterizar los resultados obtenidos y la eficacia del tratamiento superficial, realizando un estudio comparativo con ensayos anteriores.

3 CAPITULO 3 METODOLOGIA

Con el propósito de cumplir con los objetivos definidos para esta investigación, se ejecutaron una serie de actividades asociadas a cada objetivo específico definido.

3.1 Diagnóstico de la situación actual

Para el diagnóstico de la situación actual se recopilaron antecedentes del año 2013, que fueron facilitados por la propia empresa Hunter Douglas Chile S.A. Esta información contempla 4 aspectos relevantes a considerar:

- a) Aspectos Administrativos: este aspecto comprende todo lo relativo a la organización, como la historia y su organigrama funcional.
- b) Aspectos Operacionales: los aspectos considerados en este punto tiene relación con la infraestructura de la empresa y el proceso productivo.
- c) Aspectos Económicos: para el desarrollo de este punto se consideraron todos los costos asociados a la utilización del tratamiento actual en base a Cromo, se determinó el consumo anual de agua para la elaboración de los baños de tratamiento, el consumo anual de sales de cromo, el volumen de gas utilizado para lograr la temperatura del proceso, la cantidad y costos de reactivos para el tratamiento de los riles crómicos, además de los costos por la disposición final de los residuos generados.
- d) Aspectos técnicos: los elementos que se contemplaron, son aquellos que se utilizan actualmente para determinar si el fleje pintado cumple con los parámetros de calidad establecidos por la empresa.

Estos aspectos se encuentran establecidos como procedimientos internos de la empresa, los cuales están basados en normas internacionales y se detallan a continuación: test de curado, test de brillo, test de adherencia, test de espesor, test de flexibilidad, test de nieblas salinas, test de exposición a la radiación UV, cada uno de estos ensayos debe cumplir con el parámetro definido como aceptable para que el fleje pintado con tratamiento en base a cromo sea aceptado y validado para que continúe al siguiente proceso.

3.2 Implementación del proceso y desarrollo de pruebas

Para determinar el área específica del proceso en que se implementó este nuevo esquema de trabajo, se verificó el actual “lay out” de la línea de pintura y sus baños de tratamiento, con lo cual se definió que el lugar más óptimo para el montaje es al término del baño de Pasivado, optimizando los espacios sobrantes y sin modificar sustancialmente el esquema del proceso existente.

La definición del montaje del nuevo tratamiento se debe a que si los resultados obtenidos no son los óptimos se deberá volver al esquema actual. Si los resultados muestran que el nuevo tratamiento posee mayores beneficios, se reestructurará el proceso en forma general.

Se definieron las partes y piezas necesarias para un correcto flujo del fleje tratado. Cada una de las partes se integra a una estructura de acero portátil, fácil de montar o desmontar de la línea, lo cual permitirá obtener mayor versatilidad a la operación del tratamiento.

Cada una de las partes será soldada a una estructura de acero, lo cual le dará forma al proceso de tratamiento.

El proceso de Nanotecnología se aplicó con una técnica similar al proceso de pintado, Coil Coating, para el caso de la línea de Coil, con lo cual se simplificará este proceso, disminuyendo la necesidad de equipos de bombeo a alta presión y su mantención.

El sistema de aplicación consta de un rodillo de goma, el cual fué sumergido al interior de una bandeja de acero inoxidable, la cual se encuentra cargada con el producto en base a nanotecnología. La finalidad de esta operación es que el fleje de acero pase por este rodillo y se ponga en contacto directo con el producto.

El producto de Nanotecnología trabaja a temperatura ambiente y solo exige un proceso de secado, para lo cual se instalarón 2 paneles secadores eléctricos al finalizar el ciclo de aplicación.

El método seleccionado para el control de espesor del tratamiento en base a nanotecnología será mediante rodillos de goma a presión los cuales serán instalados sobre el baño de aplicación, de manera que la solución retirada de los flejes, pueda volver al baño por gravedad y ser reutilizada nuevamente.

Para poder detectar la correcta aplicación del producto, adicionalmente se instalarán lámparas UV con abertura de onda de 440 nm, con las cuales se podrá verificar la fluorescencia del producto. El sistema indica que a mayor fluorescencia mayor espesor, y se podrá eventualmente desarrollar un sistema de control luminiscente por comparación con estándares de espesores pre-definidos. Esta lámpara se deberá instalar posterior a los paneles de secado, en un sistema aislado para proteger al operador y con un control de pulso para activar su funcionamiento.

La implementación de esta tecnología en el proceso es nueva para esta industria. No se conocen empresas dedicadas al proceso de Coil-Coating que utilicen este tipo de componentes.

Por ello se debe demostrar que los resultados, tanto para el proceso de pintado, como para los resultados de comportamiento en el tiempo deben cumplir con las exigencias normativas que se aplican a los productos para uso arquitectónico (Resistencia mecánica de la aplicación, resistencia a las condiciones climáticas, humedad, salinidad, UV y Luz solar).

La secuencia de los ensayos se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos. Uno de los que tiene mayor importancia es el ensayo de adherencia y resistencia al impacto, el cual consiste en una prueba realizada al fleje pintado, para verificar el grado de adherencia de la pintura al sustrato, y la resistencia de la pintura al deformado y al quiebre.

Se deberá considerar el grado de desprendimiento que se observe en la muestra después de realizado el ensayo y de acuerdo a esto se clasificará el resultado según la norma internacional ASTM D-3359-2002, Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.

El segundo ensayo realizado y de gran importancia para la investigación es someter muestras de fleje pintado a la cámara de nieblas salinas, el propósito de este es duplicar condiciones de corrosión acelerada y así poder evaluar el comportamiento de las muestras.

La evaluación de las muestras se realizó según las normas internacionales ASTM D610 - 08(2012), práctica estándar para evaluar el grado de oxidación en

las superficies de acero pintado y la ASTM D714 - 02(2009) método de prueba estándar para evaluar el grado de formación de ampollas en Pinturas.

El otro ensayo que se desarrolló en paralelo, es el de envejecimiento acelerado en cámara QUV, en la cual se reproduce el daño causado por la luz solar y la lluvia, en este se pretende simular en un corto periodo de tiempo, el daño que se puede reproducir en el transcurso de meses o incluso años a la intemperie.

Este ensayo se realizó según lo indicado en la norma internacional ASTM D4587, Práctica estándar para exposiciones a la luz fluorescente ultravioleta (UV) y condensación, de pintura y recubrimientos asociados.

La evaluación de las muestras expuestas considera la pérdida de brillo y la decoloración de las muestras, adicionalmente la apariencia superficial de las probetas pintadas con este nuevo tratamiento superficial del fleje de acero.

Para proceder con análisis comparativo que hemos mencionado, se utilizaron todos los resultados de los ensayos realizados al fleje de acero pintado con aplicación del tratamiento en base a nanotecnología. Además dispondremos de ensayos realizados bajo las mismas normas internacionales a fleje de acero pintado con tratamiento en base a sales de cromo, los cuales serán proporcionados por la empresa Hunter Douglas Chile.

Para el análisis de los datos se utilizará la técnica cuantitativa, y cualitativa, lo primero que se analizará, son los datos correspondiente a ensayos realizados en base a tratamientos con sales de cromo, de manera de comparar con los resultados obtenidos con el tratamiento en base a nanotecnología y así poder evaluar cambios u o diferencias que se presenten en entre ambos ensayos.

3.3 Comparación de resultados

La finalidad de esta investigación es poder conocer y validar los resultados de los ensayos y con esto poder aplicar la técnica a gran escala en tratamiento similares.

Cada resultado obtenido fue analizado y comparado con el patrón de tratamiento actual, para lo cual se elaboraron matrices de comparación de datos, las cuales permiten demostrar las diferencias encontradas cuantitativamente.

En forma paralela se demostraran las diferencias cualitativas mediante un análisis fotográfico que se realizara a cada probeta para cada ensayo realizado. Mediante este análisis podremos verificar el comportamiento superficial de la pintura con uno u otro tratamiento, adicionalmente se entregaran las conclusiones para cada ensayo realizado, mencionando las diferencias encontradas e indicando cuál de los 2 tratamientos o aplicaciones presentó un mejor comportamiento frente a las condiciones ambientales adversas.

4 CAPITULO 4 MARCO TEÓRICO

4.1 Nanotecnología en base a Silanos

Para el proceso de generar una película protectora y porosa en los metales de tal manera de que sean aptas para recibir una capa de recubrimiento orgánico y que permita obtener una óptima adherencia y una resistencia adecuada para el proceso mecánico de formado y exposición a la intemperie, se ha explorado el uso de la tecnología de formación capas de óxidos metálicos con la técnica de los sol-gel.

Esta técnica ampliamente utilizada para crear capas extremadamente delgadas de componentes activos o resistentes que permiten modificar el comportamiento de la superficie del sustrato, fue desarrollada por la industria como una alternativa para ofrecer un pre tratamiento para la industria automotriz y línea blanca como un proceso más limpio y libre de cromo, condición que se estaba volviendo obligatoria en muchas de las aplicaciones de estos productos.

Obtener un comportamiento y desempeño similar al que otorga el uso de componentes de cromo, es aún un reto para igualar las prestaciones que este da en las piezas terminadas, más aún cuando los materiales están expuestos a condiciones ambientales extremas, la cual es muy común para ciertos productos arquitectónicos utilizados en ambientes muy húmedos o cercano a zonas con ambiente marino.

Las empresas pioneras en el desarrollo de estos productos de pre tratamiento, complementaron la técnica de formación de nano capas de este sistema, adicionando cadenas poliméricas orgánicas a los oxisilanos utilizados en la

composición, de tal forma de crear uniones químicas más estables con los componentes orgánicos de las pinturas.

Este esquema de pre tratamiento para materiales metálicos, que posteriormente deberán ser recubiertos con material orgánico, corresponde al desarrollo de sistemas bi-componentes para tratamientos de metales pesados, basados en compuestos de Silanos y nano partículas.

El sistema se prepara en base a la mezcla de dos componentes, uno en base a trialcoxisilano organofuncional y otra en base a un sol-gel de óxido metálico, activante del componente, disueltos en agua des-ionizada, a concentraciones entre 4 – 6% p/p.

4.1.1 La Nanotecnología

Para Charles P. Poole Jr. y Frank J. Owens (Jr. Charles, 2007, pág. 1) la Nanotecnología se basa en reconocer que las partículas con tamaños inferiores a 100 nanómetros (un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro) confieren nuevas propiedades y nuevos comportamientos a las nano estructuras que con ellas se construyan. Esto sucede porque las partículas, que son menores que las longitudes características asociadas a un fenómeno particular, frecuentemente manifiestan una nueva química y física, lo que lleva a un nuevo comportamiento que depende del tamaño.

Elizabeth Pabón Gelves (Gelves, 2010, pág. 4) plantea que la nanotecnología está relacionada con el diseño, caracterización, producción y uso de estructuras, de dispositivos y de sistemas cuya forma y tamaño se controla a escala nanométrica, en la franja entre 1 y 100 nanómetros. Asimismo, el término nanomateriales engloba todos aquellos materiales desarrollados con al menos una

dimensión en la escala nanométrica y exhibe propiedades nuevas relacionadas con su escala. Cuando esta longitud es además del orden o menor que alguna longitud física crítica, aparecen nuevas propiedades que permiten el desarrollo de materiales y dispositivos con funcionalidades y características completamente nuevas. En esta área, por lo tanto, se incluyen agregados atómicos (clusters) y partículas de hasta 100 nm de diámetro, fibras con diámetros inferiores a 100 nm, láminas delgadas de espesor inferior a 100 nm, nanoporos y materiales compuestos.

4.1.2 Técnica sol-gel

La técnica sol-gel ha sido utilizada para obtener recubrimientos de sílice protectores a la oxidación y corrosión sobre distintos metales (aceros, aluminio, plata). Estos recubrimientos también pueden mejorar su microdureza y/o resistencia a la abrasión.

El proceso sol-gel es un método químico que permite la obtención de recubrimientos vítreos y cerámicos de alta densidad a temperaturas relativamente bajas y por medio de un proceso relativamente sencillo. A su vez el proceso posibilita la obtención de una nueva familia de materiales híbridos orgánico-inorgánicos que presentan propiedades singulares. El proceso sol-gel parte de la obtención de un “sol” o suspensión de partículas coloidales o macromoléculas poliméricas de tamaño inferior a los 100 nm en un líquido. (A. Pepe, 2000, pág. 871)

4.1.3 Tratamiento en base a Silanos

En la década de los cincuenta, se utilizaron compuestos orgánicos conocidos como Silanos en los pre tratamientos de fibra de vidrio para aumentar la

adherencia de resinas fenólicas. Posteriormente, Plueddeman extendió este concepto e investigó la capacidad de los Silanos para mejorar la adherencia de diferentes pinturas (Plueddeman, 1972, págs. 381-420). De esta forma, los estudios realizados con Silanos se han vinculado a la mejora de las propiedades de adherencia de las pinturas e imprimaciones depositadas sobre ellos. En muchos casos se han conseguido resultados comparables a los obtenidos con cromatos. El mecanismo de protección no está completamente establecido. No obstante, parece estar asociado a la naturaleza hidrofóbica de los grupos organofuncionales de los Silanos. Según el mismo autor a largo plazo el grado de protección proporcionado disminuye significativamente. Las capas obtenidas con Silanos presentaban un buen comportamiento, tanto en ensayos realizados en cámara de niebla salina como en ensayos electroquímicos, obteniéndose una disminución de la velocidad de corrosión en más de cuatro órdenes de magnitud.

El Silano es una Molécula compuesta por un átomo central de silicio con cuatro uniones. Las uniones pueden ser cualquier combinación de grupos orgánicos o inorgánicos. Silanos alcoxi unidos con grupos alquilo son eficientes y efectivos repelentes al agua durante el tratamiento en concreto y mampostería. Silanos con uniones tanto orgánicas como inorgánicas se utilizan como agentes de acoplamiento de distintas formas. (Solutions, 2013, pág. 2)

Según estudios de la empresa Gelest (Gelest, 2006, pág. 2) los agentes de acoplamiento de Silano tienen la capacidad de formar una unión duradera entre los materiales orgánicos e inorgánicos. Los encuentros entre materiales disímiles implican a menudo al menos un miembro que es silíceo o tiene superficie química con propiedades silíceas; silicatos, aluminatos, boratos, etc., que son los principales componentes de la corteza de la tierra.

4.2 Pasivación o tratamiento de superficies de acero

Para estabilizar la superficie del acero y antes del proceso de pintado, se suele aplicar un tratamiento de superficie o pasivación. Los principales objetivos del tratamiento de pasivación son, prevenir el crecimiento de óxidos en la superficie del acero, ya que un exceso de óxidos puede alterar significativamente la calidad superficial de la pintura, mejorar la adherencia de la pintura al sustrato metálico y mejorar la resistencia a la corrosión después del pintado. (R. Catalá, 1998, pág. 40)

Según la Norma ASTM A 380-99, (Materials, 2005, pág. 1) Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment and Systems:

La pasivación o tratamiento de superficies se refiere a la formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material (frecuentemente un metal), que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos. Aunque la reacción entre el metal y el agente externo sea termodinámicamente factible a nivel macroscópico, la capa o película pasivante no permite que éstos puedan interactuar, de tal manera que la reacción química o electroquímica se ve reducida o completamente impedida.

Los recubrimientos metálicos que brindan protección anticorrosiva a las chapas de acero reciben una protección adicional mediante la aplicación de una película de conversión química o tratamiento de superficie. Desde hace más de 50 años se han utilizado industrialmente películas de conversión basadas en cromatos, compuestas por óxidos e hidróxidos de Cr(VI) y Cr(III), que actúan como pasivantes de la superficie. Este tipo de tratamiento es utilizado en acabados y en la protección anticorrosiva de superficies metálicas correspondientes a

equipamientos eléctricos e industrias aeronáutica, alimenticia y automotriz, donde las chapas de acero galvanizado o electrocincado son tratadas con recubrimientos de conversión para conferirles buena adherencia al sistema de pintado aplicado posteriormente con fines de protección y estéticos. Este tratamiento, comenzó a ser utilizado durante la segunda guerra mundial para la protección de la hojalata destinada a la fabricación de envases para alimentos. La capa de pasivación es aplicada en la etapa final del proceso y da origen a un complejo de óxidos de cromo denominado capa de conversión.

4.3 Tipos de pasivación o tratamiento de superficie

4.3.1 Tratamiento en base a Cromo

Durante más de 100 años, los cromatos han sido uno de los procedimientos más utilizados en la industria de recubrimientos metálicos. El ion cromato es uno de los inhibidores acuosos más efectivos para un gran número de metales, incluido el aluminio, zinc, acero, cadmio y magnesio. Esta inhibición es debida a la formación en la superficie del metal de una capa protectora de mezcla cromo/óxido del metal, de un espesor de 0,1-1 mm, la cual se forma como resultado de una reducción electroquímica del ion cromato. (Macdonald, 1993, págs. L27-L30). La habilidad del cromato para ser reducido a óxido de cromo es utilizada en el proceso de conversión, y esto hace posible el uso de pigmentos de cromo en pinturas.

Una de las ventajas del cromatado es que la mezcla cromo/sustrato óxido metal aporta mejor resistencia a la corrosión que el sustrato óxido metal solo. Una protección frente a la corrosión adicional viene dada por los iones atrapados en la capa. Otra propiedad del recubrimiento con iones cromato es su habilidad de favorecer la adherencia. Esto probablemente es debido a la estructura celular de

la capa de óxido mixto (Characterization, 1987, págs. 11-33). El color de la capa varía según el sustrato, desde amarillo palo a oro a marrón oscuro o negro.

El cromo puede existir en cuatro estados de oxidación diferentes: cromo (II), cromo (III), cromo (V) y cromo (VI). De entre todas las formas, los compuestos de cromo (VI), principalmente los cromatos, han sido extensamente utilizados para prevenir la corrosión de diferentes metales y aleaciones, entre los que cabe citar el acero, las aleaciones de aluminio, zinc, cobre y otras (K.D. Maji, 1982, págs. 8-24). Su alta relación eficacia/coste hace que, en la actualidad, sean una de las sustancias más utilizadas como inhibidores de la corrosión (Wittke, 1989, pág. 87).

4.3.2 Tratamiento en base a Molibdatos

Los molibdatos han mostrado un buen comportamiento como inhibidores en la corrosión del acero (Lizlovs, 1979, págs. 263-285), del acero galvanizado (S.M. Powell, 1999, págs. 1040-1051) y del aluminio (A.K.H. Bairamov, 1992, págs. 128-143). Sin embargo, en algunos trabajos se pone de manifiesto que los molibdatos presentan unos niveles de inhibición muy inferiores a los alcanzados por los cromatos (Wiggle, 1981, págs. 13-24).

El efecto inhibitor de los molibdatos se atribuye a la formación de una película de óxido de molibdeno sobre la superficie metálica, en la que el estado de oxidación del molibdeno depende del sustrato. Es abundante la bibliografía en la que se recomienda emplear películas de óxidos de molibdeno como capas de conversión, ya que según diversos autores, con estas capas se consigue mejorar el comportamiento frente a la corrosión del metal base (S.M. Powell, 1999, págs. 1040-1051). Sin embargo, existe poca información sobre la eficacia con la que estas capas se adhieren al sustrato metálico o sobre su compatibilidad con los recubrimientos de pintura.

4.3.3 Tratamiento en base a Fosfatos

Según el autor (Senner, 1994, pág. 440), el fosfatado consiste en la creación por medios químicos, de una capa de fosfato de hierro sobre las piezas de acero. Las piezas en cuestión se introducen en un baño formado por agua y sales de fósforo. La capa de fosfato propiamente dicha no ofrece prácticamente protección alguna contra la corrosión, pero proporciona una excelente base para revestimientos de pintura.

La principal ventaja que presentan los métodos propuestos es su bajo coste y la rapidéz del depósito de las películas, que se produce entre 10-20 mg/segundo. En un estudio reciente, Pebere y colaboradores obtienen capas de conversión con fosfatos sobre aleaciones de aluminio, y observan resultados similares a los obtenidos con cromatos (X.H. Pebere, 1995, págs. 760-768). Los resultados muestran un buen comportamiento de este compuesto como inhibidor de la corrosión, siempre que se supere una concentración crítica, por debajo de la cual el fosfato puede favorecer el ataque con formación de picaduras. Los tratamientos basados en el empleo de fosfatos facilitan, también, el anclaje de la pintura (Suzuki, 1989, págs. 56-64).

4.4 Coil Coating (Línea de Pintura)

Coil Coating, del término en inglés que significa recubrimiento de bobinas.

Según una publicación de la revista Metal Actual, (Gaviria, 2013, págs. 49-50) el Coil Coating, emplea una tecnología similar a la de la impresión de periódicos y revistas, la cual permite aplicar dos capas de pintura sobre la lámina metálica en bobina, una de imprimación (adhesión y protección corrosiva) y la otra de acabado

(color o textura), por uno o ambos lados, antes de ser cortada y transformada en un producto final. Los productos metálicos recubiertos previamente con colores (acero inoxidable, acero laminado en frío, galvanizado, electro galvanizado, electrozincado, latón y aluminio) ofrecen una alta calidad y protección superficial, ya que el proceso de revestido de la película es aplicado cuando el material está completamente plano, para que las márgenes de prepintado logren cubrir totalmente el área superficial de la lámina, y posteriormente revestir con las dos capas que garantizarán un recubrimiento homogéneo y una fuerte adherencia al sustrato.

De acuerdo a lo publicado por National Coil Coating Association, el recubrimiento de bobinas es un proceso continuo y altamente automatizado para el revestimiento metálico antes de la fabricación. En un proceso continuo, en donde una bobina de metal de hasta 72 pulgadas de ancho de desenrolla a una velocidad de hasta 700 pies por minuto y ambos lados superior e inferior se limpian y tratan químicamente y posteriormente se aplica un recubrimiento de pintura superior curado al, rebobinado y empaquetado para su envío.

Más concretamente, bobinas metálicas desnudas se colocan en un desbobinador o decoiler donde se observa el metal y sus defectos. El metal se limpia a continuación, y se trata químicamente en la preparación para la pintura. Cepillos se pueden utilizar para eliminar físicamente los contaminantes de la superficie metálica. Pretratamientos pueden ser utilizados para proporcionar el enlace entre el metal y el recubrimiento, además de hacer el producto resistente a la corrosión. El tipo de tratamiento químico varía con el tipo de metal que se utiliza. Después del secado, el fleje metálico entra a un proceso de recubrimiento para una capa de imprimación por lo general en ambos lados del fleje. El rodillo de

recogida transfiere el líquido de revestimiento de la sartén al rodillo aplicador (National Coil Coating Association).

4.5 Productos Metálicos

Fleje: según la empresa Hunter Douglas Chile S.A., el fleje de acero es una cinta metálica, utilizada para el formado de diversos productos arquitectónicos.

Aluzinc: de acuerdo a lo publicado por la empresa ArcelorMittal, el Aluzinc es un recubrimiento metálico, que contiene un 55 %de aluminio, un 43,4% de zinc y un 1,6%de sílice para una perfecta cohesión con el sustrato de acero.

Acero; de acuerdo a lo publicado por Infoacero, el Acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados. Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de hierro (producción de arrabio) el cual se convierte más tarde en acero.

El hierro puro es uno de los elementos del acero, por lo tanto consiste solamente de un tipo de átomos. No se encuentra libre en la naturaleza, ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxido de hierro - herrumbre. El óxido se encuentra en cantidades significativas en el mineral de hierro, el cual es una concentración de óxido de hierro con impurezas y materiales térreos. (CAP S.A.)

4.6 Residuos líquidos y sólidos

De acuerdo a lo indicado en el D.S. N° 609/98 del Ministerio de Obras Públicas, el Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas o Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, corresponde a un conjunto de operaciones y procesos secuenciales físicos, químicos, biológicos, o combinación de ellos, naturales o artificiales, posibles de controlar que se desarrollan en instalaciones diseñadas y construidas de acuerdo a criterios técnicos específicos para este tipo de obras y cuyo propósito es reducir la carga contaminante de las aguas residuales para adecuarla a las exigencias de descarga al cuerpo receptor. Bajo este concepto se incluyen, entre otros, lagunas de estabilización, lodos activados, y emisarios submarinos aprobados por la autoridad competente.

Ril: según señala el D.S. N° 609/98 del Ministerio de Obras Públicas, ril o riles se refiere a Residuo(s) industrial (les) líquido(s) descargados por un establecimiento industrial.

Tal como señala el D.S. N°148 del Ministerio de Salud, el Lodo es cualquier residuo semisólido que ha sido generado en plantas de tratamiento de efluentes que se descarguen a la atmósfera, de aguas servidas, de residuos industriales líquidos o de agua potable. Se incluyen en esta definición los residuos en forma de fangos, barros o sedimentos provenientes de procesos, equipos o unidades de industrias o de cualquier actividad.

5 CAPÍTULO 5 DESARROLLO

5.1 Diagnóstico de la situación actual

5.1.1 Aspectos Administrativos

Hunter Douglas es un Grupo Industrial Holandés, que fabrica y comercializa una amplia gama de productos para recubrimiento de ventanas, el embellecimiento del hogar, y para la Arquitectura; además está ligado al comercio de metales y a la producción y distribución de maquinaria de Rotterdam, Holanda. El Grupo tiene alrededor de 12.000 empleados y agrupa a más de 140 compañías, las cuales ponen a la venta sus productos en más de 80 países.

El Grupo es líder del mercado mundial para sus productos principales. El origen de Hunter Douglas se remonta a 1919, cuando Henry Sonnenberg (padre del actual Presidente), inició una compañía de distribución de maquinaria en Dusseldorf (Alemania). En 1945, Henry Sonnenberg y Joe Hunter (un inventor norteamericano) se asocian y establecen Hunter Douglas Corporation, desarrollando un revolucionario concepto de fundición continua de aluminio para desarrollar, fabricar y mercadear materiales para persianas venecianas elaboradas a partir de flejes pintados de aluminio; lo cual sentó las bases para la industria de la persiana veneciana elaborada en base a aluminio.

En 1956, la sociedad se rompe y Henry Sonnenberg establece un nuevo negocio estadounidense con centro de operaciones en Montreal, expandiendo Hunter Douglas por todo el mundo. Entre 1956 y 1970, Hunter Douglas crece rápidamente, internacionalizándose con gran éxito en todo el mundo, introduciendo nuevos productos al mercado y emitiendo públicamente sus acciones.

En adelante, el grupo continuó ampliándose con nuevas instalaciones expandiéndose las líneas de producción y agregando nuevos productos. Hunter Douglas N.V. con oficinas registradas en las Antillas Holandesas se convirtió en la casa matriz del Grupo y el centro de operaciones se trasladó a Rotterdam.

Para una integración vertical en la producción del aluminio, materia prima más importante del Grupo, Hunter Douglas se hace partícipe de dos refinерías: Vlissingen (Holanda) y Tomago (Australia), participación que queda incluida en las operaciones de productos HunterDouglas.

Hoy en día, Hunter Douglas Metals no sólo asegura los requisitos mundiales de materia prima de HunterDouglas, sino que la mayor parte de su negocio atiende ahora una lista de terceros clientes en constante crecimiento.

Desde 1983, y tras una reestructuración comenzada a principios de los 80, Hunter Douglas reasumió un crecimiento selectivo fuerte, y logró ventas mayores y aumentos de ganancias. En los 80 años de existencia, Hunter Douglas se ha convertido en una organización mundial que comprende 3 segmentos comerciales: productos para recubrimiento de ventanas, del hogar y la Arquitectura, en donde se concentra hoy en día su mayor preocupación; el comercio de metales y la maquinaria de precisión.

Hunter Douglas Chile S.A. (Ex-Industrias Metálicas Chile S.A.) fue constituida por escritura pública el 4 de Junio de 1965. La empresa posee una planta industrial en San Bernardo donde emplea a más de 400 personas y oficinas comerciales en Santiago donde trabajan alrededor de 24 personas.

En Chile la empresa comercializa una variada gama de productos para la arquitectura y construcción como revestimientos, cubiertas y cielos metálicos. A

través de su filial Luxaflex comercializa variados productos cubreventanas como persianas venecianas, cortinas verticales y otras. También comercializa perfiles y planchas pre-pintadas para las industrias de línea blanca y otras. La última incorporación de productos es 3Form que utilizan eco resinas para encapsular colores, materiales orgánicos, y texturas que pueden convertirse en paredes, tabiques, puertas y otras soluciones estructurales.

La unidad de manufactura 3Form Latinoamérica, con base en Santiago de Chile, está específicamente dedicada a servir a la comunidad de Arquitectos y Diseñadores, abasteciendo con su producción a toda Latinoamérica.

Las líneas de productos arquitectónicos que Hunter Douglas Chile S.A. dispone y comercializa son las siguientes:

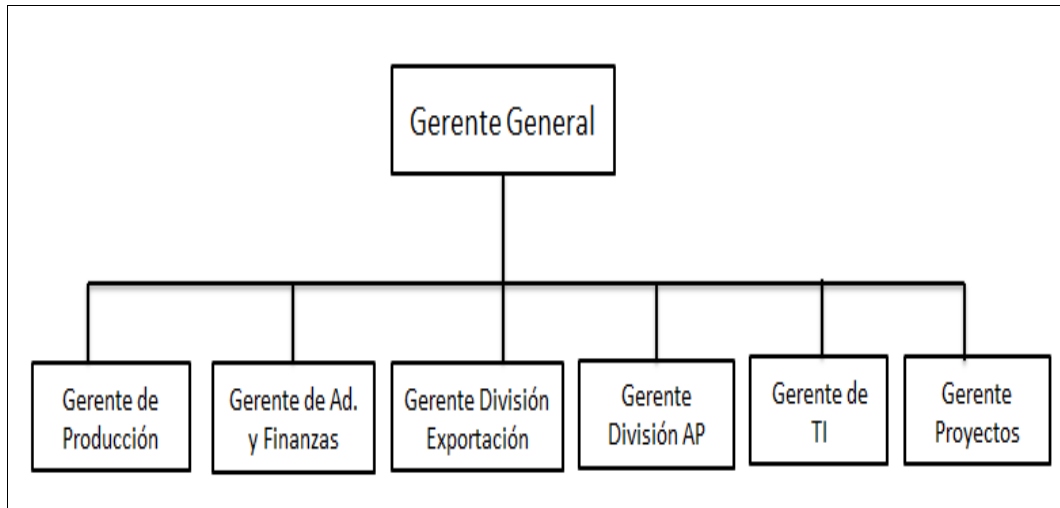
Tabla 1: Línea de productos arquitectónicos Hunter Douglas Chile S.A.

• QUIEBRAVISTA	• CUBIERTAS	• NBK
• CIELOS	• REVESTIMIENTOS	• 3FORM
• CUBIERTAS & REVESTIMIENTOS	• METALFRAME TBQ O STR	

Fuente: Elaboración propia en base a información de la empresa Hunter Douglas Chile S.A. 2013

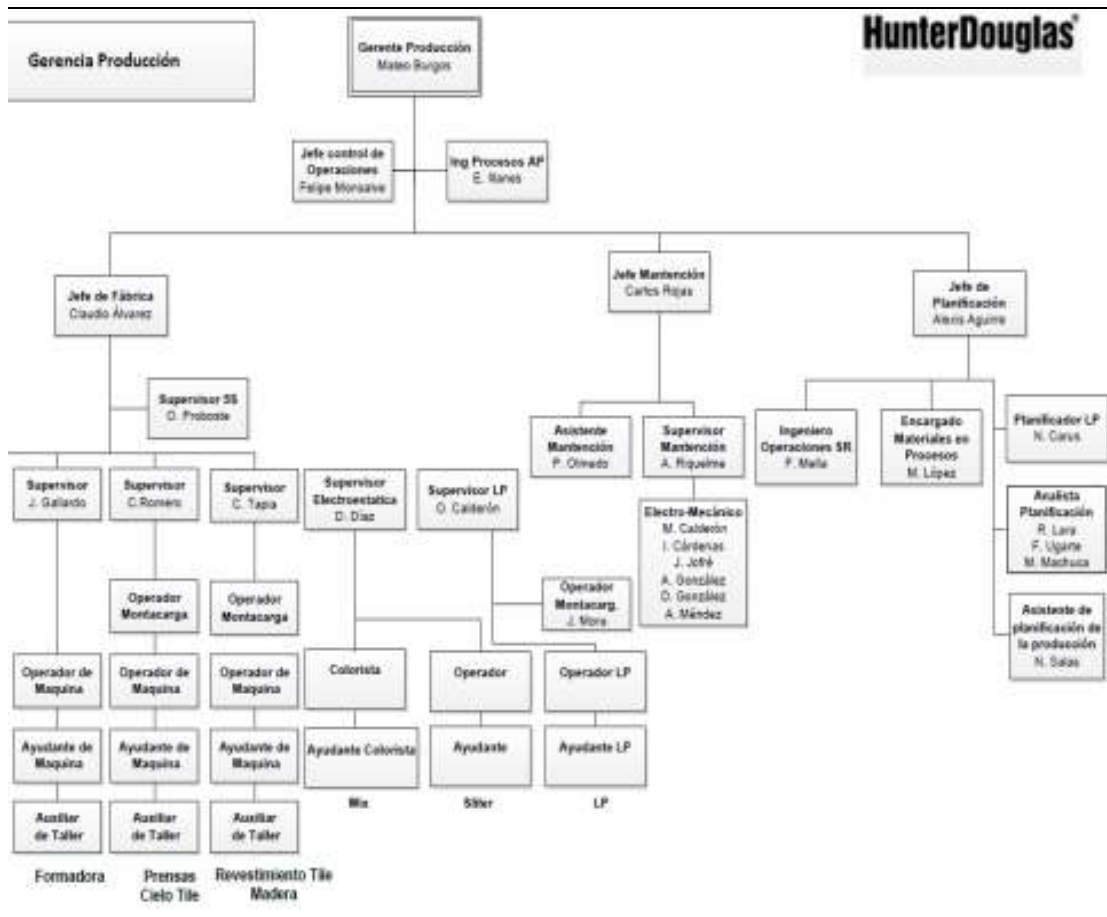
La empresa mantiene una estructura Gerencial, la cual se segrega en los distintos departamentos internos, el área productiva posee una jerarquía de cargos tradicional, tal como lo mencionamos en la siguiente figura:

Figura 1: Organigrama Gerencial, empresa Hunter Douglas Chile S.A.



Fuente: Elaboración propia en base a información de la empresa Hunter Douglas Chile S.A. 2013

Figura 2: Organigrama área productiva Hunter Douglas Chile S.A.



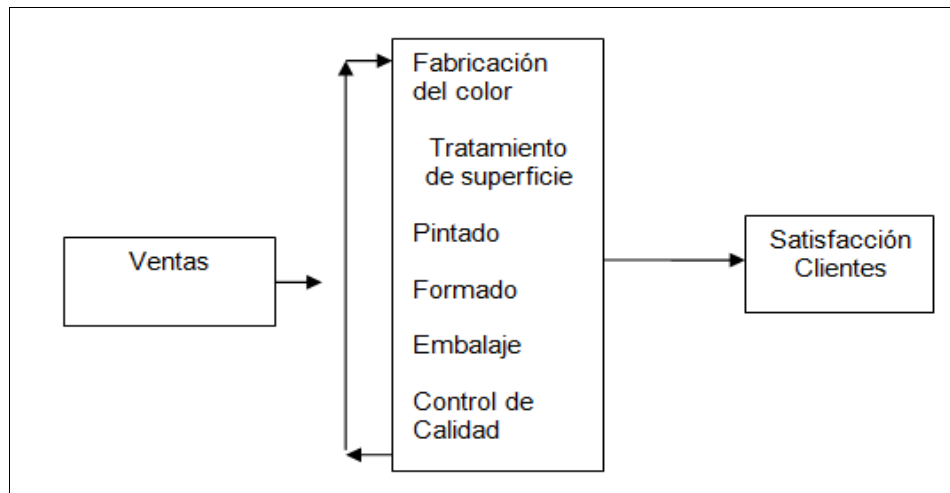
Fuente: Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

5.1.2 Aspectos operacionales

Para la fabricación de los diferentes productos, (cielos metálicos; quiebra vistas; cubiertas y techumbres metálicas; fachadas y revestimientos metálicos), se utiliza como materia prima flejes de aluzinc, acero entre otros, que pasan en general por dos procesos; Pintado y Formado. De manera particular, algunos productos semi-terminados pasan por otros procesos variables de terminación, los cuales permiten realizar una gran variedad de productos finales (más de 100 productos distintos).

Estos procesos de terminación son por ejemplo el inyectado de paneles, en donde se les adiciona poliuretano como aislación térmica, la línea electrostática o la línea de revestimiento Tile. De todas formas y cualquiera sean los procesos secundarios, los productos terminados se embalan y se almacenan antes de ser despachados.

Figura 3: Flujograma general del proceso de fabricación



Fuente: Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

El proceso inicial de fabricación de los productos arquitectónicos se desarrolla en las líneas de pinturas o Coil Coating, este proceso consiste en aplicar y

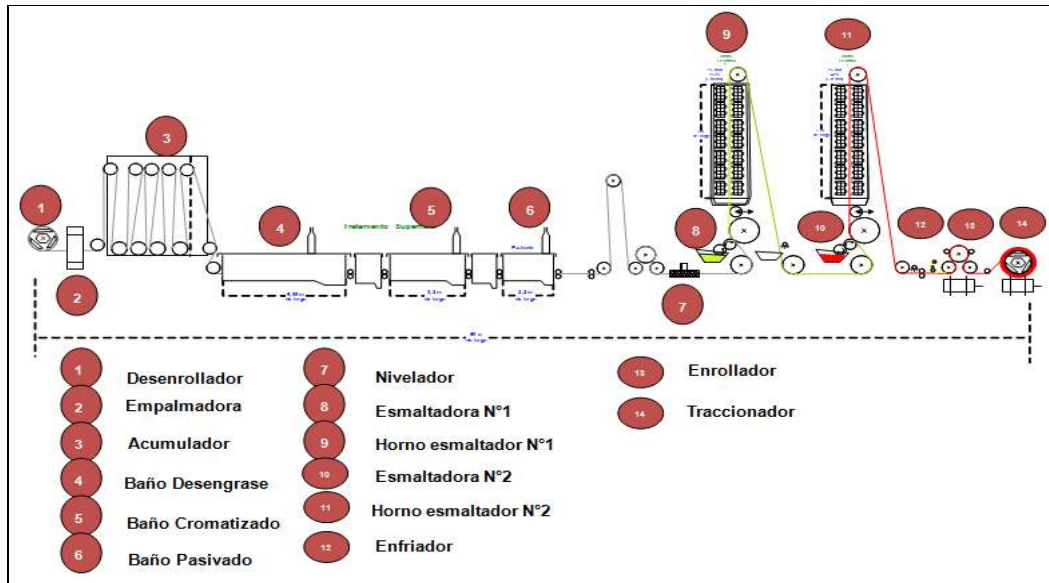
posteriormente cocer a alta temperatura una o varias capas de pintura, a través de un proceso de aplicación a través de rodillos esmaltadores, los que cumplen la función de aplicar la pintura sobre una determinada superficie metálica (Aluzinc, Aluminio, Acero,).

La superficie metálica antes de ser pintada es preparada, pasando por un proceso de conversión química, que inhiben la corrosión y aportan un excelente anclaje al esmalte de terminación.

A continuación de la preparación de la superficie, se aplica en ambos lados del fleje metálico, un esmalte anticorrosivo (Primer) con un alto contenido de pigmentos inhibidores de la corrosión.

Finalmente, se coloca por la cara a la vista y por la trascara si así lo requiere la especificación, un esmalte de terminación fabricado en base a resinas y pigmentos que protegen el metal, formando una barrera resistente a los agentes ambientales ya vistos (Rayos UV, humedad, ácidos, sulfuros, etc.). Además, otorga las características estéticas de color y brillo.

Figura 4: Esquema de trabajo Línea de Pintura



Fuente: Depto. Ingeniería y Desarrollo, Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

Al fleje pintado se realizan estrictos controles de calidad, estos consisten en ensayos mecánicos como: curado (cocción de la pintura), adherencia, flexibilidad, dureza de la pintura (H, 2H, 3H, etc.), brillo y color (Espectrofotometría). Una vez aprobado estos ensayos, se acepta el pintado o se corrige en línea los parámetros que estén fuera de estándar. En Hunter Douglas Chile, se utilizan diversos tipos de pintura, las cuales se diferencian por su propia naturaleza y en consecuencia, por su capacidad de protección.

Posterior a la etapa de pintado, el fleje metálico es llevado al proceso de formado, el cual consiste en darle la forma final producto, de acuerdo con lo requerido por el cliente.

Una vez concluidas las etapas antes mencionadas, los productos finales pasan al proceso de embalaje, en donde se embala con materiales plásticos, cartón y madera, de esta manera el producto queda protegido contra golpes o cualquier otro factor que pueda modificarlo. Luego del embalado los productos se

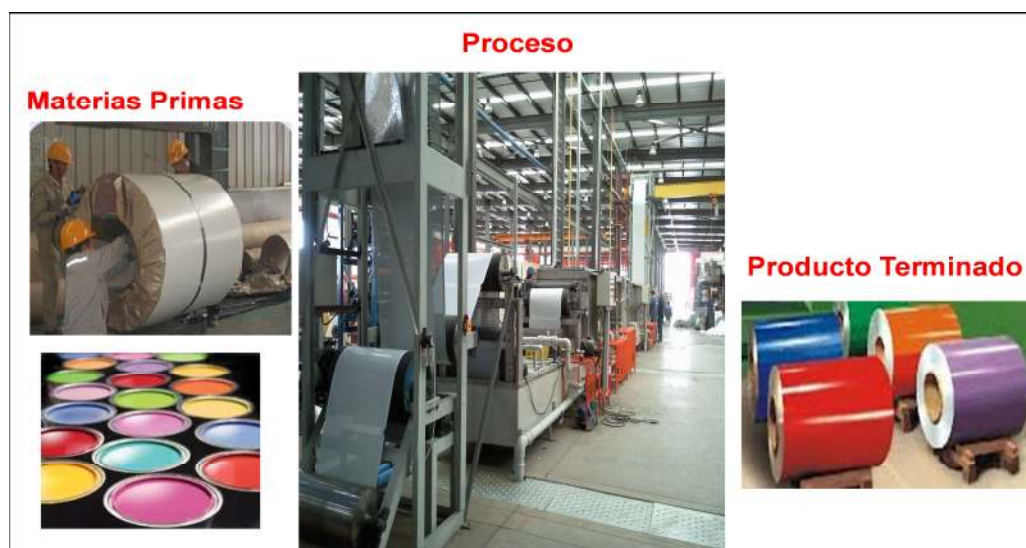
envían a bodega de productos terminados para posteriormente ser despachados. Adicionalmente las áreas productivas cuentan con procesos de apoyo, uno de ellos el de Administración, cuyo objetivo es planificar, organizar y delegar funciones en la empresa, para la integración del personal en las distintas áreas que forman a Hunter Douglas S.A.

El área de Mantenimiento es otro proceso de apoyo, cuyo objetivo es garantizar la continuidad del funcionamiento de los procesos de producción. En Hunter Douglas S.A. está implementada la mantención preventiva solo a las máquinas críticas, y por otra parte se realizan mantenciones de tipo correctiva.

El Control de Calidad final, tiene por objetivo revisar estrictamente el producto terminado, para verificar que este cumpla con los estándares de calidad requeridos por el cliente, en caso de detectar desviaciones, el producto es evaluado y en caso de ser rechazado, se debe fabricar nuevamente para cumplir con la especificación técnica del producto. Estos procesos son realizados según los procedimientos y normas de calidad establecidos por la empresa, los que están avalados por el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001-2008.

Finalmente, mencionar que la empresa posee un Sistema de Gestión de Calidad implementado, cuyos certificados de calidad fueron emitidos por los organismos acreditadores INN (Registro Nacional N° 510) y UKAS (Registro Internacional CL09/2009526), en conformidad con la norma ISO 9001:2008, cuyo alcance cubre los procesos de "Desarrollo, Comercialización, Fabricación, Logística y Despacho de Productos Arquitectónicos".

Figura 5: Esquema general del proceso



Fuente: Elaboración propia año 2014

5.1.3 Aspectos Económicos

Hunter Douglas Chile S.A. es una empresa dedicada al rubro de fabricación de productos para la arquitectura y construcción, el producto terminado tiene incluido una serie de elementos y subproductos, que mediante un proceso de transformación permiten la confección del producto final, los cuales consideramos como aspectos económicos a evaluar.

Siguiendo con el marco de esta investigación, se evaluaron los consumos de materias primas, reactivos químicos y energía utilizada en el proceso de estudio, en este caso el proceso de pintado en líneas de Pintura o Coil Coating.

El proceso de tratamiento de las superficies metálicas, actualmente se realiza en baños calientes a base de sales de cromo hexavalente, en ambiente ácido. Posterior al baño crómico, se realiza un proceso de enjuague, para eliminar el excedente del reactivo y siguiente de este enjuague, nuevamente se realiza un

proceso de pasivado de la superficie activada con cromo, para evitar reacciones posteriores sobre la superficie.

Estos baños deben trabajar a una temperatura media de 70 °C, y diariamente se dosifican reactivos para mantener el baño en sus rangos de concentración exigidos.

Una vez al mes, el baño de Cromo se agota, con lo que se recambia todo el contenido, el volumen total del baño de Cromo es 850 lts., en tanto el baño de Pasivado de cromo mantiene un recambio semanal, el volumen del baño es de 750 lts.

Según los datos entregados por el departamento de Calidad y Medio Ambiente de la empresa Hunter Douglas, el año 2013, se consumieron 480 kg. de Cromo y 144 Kg. de Pasivado de Cromo, adicionalmente se utilizaron 73200 lts. de agua para la elaboración de baños nuevos y el enjuague del acero.

Por otra parte, para mantener la temperatura de trabajo se consume un volumen importante de gas, por los quemadores que calientan estos baños, debido a que al pasar el fleje de acero este absorbe una cantidad importante de calor.

Tabla 2: Consumo m³ de gas, quemadores baños Cromo y Pasivado

Mes	Quegador baño Cromo	Quegador baño Pasivado
Enero	1599	1599
Febrero	1390	1390
Marzo	1460	1460
Abril	1529	1529
Mayo	1390	1390
Junio	1390	1390
Julio	1599	1599
Agosto	1460	1460
Septiembre	1390	1390
Octubre	1668	1668
Noviembre	1460	1460
Diciembre	1460	1460
Total consumo m3 año 2013		35584

Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

Como se explicó en párrafos precedentes el baño de Cromo y Pasivado se recambian en forma mensual (Cromo) y semanal (Pasivado), debido a que pierden sus rangos de concentración, estos residuos tóxicos de Cromo hexavalente no se pueden descargar directamente al sistema de alcantarillado, y son enviados a una planta de tratamiento de Riles (Residuos industriales líquidos) que se encuentra en la misma empresa.

En la planta de Riles, se realiza un tratamiento físico químico para separar el contenido de Cromo del agua, el cual mediante aditivos químicos se transforma el Cr(+6) en Cr(+3) y después se precipita, esta reacción genera lodos crómicos, los cuales son filtro prensados y secados en horno.

Luego de la reacción química y el tratamiento realizado, el agua cumple con los parámetros establecidos en el DS 609 MOP, que establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillados, por lo cual puede ser descargada directamente.

Tabla 3: Control consumo reactivos químicos tratamiento cromo, año 2013

Mes	Volumen a tratar	Acido Clorhidrico	Metabisulfito de sodio	Soda Caustica	Sulfato de Aluminio	Polimero
Enero	115000	455	234	470	184	438
Febrero	95000	502	254	364	245	416
Marzo	40000	129	78	150	72	140
Abril	105000	468	246	439	170	659
Mayo	100000	450	194	368	160	480
Junio	70000	310	150	210	116	294
Julio	50000	160	117	156	80	208
Agosto	55000	200	151	168	80	197
Septiembre	45000	198	90	166	72	200
Octubre	60000	202	147	186	95	226
Noviembre	115000	625	284	389	225	490
Diciembre	55000	201	131	182	70	186
Total	905000	3900	2076	3248	1569	3934

Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

La tabla 3 indica el volumen de riles a tratados el años 2013, adicionalmente se menciona la cantidad de reactivos químicos utilizados para el tratamiento del cromo residual.

El proceso de tratamiento genera una cantidad importante de lodos crómicos, los cuales son enviados a su disposición final como un residuo peligroso con una empresa autorizada.

Tabla 4: Control generación y disposición final de residuos peligrosos, año 2013

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL KGS
Aceite usado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	1200
Tambores vacios	0	1000	0	0	1300	1200	1500	0	1500	0	1100	0	7600
Tambores con paños contaminados	2500	1300	1900	990	960	1680	1580	960	1280	2000	1200	1000	17350
Latas c/ rest.pint	0	800	3100	300	300	331	0	600	0	200	500	0	6131
Pinturas	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	400
Bidones Vacios quimicos	750	0	800	300	300	410	500	0	400	400	0	800	4660
Tambores con lodo cromico	0	0	643	0	0	600	0	0	0	600	0	0	1843
Diluyente herbert Recuperacion	3200	2600	3200	3000	2600	2800	2400	2600	2200	2200	3000	2600	32400

Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

La tabla N°4, muestra los datos en kgs. de la disposición final de los residuos peligrosos que generó la empresa durante el año 2013, destacado se visualiza que se eliminaron 1.843 kilos de lodos crómicos. De acuerdo a los datos entregados por la propia empresa, el valor por la disposición final de estos residuos es de \$68.571 por tonelada.

Para tener una visión más clara de los consumos y costos asociados al proceso de tratamiento de superficie en base a cromo, se elaboró una tabla en la cual se describen los valores comerciales de cada producto, los insumos, la materia prima, los costos en energía y los costos asociados a tratamiento de los riles crómicos.

Tabla 5: Resumen general de gastos, tratamiento en base a Cromo.

Consumo acero año 2013		5679 Ton						
Tratamiento Acero	Consumo	un.	Ratio	un.	Costo	un.	Subtotal	Costo Final
CROMO	480	Kg	0,08	Kg/Ton	\$ 1.632	\$/Kg	\$ 138	
PASIVADO (compuesto cromo)	144	Kg	0,03	Kg/Ton	\$ 1.915	\$/Kg	\$ 49	
AGUA	72	m3	0,01	Kg/Ton	\$ 256	\$/m3	\$ 3	\$ 1.341 Ton
GAS (temperatura baños)	13344	m3	2,35	m3/Ton	\$ 490	\$/m3	\$ 1.151	
Tratamiento Riles Cromo								
Hidroxido de Sodio	3248	Kg	0,57	kg/Ton	\$ 610	\$/Kg	\$ 349	
Acido Clorhidrico	3900	Lts	0,69	Lts/Ton	\$ 820	\$/Lts	\$ 563	\$ 2.796 Ton
Metabisulfito de Sodio	2076	Kg	0,37	Kg/Ton	\$ 1.350	\$/Kg	\$ 494	
Polimero organico	3934	Lts	0,69	Lts/Ton	\$ 1.904	\$/Lts	\$ 1.319	
Sulfato de Aluminio	1569	Lts	0,28	Lts/Ton	\$ 260	\$/Lts	\$ 72	

Fuente: Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

La tabla N°5, muestra el consumo y costo que se produce al utilizar el tratamiento en base a cromo, adicionalmente se muestran los consumos y costos asociados al proceso de tratamiento de riles crómicos.

5.1.4 Aspectos Técnicos

Hunter Douglas Chile S.A ha establecido, documentado, implementado y mantiene un Sistema de Gestión de la Calidad para mejorar continuamente su eficacia conforme a los requisitos de la norma internacional ISO-9001:2008. Para ello la organización ha identificado los procesos críticos y ha establecido procedimientos de trabajo, en los cuales se establecen los parámetros de calidad necesarios para que el producto cumpla con los estándares requeridos por los clientes.

De acuerdo a lo indicado anteriormente, la empresa ha establecido como crítico el proceso de pintado de flejes metálicos, para los cual ha establecido una serie de procedimientos, basado en normas internacionales, que tienen por

objetivo realizar una serie de ensayos al fleje pintado, para determinar si éste cumple con la performance y calidad óptima para el siguiente proceso.

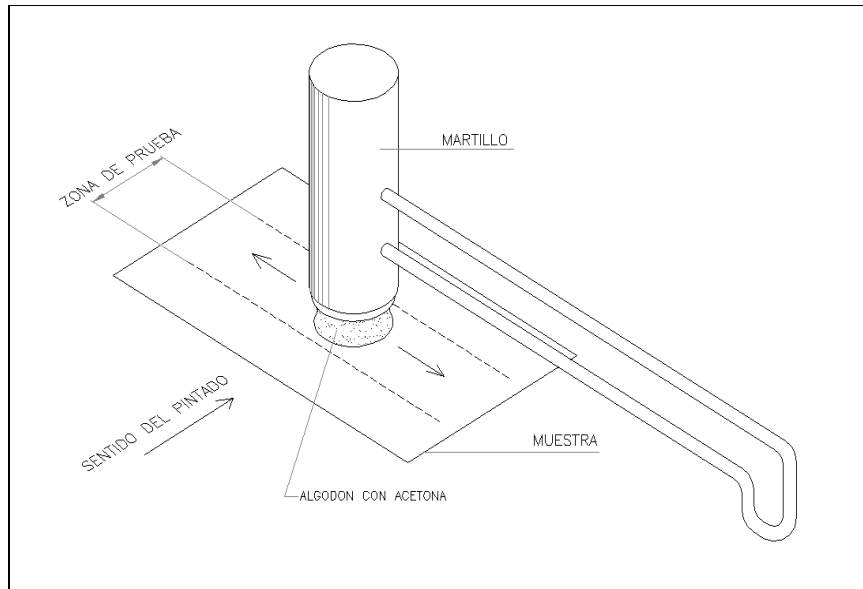
A continuación detallaremos cada uno de los ensayos realizados al fleje pintado:

a) Test de Curado: este método consiste en medir el curado (secado) de la pintura aplicada. El curado de una pintura depende en gran medida de la temperatura del horno y del tiempo de exposición. La medición del curado se basa en la dificultad o facilidad que presenta la pintura seca para disolverse en un solvente orgánico frotado contra su superficie.

Se considera satisfactorio a aquel curado que está dentro del rango establecido en la tabla de aceptación de test de calidad de acuerdo a las exigencias del producto a formar y el tipo de pintura empleada.

Este ensayo es realizado de acuerdo a lo indicado en la norma internacional ASTM D-4752 Standard Practice for Measuring MEK Resistance of Ethyl Silicate (Inorganic) Zinc-Rich Primers by Solvent Rub

Figura 6: Test N° 1 Curado de la pintura



Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

b) Test Medición de Espesor Capa Seca: este método consiste en poder medir la capa o película seca de pintura aplicada a la superficie del material, con un método no destructivo basado en el principio de corrientes parásitas, en el caso de metales no ferrosos (Aluminio) y el método de ondas electromagnéticas para metales ferrosos. Se considera aceptable el espesor de pintura que está dentro del rango establecido en la tabla de aceptación de test de calidad.

Este ensayo es realizado de acuerdo a lo indicado en la norma internacional ASTM E376-2003 Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy-Current (Electromagnetic) Testing Methods

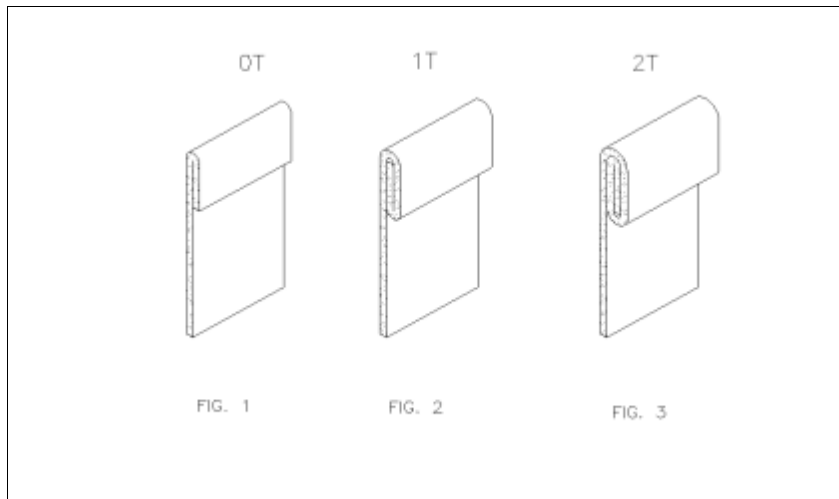
c) Test T-Bend: este método nos permite conocer las propiedades de flexibilidad y adherencia de la capa de pintura luego de la exigencia

mecánica aplicada a la muestra y así prever el comportamiento que tendrá durante el proceso de plegado o formado en la fabricación del producto.

Se considerará satisfactoria una flexibilidad T-Bend según las exigencias de los productos a formar indicados en la tabla de aceptación de test de calidad.

Ensayo realizado de acuerdo a lo indicado en la norma internacional ISO 1519-2002, Paints and varnishes -- Bend test (cylindrical mandrel).

Figura 7: Test N° 3 T-Bend



Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

d) Test Brillo: el brillo es la propiedad de una superficie de reflejar la luz incidente sobre ella. Esta propiedad define si el objeto es opaco o brillante. Este método consiste en medir el porcentaje de la luz que refleja la superficie pintada mediante el uso de un medidor de brillo.

Las muestras deben estar dentro de los rangos de brillos establecidos, los valores de brillo son los siguientes: para colores con brillos 15 % - 25 % y 45 % la tolerancia es $\pm 5\%$, para colores con brillos 90 % la tolerancia es $\pm 10\%$.

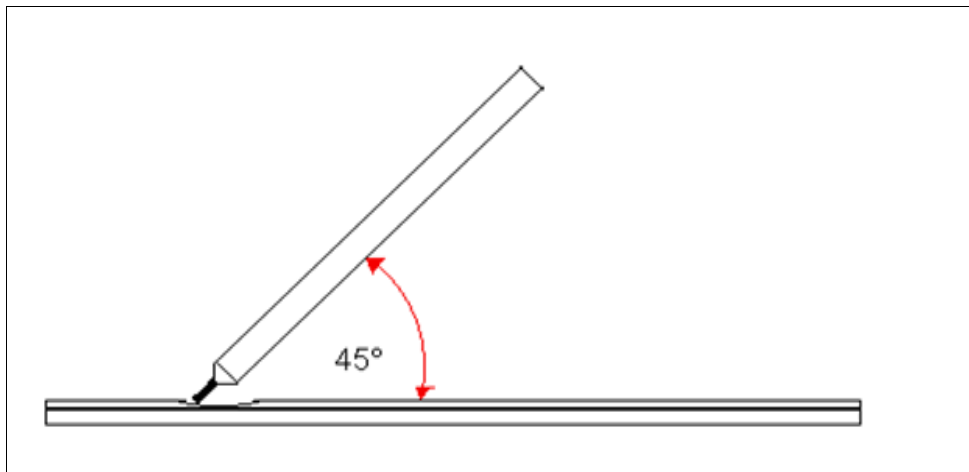
Este ensayo es realizado de acuerdo a lo indicado en la norma internacional ASTM D523-1989, Standard Test Method for Specular Gloss.

e) Test de Dureza: este método consiste en una prueba para determinar el grado de dureza que tiene la superficie pintada después del horneado. Es un test rápido, que utiliza como patrones de dureza a las minas grafito de durezas estandarizadas, tales como: B, HB, F, H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H.

Los rangos utilizados en Hunter Douglas Chile son : H, 2H, 3H y 4H. Se considerará como la dureza de la capa de pintura a aquella que corresponda a la dureza más alta que no alcanza a sacar más de 2 mm. en la pintura.

Este ensayo es realizado según lo indicado en la norma internacional ASTM D3363-2000 Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test.

Figura 8: Test N°5, Dureza de la pintura



Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

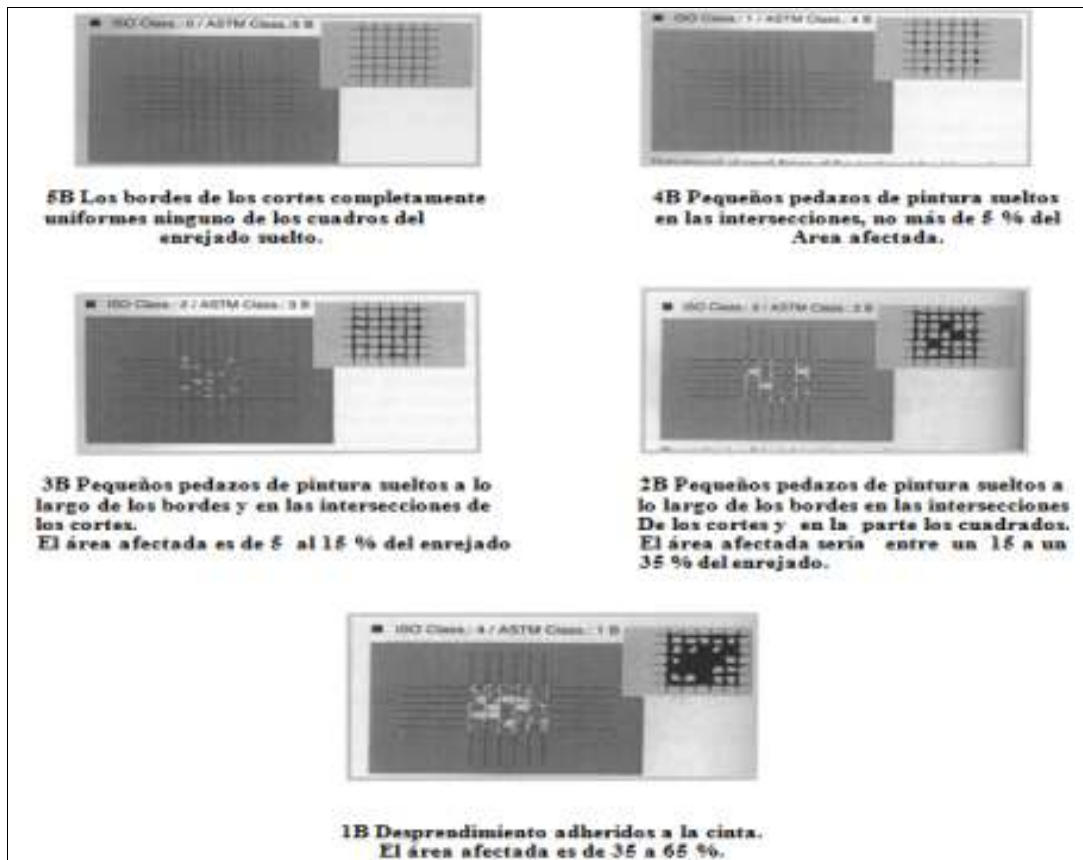
f) Test Adherencia y Resistencia al Impacto: este método consiste en una prueba realizada al fleje pintado, para verificar el grado de adherencia de

la pintura al sustrato, y la resistencia de la pintura al deformado y al quiebre.

Para la evaluación de los resultados, se deberá considerar el grado de desprendimiento que se observe en la muestra después de realizado el test.

Los resultados se clasifican según la tabla de desprendimiento establecida en la norma internacional norma ASTM D-3359-2002, Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.

Figura 9: Tabla de desprendimiento del área cuadriculada, Test N°6



Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

g) Test Medición y Comparación de Color: este método tiene por objeto medir con un instrumento las diferencias de color entre un patrón y una

muestra. De este modo es posible tener no sólo la percepción visual de las diferencias de color, sino que además nos permite tener una diferencia numérica, lo que evita tener discrepancias en la aceptación o rechazo de un color.

La evaluación del resultado y la aceptación o rechazo se realiza según la siguiente tabla.

Tabla 6: Test N°7, parámetros aceptación de color.

<u>Tabla de Aceptacion de Color lineas 700 mm; 400mm y 700 Brasil</u>		
Blancos-Grises y Cremas	Naranjas-Azules-Rojos Verdes y Amarillos	Violetas- Guindas y Metalizados
$\Delta e = 0 \text{ a } 0,5$	$\Delta e = 0 \text{ a } 1,2$	$\Delta e = 0 \text{ a } 1,0$
		$b = \pm 0,5$
		$L = \pm 0,4$

Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., Empresa Hunter Douglas Chile S.A.

Este ensayo es realizado según lo indicado en la norma internacional ASTM D2244 Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates.

Los ensayos mecánicos se rigen de acuerdo a lo indicado en la tabla N°9, la cual entrega los parámetros para aceptar o rechazar un acero pintado.

Tabla 7: Parámetros aceptación test de Calidad del fleje pintado

Línea de Producto	Curado (Frotes)	Espesor	Adherencia	T-Bend (Flexibilidad)	Dureza	Brillo (%)
Cubiertas & Revestimientos	80 - 200 (no metalizadas) / 60-160 (metalizadas)	20-30 dependiendo del color	3B - 5B	0 a 3 T	H a 3H	(15+/-5%)(25-45+/-10%) - (90 +10 - 20%)
Quebravista	80 - 180 (no metalizadas) / 60-120 (metalizadas)	20-28 dependiendo del color	4B - 5B	0 a 2 T	H a 2H	(15+/-5%)(25-45+/-10%) - (90 +10 - 20%)
Cielos Lineales	80 - 180 (no metalizadas) / 60-120 (metalizadas)	20-26 dependiendo del color	3B - 5B (según producto)	0 a 3 T	H a 2H	(15+/-5%)(25-45+/-10%) - (90 +10 - 20%)
Cielos Tile	80 - 160 (no metalizadas) / 60-120 (metalizadas)	18-28 dependiendo del color	4B - 5B	0 a 2 T	H a 2H	(15+/-5%)(25-45+/-10%) - (90 +10 - 20%)
Revestimientos	80 - 160 (no metalizadas) / 60-120 (metalizadas)	20-28 dependiendo del color	4B - 5B	0 a 2 T	H a 2H	(15+/-5%)(25-45+/-10%) - (90 +10 - 20%)
Cabezas y Bases	80 - 160 (no metalizadas) / 60-120 (metalizadas)	18-28 dependiendo del color	4B - 5B	0 a 1 T	H a 2H	(15+/-5%)(25-45+/-10%) - (90 +10 - 20%)
Productos con aplicación Minerals Grains y Woodgrains	80- 160 Primera pasada, 150 - 200 Segunda pasada.	18-28 dependiendo del color, beta, 10 -15 Barniz	4B - 5B	0 a 1 T	H a 2H	(15+/-5%)(25-45+/-10%) - (90 +10 - 20%)

Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., empresa Hunter Douglas Chile S.A.

h) Ensayo de Nieblas Salinas: este ensayo consiste en someter placas metálicas pintadas a atmósferas artificiales saturadas de humedad y con determinadas concentraciones de sales.

El objetivo de este ensayo es poder determinar en laboratorio, la resistencia a la corrosión del metal y el ampollamiento de la pintura en un período de tiempo determinado, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM B117 – 11, Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.

La empresa Hunter Douglas Chile S.A., ha establecido como parámetro aceptable para una placa pintada, 1000 horas de exposición en la cámara de nieblas salinas, lo que asegura entre 5 a 8 años de vida útil de un producto. La resistencia de una pintura está asociada en forma directa al tipo de pintura utilizado y el tratamiento superficial realizado al metal.

La evaluación de las placas es realizada cada 200 horas, hasta completar el ciclo de 1000, los resultados son expresados de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM 610, Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces.

- i) **Ensayo de Radiación UV:** de acuerdo a lo indicado por la empresa Q-LAB, la cámara de envejecimiento acelerado UV reproduce el daño causado por la luz solar, la lluvia y el rocío. En unos pocos días o semanas, la cámara de envejecimiento UV QUV puede reproducir el daño que ocurriría en el transcurso de meses o incluso años a la intemperie.

Para simular el envejecimiento en exteriores, la cámara QUV expone los materiales a ciclos alternados de luz ultravioleta (UV) y humedad, todo ello a temperaturas elevadas y controladas. Los efectos de la luz solar se simulan mediante el uso de lámparas fluorescentes UV especiales. El rocío y la lluvia se simulan mediante la condensación de humedad y/o la pulverización de agua. no existe ningún equipamiento que reduzca fielmente la intemperie natural, se utilizan equipos de exposición acelerada con el fin de reducir los tiempos de ensayo. (Q-LAB)

Este ensayo consiste en someter placas metálicas pintadas a la cámara de exposición UV, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM D4587 – 11, Standard Practice for Fluorescent UV-Condensation Exposures of Paint and Related Coatings. Las muestras són evaluadas en periodos de 200 horas hasta comepletar el ciclo total del ensayo de 1000 horas. La evaluación de las muestras se realiza según la norma ASTM G154 - 12, Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials.

5.2 Implementación del proceso y desarrollo de pruebas

La implementación del proceso y la realización de las pruebas, se desarrollaron en dos etapas, en una primera se diseñó y adaptó el sistema en el proceso actual. En una segunda etapa se hicieron ensayos para conocer las propiedades y resistencia que entrega el nuevo sistema de tratamiento.

Los materiales empleados y el método experimental seguido para cada proceso se detallan a continuación:

5.2.1 Implementación Sistema de Aplicación

Para el desarrollo del ensayo, fue necesario diseñar y adaptar al actual proceso una estructura metálica que soporte las partes y piezas que en conjunto dieron forma al esquema de aplicación en base a Nanotecnología.

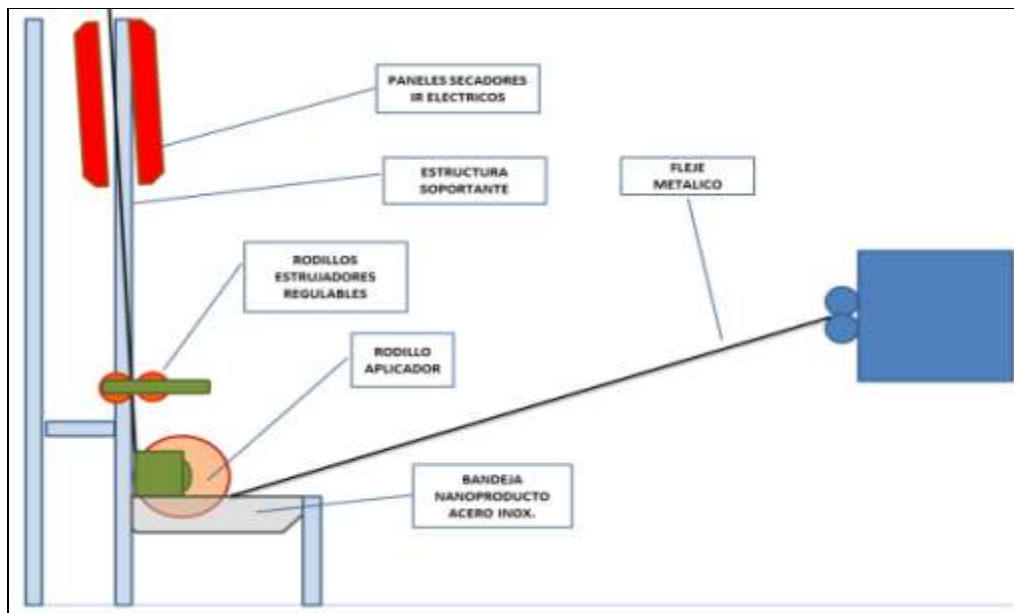
El sistema de aplicación contempla distintos elementos y materiales, los cuales se presentan a continuación:

- Estructura: la estructura necesaria se calculó en base a la necesidad de montar los rodillos aplicadores del producto, de acuerdo a lo señalado se fabricó un marco con perfiles tubulares cuadrados de 50 x 50 x 2 mm x 3.5 m.
- Bandeja Nano producto: esta bandeja es la encargada de almacenar el producto en base a nanotecnología, fabricada en acero inoxidable de espesor 2 mm., dimensiones 840 mm. ancho, 700 mm. de largo y 200 mm. de profundidad, estas medidas permitieron el correcto paso del fleje de acero.
- Rodillo aplicador: este rodillo es el encargado de entregar y aplicar el producto al fleje metálico, fue fabricado en acero inoxidable, con un

recubrimiento en poliuretano, cuyo diámetro es de 250 mm, y una longitud de 840 mm., considerando los ejes en que será montado.

- Rodillos estrujadores regulables: los rodillos estrujadores se instalaron para aplicar una determinada presión al fleje tratado, esta medida permite controlar el espesor del compuesto en base a nanotecnología, estos rodillos poseen un diámetro de 100 mm. revestidos en caucho. Fueron instalados sobre la bandeja de nano producto, de manera que la solución retirada a los flejes, pueda volver por gravedad nuevamente a la bandeja.
- Paneles secadores IR: consisten en un módulo secador infrarrojo equipado con emisores de curado IR de onda corta, los cuales serán los encargados de secar el fleje metálico para pasar a la siguiente etapa de pintado. Por otra parte se instaló un sistema con control de potencia para ajustar las T° de secado.

Figura 10: Esquema proceso tratamiento en base a Nanotecnología



Fuente: Elaboración propia año 2014.

Adicionalmente se instalaron lámparas UV con abertura de onda de 440nm., con las cuales se puede verificar la fluorescencia del producto, a mayor fluorescencia mayor espesor. Esta lámpara se deberá instalar posterior a los paneles de secado y con un interruptor para su funcionamiento.

5.2.2 Adquisición del producto Nanotecnología

El producto Nanotecnología está disponible comercialmente en la industria Brasileira Momentive Performance Materials bajo el nombre comercial de CoatOSil MP, este producto fue importado para el desarrollo de pruebas y ensayos. Esta empresa es especialista en resinas de revestimientos, las cuales están formuladas para cumplir o exceder las demandas de condiciones severas, como la alta humedad o temperaturas extremas y sustratos muy variables, desde el metal a la madera a los plásticos flexibles.

Adicionalmente la empresa ha realizado estudios de Laboratorio con los cuales promueven para este producto una resistencia a la corrosión final que puede ser comparable al entregado por lo tratamientos convencionales con fosfato de zinc y los tratamientos a base de cromato.

De acuerdo con lo antecedentes entregados por la empresa Hunter Douglas Chile, el valor comercial de este producto es de \$64.390 el Kg., y el rendimiento teórico de este producto indica que el costo por realizar el tratamiento a 1 Ton. de acero es de \$4.647.

El Producto en base a Nanotecnología es un sistema bi-componentes para tratamiento de metales basado en silano y nano partículas.

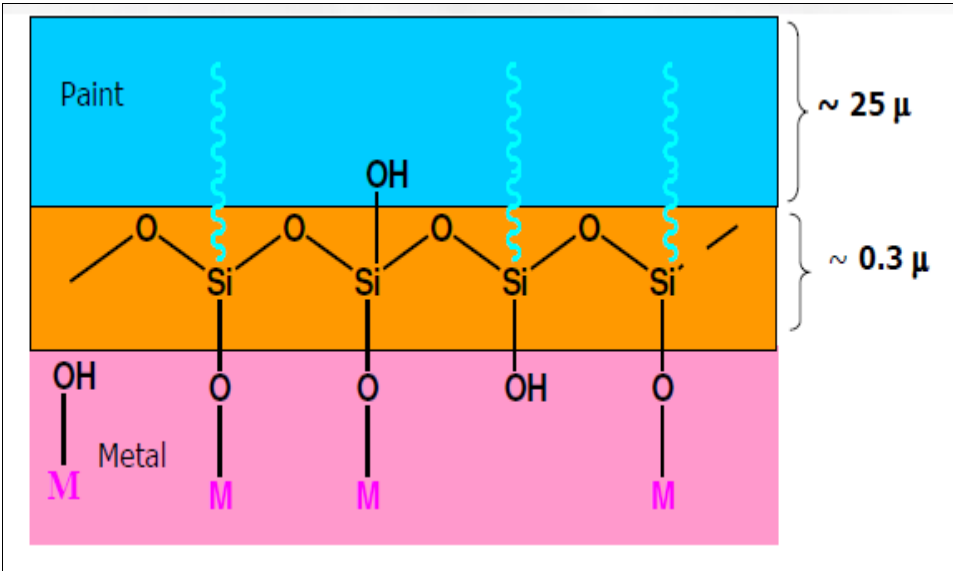
Los componentes utilizados se denominan CoatOSil MP Y-15817 trialcoxisilano organofuncional y Coatosil MP Y-15779 el sol gel.

Para el tratamiento se prepara una mezcla de 3/1 en peso entre el alcoxisilano y el sol de óxido metálico, adicionando agua DI hasta la concentración de silano deseada. Durante la dilución acuosa los grupos alcoxi del silano se convierten a grupos SiOH activos por reacciones de condensación. La preparación del producto final, consta en mezclar tres partes de componente Coatosil MP Y-15817 trialcoxisilano organofuncional y una parte de Coatosil MP Y-15779 el sol gel, adicionando agua des ionizada hasta lograr la concentración deseada, para este caso el proveedor recomienda una concentración del 4%.

El pH de la solución de CoatOSil MP debe tener una leve acidez entre pH 4 a 5, para evitar la hidrólisis del componente metálico. La solución se debe agitar durante unos 10 minutos y dejar reposar en condiciones ambientales durante al menos 1 hora para completar la reacción de hidrólisis

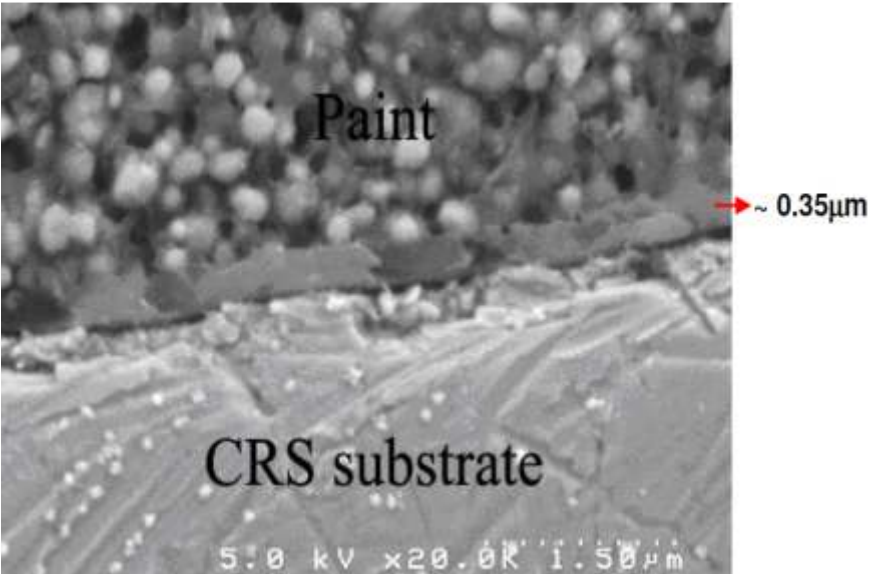
El pre tratamiento con Silanos aumenta la adhesión, ya que se genera un enlace covalente con la superficie del metal y mejora la compatibilidad con la tinta o pinturas.

Figura 11: Funcionamiento del tratamiento en base a Nanotecnología



Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., empresa Hunter Douglas Chile S.A.

Figura 12: Microscopía electrónica de tratamiento de Nano y pintura



Fuente: Depto. Control de Calidad y M.A., empresa Hunter Douglas Chile S.A.

5.2.3 Desarrollo de pruebas

Con el nuevo sistema de tratamiento ya instalado se procedió a realizar un pintado en forma normal, con la finalidad de extraer muestras y realizar los ensayos correspondientes. Se dispuso de material Aluzinc, en desarrollo 100 mm y espesor 0.5 mm, el cual fue desengrasado y enjuagado siguiendo el procedimiento existente en la línea de pintura. Posteriormente, fue aplicada la solución Coatosil MP 4% en el sistema diseñado para esta operación.

El próximo paso fue aplicar pintura, siguiendo el procedimiento de pintado establecido por Hunter Douglas Chile, la pintura utilizada para ambos casos de estudio corresponde a un poliéster color Orange brillo 90% de la empresa PGG, esta pintura posee las características de dureza, flexibilidad y durabilidad recomendada para productos arquitectónicos de uso interior y exterior.

Para las pruebas se prepararon probetas de aluzinc pintadas, de un tamaño aproximado de 150 mm. x 70 mm., las cuales fueron llevadas al laboratorio de control de calidad, para realizar los ensayos correspondientes.

5.2.4 Resultados de los ensayos

Los ensayos que se contemplaron para esta investigación, son los mismos que se realizan actualmente en la empresa, vale decir las placas fueron sometidas a las exigencias normativas que se aplican a los productos para uso arquitectónico. Ensayos de resistencia mecánica, ensayos resistencia a las condiciones climáticas, humedad, salinidad, UV.

Los resultados experimentales obtenidos para lograr los objetivos planteados en la presente investigación, se dividen en dos apartados:

Primeramente, se hará una exposición detallada de los 7 ensayos realizados para conocer el comportamiento las propiedades mecánicas que presenta el fleje de aluzinc pintado:

- a) Test de Curado
- b) Test de medición espesor capa seca
- c) Test de T-Bend
- d) Test de Brillo
- e) Test de adherencia
- f) Test de dureza
- g) Test de medición y comparación del color

En una segunda fase se describirán los resultados obtenidos en los ensayos específicos realizados para determinar la resistencia a la corrosión e irradiación o envejecimiento acelerado UV considerando:

- h) Ensayo en cámara de nieblas Salinas, con evaluaciones cada 200 hrs., hasta completar 1000 hrs. de exposición.

- i) Ensayo en cámara de irradiación o envejecimiento acelerado UV, con evaluaciones cada 200 hrs., hasta completar 1000 hrs. de exposición.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de comportamiento mecánico:

- a) Test de Curado: este método consiste en medir el curado (secado) de la pintura aplicada:

Tabla 8: Resultados ensayo de Curado

Ensayo	Norma internacional	Valores HD		Resultados
		Min.	Max.	Tratamiento Nanotecnología
Curado	ASTM D-4752	80	200	160

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 1: Realización ensayo de Curado



Fuente: Elaboración propia.

b) Test Medición de Espesor Capa Seca: este método consiste en poder medir la capa o película seca de pintura aplicada a la superficie del material:

Tabla 9: Resultados medición de espesor

Ensayo	Norma internacional	Valores HD		Resultados
		Min.	Max.	Tratamiento Nanotecnología
Espesor de pintura	ASTM E376-2003	20 μ	35 μ	32 μ

Fuente: Elaboración propia.

c) Test T-Bend: este método nos permite conocer las propiedades de flexibilidad y adherencia de la capa de pintura:

Tabla 10: Resultados ensayo T-Bend

Ensayo	Norma internacional	Valores HD		Resultados
		Min.	Max.	Tratamiento Nanotecnología
T-Bend	ISO 1519-2002	0T	2T	0T

Fuente: Elaboración propia.

d) Test Brillo: el brillo es la propiedad de una superficie de reflejar la luz incidente sobre ella. Esta propiedad define si el objeto es opaco o brillante:

Tabla 11: Resultados medición de Brillo

Ensayo	Norma internacional	Valores HD		Resultados
		Min.	Max.	Tratamiento Nanotecnología
Brillo	D523-1989	75%	115%	82.6%

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 2: Ensayo verificación de brillo



Fuente: Elaboración propia.

- e) Test de Dureza: este método consiste en una prueba para determinar el grado de dureza que tiene la superficie pintada después del horneado:

Tabla 12: Resultados ensayo toma de Dureza de la pintura

Ensayo	Norma internacional	Valores HD		Resultados
		Min.	Max.	Tratamiento Nanotecnología
Dureza	ASTM D3363-2000	H	3H	2H

Fuente: Elaboración propia.

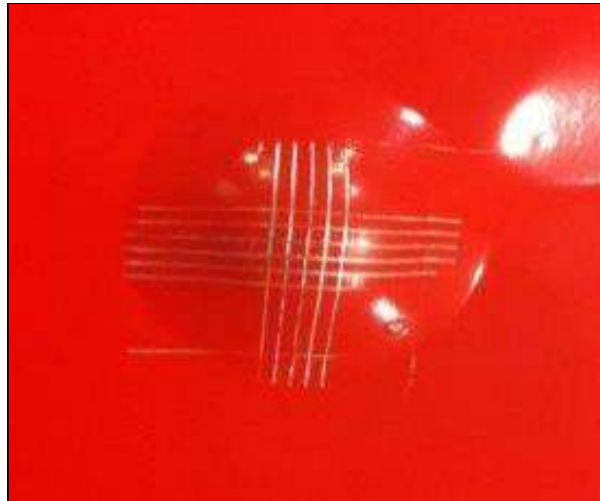
- f) Test Adherencia y Resistencia al Impacto: este método consiste en una prueba realizada al fleje pintado, para verificar el grado de adherencia de la pintura al sustrato, y la resistencia de la pintura al deformado y al quiebre:

Tabla 13: Resultados ensayo Adherencia de la pintura

Ensayo	Norma internacional	Valores HD		Resultados
		Mayor desprendimiento de pintura	Sin desprendimiento de pintura	Tratamiento Nanotecnología
Adherencia	D-3359-2002	1B	5B	5B

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3: Reticulado ensayo Adherencia de la pintura



Fuente: Elaboración propia.

- g) Test Medición y Comparación de Color; este método tiene por objeto medir con un instrumento las diferencias de color entre un patrón y una muestra.

Tabla 14: Resultados ensayo comparación de Color

Ensayo	Norma internacional	Valores HD		Resultados
		Delta min.	Delta Max.	Tratamiento Nanotecnología
Medición y Comparación	ASTM D-4752	0.0	0.5	0.1

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de nieblas salinas y envejecimiento acelerado UV:

El ensayo de Nieblas Salinas y el ensayo de radiación UV, contemplan evaluaciones en determinados períodos de tiempo, hasta completar el ciclo del ensayo. Para esta investigación se contempló el mismo período de tiempo que se utiliza para la evaluación de un producto arquitectónico de aluzinc, vale decir 1000 hrs. de exposición en ambas cámaras.

- h) **Ensayo Nieblas Salinas;** este consistió en generar las condiciones necesarias para acelerar el deterioro o desintegración de la probeta y evaluar el grado de corrosión del aluzinc según la Norma ASTM 610 y el grado de ampollamiento de la pintura según la norma ASTM 714.

Fotografía 4: Placa al inicio del ensayo de Nieblas Salinas



Fuente: Elaboración propia.

En este ensayo se realiza un corte en la película de pintura en forma de "X" hasta llegar al sustrato metálico, con el objetivo de poder determinar cuál es el grado de avance del ampollamiento en la pintura y corrosión en el metal si es que lo hubiera, este corte es denominado cruz de evans.

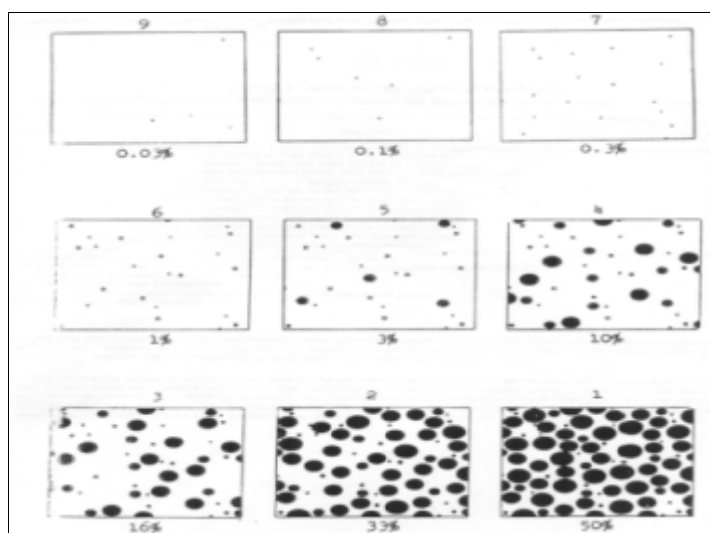
La evaluación de los resultados se realizó cada 200 hrs. hasta completar el ciclo de 1000hrs. indicadas anteriormente, y consistió en comparar visualmente la superficie en estudio, con las referencias fotográficas indicadas en la norma ASTM 610 para determinar el porcentaje de área corroída, para ello se utilizó como guía la tabla N°15 y la figura N°12.

Tabla 15: Escala y descripción de grados de Corrosión ASTM 610

Grados de Corrosión	Descripción	ASTM / SSPC Fotografías Coloreadas Estándar
10	<i>Sin Corrosión o superficie corroída inferior al 0,01%</i>	<i>Innecesaria</i>
9	<i>Corrosión mínima, superficie corroída inferior al 0,03%</i>	<i>N° 9</i>
8	<i>Pequeñas manchas aisladas, superficie corroída menor al 0,1%</i>	<i>N° 8</i>
7	<i>Superficie corroída inferior al 0,3%</i>	<i>N° 7</i>
6	<i>Manchas extensas y superficie corroída inferior al 1%</i>	<i>N° 6</i>
5	<i>Corrosión extendida al 3% del área</i>	<i>N° 5</i>
4	<i>Corrosión extendida al 10% del área</i>	<i>N° 4</i>
3	<i>Aproximadamente 1/6 de área corroída</i>	<i>N° 3</i>
2	<i>Aproximadamente 1/3 de área corroída</i>	<i>N° 2</i>
1	<i>Aproximadamente 1/2 de área corroída</i>	<i>N° 1</i>
0	<i>Aproximadamente 100% de área corroída</i>	<i>Innecesaria</i>

Fuente: Norma ASTM 610

Figura 13: Evaluación porcentaje área Corroída ASTM 610



Fuente: Norma ASTM 610

Adicionalmente, se evaluó el ampollamiento de la pintura de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM D 714, se clasifica de acuerdo al tamaño y frecuencia del ampollamiento. Tamaño: 10 no ampollamiento, 8 microampollamiento y 6, 4,2 ampollamiento con tamaños mayores. Frecuencia: D (denso), MD (medio denso), M (medio), P (poco).

Tabla 16: Frecuencia de Ampollamiento ASTM 714

Evaluación por Frecuencia	
Denso	D
Medio Denso	MD
Medio	M
Poco	F

Fuente: Norma ASTM D714

Tabla 17: Tamaño ampollamiento ASTM D714

Evaluación por Tamaño	
10	Sin Ampollamiento
8	Ampollamiento muy Pequeño
6	Ampollamiento Pequeño
4	Ampollamiento mediano
2	Ampollamiento Grande
0	Descascarillado

Fuente: Norma ASTM D714

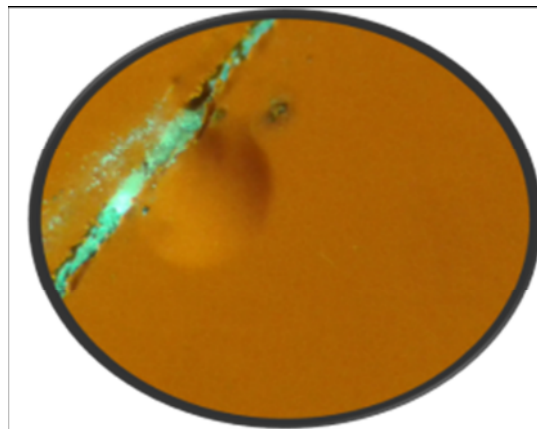
La siguiente tabla corresponde a la evaluación de la placa y registro de los resultados luego de permanecer cada 200 hrs. en cámara de nieblas salinas.

Tabla 18: Resultados 200 hrs. exposición Nieblas Salinas

Muestra	Horas de exposición	Ampollamiento ASTM D714/87	Grado de Corrosión ASTM D610/01	Avance en Bordes de la Placa
Nano	200 hrs	8F	10	0.5 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 5: Vista microscópica, placa 200 hrs. de exposición.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 400 hrs. en cámara de nieblas salinas.

Tabla 19: Resultados 400 hrs. exposición Nieblas Salinas

Muestra	Horas de exposición	Ampollamiento ASTM D714/87	Grado de Corrosión ASTM D610/01	Avance en Bordos de la Placa
Nano	400 hrs	8F	9	0.5 mm.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 600 hrs. en cámara de nieblas salinas.

Tabla 20: Resultados 600 hrs. exposición Nieblas Salinas

Muestra	Horas de exposición	Ampollamiento ASTM D714/87	Grado de Corrosión ASTM D610/01	Avance en Bordos de la Placa
Nano	600 hrs	8F	9	0.5 mm.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 800 hrs. en cámara de nieblas salinas.

Tabla 21: Resultados 800 hrs. exposición Nieblas Salinas

Muestra	Horas de exposición	Ampollamiento ASTM D714/87	Grado de Corrosión ASTM D610/01	Avance en Bordos de la Placa
Nano	1000 hrs	8F	9	0.5 mm.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 1000 hrs. en cámara de nieblas salinas.

Tabla 22: : Resultados 1000 hrs. exposición Nieblas Salinas

Muestra	Horas de exposición	Ampollamiento ASTM D714/87	Grado de Corrosión ASTM D610/01	Avance en Bordos de la Placa
Nano	1000 hrs	6F	8	1 mm.

Fuente: Elaboración propia.

- i) **Ensayo de irradiación o envejecimiento acelerado UV:** consistió en imitar artificialmente el daño causado por la luz solar, la lluvia y el rocío, en un corto período de tiempo y reproducir el daño que ocurriría en el transcurso de meses o incluso años a la intemperie. La evaluación de los resultados se realizó cada 200 hrs., y consistió en comparar el brillo y color de las placas con respecto al patrón inicial antes del ensayo, utilizando como referencia la Norma ASTM D523/199.

Fotografía 6: Placa al inicio del ensayo de irradiación UV



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 200 hrs. en cámara UV.

Tabla 23: Resultados 200 hrs. exposición irradiación UV

Muestra	Horas	Brillo inicial	Brillo final	Delta color inicial	Delta color final
Nano	200 hrs	82.6%	42%	0.0	0.90

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 7: Placa 200 hrs. de exposición UV.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 400 hrs. en cámara UV.

Tabla 24: Resultados 400 hrs. exposición irradiación UV

Muestra	Horas	Brillo inicial	Brillo final	Delta color inicial	Delta color final
Nano	400 hrs	82.6%	34%	0.0	2.08

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 600 hrs. en cámara UV.

Tabla 25: Resultados 600 hrs. exposición irradiación UV

Muestra	Horas	Brillo inicial	Brillo final	Delta color inicial	Delta color final
Nano	600 hrs	82.6%	32%	0.0	2.94

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 800 hrs. en cámara UV.

Tabla 26: Resultados 800 hrs. exposición irradiación UV

Muestra	Horas	Brillo inicial	Brillo final	Delta color inicial	Delta color final
Nano	800 hrs	82.6%	25%	0.0	3.11

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla corresponde a la evaluación de las placas y registro de los resultados luego de permanecer cada 1000 hrs. en cámara UV.

Tabla 27: Resultados 1000 hrs. exposición irradiación UV

Muestra	Horas	Brillo inicial	Brillo final	Delta color inicial	Delta color final
Nano	800 hrs	82.6%	16%	0.0	3.55

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Análisis de resultados

Para proceder con el análisis comparativo que hemos mencionado, se utilizaron los resultados de los ensayos realizados al fleje de Aluzinc pintado con aplicación del tratamiento en base a nanotecnología y además, resultados de ensayos realizados bajo las mismas condiciones a un fleje de Aluzinc de similares características pero pintado con tratamiento en base de cromo.

5.3.1 Resultados ensayos Mecánicos

Los parámetros utilizados para la comparación de resultados, son aquellos que se aplican al pintado de revestimientos metálicos Hunter Douglas, ya que estos son los ensayos más rigurosos establecidos por la empresa.

Tabla 28: Comparación resultados ensayos mecánicos

Ensayo	Parámetros aceptación Revestimientos HD		Resultados Ensayos mecánicos	
	Min.	Max.	Placa Cromo	Placa Nanotecnología
Curado	80	160	160	160
Espesor	20 μ	35 μ	35 μ	34 μ
T-Bend	0T	2T	0T	0T
Brillo	70%	100%	82.8%	82.6%
Adherencia	4B	5B	5B	5B
Dureza	H	2H	2H	2H
Color	0.0	1.2	0.2	0.2

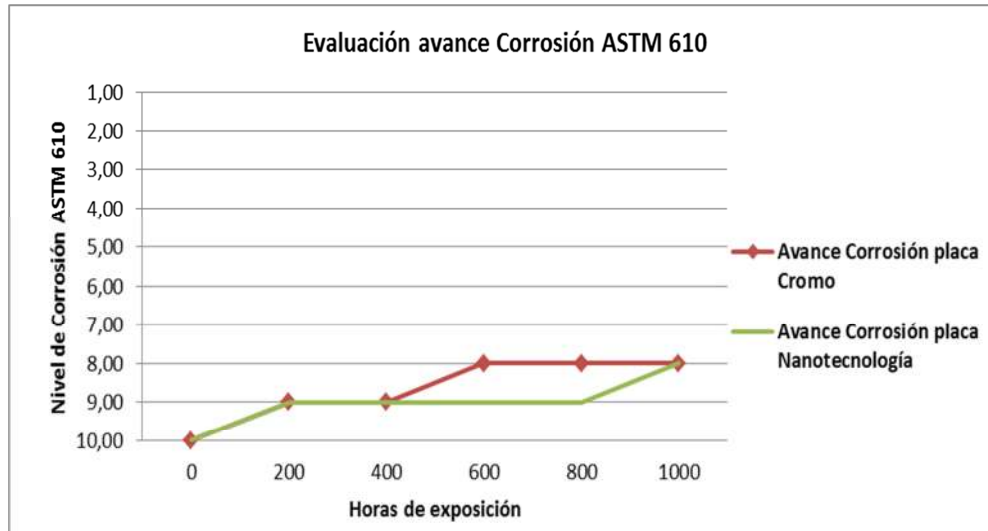
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos mecánicos, nos permiten indicar que ambas placas presentaron resultados similares, no se aprecian diferencias. Ambas placas se encuentran dentro de los parámetros de aceptación utilizados para revestimientos metálicos Hunter Douglas.

5.3.2 Resultados ensayos Nieblas Salinas y exposición UV

- Resultados ensayo Nieblas Salinas

Gráfico 1: Avance de corrosión según norma ASTM 610

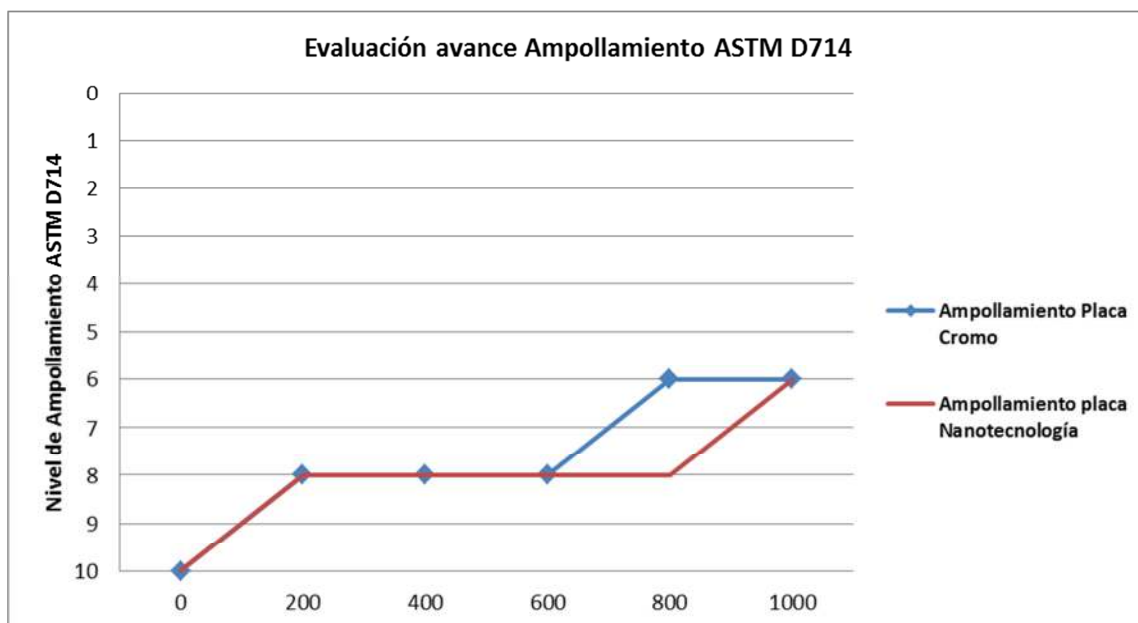


Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°1, se presentan los resultados de la evaluación del avance de la corrosión de las probetas con ambos esquemas de tratamiento. La evaluación se realizó cada 200 hrs. hasta completar el ciclo que se definió para esta investigación.

De acuerdo con los valores establecidos para este parámetro en la norma ASTM 610, es posible establecer que ambos esquemas de tratamiento se encuentran en estado similar. Se logró visualizar un mayor índice de corrosión en las placas con tratamiento de Cromo entre las 400 y 800 hrs., pero al finalizar el ciclo ambas placas presentan similares características.

Gráfico 2: Avance ampollamiento de la pintura según norma ASTM D714

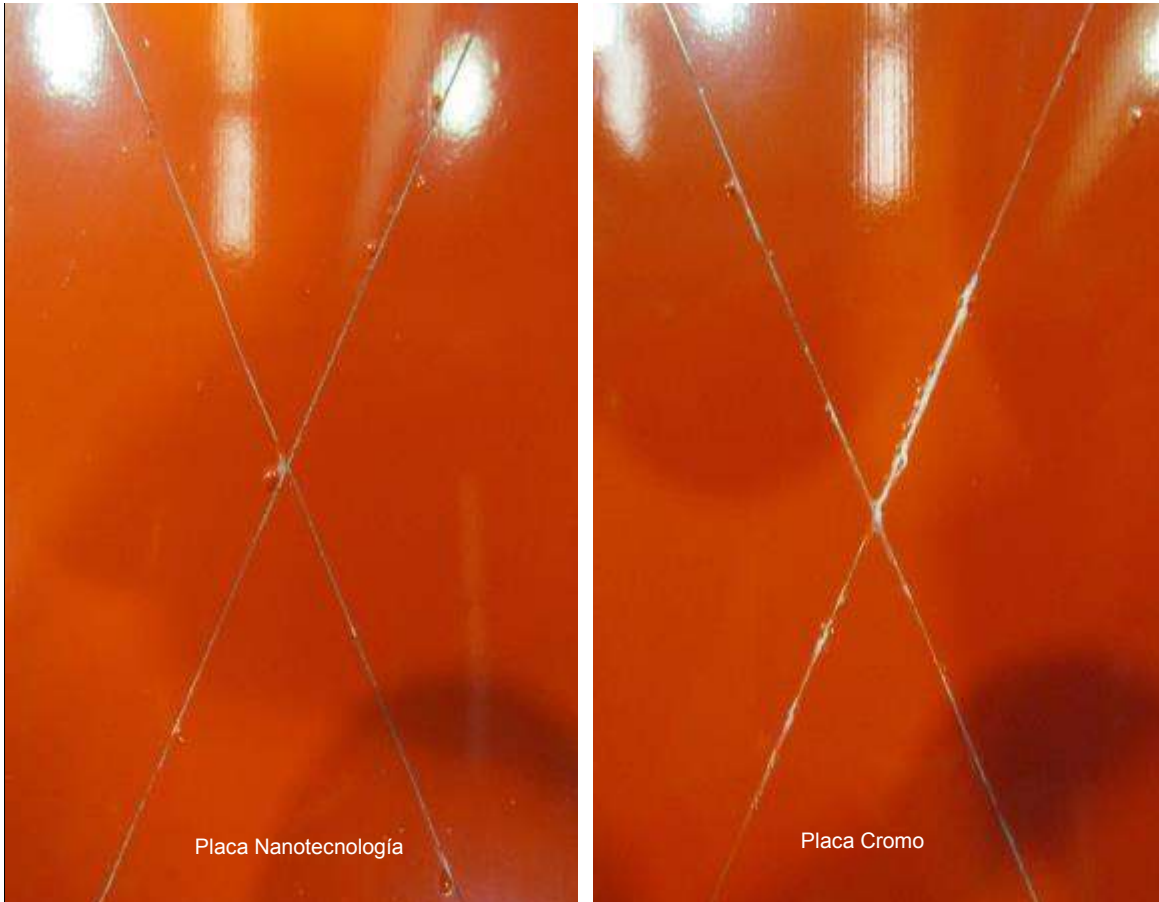


Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°2, se presentan los resultados de la evaluación del avance del ampollamiento de la pintura de las probetas con ambos esquemas de tratamiento. La evaluación se realizó cada 200 hrs. hasta completar el ciclo que se definió para esta investigación.

Al finalizar las 1000 hrs. de exposición, las probetas pintadas con ambos esquemas de tratamiento superficial presentan similares características de ampollamiento situándose en valores semejantes, el tamaño de las ampollas alcanzo el N°6 en ambas probetas y la frecuencia que presentaron corresponde a la letra F poco denso.

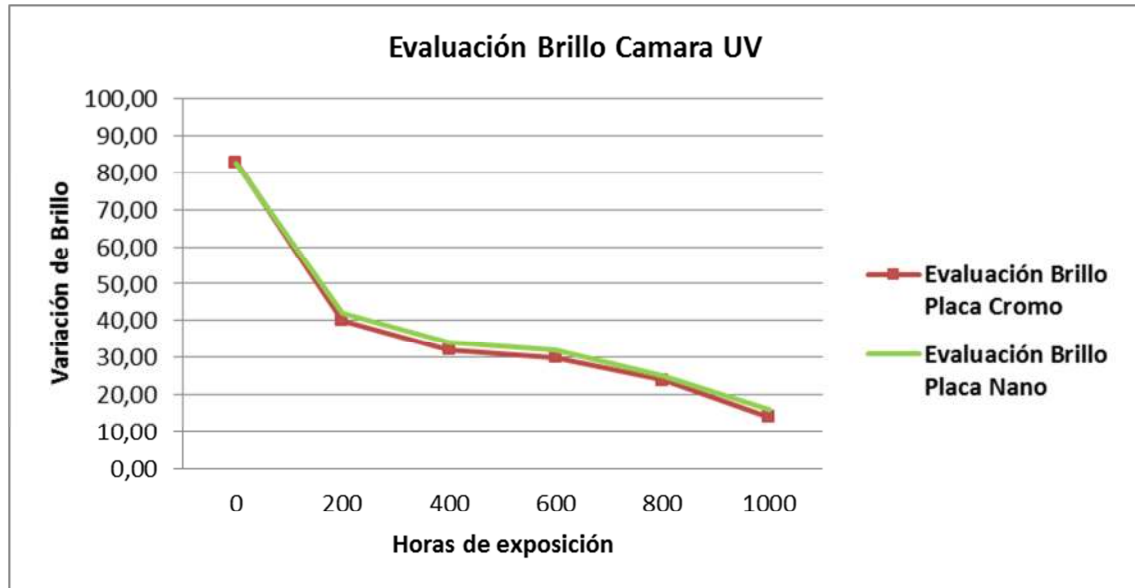
Fotografía 8: Evaluación final cámara Nieblas Salinas



Fuente: Elaboración propia.

- Resultados ensayo exposición UV

Gráfico 3: Evaluación Brillo cámara UV



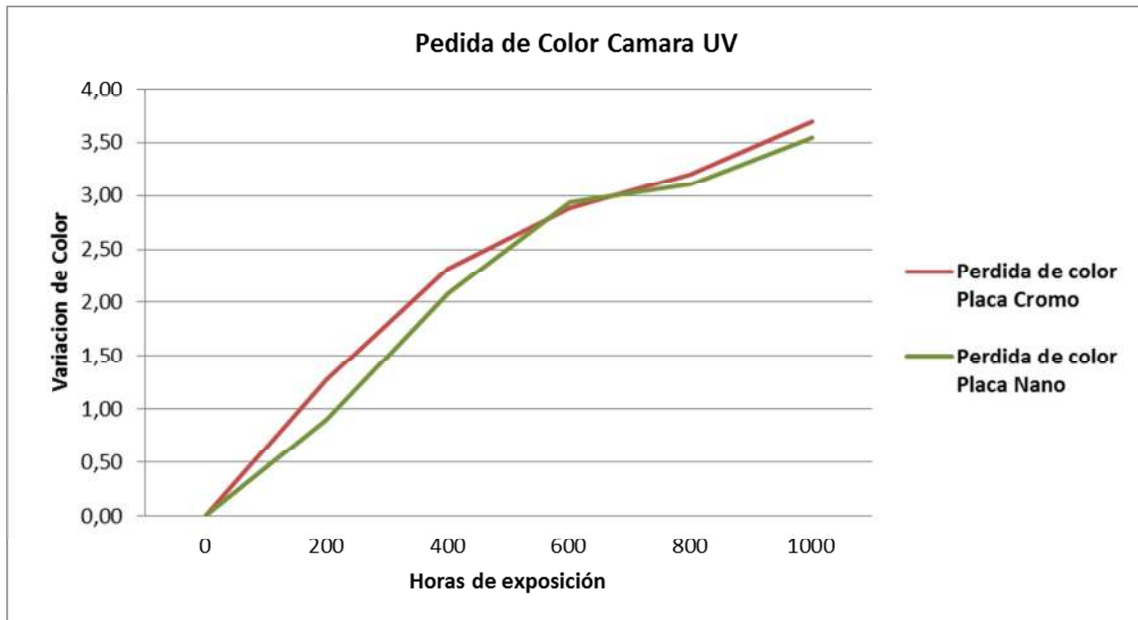
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°3, se presentan los resultados de la evaluación del Brillo de las probetas con ambos esquemas de tratamiento. La evaluación se realizó cada 200 hrs. hasta completar el ciclo que se definió para esta investigación.

Los resultados indican que el brillo en ambas placas se mantuvo similar hasta las 200 hrs. de exposición, posteriormente el Brillo de la placa con tratamiento en base Cromo fue decolorándose 2 puntos más bajo en forma paulatina hasta finalizar el ensayo

La Placa de Nanotecnología finalizó con un Brillo de 16% en tanto la placa con tratamiento en base Cromo llegó al 4%. Con estos resultados se aprecia levemente una mejor resistencia a la irradiación UV de la placa con tratamiento en base a Nanotecnología, aunque no es una diferencia significativa.

Gráfico 4: Evaluación color cámara UV



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°4, se presentan los resultados de la evaluación de la pérdida de color o decoloramiento que sufrió la pintura de ambas placas tras permanecer en la cámara de irradiación UV. La evaluación se realizó cada 200 hrs. hasta completar el ciclo que se definió para esta investigación.

De acuerdo con los resultados, se verifica que la placa tratada con Cromo presentó una mayor pérdida de color hasta las 400 hrs. de exposición. Posteriormente hasta completar las 1000 hrs. la tendencia de ambas placas fue muy similar, se visualizó un aumento de delta hacia el color amarillo.

La Placa de Nanotecnología finalizó con un delta E 3.55 en tanto la placa con tratamiento en base Cromo obtuvo un delta E de 3.69, con estos resultados se aprecia que no existe una diferencia significativa entre ambas placas.

Fotografía 9: Evaluación final cámara UV



Fuente: Elaboración propia.

6 CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se desarrolló y evaluó un nuevo tratamiento superficial para el acero, basado en Silano y Nanopartículas. Para lo anterior se adquirió el producto CoatoSil, de la empresa Momentive Performance y se implementó en el proceso de pintado de la empresa Hunter Douglas Chile.

Del estudio realizado se concluye que el tratamiento superficial basado en Nanotecnología y Silanos, posee características técnicas similares al tratamiento utilizado en base Cromo, ya sea en cuanto a resistencia a condiciones ambientales desfavorables (velocidad de corrosión, ampollamiento y degradación de color) como calidad superficial de la pintura (flexibilidad y adherencia). Ambas placas obtuvieron valores muy cercanos y todos dentro de los parámetros establecidos por la propia empresa.

Con relación a los costos se concluye que para procesar 1 tonelada de acero el gasto en productos y procesos asociados son relativamente similares para ambos esquemas de tratamiento.

Si bien es cierto que técnica y económicamente ambos productos son muy similares, la mayor diferencia existente entre ambos sistemas de tratamiento radica en el tratamiento de los residuos que se generan. El proceso en base a Nanotecnología no genera residuos líquidos por lo tanto no existe tratamiento posterior de sus residuos; en tanto el proceso asociado a Cromo exige el tratamiento de grandes volúmenes de riles y además disposición final de lodos crómico resultantes de este proceso.

Adicionalmente, se puede argumentar que el proceso basado en Nanotecnología, no es tóxico ni dañino para la salud de las personas, en tanto el Cromo es un elemento cancerígeno por contacto y inhalación.

Si consideramos los puntos mencionados anteriormente la Nanotecnología podría ofrecer un tratamiento ambientalmente más sustentable que el utilizado actualmente en base a Cromo y con características técnicas y económicas similares.

6.1 Recomendaciones y limitantes

El grado de eficiencia del producto en base a Nanotecnología radica en aplicar las micras correctas de este tratamiento en la superficie del fleje metálico, para esta investigación solo se utilizó un par de rodillos estrujadores y unas lámparas para el control del espesor, lo que no asegura una aplicación con el espesor correcto.

Se recomienda seguir en la búsqueda de algún equipo que permita determinar en el proceso mismo la aplicación del espesor correcto.

El no aplicar el espesor recomendado afecta directamente en términos económicos ya que al aplicar mayor cantidad de reactivo mayor será el consumo y gasto en producto. En términos técnicos y de duración el aplicar mayor cantidad entrega similares características que el aplicar el espesor recomendado.

Es recomendable además, diseñar e implementar algún sistema que permita evitar la contaminación del baño en base a Nanotecnología ya que cualquier elemento o agente externo que tenga contacto con este producto, reduce su vida útil o necesariamente se debe eliminar el baño contaminado y preparar nuevos reactivos.

El uso de esta nueva tecnología haría posible eliminar el tratamiento de residuos líquidos con lo cual se eliminaría los riesgos asociados en este proceso.

Además se lograría eliminar la generación de lodos y costos por la disposición de este tipo de residuos.

Por otra parte existen una serie de limitantes que influyeron durante el proceso de implementación de esta nueva tecnología, dentro de las cuales puedo mencionar las siguientes:

- El corto período de tiempo para la implementación de un nuevo proyecto de investigación en un proceso ya existente.
- La poca información y literatura sobre la implementación de proyectos similares, o nuevos sistemas de tratamientos de superficie de acero en sistemas coil coating o líneas de pintado continuo.
- El bajo nivel de conocimiento acerca de los beneficios que podría tener el implementar el nuevo sistema de tratamiento basado en Nanotecnología.
- Durante el desarrollo de esta investigación y realización de pruebas no se pudo comprobar el real rendimiento del producto, solo se estima el consumo de acuerdo a los datos entregados por el proveedor.
- Hoy en día es posible analizar el espesor de una placa tratada mediante la utilización de microscopios de barrido, este análisis es realizado en laboratorios especializados, ya que la empresa no cuenta con este tipo de instrumentos de medición.
- Actualmente, en la empresa no existe un método certero que asegure el espesor indicado por el proveedor.

7 CAPITULO 8 BIBLIOGRAFÍA

- A. Pepe, P. G. (2000). *Obtencion y caracterización preliminar de recubrimientos de sílice por sol-gel sobre fundiciones*. Mar del Plata: INTEMA. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- A.K.H. Bairamov, S. V. (1992). *Oxidising type inhibitors for protection of aluminium and steel surfaces in sodium chloride solutions*. British Corrosion Journal, Volume 27.
- Ambiente, D. G. (2013). Planilla recarga baños Líneas de pintura. Hunter Douglas Chile S.A.
- CAP S.A. (s.f.). <http://www.infoacero.cl>. Recuperado el 22 de 05 de 2014, de http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm
- Characterization, O. t.-s. (1987). *N. Fin, H. Dodiuk, A.E. Yaniv, L. Drori*. Oxford OX5: Appl, Surf. Sci.
- (2013). *Control Baños de Tratamiento Químicos Líneas de Pintura*. Hunter Douglas Chile S.A.
- Gaviria, E. M. (2013). Coil Coating una tendencia que indave al mundo. *Metal actual*, 49-50.
- Gelest, I. (2006). *Silane Coupling Agents*:. Morrisville: Gelest, Inc.
- Gelves, E. P. (2010). *Nanotecnología en la industria textil* . Medellin: (Sic) Editorial.
- <http://www.nanotecnologia.cl>. (s.f.).
- Hunter Douglas. (2013). *Control volumen de ril tratado y consumo de químicos utilizado*. Depto. Gestion de Calidad y Medio Ambiente.
- Hunter Douglas Chile. (2013). *Control volumen de ril tratado y consumo de químicos utilizado (Lts)*. San Bernardo: Departamento de Gestion de Calidad y Medio Ambiente.
- Hunter Douglas Chile S.A. (2013). *Control de generacion de residuos peligrosos*. San Bernardo: Departamento de Gestion de Calidad y Medio Ambiente.
- Hunter Douglas Chile S.A. (2013). *Control volumen de ril tratado y consumo de químicos utilizados*. San Bernado: Departamento de Gestión de Calidad y Medio Ambiente.
- Jr. Charles, P. P. (2007). *Introducción a la Nanotecnología*. Barcelona, Bogota, Caracas, Buenos Aires, México: Editorial Reverté, S. A.
- K.D. Maji, I. S. (1982). *Studies on the effect of sulphide ions on the inhibition efficiency of chromate on mild steel using ratio-ion trace technique*. Anti-Corros. Method. M.

- Lizlovs, E. (1979). *Molybdates as corrosion inhibitors in the presence of chlorides*. Houston: Corrosion, 32.
- Macdonald, D. (1993). *On the formation of voids in anodic films on aluminum*. J. Electrochem. Soc.
- Materials, A. S. (2005). *ASTM A380-99*. Estados Unidos de América: ASTM INTERNATIONAL.
- National Coil Coating Association. (s.f.). <http://www.coilcoating.org>. Recuperado el 10 de 05 de 2014, de <http://www.coilcoating.org/index.php/education/faqs>
- Plueddeman, E. (1972). *Treatise on Coatings, Vol. 1*. Nueva York: Meyers, J.S. Long, (Eds.), Marcel Dekker.
- Q-LAB. (s.f.). www.q-lab.com. Obtenido de <http://www.q-lab.com/es-es/products/quv-weathering-tester/quv>
- R. Catalá, J. C. (1998). *An impedance study on the corrosion properties of lacquered tinfoil cans in contact with tuna and mussels in pickled sauce*. Corros. Sci., 40.
- S.M. Powell, H. M. (1999). *Use of the scanning reference electrode technique for the evaluation of environmentally friendly nonchromate corrosion inhibitors*. Wales: Corrosion, 55.
- Senner, A. (1994). *Principios de electrotecnia*. Barcelona: Reverte S.A.
- Solutions, B. M. (2013). *Dow Corning*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2013, de Dow Corning: <http://www.dowcorning.com>
- Suzuki, I. (1989). *Corrosion-Resistant Coating Technology*. Nueva York: Marcel Dekker.
- Wiggle, R. (1981). *The effectiveness of automotive engine coolant inhibitors for aluminum*. R.R. Wiggle.
- Wittke, W. (1989). *The new age in pretreatment*. Metal Finish.
- X.H. Pebere, N. D. (1995). *Caracterisation electrochimique d'une protection anticorrosion*. Galvalo-Organo.

8 CAPITULO 9 ANEXOS

- Anexo 1: TEST-01 Curado
- Anexo 2: TEST-02 Medición de Espesor Capa Seca
- Anexo 3: TEST-03 T-BEND
- Anexo 4: TEST-04 Brillo
- Anexo 5: TEST-05 Dureza
- Anexo 6: TEST-06 Adherencia y Resistencia al Impacto
- Anexo 7: TEST-07 Medición y Comparación de Color
- Anexo 8: IDE-03 Instructivo Cámara de Niebla
- Anexo 9: IDE-04 Instructivo Cámara UV

Anexo 1: TEST-01 Curado

1. SIGNIFICADO DEL TEST

Este método consiste en medir el curado (secado) de la pintura aplicada. El curado de una pintura depende en gran medida de la temperatura del horno y del tiempo de exposición.

La medición del curado se basa en la dificultad o facilidad que presenta la pintura seca para disolverse en un solvente orgánico frotado contra su superficie.

2. EQUIPOS Y MATERIALES

- Martillo de cabeza redonda de peso 4 Lbs.
- Algodón.
- Acetona pura.

3. METODO

1. Se toma una muestra representativa del fleje pintado
2. En la cabeza del martillo se ajusta firmemente el algodón.
3. Se moja el algodón con la acetona dejándolo bien empapado.
4. Enseguida se pasa el martillo perpendicularmente sobre la superficie pintada, el movimiento debe ser en ambos sentidos y sobre el mismo lugar sin levantar ni ejercer otra fuerza que el peso del propio martillo y a un ritmo constante (Ver figura N° 1).
5. Se contarán las pasadas tanto de ida como de regreso del martillo, hasta que se opaque la pintura
6. Para fleje mayor a 400 mm. de ancho se debe realizar la prueba en el centro y bordes de la muestra, con el fin de asegurar un curado parejo.
7. En el caso de flejes menor a 200 mm. este ensayo se debe realizar en el mismo sentido del pintado. (Ej. Flejes Línea 2 “, etc.).

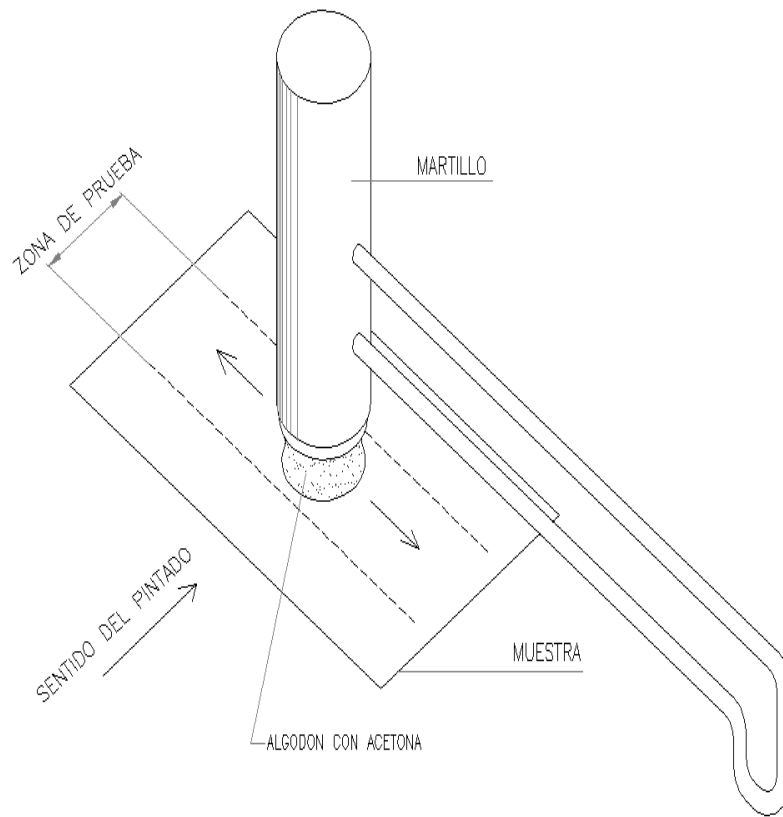
4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se considera satisfactorio a aquel curado que está dentro del rango establecido en la tabla de aceptación de test de calidad de acuerdo a las exigencias del producto a formar y el tipo de pintura empleada.

5. DOCUMENTOS EXTERNOS

NORMA ASTM D-4752

TEST N° 1 CURADO FIGURA N° 1



Anexo 2: TEST-02 Medición de Espesor Capa Seca

1. SIGNIFICADO DEL TEST

Este método consiste en poder medir la capa o película seca de pintura aplicada a la superficie del material, con un método no destructivo basado en el principio de corrientes parásitas, en el caso de metales no ferrosos (Aluminio) y el método de ondas electromagnéticas para metales ferrosos.

2. EQUIPOS

- Medidor de espesor para Aceros y Aceros Galvanizados, Positector 6000 FZ.

3. METODO

- Verificar el funcionamiento del instrumento.
- Decapar la pintura de la muestra sobre el ensayo de curado, limpiar de manera que el sustrato sirva para ajustar el instrumento en "0".
- Colocar el instrumento sobre la superficie del sustrato hasta calibrar el instrumento en "0".
- Una vez que se logra dejar el instrumento en "0" se procede a medir el espesor en la muestra pintada.
- Repita la medición cuantas veces sea necesario, con el fin de obtener un promedio del espesor de la muestra. La medición debe tomarse en diferentes lugares, centro y extremos.

Los métodos antes señalados son aplicables solo para pinturas poliéster, que tengas características que permitan la utilización de medidores de espesor.

Toda pintura especial, a la cual por características de superficie, rugosidad o capacidad de aislante eléctrico no sea posible medir instrumentalmente el espesor de capa seca se debe utilizar la siguiente tabla. La única pintura existente utilizada por Hunter Douglas, que cabe en esta categoría es la pintura superclad 1100 (plastisol), por contener polímeros de PVC, de alto peso molecular.

1. TABLA PARA EL CÁLCULO DE ESPESOR SUPERCLAD 1100

MICRAS	M²/ GI	Colores Osc. Gramos	Colores Medios Gramos	Colores Claros Gramos	Blancos Gramos
63.5	52.1	2.05	2.15	2.24	2.33
76.2	43.3	2.46	2.60	2.70	2.80
88.9	37.2	2.88	3.00	3.13	3.28
101.6	32.6	3.28	3.43	3.58	3.73
114.3	28.8	3.70	3.88	4.05	4.20
127	26	4.11	4.30	4.48	4.65
139.7	23.6	4.52	4.73	4.93	5.12
152.4	21.7	4.93	5.15	5.38	5.59
165.1	20	5.34	5.58	5.83	6.05
177.8	18.6	5.75	6.01	6.27	6.52
190.5	17.3	6.16	6.44	6.72	7
203.2	16.2	6.60	6.90	7.20	7.50
215.9	15.3	7	7.33	7.65	7.95
228.6	14.4	7.40	7.75	8.08	8.43
241.3	13.7	7.83	8.18	8.53	8.88
254	13	8.20	8.58	8.95	9.33

Esta tabla se debe utilizar solo para el cálculo de espesores y consumos por una plantilla, la cual se encuentra identificada por el nombre de PLANTILLA PLASTISOL, para el cálculo de espesor se debe cortar una muestra de la pintura sin primer, según la medida de la plantilla y se debe pesar, calculando lo obtenido según la tabla adjunta.

4. FACTORES QUE AFECTAN LA MEDICIÓN DEL ESPESOR

- Instrumento mal calibrado o en mal estado.
- Sonda del instrumento con suciedad.
- Muestra con superficie sucia.
- Movimiento de instrumento al efectuar la medición.

5. NORMA HD

Para los requerimientos del espesor se considera lo establecido en la tabla de aceptación de test de calidad Hunter Douglas (ANEXO 2 PLP-01).

6. NORMAS EXTERNAS

- ASTM E376-2003

Anexo 3: TEST-03 T-BEND

1. SIGNIFICADO DEL TEST

Este método nos permite conocer las propiedades de flexibilidad y adherencia de la capa de pintura luego de la exigencia mecánica aplicada a la muestra y así prever el comportamiento que tendrá durante el proceso de plegado o formado en la fabricación del producto.

2. EQUIPO

- Tornillo mecánico
- Cinta scotch N° 600 o N° 810
- Lupa

3. METODO

1. Se debe cortar una muestra en el sentido transversal del pintado, y ésta debe ser representativa del fleje pintado, la cual debe tener aproximadamente 25 ± 5 mm. de ancho y un largo de entre 75 y 160 ± 5 mm.
2. En el caso de los flejes menores a 75 mm. el control se debe realizar en el mismo sentido del pintado.
3. Sí la muestra es cortada y controlada en el momento que se está pintando no será necesaria considerar la temperatura. Todas las muestras analizadas después de una hora de haberse pintado deben ser ambientadas a $25^\circ \pm 2^\circ$ C.
4. Un extremo de la muestra (aprox. 20 mm.) se le insinúa un dobles sobre sí mismo con la pintura hacia fuera, luego se inserta en el mandril del tornillo mecánico y se aprieta hasta que la zona doblada quede sin otro radio que el espesor doble del fleje. (Esto es o T-Bend, ver figura N° 1).
5. Adherir a lo largo del dobles una cinta de scotch N° 600 presionando con el dedo para asegurar una buena adhesión.
6. Retirar la cinta de scotch de un solo tirón y examinarla para detectar restos de pintura adheridas a esta.
7. Si no existe el resultado del control será T-Bend 0.
8. Sí existen, se debe doblar nuevamente sobre sí misma la misma muestra, pero ahora debe quedar con un radio de tres espesores del fleje. (esto es 1 T-Bend, ver figura N° 2) y repetir el paso d y e.
9. Sí sigue el desprendimiento de pintura, se debe seguir doblando la muestra sobre sí misma y repitiendo los pasos d y e. (figura 3)
10. El control de T-Bend se debe realizar hasta que no exista desprendimiento de pintura en la zona de los dobles.

4. NORMA HD

Se considerará satisfactoria una flexibilidad T-Bend según las exigencias de los productos a formar indicados en la tabla de aceptación de test de calidad.

5. NORMAS EXTERNAS

- ISO 1519-2002

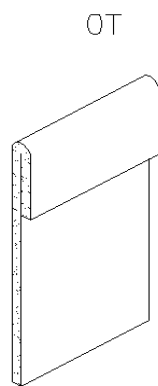


FIG. 1

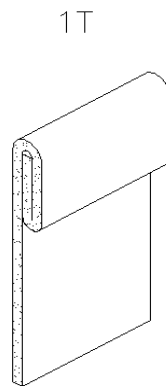


FIG. 2

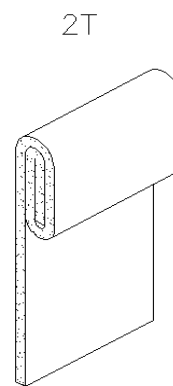


FIG. 3

Anexo 4: TEST-04 Brillo

1. SIGNIFICADO DEL TEST

El brillo es la propiedad de una superficie de reflejar la luz incidente sobre ella. Esta propiedad define si el objeto es opaco o brillante.

Este método consiste en medir el porcentaje de la luz que refleja la superficie pintada mediante el uso de un medidor de brillo.

2. EQUIPO

- Medidor de Brillo (sistema 60°)
- Patrón de brillo del instrumento
- Patrón pintado del color y brillo solicitado

3. METODO

1. Se debe cortar una muestra representativa del fleje pintado
2. Calibrar con el patrón de brillo
3. Poner el medidor de brillo sobre muestra a controlar.
4. Realizar la medición
5. Verificar si el resultado está dentro de los rangos establecidos.

Nota: Jamás deslice el instrumento sobre la superficie del material.

4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las muestras deben estar dentro de los rangos de brillos establecidos en la tabla de aceptación de test de calidad, los valores de brillo son los siguientes:

Para colores con brillos 15 % - 25 % y 45 % la tolerancia es $\pm 5\%$

Para colores con brillos 90 % la tolerancia es $\pm 10\%$

5. NORMAS EXTERNAS

- ASTM D 523-1989

Anexo 5 TEST-05 Dureza

1. SIGNIFICADO DEL TEST

Este método consiste en una prueba para determinar el grado de dureza que tiene la superficie pintada después del horneado.

Es un test rápido, que utiliza como patrones de dureza a las minas grafito de durezas estandarizadas, tales como: B, HB, F, H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H.

Los rangos utilizados en Hunter Douglas Chile son : H, 2H, 3H y 4H.

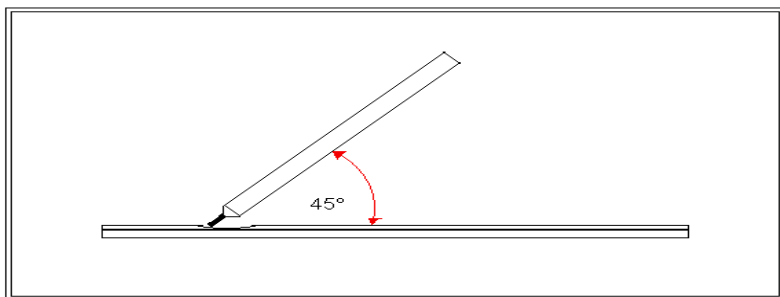
2. EQUIPO

- Un set de lapides Standler tradition
- Papel lija N. 400
- Cuchilla para secar punta

3. METODO

1. Rectifique la mina, colocándola en forma vertical al papel lija y al mismo tiempo frótelas.
2. Examine el extremo de la mina rectificada para asegurar que no haya quedado roma, mellada o quebrada.
3. Sostener el lápiz en un ángulo de 45 grados con relación a la superficie pintada, luego aplicar una fuerza hacia abajo y empujar, con el fin de sacar la pintura (Ver fig. 1)

Fig. 1



4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se considerará como la dureza de la capa de pintura a aquella que corresponda a la dureza más alta que no alcanza a sacar más de 2 mm. en la pintura.

5. NORMAS EXTERNAS

- ASTM D3363-2000

Anexo 6 TEST-06 Adherencia y Resistencia al Impacto

1. SIGNIFICADO DEL TEST

Este método consiste en una prueba realizada al fleje pintado, para verificar el grado de adherencia de la pintura al sustrato, y la resistencia de la pintura al deformado y al quiebre.

2. EQUIPO

- Reticulador.
- Cinta scotch.
- Lupa de 10x.
- Golpeador de bola de 15,8mm. (Gardner).

3. METODO

1. Debe sacarse una muestra representativa del fleje pintado.
2. Con el reticulador se raya la superficie correspondiente a la cara de la muestra, de modo que se logren líneas paralelas distanciadas entre sí en 1 mm. y con una profundidad que logren llegar a la superficie metálica.
3. Primero se raya en un sentido y luego perpendicular al primer rayado, formando una cruz con cuadrados de 1mm². Luego se marca el centro del reticulado.
4. Sobre la superficie rayada se adhiere firmemente una cinta de scotch N° 810 ó equivalente, la cual debe estar nueva y sin uso.
5. La muestra se coloca en la matriz de golpe con la cara pintada hacia abajo, y se debe ubicar la marca en el centro de la matriz de golpe, luego se levanta el punzón de golpe hasta la altura que indica la tabla de material v/s energía de impacto (Adjunta). Al soltar cae el punzón sobre la muestra deformándola. Esta deformación debe coincidir en la zona del reticulado.
6. Se retira la cinta de scotch de un tirón y se analiza la zona para detectar desprendimiento de la pintura. Sí es necesario ocupar lupa.

Nota: Para flejes menores a 300 mm. de ancho debe hacerse el ensayo solo en el centro, para flejes entre 300 y 400 mm. el ensayo debe realizarse en los bordes, y para flejes sobre 400 mm. el ensayo se realiza tanto en el centro como en los bordes.

4. FACTORES QUE AFECTAN LOS RESULTADOS

- Distancia y profundidad de las líneas en el rotulado.
- Adhesividad de la cinta de scotch.
- El curado.
- Si el impacto no coincide con el centro del reticulado.

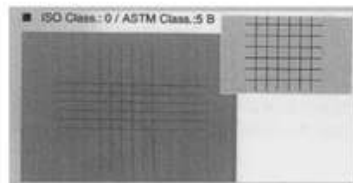
5. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se deberá considerar el grado de desprendimiento que se observe en la muestra después de realizado el test.

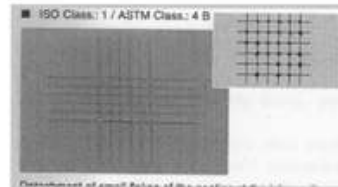
De acuerdo a esto se clasificará el resultado según norma ASTM D-3359-2002.

**TABLA DE DESPRENDIMIENTO
DEL AREA CUADRICULADA**

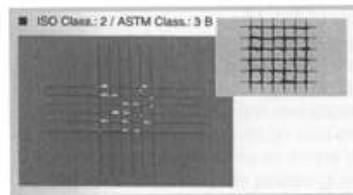
I



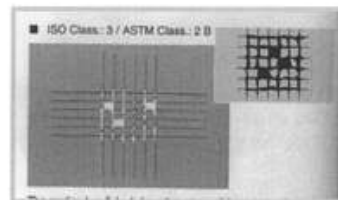
5B Los bordes de los cortes completamente uniformes ninguno de los cuadros del enrejado suelto.



4B Pequeños pedazos de pintura sueltos en las intersecciones, no más de 5 % del Área afectada.

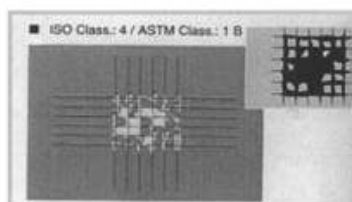


3B Pequeños pedazos de pintura sueltos a lo largo de los bordes y en las intersecciones de los cortes.
El área afectada es de 5 al 15 % del enrejado



2B Pequeños pedazos de pintura sueltos a lo largo de los bordes en las intersecciones De los cortes y en la parte los cuadrados.
El área afectada sería entre un 15 a un

35 % del enrejado.



1B Desprendimiento adheridos a la cinta.
El área afectada es de 35 a 65 %.

TABLA DE MATERIAL VS ENERGIA DE IMPACTO

CONTROL DE DOCUMENTOS
S.G
COPIA CONTROLADA

SUST.	ESP.	PESO EN CAIDA		ALT. EN CAIDA		FUERZA EN IMPAC.	
		GR.	LB.	CM.	PLG.	LB. PLG	JOULE
ALUM.	0.18	1814	4	1,2	0,5	2	0,23
ALUM.	0.22	1814	4	3,8	1,5	6	0,68
ALUM.	0.50	1814	4	27,9	11	44	5,0
ALUM.	0.60	1814	4	27,9	11	44	5,0
ALUM.	0.90	1814	4	45,3	17,8	72	8,1
ACERO	0.40	1814	4	50,8	20,0	80	9,1
ACERO	0.50	1814	4	50,8	20	80	9,1
ACERO	0.60	1814	4	57,2	22,5	90	10,24
ACERO	0.70	1814	4	57,2	22,5	90	10,24
GALV./ALUZ	0.40	1814	4	50,8	20,0	80	9,1
GALV./ALUZ	0.50	1814	4	57,2	22,5	90	9,1
GALV./ALUZ	0.60	1814	4	57,2	22,5	90	10,24
GALV./ALUZ	0.70	1814	4	57,2	22,5	100	10,24
GALV./ALUZ	0.80	1814	4	57,2	22,5	100	10,24
GALV./ALUZ	1.2	1814	4	76,4	30,0	120	13.64

Anexo 7 TEST-07 Medición y Comparación de Color

1. SIGNIFICADO DEL TEST

Este método tiene por objeto medir con un instrumento las diferencias de color entre un patrón y una muestra. De este modo es posible tener no sólo la percepción visual de las diferencias de color, sino que además nos permite tener una diferencia numérica, lo que evita tener discrepancias en la aceptación o rechazo de un color.

2. EQUIPO Y MATERIALES

- Espectrofotómetro o Densitómetro.
- Patrones de colores contra los cuales comparar la muestra.

3. METODO

1. Chequear el funcionamiento del instrumento.
2. Poner el instrumento sobre el patrón y leer
3. Poner el instrumento sobre la muestra y leer
4. Evaluar

4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

La evaluación del resultado y la aceptación o rechazo se hará según la siguiente tabla.

Blancos-Grises y Cremas	Naranjas-Azules-Rojos Verdes y Amarillos	Violetas- Guindas y Metalizados
$\Delta e = 0$ a 0,8	$\Delta e = 0$ a 1,5	$\Delta e = 0$ a 1,5

Tabla de Aceptacion de Color lineas 700 mm; 400mm y 700 Brasil

Blancos-Grises y Cremas	Naranjas-Azules-Rojos Verdes y Amarillos	Violetas- Guindas y Metalizados
$\Delta e = 0$ a 0,5	$\Delta e = 0$ a 1,2	$\Delta e = 0$ a 1,0
		$b = \pm 0,5$
		$L = \pm 0,4$

Tabla de Aceptacion de Color Ordenes Menores a 500 mts. lineas 700 mm; 400mm y 700 Brasil

Blancos-Grises y Cremas	Naranjas-Azules-Rojos Verdes y Amarillos	Violetas- Guindas	Metalizados
$\Delta e = 0$ a 1,0	$\Delta e = 0$ a 2,0	$\Delta e = 0$ a 2,0	$\Delta e = 0$ a 1,5

5. NORMAS EXTERNAS

ASTM D 2244 - 79: Standard Method for instrumental

Anexo 8 IDE-03 Instructivo Cámara de Niebla

1.- ELEMENTOS DE SEGURIDAD, EQUIPOS Y MATERIALES REQUERIDOS.

ELEMENTOS DE SEGURIDAD	EQUIPOS Y MATERIALES
- Zapatos de Seguridad	- Cámara Q-FOG.
- Cotona	- Vaso p.p.
- Guantes	- Solución salina 5%

2.- MATERIAS PRIMAS Y UBICACIÓN DE ELLA

MATERIAS PRIMAS	UBICACIÓN
Material Al.	Líneas de Pinturas
Material AZ.	Líneas de Pinturas

3.- DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

El ensayo debe realizarse cada vez que sea necesario evaluar un esquema de pintura por medio de un ambiente agresivo.

- a) El equipo se enciende en la parte trasera de la máquina.
- b) Se debe corroborar la conexión de aire llave completamente abierta y agua de osmosis hacia la máquina que se encuentre dada $\frac{1}{4}$.
- c) Máquina seteada para llegar a una temperatura de 35°C y se programa con una presión de 12 psi.
- d) Existe una manguera en la parte baja de la máquina saliendo desde el estanque de solución esta es utilizada solo para la limpieza del estanque y se envía directamente al desagüe. Mantener cerrada.
- e) Se debe preparar solución salina al 5% en un bidón y depositar en estanque de máquina, se sugiere mantener el nivel sobre el segundo sensor ya que comienza a sonar una alarma de bajo nivel.
- f) Se debe programar máquina por un ciclo de 1500 horas en el panel **Programar / P1 Set Test Duration / Enter.**

PREPARACIÓN DE MUESTRAS

- g) Se deben cortar probetas de aproximadamente 100mm x 140mm. Estas deben haber pasado por proceso de baños químicos y pintado.
- h) Realizar Cruz de Evans a la muestra (línea de extremo a extremo rasgando pintura hasta llegar al sustrato)
- i) Realizar sellado de borde de las probetas para que la corrosión y el ampollamiento no interfieran en el ensayo.



- j) Instalar la muestras dentro de la cámara sin que topen una con otra es por esta razón que maquina contiene espaciadores y una inclinación de 30° de la vertical, para que la solución escurra por las probetas.



- k)** Muestras serán evaluadas por periodos de 200 horas aproximadamente hasta completar el ciclo total del ensayo de 1500 horas.
- l)** Al terminar el ciclo se interrumpirá con una alarma la cual es detenida manualmente presionando los botones uno tras otro ENTER = CLEAR; ENTER = CLEAR.
- m)** Se finaliza el ensayo emitiendo un informe con Las fotografías y conclusiones de los análisis realizados cada 200 horas.

Anexo 9 IDE-04 Instructivo Cámara UV

1.- ELEMENTOS DE SEGURIDAD, EQUIPOS Y MATERIALES REQUERIDOS.

ELEMENTOS DE SEGURIDAD	EQUIPOS Y MATERIALES
- Zapatos de Seguridad	- Cámara Q-UV
- Cotona	
- Lentes.	

2.- MATERIAS PRIMAS Y UBICACIÓN DE ELLA

MATERIAS PRIMAS	UBICACIÓN
Material AI.	Líneas de Pinturas
Material AZ.	Líneas de Pinturas

3.- DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

El ensayo debe realizarse cada vez que sea necesario evaluar un esquema de pintura a exposición de los rayos UV.

- n) El equipo se enciende en la parte trasera del panel.
- o) Se debe corroborar la conexión de agua de osmosis con la máquina y verificar que la paila se encuentre a nivel para evitar recalentamientos y posteriores alarmas en el sistema.
- p) Maquina se encuentra seteada para realizar dos ciclos:

1.- Irradiación, 68°C, 0.77w/m² en los 4 tubos B313 instalados, por un periodo de 8 horas continuas.



2.- Condensación, 50°C por un periodo de 4 horas continuas.

3.- Al terminar el ciclo n°2 continua automáticamente con el ciclo n°1 hasta completar 1000 horas en programa.

PREPARACIÓN DE MUESTRAS

- q) Se deben cortar probetas de aproximadamente 150mm x 75mm. Estas deben haber pasado por proceso de baños químicos y pintado.
- r) Se debe realizar mediciones de brillo inicial y final, tono de la muestra cada cierto periodo y anotarlo en planilla.
- s) Instalar las muestras con la cara hacia dentro, sin dejar espacios descubiertos dentro de la maquina (ya que se libera calor y perjudican los cables del panel).

Posición Correcta



Posición Incorrecta



- t) Muestras serán evaluadas por periodos de 200 horas aproximadamente hasta completar el ciclo total del ensayo de 1000 horas.
- u) Al terminar el ciclo se interrumpirá con una alarma la cual es detenida manualmente presionando los botones uno tras otro ENTER = CLEAR; ENTER = CLEAR.
- v) Se finaliza el ensayo emitiendo un informe con Las fotografías y conclusiones de los análisis realizados cada 200 horas.